

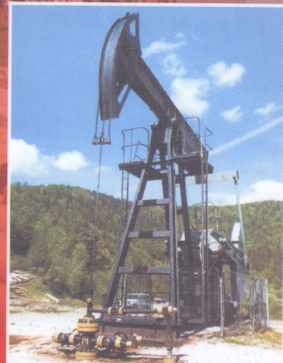
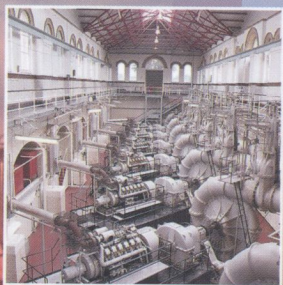
62 (075)

Д 50

О.В. Дичковська

СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Навчальний посібник



62(075)
Д 50

О.В. ДИЧКОВСЬКА

СИСТЕМИ, ТЕХНОЛОГІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Навчальний посібник

3-тє видання, перероблене і доповнене

Рекомендовано

Міністерством освіти і науки України



Київ
"Знання"
2007

УДК 67.02(075.8)

ББК 30.6я73

Д50

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(лист № 1.4/18-Г-2418 від 29 грудня 2007 р.)*

Рецензенти: *А.Ф. Мельник*, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри державного і муніципального управління, проректор Тернопільського національного економічного університету; *Б.М. Гевко*, доктор технічних наук, професор, академік Інженерної академії України, завідувач кафедри технології машинобудування Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя; *Р.М. Рогатинський*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя

434920

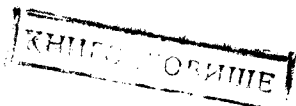
Дичковська О.В.

Д50

Системи технологій промисловості: Навч. посіб. — 3-тє вид., перероб. і доп. — К.: Знання, 2007. — 270 с.
ISBN 978-966-346-404-6

У посібнику розглянуто системи технічних і виробничих процесів одержання продукції в різних галузях промисловості, їх технічний і технологічний розвиток, можливості впровадження нових технологічних схем і процесів. Висвітлено особливості використання сировини, паливно-енергетичних ресурсів, відходів виробництв. Наведено техніко-економічні характеристики і показники різних процесів для використання їх при техніко-економічному оцінюванні. Третє видання посібника перероблене і доповнене відповідно до сучасного науково-технічного стану виробництва.

Для студентів вищих навчальних закладів економічних спеціальностей. Посібник буде корисним також слухачам системи закладів післядипломної освіти, економістам-практикам.



УДК 67.02(075.8)

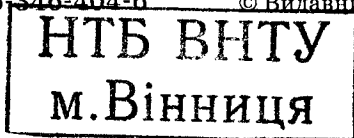
ББК 30.6я73

© О.В. Дичковська, 1995

© О.В. Дичковська, зі змінами, 2007

© Видавництво "Знання", 2007

ISBN 978-966-346-404-6



ЗМІСТ

Передмова	7
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ	9
1.1. Основні поняття і визначення	9
1.1.1. Сутність поняття “технологія”	9
1.1.2. Технологічні та виробничі процеси	10
1.1.3. Класифікація технологічних процесів	12
1.1.4. Техніка безпеки та охорона праці на виробництві 14	
1.1.5. Сутність поняття “система”	16
1.2. Технологічний розвиток	20
1.2.1. Поняття науково-технічного прогресу	20
1.2.2. Критерії оцінювання науково-технічного прогресу 21	
1.2.3. Сутність поняття “технологічний розвиток”	23
1.2.4. Форми технологічного розвитку	25
1.2.5. Екологічні проблеми технологічного розвитку	26
1.2.6. Економічне оцінювання технологій	29
1.3. Традиційні та прогресивні технологічні процеси 31	
1.3.1. Високотемпературні процеси.....	31
1.3.2. Каталітичні процеси	32
1.3.3. Електрохімічні процеси.....	33
1.3.4. Біохімічні процеси	34
1.3.5. Фотохімічні процеси	35
1.3.6. Радіаційно-хімічні процеси.....	36

1.3.7.	Ультразвукові процеси	38
1.3.8.	Лазерні процеси	39
1.3.9.	Електронно-променеві процеси.....	40
1.3.10.	Плазмові процеси	40
Розділ 2.	СИРОВИНА, ПАЛИВО, ЕНЕРГІЯ	44
2.1.	Сировина.....	44
2.1.1.	Класифікація сировини	44
2.1.2.	Якість сировини, її раціональне і комплексне використання.....	45
2.1.3.	Мінеральна сировина	47
2.1.4.	Вода в промисловості.....	51
2.2.	Паливо в технологічних процесах	55
2.2.1.	Загальні відомості про паливо	55
2.2.2.	Класифікація і властивості палива.....	56
2.2.3.	Переробка твердого палива	58
2.2.4.	Переробка нафти	60
2.2.5.	Переробка газоподібного палива	64
2.3.	Енергія в промисловості	65
2.3.1.	Види енергії.....	65
2.3.2.	Джерела електричної енергії	67
Розділ 3.	ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИС- ЛОВОСТІ	75
3.1.	Продукція металургійної промисловості	75
3.1.1.	Метали і сплави	75
3.1.2.	Будова металів і сплавів	76
3.1.3.	Фазові перетворення металів і сплавів	77
3.1.4.	Властивості металів і сплавів.....	79
3.2.	Технологічні процеси одержання чорних і кольорових металів	81
3.2.1.	Технологія одержання чавуну	82
3.2.2.	Технологія одержання сталі	87
3.2.3.	Технологія одержання алюмінію	96
3.3.	Технологія порошкової металургії	100
3.4.	Корозія металів	102
Розділ 4.	ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ВИГОТОВ- ЛЕННІ МАШИН	112
4.1.	Продукція машинобудування.....	112
4.1.1.	Поняття про машину, її елементи	112
4.1.2.	Основні етапи виготовлення машин.....	113

4.1.3.	Техніко-економічні показники машин.....	114
4.1.4.	Типи машинобудівних виробництв	115
4.2.	Технологічні процеси виготовлення заготовок ...	117
4.2.1.	Технологія виготовлення заготовок литтям	117
4.2.2.	Технології виготовлення заготовок і виробів тиском	124
4.3.	Технологічні процеси обробки заготовок	135
4.3.1.	Якість обробки заготовок	135
4.3.2.	Обробка заготовок різанням	137
4.3.3.	Структура технологічного процесу механічної обробки	142
4.3.4.	Проектування технологічних процесів	143
4.3.5.	Техніко-економічне оцінювання технологічних процесів	145
4.3.6.	Термічна і хіміко-термічна обробка заготовок і деталей.....	147
4.3.7.	Технології одержання зварних з'єднань.....	149
4.3.8.	Технологічні процеси паяння, клепаання, клеєння	155
4.4.	Технологічний процес складання машин	157
4.4.1.	Поняття про технологічний процес складання...	157
4.4.2.	Види складання і форми його організації	159
4.4.3.	Машини і механізми, що використовуються у процесах складання.....	161
4.4.4.	Технічний контроль і випробування складених виробів	163
4.4.5.	Техніко-економічні показники складання	164
4.5.	Сучасний технологічний розвиток на рівні машинобудівного підприємства.....	165
4.5.1.	Прогресивні технології при обробці заготовок ...	165
4.5.2.	Автоматизація виробництва як вищий етап технологічного розвитку підприємства.....	170
4.5.3.	Поняття гнучких виробничих систем	173
4.5.4.	Поняття науково-технічної підготовки сучасного виробництва	176
4.5.5.	Оцінювання та вибір технологічних рішень на підприємстві.....	179
Розділ 5.	ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	183
5.1.	Хіміко-технологічні процеси.....	183
5.2.	Технологія окремих хімічних продуктів	185
5.2.1.	Технологія одержання сірчаної кислоти	185
5.2.	Мінеральні добрива	188
5.2.3.	Високомолекулярні сполуки	190

Розділ 6.	ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ. БУДІВЕЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО	198
6.1.	Будівельні матеріали	198
6.1.1.	Класифікація і значення будівельних матеріалів	199
6.1.2.	Властивості будівельних матеріалів	199
6.2.	Технологія окремих будівельних матеріалів.....	201
6.2.1.	Природні кам'яні будівельні матеріали і вироби	201
6.2.2.	Керамічні будівельні матеріали і вироби	205
6.2.3.	Мінеральні в'язучі матеріали	208
6.2.4.	Бетон, залізобетон та вироби з них	211
6.3.	Будівельне виробництво	217
6.3.1.	Особливості і структура будівельного виробництва	217
6.3.2.	Поняття про будівлі і споруди	218
6.3.3.	Будівельно-монтажні роботи.....	220
6.3.4.	Індустріалізація будівництва	223
6.3.5.	Техніка безпеки та охорона праці в будівництві	224
6.3.6.	Техніко-економічне оцінювання будівельного виробництва	225
Розділ 7.	ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗЕЙ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	228
7.1.	Технології текстильної промисловості	228
7.1.1.	Текстильні волокна	228
7.1.2.	Технологія одержання пряжі	231
7.1.3.	Виготовлення тканин на ткацькому верстаті ...	234
7.1.4.	Тканини, їх будова, властивості, опорядження...	235
7.2.	Швейна промисловість	239
7.2.1.	Асортимент швейних виробів	239
7.2.2.	Основні етапи виготовлення швейних виробів ...	241
7.2.3.	Машини і обладнання у швейному виробництві	244
Розділ 8.	ТЕХНОЛОГІЇ В ПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЯХ	249
8.1.	Формування технологічних схем	249
8.2.	Технології окремих харчових продуктів	251
8.2.1.	Технологія одержання цукру	251
8.2.2.	Молоко і молокопродукти.....	254
8.2.3.	М'ясо і м'ясопродукти.....	257
8.2.4.	Технологія одержання консервів	263
	Список літератури	269

ПЕРЕДМОВА

Системи технологій промисловості — це прикладна наукова дисципліна, яка розглядає сукупність знань з технології та організації технологічних і виробничих процесів у різних галузях промислового виробництва. Технологічні процеси систематично змінюються відповідно до прогресу у галузях науки і техніки. Так само змінюються підходи до вивчення цих процесів, до їх вдосконалення.

Навчальний посібник підготовлено відповідно до програм курсів “Системи технологій” і “Системи технологій: економічний аспект” з урахуванням специфіки підготовки економістів широкого профілю. Метою навчального посібника є формування у студентів економічних спеціальностей комплексу необхідних теоретичних знань і практичних навичок з економічних основ технологічного розвитку, аналізу технологічних процесів у різних галузях народного господарства України, галузевих особливостей систем технологій, їх техніко-економічного оцінювання.

Предметом вивчення курсів є технологічні системи як економічні об’єкти, економічні аспекти закономірностей і галузеві особливості технологічного розвитку сучасної економіки України.

Посібник складається з восьми розділів.

У першому розділі подано загальні теоретичні поняття і положення щодо вивчення конкретних виробництв, поняття технологічних і виробничих процесів, шляхів і закономірностей їх розвитку, наведено класифікацію технологічних процесів,

особливості їх техніко-економічного оцінювання. Розглянуто поняття технологічних систем, їх класифікацію і закономірності розвитку. Значну увагу приділено поняттям науково-технічного прогресу, технологічного розвитку та їх пріоритетним напрямам. Дано характеристику й оцінку традиційним і прогресивним технологіям.

У наступних розділах розглянуто теоретичні та методичні основи технологій і систем в різних галузях народного господарства України, техніко-економічне обґрунтування їх застосування.

Особливу увагу приділено діяльності мінерально-сировинного, паливно-енергетичного комплексів, виготовленню продукції металургійної, машинобудівної, хімічної, легкої та переробної промисловостей, промисловості будівельних матеріалів, особливостям будівельного виробництва. Висвітлено специфіку використання вторинних продуктів, економії паливно-енергетичних ресурсів, охорони навколишнього середовища, заходи щодо економії матеріальних і трудових ресурсів у виробництві різної продукції, наведено техніко-економічні показники і порівняльну оцінку різних процесів і виробництв.

Ураховуючи те, що основою різних технологічних процесів є закони фізики і хімії, при вивченні цієї дисципліни потрібно систематично повертатись до фундаментальних положень цих наук.

Навчальний посібник підготовлено відповідно до програми дисципліни “Системи технологій промисловості”, затвердженої Вченою радою Тернопільського національного економічного університету в 2007 р., з урахуванням типової програми з дисциплін “Системи технологій”.

Запропонований навчальний посібник “Системи технологій промисловості” є третім виданням. Цей посібник написано з урахуванням типової програми для напряму підготовки “Менеджмент”, методично вдосконалено і теоретично доповнено інформацією про нові досягнення науково-технологічного розвитку, але більше уваги приділено техніко-економічним аспектам, уточнено термінологію, позначення й одиниці фізичних величин відповідно до чинних стандартів.

Автор висловлює щире подяку рецензентам за рецензування рукопису та слушні зауваження і поради.

Розділ 1

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Основні поняття і визначення

1.1.1. Сутність поняття “технологія”

На сучасному етапі соціально-економічного розвитку суспільства особливе місце належить технологіям і технологічного прогресу як важливому фактору економічного зростання. Економіст будь-якого спрямування не зможе в нових виробничих умовах приймати правильні рішення, не маючи технологічних знань. Знання виробництва допоможе економісту прийняти правильне рішення, зрозуміти та оцінити нові можливості, які виникають внаслідок впровадження досягнень науково-технологічного розвитку, нових здобутків науки і техніки.

Технологія — процес послідовної зміни стану, властивостей, структури, форми та інших характеристик предметів праці з метою виготовлення певної продукції. Є різні предмети праці, різні виробництва і, отже, різні види технологій.

Слово “технологія” походить від грец. “технос” — мистецтво, ремесло, “логос” — наука, слово. Дослівно “технологія” — наука про ремесло. Це прикладна наука, що вивчає способи і процеси переробки сировини у засоби виробництва та предмети споживання. Важливою рисою сучасних технологій є те, що вони спрямовані на застосування переважно методів масового виробництва.

Технологія певного виробництва визначається особливостями галузі промисловості й безперервно розвивається з розвитком галузі.

Кожне підприємство випускає продукцію за певною технологією. Є технології одержання чавуну, сталі, алюмінію, аміачної селітри, поліетилену, цукру, пастеризованого молока; обробки металів тиском, різанням; виготовлення цементу тощо. Технологія одержання певного виду продукції, як правило, складається з різних процесів. Їх кількість, зміст, послідовність виконання залежать від вихідної сировини, її підготовки, складності та наявності обладнання у певній кількості, знарядь праці, організації виробництва.

У сучасних технологіях широко використовуються знання з фізики, хімії, механіки, теплотехніки, електротехніки, будівельної справи та інших інженерних і економічних наук. Дедалі більше впроваджують у виробництво комплексну механізацію та автоматизацію, нові прогресивні технології. Особливу увагу приділяють економічній доцільності того чи іншого методу у проведенні певного процесу.

Як самостійна наука технологія сформувалась у кінці XVIII ст. Швидко розвиваючись, вона перетворилася з прикладної науки у фундаментальну, використовуючи у своєму розвитку досягнення природничих, технічних і економічних наук. Рівень технології будь-якого виробництва має вирішальне значення для його економічних показників та ефективності.

1.1.2. Технологічні та виробничі процеси

Виробничий процес — сукупність технологічних процесів (дій), у результаті виконання яких вихідні матеріали, напівфабрикати і сировина перетворюються на готові вироби. Виробничий процес досить складний і поділяється на основні та допоміжні технологічні процеси.

Технологічний процес — послідовна зміна форми, розмірів, властивостей матеріалів і напівфабрикатів для одержання певної продукції, виробів або деталей відповідно до технічних ви-

мог. Технологічний процес є сукупністю менш складних процесів, які називають стадіями або операціями, що також поділяють на складні та прості. Вони включають основні (робочі) елементи і допоміжні. Основні пов'язані зі змінами форм, розмірів, стану, структури і властивостей сировини (матеріалів, предметів праці). Допоміжні операції не супроводжуються такими змінами, вони лише сприяють їм (встановлення, повертання, підведення, заміна та ін.).

Технологічні процеси мають свою структуру, для їх здійснення використовують механічні, фізичні та хімічні дії, а також явища, що відрізняються особливостями якісних змін і перетворень. Часто самі процеси називають механічними, фізичними, хімічними або комбінованими.

Фізичним та механічним процесам характерна зміна лише зовнішньої форми і фізичних властивостей речовини. При цьому їх будова і склад, як правило, залишаються незмінними (подрібнення сировини, формоутворення виробів тощо). В результаті *хімічних* процесів змінюються агрегатний стан, хімічний склад, внутрішня будова (гідроліз деревини) речовини. У більшості технологічних процесів мають місце всі ці дії одночасно. Тому поділ процесів на механічні, хімічні, фізичні суто умовний.

Кожен технологічний процес може бути зображений у вигляді *технологічної схеми*. Це послідовний опис або зображення процесу і відповідного обладнання, що використовується під час його здійснення. У кожній галузі виробництва є свої стандарти для створення технологічних схем.

Ті технологічні процеси, що забезпечують перетворення сировини і матеріалів на готову продукцію, називають *основними* (наприклад, виготовлення заготовок, деталей, складання машин та ін.). А технологічні процеси, що забезпечують якісне виконання основних процесів, операцій, обслуговування основного виробництва, називаються *допоміжними* (наприклад, транспортування заготовок, пакування готової продукції тощо).

Технологічні процеси *проектують*, що є одним із найважливіших етапів будь-якого виробництва. Саме на цьому етапі вибирають найефективніший технологічний процес. Проектування технологічного процесу — опис послідовності його вико-

нання, розрахунок основних режимів і вибір обладнання, інструментів, пристосувань, допоміжних засобів виробництва.

Такому проектуванню властиві складність і багатоваріантність можливих рішень. Спростити і прискорити розробку технологічних процесів може їх *типізація*, основою якої є класифікація виробничих об'єктів. Типізація зменшує усунення різноманіття процесів і є базою для розробки стандартів для типових технологічних процесів.

За наявності декількох варіантів технологічних процесів вибирають *оптимальний*. Для цього оцінюють технологічний процес на основі *техніко-економічних показників*, за допомогою яких визначають ефективність кожного раціонального технологічного процесу. Основними з них є: витрата сировини та енергії на одиницю продукції; капітальні витрати на організацію виробництва; продуктивність обладнання (процесу); якість і собівартість продукту; інтенсивність процесу, рівень його механізації й автоматизації.

Вирішальне значення для раціонального ведення виробництва та створення сталого і правильного технологічного режиму має організація праці й управління виробництвом, а також швидкий і систематичний контроль за виробництвом.

1.1.3. Класифікація технологічних процесів

В основу класифікації технологічних процесів покладено такі критерії: спосіб організації, кратність обробки, рух сировини і теплових потоків, агрегатний стан, тепловий ефект, умови, за яких можна вплинути на процес, та ін.

1. *За способом організації* технологічні процеси поділяють на дискретні, безперервні та комбіновані.

Дискретні (періодичні) — процеси, у яких усі стадії проходять в одному апараті, а фізико-хімічні умови (тиск, температура та ін.) з часом змінюються. Надходження сировини та отримання готових речовин здійснюється періодично. Під час цих дій агрегати (обладнання) простоюють, що спричинює ускладнення їх обслуговування, зниження рівня продуктив-

ності, значні затрати часу. Прикладами періодичних процесів є одержання сталі, цегли, відливків тощо.

Безперервні — такі, у яких сировину закладають в апарат безперервно або періодично окремими порціями. Готову продукцію отримують у міру готовності. В апараті (апаратах) усі стадії процесу відбуваються одночасно в різних зонах (апаратах), фізико-хімічні умови окремих стадій процесу незмінні. Перегонка нафти, одержання цементу, чавуну є саме такими процесами.

Для *комбінованих* процесів характерне поєднання окремих стадій дискретних і безперервних процесів.

2. За кратністю обробки технологічні процеси поділяють на циклічні (кругові), із розімкненим ланцюгом (відкриті) і комбіновані.

Для *циклічних* процесів характерне повернення сировини на початок процесу разом із порцією нової, котра не прореагувала, тобто частина сировини циркулює в замкненому циклі. Такі процеси є основою для створення нових безвідхідних і енергозберігаючих технологій. Прикладами є синтез аміаку, одержання поліетилену високого тиску.

Процеси із *розімкненою* технологічною схемою — процеси одноразової обробки сировини. Прикладами є одержання сірчаної кислоти контактним способом, сталі.

За *комбінованої* (змішаної) схеми одна з реагуючих речовин (або допоміжні матеріали) може циркулювати (наприклад, одержання сірчаної кислоти нітрозним способом).

3. За рухом сировини і теплових потоків технологічні процеси є паралельними, зустрічними і перехресними. Більш ефективними є протитечійні і перехресні. При цьому підвищується швидкість реакцій і повнота взаємодії реагуючих речовин.

4. За агрегатним станом технологічні процеси поділяють на гомогенні та гетерогенні.

Гомогенні — однорідні процеси, у яких реагуючі речовини перебувають в одному агрегатному стані. Прикладом таких процесів є синтез аміаку, горіння газоподібного палива та ін.

Гетерогенні — неоднорідні процеси, у яких реагуючі речовини перебувають у різних агрегатних станах: газ — рідн-

на, газ — тверда речовина, газ — рідина — тверда речовина (наприклад, горіння коксу, випалювання сірчаного колчедану та ін.).

5. За тепловим ефектом технологічні процеси поділяють на екзотермічні та ендотермічні.

Екзотермічні процеси — процеси, при протіканні яких виділяється теплота (горіння палива, реакції окиснення, відновлення та ін.). Теплота, що виділяється під час екзотермічних реакцій, може бути використана для підтримування різних режимів роботи, що сприятиме зменшенню витрат палива (металургія сталі), або для побутових потреб. Іноді внаслідок екзотермічних реакцій температура в печі різко підвищується і потрібно створювати охолоджувальні системи, що потребує додаткових витрат.

Ендотермічні — процеси, при протіканні яких теплота поглинається (випаровування води, деякі реакції відновлення, окиснення, випалювання вапняку та ін.). У багатьох технологічних процесах мають місце як екзотермічні, так і ендотермічні реакції, що сприяє створенню оптимального температурного режиму в апаратах (печах).

6. За умовами впливу на процес виокремлюють високотемпературні, вакуумні, каталітичні, електрофізичні, електрохімічні та інші процеси.

Часто технологічні процеси класифікують залежно від основних закономірностей та умов їх перебігу. Вирізняють такі групи процесів: механічні, фізичні, гідродинамічні, теплові, дифузійні, масообмінні, хімічні, біохімічні тощо.

1.1.4. Техніка безпеки та охорона праці на виробництві

Під час виконання технологічних процесів потрібно дотримуватись норм техніки безпеки й охорони праці, якими передбачено безпечне виконання технологічного процесу.

Охорона праці — система технічних, санітарно-гігієнічних і правових заходів, спрямованих на створення умов праці, безпечних для життя і здоров'я людини. Досягнення в галузі охо-

рони праці тісно пов'язані з науково-технічним прогресом. Так, комплексна механізація й автоматизація виробництва забезпечують поліпшення умов праці, зменшення використання важкої фізичної праці.

Під поняттям "охорона праці" розуміють попередження шкідливих наслідків, до котрих може призвести недотримання вимог техніки безпеки. Для такого попередження встановлені спеціальні правові гарантії. Норми охорони праці містяться у правилах внутрішнього трудового розпорядку. Нагляд і контроль за дотриманням норм здійснюється профспілковими органами та органами державного нагляду.

Техніка безпеки — один з розділів охорони праці. Це система організаційних і технічних заходів та засобів, що попереджують вплив на працівників шкідливих факторів. Проведення заходів з техніки безпеки та створення і застосування засобів для їх реалізації здійснюються на основі затверджених нормативно-технічних документів: стандартів, правил, норм, інструкцій.

Організаційні заходи з техніки безпеки включають: інструктаж і навчання працівників безпечних та нешкідливих методів і прийомів роботи; інструктаж щодо використання захисних засобів; розроблення і впровадження регламентів праці та відпочинку під час виконання важких робіт і робіт у шкідливих умовах.

Для забезпечення нормальних умов праці слід передбачити раціональне компонування цехів, дільниць, зручне розміщення обладнання та робочих місць. Технологічні процеси, що використовуються, мають бути безпечними, максимально механізованими й автоматизованими.

Технічні заходи ґрунтуються на відповідних нормах і правилах. Важливе значення мають площі та розміри приміщень, відстані між обладнанням, які створюють безпечні й сприятливі умови переміщення працівників та їх праці, конструктивний захист, що враховує психологічну, анатомічну та фізіологічну інформацію про людей. Наприклад, не можна розміщувати засоби управління машиною поза зоною, зручною для людини, при роботі машини не повинно бути додаткових звуків, рухів, викидів пилу та ін.

До технічних заходів належать використання загородження, звукова та світлова сигналізація, написи, попередження. Часто використовують електронні пристрої, фотоелементи, автоматичні попереджувальні пристрої (клапани, вимикачі, штифти). Підвищення рівня безпеки досягають, дублюючи технічні засоби захисту (при штампуванні машини включають двома руками), застосовуючи дистанційне управління. Це має особливе значення під час виконання шкідливих і небезпечних робіт.

Відповідно до правил окремих галузей (технологічних процесів), всі працівники використовують індивідуальні засоби захисту (одяг, взуття, окуляри, рукавиці, запобіжні пояси та ін.).

З метою підвищення захисту працівників під час виконання технологічних операцій, зменшення травматизму на підприємствах проводять *навчально-просвітницькі заходи*. При цьому працівники вивчають інструкції та правила техніки безпеки перед початком роботи на підприємстві та безпосередньо на робочих місцях. Інструктаж проводить технічний інспектор підприємства.

Техніка безпеки тісно пов'язана з іншим розділом охорони праці — виробничою санітарією. При створенні засобів і проведенні заходів з техніки безпеки враховують вимоги щодо забезпечення комфортних умов праці й попередження впливу на працівників шкідливих факторів.

Безпеки роботи, зменшення травматизму можна досягти при комплексному застосуванні всіх методів захисту.

1.1.5. Сутність поняття “система”

Система (від грец. “ціле, складене з частин, об'єднання”) — сукупність елементів, між котрими виникають відношення і зв'язки один з одним та які утворюють цілісність, єдність.

Перші уявлення про системи виникли в античній філософії, що висунула онтологічне визначення системи як впорядкованого і цілісного існування. Пізніше поняття “система” використовували у дослідженнях наукових знань, а з другої поло-

вини XIX ст. — у наукових знаннях, сьогодні воно охоплює широку сферу застосування (майже кожен об'єкт може бути розглянутий як система).

Особливостями систем є наявність:

— *мети, стабільності та надійності функціонування*, що визначають її основне призначення;

— *керування*, тобто упорядкованості системи, приведення її у відповідність до мети та завдань;

— *цілісності* — принципової залежності кожного елемента системи від його місця, функцій та інших рис всередині цілого;

— *структурності* — можливості опису системи шляхом визначення її структури;

— *зумовленості* дій системи діями її окремих елементів і властивостями її структури;

— *взаємозалежності* системи і середовища — система формує і виявляє свої властивості у взаємодії із середовищем і є при цьому провідним активним компонентом взаємодії;

— *ієрархічності* — кожен компонент системи у свою чергу можна розглядати як систему, і одночасно досліджувана система є елементом ширшої системи;

— *множинності* опису кожної системи.

Важливий аспект розкриття змісту поняття “система” — виокремлення різних *типів* систем. Є матеріальні й абстрактні системи. Матеріальні, у свою чергу, поділяють на системи неорганічної природи (фізичні, хімічні, технічні, геологічні та ін.) і живі (біологічні) системи, водночас абстрактні системи — це продукт людського мислення (системи понять, гіпотез, теорій та ін.). Крім того, є системи статичні (стан системи постійний) і динамічні (стан системи з часом змінюється).

За особливостями взаємодії системи і середовища системи поділяють на відкриті та закриті. Кожна замкнена система в підсумку досягає стану рівноваги.

Системний підхід — напрям методології наукового пізнання і соціальної практики, в основі якого лежить дослідження об'єктів як систем. Такий підхід сприяє правильній постановці проблем у конкретних науках і виробленню ефективної стратегії їх вивчення.

Технологічні системи — сукупність взаємопов'язаних груп обладнання, предметів праці, технологічних процесів

434 940

(операцій), додаткових засобів і виконавців, об'єднаних єдиною виробничою метою — виготовленням певної продукції. Введення поняття технологічної системи, вивчення її структури і функціональних особливостей дають змогу ефективно впливати на результативні показники виробництва продукції, знижувати її матеріально- та енергомісткість, підвищувати рівень науково-технічного прогресу. Технологічні системи дуже складні. Вони, як правило, включають багато підсистем та елементів. Структура системи характеризує внутрішню організацію, порядок і побудову, визначає оптимальне її функціонування.

Створюючи технологічну систему, необхідно правильно вибирати спосіб і порядок поєднання її окремих елементів. Компоненти технологічної системи мають відповідати технічному рівню, режимам функціонування, тобто повинен реалізуватися балансовий принцип в їх розвитку і функціонуванні. Основними принципами, на які слід орієнтуватися при створенні технологічних систем, є пропорційність, безперервність, ритмічність, надійність, складність (простота) тощо.

Технологічні системи умовно можна поділити на *п'ять класів*:

1. Традиційні технологічні системи, котрі широко застосовуються у різних галузях народного господарства. Їх сукупність є основою для визначення ефективності нових систем.

2. Нові технологічні системи, які використовуються у реальному виробництві, забезпечені конструкторською і технологічною документацією, але все ж застосування їх обмежене, хоча реалізація таких систем не потребує значних капіталовкладень і докорінної реконструкції в машинобудуванні, інших галузях.

3. Технологічні системи, котрі можна запровадити на передові підприємства протягом 2—3 років. При цьому потрібно підготувати машинобудівну базу, розробити проекти реконструкції підприємств із традиційними технологічними системами.

4. Технологічні системи, які перебувають на ранній стадії розробки і для запровадження яких потрібно 4—5 років.

5. Технологічні системи, для запровадження яких потрібно більше 5 років.

Крім цього, технологічні системи *класифікують* за такими критеріями: *ієрархією* (технологічний процес, виробничий підрозділ, підприємство, галузь), *ступенем автоматизації* (механізовані, автоматизовані, автоматичні), *ступенем спеціалізації* (універсальні, спеціальні, спеціалізовані), *ступенем гнучкості* (жорсткі, здатні до перебудови, переналагоджувані, гнучкі автоматизовані).

Розглядаючи системи різного рівня ієрархії, потрібно звернути увагу на їх особливості. Так, системи “технологічні процеси” залежать від організації процесу, властивостей і ступеня перетворення сировини, її якості, послідовності операцій, їх механізації тощо. Властивості цих систем уже поширюються на технологічні системи вищого рівня. Разом з тим, останні мають і свої специфічні властивості та особливості. Наприклад, методи управління системами, зв'язки між їх елементами для різних рівнів різні. Створення систем можна розглядати автономно, водночас залишається поза увагою те, що між різними технологічними системами є багато спільного. *Закономірності їх розвитку* відображено у такій послідовності:

- 1) прогнозування можливостей використання сучасних досягнень фундаментальних наукових досліджень і створення принципово нових технологічних систем;
- 2) організація науково-технічної підготовки щодо створення та освоєння цих систем;
- 3) впровадження цих систем у народному господарстві.

Ефективність технологічних систем оцінюють на основі їх техніко-економічного рівня, який включає оцінювання технічного, кадрового та організаційно-економічного і технологічного рівнів розвитку предметів праці.

Технологічний рівень є одним з основних, оскільки впровадження нових технологій і технічних рішень, автоматизація виробництва забезпечують підвищення продуктивності праці (і процесів), прибутку, зниження собівартості продукції, поліпшення культури й організації виробництва. Не можна не зважати на роль інших факторів технологічної системи — предметів праці (сировини, вихідних матеріалів), кваліфікованих кадрів, прогресивних методів організації та управління тощо. Для повного оцінення ефективності конкретних технологічних систем можуть бути використані й інші показники.

1.2. Технологічний розвиток

1.2.1. Поняття науково-технічного прогресу

Науково-технічний прогрес (НТП) — безперервне вдосконалення наукових досліджень, знарядь праці, засобів і методів виробництва, що забезпечує нарощування темпів виробництва, нову якість зростання економіки. НТП сприяє підвищенню ролі промисловості у розвитку всіх галузей народного господарства — як у виробництві, так і в обслуговуванні, стійкості результатів економічної діяльності, збільшенню обсягу вільного часу, який працівники зможуть використати для підвищення кваліфікації, зростанню кількості кваліфікованих працівників, покращанню міжнародного обміну технічними і науковими ідеями.

Розвиток НТП відбувається за двома *формами* — еволюційною і революційною. При *еволюційній* формі розвиток проходить поступово, без значних змін, протягом тривалого часу. Технічні засоби і технології вдосконалюються за традиційними науково-технічними принципами. При *революційній* формі розвитку з'являються якісно нові науково-технічні ідеї, що змінюють покоління використовуваних техніки, матеріалів, технологій, форм організації технологічних процесів.

Основними *напрямами* науково-технічного прогресу на сучасному етапі є: електрифікація промисловості; хімізація виробництва; комплексна механізація та автоматизація промислового виробництва; впровадження нових передових технологій.

Необхідність *електрифікації* промисловості зумовлена тим, що сьогодні електрична енергія використовується не тільки в силових установках і освітлювальних приладах, а й у більшості технологічних процесів, кількість яких постійно зростає (процесах металургійної, хімічної промисловостей, машинобудування тощо). З такими процесами пов'язане отримання технічно і хімічно чистих металевих матеріалів, виконання точних способів зварювання, обробки заготовок.

Хімізація виробництва — впровадження в різні галузі промисловості найновіших видів сировини, матеріалів і хімічних методів їх обробки. Хімічні методи ведення технологічних процесів застосовуються нині в різних галузях промисловості та відіграють важливу роль у їх розвитку. Такі процеси більш продуктивні, прогресивні, безперервні. Використання хімічних способів переробки різних видів сировини, відходів виробництва дають можливість створювати нові матеріали, сировину для інших галузей.

Комплексна механізація й автоматизація виробництва передбачає впровадження у різні сфери виробництва автоматичних ліній, верстатів з цифровим програмним управлінням, електронно-обчислювальних машин, роботів, обробних центрів, гнучких автоматизованих систем і виробництв тощо. Доволі важливим є підвищення рівня комплексної механізації допоміжних, вантажно-розвантажувальних, підйомно-транспортних, складських та інших процесів. Технічне переозброєння і реконструкцію промислових підприємств потрібно здійснювати з урахуванням їх повної автоматизації, переходу від створення і впровадження окремих машин до систем машин. Позитивним чинником сучасного НТП є досягнення мікроелектроніки, обчислювальної техніки, інформатики.

Необхідність і особливості застосування *передових технологій* сьогодні є головним напрямом, що заслуговує на ретельніше висвітлення. Застосування цих технологій — основа прискореного розвитку промислового виробництва.

1.2.2. Критерії оцінювання науково-технічного прогресу

Науково-технічний прогрес позитивно впливає на розвиток економіки, але й економіка впливає на розвиток науки, техніки, технології. Ефектом науково-технічного прогресу є розширення виробництва, джерела фінансування.

Сучасний стан науково-технічного прогресу постійно потребує нової взаємодії науки і виробництва, використання науко-

вого потенціалу для розв'язання проблем народного господарства. Для оцінювання значення та ефективності науково-технічних досягнень використовують такі критерії: науково-технічний, техніко-економічний і соціальний.

Науково-технічний критерій визначає важливість і актуальність наукових ідей, їх значення для розвитку нових напрямів науково-технічного прогресу. Показниками за цим критерієм є відсутність аналогів, патентний захист, новизна роботи, що виключає розвиток раніше виконаних робіт, вагомість роботи. Проте ці показники не розкривають економічного потенціалу наукових відкриттів. Практичну їх реалізацію можна здійснити лише за великих організаційних форм взаємодії науки і виробництва. Разом з тим, це не означає, що невеликі наукові колективи не можуть займатися подібними пошуками. Потрібно лишень на належному рівні організувати матеріальне стимулювання.

Техніко-економічний критерій визначає актуальність науково-технічних рішень, можливість ефективного використання розробок протягом тривалого часу. Для визначення цього критерію використовують техніко-економічні показники, головними з яких є:

— очікувані технічні результати нововведень — підвищення точності, надійності, довговічності, коефіцієнта корисної дії та ін;

— очікувані економічні результати — гарантований річний економічний ефект, коефіцієнт ефективності на одиницю витрат;

— можливості впровадження у різних галузях.

Особливу увагу при цьому слід приділити відповідності новизни досягнутому світовому рівню науки і техніки.

Соціальний критерій визначає зміни відповідно до соціальних можливостей. За цим критерієм можна оцінювати, використовуючи такі показники:

— стирання меж між розумовою і фізичною працею;

— уніфікація елементів та агрегатів, що спричинює взаємозамінність робітників, адаптацію до процесу виробництва;

— створення знарядь праці, що передбачають захист і охорону навколишнього середовища, раціональність використання природних ресурсів;

— підвищення рівня творчої ініціативи працівників, ефективне використання їх можливостей.

Ці показники неможливо оцінити кількісно, але нині під час оцінювання важливості науково-технічного прогресу і планування його прискорення вони виступають на перший план.

Усі три критерії необхідно застосовувати комплексно, що забезпечить позитивний ефект.

1.2.3. Сутність поняття “технологічний розвиток”

Нова хвиля науково-технічного прогресу базується на досягненнях від застосування прогресивних технологій. Часто “науково-технічний прогрес” замінюють терміном “технологічний розвиток”. Зростає роль новітніх технологій як фактора, що гарантує стабільне переважання одних країн над іншими у міжнародній конкуренції. Нині доведено, що інвестиції в науку й освіту є найвигіднішими, оскільки гарантують найбільшу віддачу, створюючи надійний фундамент для сучасного та майбутнього прогресу. Найбагатші країни вкладають значні кошти саме в новітні технології.

Від впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологічних процесів залежить успіх в економіці. Адже від 60 до 80 % приросту продуктивності праці й до 50 % приросту національного прибутку в різних країнах забезпечується впровадженням нових досягнень науки і техніки, нових технологій. Високі технології за відповідного технічного і кадрового забезпечення гарантують отримання виробів, котрі мають нові функціональні, естетичні та екологічні властивості.

Нова техніка сьогодні — принципово нові матеріали і технології, основою яких є добре організована система наукових досліджень. Лідера практично неможливо наздогнати, а той, хто один раз відстав, наздогнати не зможе ніколи.

Без розвитку науки, техніки, нових високих технологій неможливо мати висококваліфіковані кадри, передову інтелігенцію, а також розвивати сучасні комунікації та новітню інформаційну індустрію, котрі вимагають не стільки фінансових, скільки інтелектуальних інвестицій.

Серед сучасних нових технологій актуальними є біотехнології, інформаційні, космічні, лазерні, електронно-променеві, плазмові, ультразвукові, мембранні технології. Властивості сучасних технологій визначають масштабність їх розробки, виробництва, збуту і запровадження.

Сьогодні високорозвиненими країнами в галузі прогресивних технологій є США, Японія, Німеччина, Велика Британія, Китай. Для України прискорення науково-технологічного прогресу, впровадження в народне господарство передових технологій є умовою збереження статусу індустріальної держави.

У міжнародних науково-технічних відносинах сформувалась якісно нова ситуація. Прискореними темпами створюється *світова науково-технічна система*, регіональні та світові системи комунікації та обміну результатами наукових досліджень і вченими. Окремі розробки здійснюються одночасно в декількох країнах, має місце процес інтернаціоналізації наукової діяльності.

Кожна країна, котра бажає досягнути сучасного рівня технологічного та економічного розвитку, має проводити цілеспрямовану технологічну політику і не допускати відставання в технологічному розвитку, що забезпечить їй національну технологічну безпеку. Ступінь цієї безпеки має враховувати як наявний технологічний рівень виробництва в усіх галузях економіки, так і технологічну структуру кожної з них, тобто частку передових, відсталих і середньорозвинених технологій, що вони використовують. Важливе значення має також внутрішня економічна ситуація. Наука, техніка, технології мають враховуватись в межах економічної політики.

Часто експлуатують найпростіші технології переважно ресурсомісткі, екологічно шкідливі без оновлення та модернізації виробництва. Отримуючи тимчасові прибутки, не вдосконалюють виробництво, яке забруднює навколишнє середовище. Такі виробництва в недалекому майбутньому стануть збитковими.

Хоча розвинені країни передають технології країнам, що розвиваються, проте незавжди досягається поставлена мета. Причина в тому, що технічний і технологічний прогреси ніколи не були суто переміщенням готової до використання техні-

ки і технологій з однієї системи в іншу. Розробка й освоєння технологій — тісно пов'язані процеси, тому при передачі має бути передбачено систему адаптації технології, пристосування її до умов нового середовища.

Важливе значення має правильний вибір нових технологій у кожному конкретному випадку.

1.2.4. Форми технологічного розвитку

Технологічний розвиток, як і науково-технічний прогрес, має дві форми — еволюційну та революційну. *Еволюційна* форма передбачає вдосконалення наявних технологій новими технічними елементами, механізацією та автоматизацією окремих операцій (основних чи допоміжних), що є прогресивними і забезпечують одержання ліпших результатів роботи. Але при цьому сутність технологічного процесу (окремих його стадій) не змінюється. Характерною особливістю цього розвитку є те, що можна на певному етапі зберегти наявні технології і, лише вдосконаливши їх, досягти прогнозованих результатів (підвищення продуктивності, зниження собівартості, поліпшення якості продуктів та ін.). Однак ефективність технічних рішень еволюційного типу має тенденцію до зниження. Це можна пояснити тим, що в міру ускладнення технологічного обладнання його модернізація потребуватиме більших обсягів, отже, більших витрат. Це означає, що собівартість продукції почне зростати.

Революційна форма розвитку передбачає заміну застарілих технологій новими, прогресивнішими, що потребує великих витрат на початку і може тимчасово негативно позначатися на очікуваних результатах. Ефект впровадження таких технологій стане відчутним пізніше, коли будуть реалізовані його перспективні якості та можливості. Якщо ці можливості не будуть реалізовані, такі зміни перетворяться на еволюційні.

Кожна з форм технологічного розвитку має свої закономірності. Вибір шляху технологічного розвитку для кожного виробництва дає можливість визначати технологічну політику,

здійснювати прогнозування ефективності конкретних технологічних процесів і рішень, виявляти раціональні шляхи інтенсифікації виробництва. Очевидним є ефективність революційного шляху технологічного розвитку.

Технологічний розвиток має *циклічну структуру*. Спочатку нововведення спричинюють зростання економічних показників виробництва, підвищується його продуктивність, збільшується прибуток, знижується собівартість продукції, спостерігається технологічний підйом. Одночасно нововведення порушують існуючу структуру окремих економічних зв'язків між виробничими можливостями, забезпеченням сировиною, цінами, прибутками та ін., що може вивести економічну систему зі стану рівноваги. У такому випадку за економічним підйомом внаслідок запровадження нововведень обов'язково наступить спад із реорганізацією структури цін, витрат, виробництв, хоча також може спостерігатися зростання показників. Система перебуває у стані економічної депресії, що є реакцією на підйом, адаптацією до ситуації, котра виникла.

Тривалість такого циклу залежить від активності технологічного розвитку. Якщо він проходить повільно (еволюційно), система пристосовується, далі знову економіка оздоровлюється, але це залежить від процесу пристосування. Іноді система спрямована на зрівноваження, і зростання повторюється знову, починаючись новим вибухом прогресивних технологій (інноваційної політики).

Рух економіки і технологічний розвиток мають форму *циклів*, середня тривалість яких становить 50 років. Таким чином, технологічний розвиток — першопричина коливань темпів економічного зростання.

1.2.5. Екологічні проблеми технологічного розвитку

Людина у своїй діяльності взаємодіє з навколишнім середовищем, використовуючи його ресурси, пристосовуючись до нього і змінюючи його структуру, баланс і кругообіг речовин та енергії. Розвиваючи виробництво, людина модифікує способи

взаємодії з природою. Внаслідок науково-технічного прогресу і технологічного розвитку кількісний і якісний вплив людини на природу сьогодні стрімко зростає. Водночас ця взаємодія стає інтенсивнішою та ефективнішою.

Позитивний вплив науково-технічного прогресу і технологічного розвитку часто супроводжується нераціональним використанням природних багатств, що призводить до непоправних змін стану природного середовища. Доведено, що чим швидше розвивається виробництво, тим більше відбувається викидів і забруднюється довкілля. Вплив людини на навколишнє середовище сьогодні значно посилюється і набув загрозливого для людей і природи стану. І тому проблема захисту навколишнього середовища нині є однією з найважливіших.

Спочатку забруднення були місцевими (лише поблизу підприємств), навіть недалеко від джерела забруднення попередній стан середовища можна було відновити. Нині речовини, використовувані в сільському господарстві, добрива, отрутохімікати, гербіциди, що потрапляють у великих кількостях з відходами виробництва, вже не встигають або взагалі не можуть нейтралізуватися лише самовідновленням природи.

Кількість викидів і забруднень постійно зростає. Основними джерелами є хімічна промисловість, металургія, енергетика, транспорт, будівництво, харчова і легка промисловість, сільське господарство. Велику небезпеку для довкілля становить виробництво, зберігання і випробування ядерної, хімічної та іншої зброї масового знищення.

Щорічно у водойми і на поверхню землі викидається близько 500 млн т забруднюючих речовин (промислових, сільськогосподарських, побутових), котрі містять багато високотоксичних речовин, шкідливих для людей, рослин, тварин, мікроорганізмів. У повітрі є оксиди вуглецю, азоту, сірки, пил, сажа, випускні гази автомобілів тощо у кількостях, значно вищих за допустимі. Ґрунт і водойми забруднюються мінеральними добривами, отрутохімікатами, сполуками важких металів, відходами підприємств.

Збільшенню забруднення довкілля сприяють технології зі значними витратами та великою кількістю відходів, недосконалі технічні засоби і технологічні процеси. Науково-техніч-

ний прогрес руйнує навколишнє середовище у випадку використання досягнень технологічного розвитку використовують без урахування впливу на довкілля. Отже, пришвидшення науково-технічного прогресу спричинює загострення екологічних проблем, а саме прямих і непрямих впливів виробничої діяльності на склад та властивості атмосфери, температурний режим планети, фон радіоактивності; забруднення Світового океану, водойм, суші; зменшення запасів прісної води, невідновлюваної сировини, енергетичних ресурсів; викиди у біосферу неперероблюваних біохімічних і токсичних відходів та ін.

Науковці світу прогнозують стрімке зростання масштабів цих глобальних екологічних проблем людства у XXI ст. Нині вони хвилюють не тільки науковців, а й широкий загал. Для їх вирішення необхідно розуміти всю небезпеку, дотримуватися норм і правил захисту довкілля, впроваджувати заходи щодо зменшення його забруднення. Цьому сприятиме підвищення екологічної освіченості людей.

Сучасний технологічний розвиток має бути спрямований не тільки на досягнення технологічних та економічних показників, а й на захист довкілля.

Основними напрямками технологічного розвитку у сфері вирішення екологічних проблем є:

— пошук і впровадження екологічно чистих ресурсо- та енергозберігаючих технологій, циклічних технологічних схем (мало- і безвідхідних);

— використання менш шкідливих джерел енергії, палива, сировини;

— впровадження комплексних технологій переробки сировини;

— радикальна перебудова технологій, позбавлення їх недоліків, що забруднюють навколишнє середовище;

— створення нових екологічно прийнятних технічних засобів і технологічних процесів;

— вилучення з експлуатації або реконструкція екологічно небезпечних виробництв;

— ширше застосування очисних споруд і обладнання на хімічних, енергетичних та інших шкідливих підприємствах, утилізація і знезараження виробничих викидів та відходів;

— створення виробництв, що не мають викидів стічних вод у природні водойми, зменшення споживання прісної води;

— підвищення відповідальності підприємств і організацій за повне використання мінеральної сировини при її видобуванні та переробці;

— формування екологічноспрямованої економіки, котра би враховувала витрати не тільки на освоєння природи, а й на охорону і відновлення екосфери, підкреслювала б екологічну обґрунтованість технічних і технологічних нововведень, здійснювала б контроль над їх упровадженням;

— правове регулювання відносин у сфері охорони навколишнього середовища, міжнародне співробітництво з іншими організаціями з цих питань.

Одним із головних принципів побудови нових технологічних систем має стати відмова від традиційної диференційованої структури витрат сировини й енергії та її заміна на інтегровану енерго-технологічну систему. Це дасть змогу здійснювати процеси економічніше, з найменшими затратами, безпечніше.

1.2.6. Економічне оцінювання технологій

Рівень технології будь-якого виробництва впливає на його економічні показники, тому при виборі технологічного процесу потрібно здійснювати його техніко-економічне оцінювання і за результатами вибрати оптимальний.

Загальними для всіх технологічних процесів техніко-економічними показниками є: продуктивність, витратні коефіцієнти, собівартість і якість одержаної продукції.

Продуктивність відображає кількість продукції, виготовленої за одиницю часу. Цей показник є визначальним при впровадженні нових технологій, техніки, незначних вдосконаленнях технологічного процесу. Збільшення продуктивності веде до зниження собівартості.

Витратні коефіцієнти — затрати сировини, енергії, палива, допоміжних матеріалів на одиницю виготовленої продукції. Збільшення обсягів затрат матеріалів є причиною зростан-

ня собівартості продукції, зниження ефекту від нововведень. Іноді внаслідок впровадження нових технологій, окремих технічних вдосконалень затрати сировини збільшуються, а іноді — навпаки. Нові технології, окремі вдосконалення мають бути матеріалозберігаючими, саме тоді вони є ефективними.

Собівартість — повна сума всіх витрат на виготовлення і реалізацію продукції. Зменшити її можна за рахунок підвищення продуктивності, якості сировини, її економного використання, встановлення високопродуктивного обладнання, вдосконалення організації технологічного процесу тощо. Аналізують структуру собівартості для виявлення резервів виробництва, інтенсифікації технологічних процесів.

Якість виготовленої продукції — сукупність її властивостей, складу, структури. Показники якості повинні задовольняти вимоги щодо призначення, надійності, технологічності, стандартності, естетичності, економічності тощо. Для оцінювання конкретних технологічних процесів можуть бути використані й інші техніко-економічні показники.

Для виявлення ступеня забезпеченості виробництва відповідними видами продукції та встановлення правильних пропорцій товарів у народному господарстві застосовують *матеріальні баланси*.

Технологічний матеріальний баланс — співвідношення кількостей введених і отриманих речовин у технологічному (хіміко-технологічному) процесі. Він ґрунтується на законі збереження маси. Загальна маса використаних у виробництві матеріалів має дорівнювати масі отриманих продуктів. Матеріальний баланс складають у розрахунку на одиницю сировини чи продукції або для одного апарата чи машини за одиницю часу.

Щоб забезпечити підвищення ефективності виробництва треба створити оптимальну систему використання ресурсів і отримання продукції.

1.3. Традиційні та прогресивні технологічні процеси

1.3.1. Високотемпературні процеси

Високотемпературними називають такі процеси, котрі відбуваються в режимі підвищеної температури. Використовувалися вони здавна. Зазвичай такі процеси відбуваються при температурі понад 900 °С. Проте є такі, що мають значно нижчі температури перебігу, але їх зараховують до високотемпературних, оскільки температура є головним чинником інтенсифікації цих процесів (наприклад перегонка нафти, деревини, напівкоксування та ін.). Регулювання температурного режиму — найуніверсальніший засіб підвищення швидкості процесу і продуктивності обладнання. Високотемпературні процеси дуже часто використовуються у металургійній, хімічній, машинобудівній галузях, у промисловості будівельних матеріалів.

Техніко-економічні показники. Високотемпературні процеси доступні, універсальні, ними легко управляти. Для них використовують печі різних конструкцій. Це апарати, в яких виділення і використання тепла поєднано зі здійсненням певного технологічного процесу. Печі здебільшого мають просту будову, автоматизоване управління, механізоване (автоматизоване) завантаження сировини і одержання готового продукту, стабільну роботу протягом визначеного часу.

Хоча підвищення температури позитивно впливає на перебіг хіміко-технологічного процесу, але на практиці застосування високих температур для інтенсифікації процесів часто обмежують. При цьому враховують як технічні, так і *економічні фактори*: швидке досягнення рівноваги екзотермічних реакцій, утворення побічних продуктів, термічна нестійкість матеріалів, апаратів, продуктів реакцій, значні затрати і втрати енергії тощо. Іноді підвищення температури впливає негативно — рідкі матеріали випаровуються, тверді спікаються.

З розвитком науки і техніки, з появою нових способів впливу на речовину та нових методів інтенсифікації технологічних процесів (застосування тиску, каталізу, ультразвуку, плазми, електронного, світлового променів та ін.) високотемпературні процеси поступаються прогресивнішим або їх доповнюють дією таких чинників, як вплив лазера, плазми, ультразвуку тощо.

1.3.2. Каталітичні процеси

Каталітичними називають процеси, для здійснення яких використовують *каталізатори* — речовини, що збільшують швидкість хімічних реакцій і при цьому залишаються незмінними. Каталізатор — найефективніший, іноді єдиний засіб пришвидшення хімічних реакцій.

Каталітичні процеси дуже перспективні: у хімічній промисловості та суміжних з нею галузях більше 90 % нових технологій становлять саме такі процеси, за їх допомогою виробляються десятки тисяч найменувань промислової продукції (неорганічні кислоти, аміак, мономері для синтезу полімерів, органічні кислоти, спирти, альдегіди та ін.). Каталіз широко застосовують у виробництві лікарських речовин, миючих засобів, пального, жирів, щораз більше — для охорони навколишнього середовища.

Важливою рисою каталізатора є його *вибіркова дія*, тобто здатність впливати на швидкість одних реакцій і не впливати на інші.

Каталізатори поділяють на тверді, рідкі та газоподібні. До твердих належать метали (платина, срібло, хром, мідь тощо) та їх оксиди (оксид алюмінію, ванадію, заліза, кремнію та ін.). Їх використовують найчастіше у вигляді таблеток, гранул, зерен. Рідкі каталізатори (луги, кислоти) використовують менше, газоподібні — дуже рідко.

Залежно від агрегатного стану каталізатора та реагуючих речовин каталітичні процеси поділяють на гомогенні, гетерогенні та мікрогетерогенні. Чітких меж між ними провести не можна, суть їх однакова. Якщо один з продуктів реакції є для

певної реакції каталізатором, процес називається *автокаталітичним*. Апаратами для каталітичних процесів є башти, контактні апарати, колони, реактори.

Техніко-економічні показники. Каталітичні процеси переважно безперервні, безвідходні, мало енергозатратні, високопродуктивні, забезпечують високу якість продукції. Апарати для каталітичних процесів прості за будовою, ними легко управляти і можна без зусиль автоматизувати. Каталітичні процеси не мають обмежень у використанні. При застосуванні дорогих каталізаторів (платини, оксидів хрому, титану, ванадію та ін.) зростає собівартість кінцевого продукту.

1.3.3. Електрохімічні процеси

Електрохімічні процеси здійснюються під впливом постійного електричного струму. При цьому електрична енергія перетворюється в хімічну або хімічна в електричну без проміжного перетворення на теплоту.

Прикладом електрохімічного процесу є *електроліз* — хімічний процес розкладу електроліту і виділення на електродах продуктів реакції. Для перебігу процесу потрібні електроліт, електролізер і електроди. Через електроліт проходить постійний електричний струм від позитивного електрода (*анода*) до негативного (*катода*). На аноді відбуваються реакції окиснення, на катоді — відновлення. Електролітом може бути розчин або розплав.

Залежність між кількістю речовини, що виділяється на електродах, та кількістю електричного струму, що пройшов через електроліт, визначається двома законами Фарадея.

1. Кількість речовини, що виділяється на електродах, прямо пропорційна кількості електричного струму, що пройшов через електроліт.

2. При проходженні однакової кількості електричного струму через різні електроліти кількість речовин, що виділяються на електродах, прямо пропорційна хімічним еквівалентам цих речовин.

Електрохімічні процеси почали широко використовувати у другій половині XIX ст., нині сфери їх застосування доволі широкі: хімічна промисловість, металургійна, обробка металів і сплавів, нові прогресивні технології.

Техніко-економічні показники. Електрохімічні процеси дають змогу отримувати дуже чисті продукти, часто — цінні побічні продукти, краще використовувати сировину. Для них характерні прості технологічні схеми. Часто тільки такі методи можуть забезпечити отримання спеціального покриття, виробів у вигляді копій з відповідних матриць. Разом з тим, ці процеси дорогі, енергомісткі, вимагають великих затрат на створення джерел отримання енергії.

Критеріями раціонального використання електричної енергії в процесі електролізу є вихід за струмом та енергією.

1.3.4. Біохімічні процеси

Біохімічними називають процеси, що відбуваються в живих клітинах під дією окремих мікроорганізмів. Виробництва промислової продукції з використанням біохімічних процесів називають *біотехнологіями*. Саме такі технології застосовуються в харчовій, хімічній, гірничорудній, фармацевтичній промисловостях, у процесі очищення стічних вод тощо. За допомогою біотехнологій отримують спирти, вино, пиво, кисломолочні продукти, кормові та медичні дріжджі, кормові біомаси, ацетон, органічні кислоти, амінокислоти, мікробіологічні засоби захисту рослин, вітаміни, антибіотики. Маємо перспективи їх застосування в кольоровій металургії. Використання цих процесів є одним із напрямів науково-технологічного розвитку.

Біохімічні процеси здебільшого каталітичні. Каталізаторами у них виступають ферменти, гормони, вітаміни. *Ферментами* називають білкові речовини, які синтезуються в живих клітинах рослин, тварин, мікроорганізмів і прискорюють (регулюють) перебіг всіх важливих процесів організму. Ферментативні реакції багатоступеневі, тобто мають проміжні стадії. Проте протікають вони дуже швидко, і режими їх протікання м'які.

Технологічний процес мікробіологічного синтезу проходить декілька стадій:

- приготування і стерилізація живильного середовища;
- зберігання мікроорганізмів та їх розмноження в лабораторії;
- отримання мікроорганізмів (посівного матеріалу) в цеху чистої культури;
- ферментація;
- отримання, пакування і зберігання продукції.

Техніко-економічні показники. Біохімічні процеси вископродуктивні, малоенергомісткі, не потребують складного обладнання, високих температур, високого тиску. Для біохімічних процесів є багато видів сировини: нафта, природний газ, нафтопродукти, відходи виробництв у різних галузях. За рахунок цього знижується собівартість одержаної продукції. Використовуючи різні мікроорганізми, можна розширювати асортимент продукції, поліпшувати її якість.

1.3.5. Фотохімічні процеси

Фотохімічними називають процеси, що відбуваються під дією світла або спричинюються ним. Молекула речовини при поглинанні кванта світла переходить в активний стан, а згодом вступає в хімічну реакцію. Продукти фотохімічної (первинної) реакції дуже часто беруть участь в різних вторинних реакціях, що завершуються утворенням кінцевих продуктів.

Такі процеси відбуваються у природі, їх використовують для отримання промислової продукції. Фотохімічними процесами можна керувати та прискорювати їх за допомогою каталізаторів.

У фотохімічній реакції виокремлюють три стадії:

- поглинання світла і перехід молекул в електронно-активний стан;
- первинні фотохімічні реакції з участю активних молекул та утворення в їх результаті первинних фотохімічних продуктів;
- вторинні реакції речовин, утворених у первинному процесі.

Фотохімічні процеси умовно поділяють на три групи.

1. Процеси, що після поглинання реагентами світлового імпульсу відбуваються без подальшого надходження світла.

2. Процеси, для здійснення котрих необхідне безперервне надходження світлової енергії до реагентів.

3. Фотокаталітичні процеси, в яких світло поглинається каталізатором, що прискорює процес (каталізаторами можуть бути метали або їх оксиди).

Фотохімічні процеси застосовують у: фотохімічних реакторах, сонячних фотосинтетичних установках, хімічній промисловості (процеси хлорування вуглеводнів, бромовання та ін.), фотографії для отримання рельєфних зображень для мікроелектроніки, друкованих форм для поліграфії тощо.

Техніко-економічні показники. Фотохімічні процеси вископродуктивні, малоенергомісткі, ними просто керувати (регулювати швидкість реакції) і легко автоматизувати, вони забезпечують отримання високоякісної продукції. Останнім часом значно розширилися сфери їх використання, і в майбутньому ці технологічні процеси мають великі перспективи.

1.3.6. Радіаційно-хімічні процеси

Радіаційно-хімічні процеси — процеси, в яких для активізації атомів, молекул, радикалів використовують йонізуюче випромінювання. Властивість йонізувати речовину мають: рентгенівські промені, гамма-промені, альфа- і бета-частинки, уламки ядер, утворені при реакціях поділу, прискорені заряджені частинки.

Ще в 1899 р. П. Кюрі і М. Склодовська-Кюрі в одній зі статей писали про перетворення кисню на озон під дією променів радію. Пізніше було помічено, що вода під впливом цих променів розкладається на водень і кисень, причому одночасно утворюється перекис водню. Звичайне скло в місцях дотику до препарату радію темніє і виникає сітка мікротріщин.

Йонізуюче випромінювання сприяє переходу менш стійких кристалічних алотропних модифікацій у стійкіші. Так, білий

фосфор при опроміненні перетворюється на червоний, біле олово — на сіре, на поверхні алмазу утворюються частинки графіту. Молекули багатьох газів розпадаються на складові. І навпаки, дія йонізуючого випромінювання на суміш простих речовин часто веде до утворення складних молекул.

Радіаційно-хімічні процеси умовно поділяють на три стадії. На першій, фізичній, стадії швидко заряджена частинка або фотон стикається з молекулами середовища і передає їм свою надлишкову енергію, внаслідок чого молекули переходять в активний стан. На другій, фізико-хімічній, стадії активні молекули розпадаються або взаємодіють з іншими молекулами, передаючи їм надлишкову енергію. У результаті цих процесів утворюються йони, окремі атоми та вільні радикали, що мають високу реакційну здатність. На третій, хімічній, стадії йони, атоми, радикали взаємодіють між собою і з молекулами, що їх оточують. Утворюються кінцеві продукти радіаційно-хімічної реакції. Всі три стадії відбуваються за мільйонні частки секунди. Для йонізації використовують генератори випромінювань.

За допомогою таких процесів проводять полімеризацію, зшивання полімерів, синтез високомолекулярних сполук (хлорування, окиснення, сульфохлорування), радіаційне очищення стічних вод, газів, побутових і промислових відходів, діагностику та лікування у медицині.

Перспективними джерелами гамма-випромінювань вважають радіаційні контури у ядерних реакторах. Одночасно з виробленням електричної енергії на ядерних реакторах отримують плівкові напівпроникні мембрани.

Водночас при експлуатації ядерних реакторів потрібно чітко дотримуватись правил техніки безпеки й охорони праці.

Техніко-економічні показники. Радіаційно-хімічні процеси є перспективними і прогресивними. Їх можна проводити при низькій температурі, без каталізаторів, у результаті одержувати чисті продукти. Є можливість хімічного приєднання до поверхні різних речовин органічних полімерів. Такими процесами можна керувати, регулювати їх швидкість, а їх недоліками є необхідність дотримання особливих правил техніки безпеки та подальшого захоронення радіоактивних відходів.

1.3.7. Ультразвукові процеси

Ультразвук — пружні механічні коливання та хвилі з частотою вище 20 кГц, які не сприймаються людським вухом. Вони можуть відбиватися від перепон, піддаються фокусуванню.

Для генерування ультразвукових коливань використовують пристрої двох типів: механічні й електромеханічні. Найбільш поширені електромеханічні.

Ультразвуковими називають методи обробки, при яких оброблювана зона перебуває під впливом пружних механічних коливань високої частоти.

Ультразвукові методи застосовують у фізиці твердого тіла, напівпровідників, в металургії (за його допомогою можна регулювати, наприклад, процес кристалізації), у гідроакустиці при вивченні речовин, для контролю, вимірювань, обробки матеріалів, зварювання. Ультразвукову кавітацію широко застосовують для очищення від забруднень як дрібних (прилади, годинники, електронна техніка), так і великих виробів та деталей. Такі методи дають змогу обробляти крихкі матеріали (скло, кераміку, дорогоцінні камені) та деталі складної конфігурації. Широко використовують ультразвук і в біології (для мікромасажу тканин), медицині (для діагностики, терапевтичного лікування).

Техніко-економічні показники. Ультразвукові процеси високопродуктивні, легкокеровані, доступні та забезпечують високі якісні характеристики. Їх використання позитивно впливає на хід технологічних процесів. Сфера їх застосування постійно розширюється, а в окремих галузях ультразвук належить до енергозберігаючих технологій.

1.3.8. Лазерні процеси

Світлопроменева обробка ґрунтується на тепловій дії світлового променя великої енергії на оброблювану поверхню. Світловий промінь за допомогою лінзи фокусується у маленьку точку. Для одержання великої питомої потужності світло повинно бути одноколірним (монохроматичним), доволі інтенсивним і розповсюджуватися паралельно. Жодне зі звичайних джерел світла не має таких властивостей.

У 1960 р. створено *лазер* — джерело світла, що має всі перераховані вище ознаки. Лазером називають квантовий генератор оптичного випромінювання. Сильний світловий промінь, проходячи крізь спеціальний оптичний пристрій, фокусується на потрібній поверхні. У зоні його дії виникають температури в декілька тисяч градусів і високий тиск. Концентрація енергії дуже велика, тому матеріал швидко плавиться і випаровується.

Лазерні процеси використовують у металообробці, зварюванні, біології, медицині, у спектроскопії, на телебаченні, для обробки скла, тугоплавких матеріалів, передачі інформації, для синтезу нових матеріалів, виготовлення мікросхем та ін. Лазерній обробці піддаються найрізноманітніші матеріали: скло, кераміка, металеви, тверді сплави, коштовні камені, пластмаса, гума тощо.

Техніко-економічні показники. У лазерних процесах механічно не діють на вироби, що дає можливість обробляти дуже малі й тонкі вироби, крихкі матеріали. Окрім того, можна керувати температурою в зоні дії променя. Це високопродуктивні та повністю автоматизовані процеси, що забезпечують високу якість виробів і вдосконалюють їх властивості, поліпшують умови праці та культуру виробництва.

1.3.9. Електронно-променеві процеси

Електронний промінь, як і світловий, має корисні для технологій властивості: потрапляючи на оброблюваний матеріал, у місці дії він розігріває його до температури у 6000 °С (температура поверхні Сонця) і миттєво випаровує, утворюючи отвір або заглибину. Сучасна техніка дає змогу регулювати щільність випромінювання електронів і, відповідно, температуру нагрівання матеріалу. Дуже важливим є те, що дія електронного променя не супроводжується надмірними навантаженнями на виріб. Це має особливе значення при обробці крихких і твердих матеріалів (скла, кварцу, твердих сплавів, алмазу та ін.).

Електронний промінь отримують в електронній гарматі, котра генерує пучок електронів, а далі за допомогою лінз фокусують на потрібній поверхні.

Техніко-економічні показники. Електронним променем можна обробляти тугоплавкі та хімічно активні метали і сплави, зварювати, виготовляти тонкі плівки, сітки з фольги. Ці процеси високопродуктивні, високоточні, забезпечують достатню якість обробки і структуру виробів, їх швидкість можна регулювати у широких межах, усі вони автоматизовані. Електронний промінь можна використовувати для найрізноманітніших процесів, однак вони дорогі, адже для їх здійснення потрібен вакуум.

1.3.10. Плазмові процеси

Плазма — частково або повністю йонізований газ, що містить позитивно та негативно заряджені частинки, кількість яких в ньому майже однакова. Тому це електронейтральна речовина. При сильному нагріванні будь-яка речовина випаровується, перетворюється на газ. Якщо температуру збільшувати і далі, різко пришвидшиться процес термічної йонізації,

тобто молекули газу розпадатимуться на атоми, що згодом перетворяться на йони. Процес йонізації може бути викликаний взаємодією газу з електромагнітним випромінюванням (фотойонізація) або бомбардуванням газу зарядженими частинками. Плазма активно взаємодіє з магнітним полем, яскраво світиться, електропровідна. Відношення числа йонізованих атомів до усієї їх кількості на одиницю об'єму плазми називають *ступенем йонізації* (α). Залежно від величини ступеня йонізації розрізняють слабо, сильно і повністю йонізовану плазму.

Плазма може бути низькотемпературною (10^3 — 10^5 °C) та високотемпературною (10^6 — 10^8 °C). Цей умовний поділ пов'язаний як з можливістю плазми досягати дуже високих температур, так і з важливістю високотемпературної плазми для термоядерного синтезу. Низькотемпературну плазму, яку отримують у спеціальних плазмотронах ширше застосовують у технологічних процесах.

Плазму використовують для синтезу органічних і неорганічних сполук, переробки хлорорганічних відходів, вирощування монокристалів, виробництва дрібнодисперсних порошоків, для нанесення різноманітних покриттів на вироби, при отриманні металобетонів, у металообробці, зварюванні та ін.

В Україні створено простий, легкий, ефективний і надійний водяний плазмовий інструмент для зварювання та застосування у інших процесах (Мультиплаз-2500). Витрати на його придбання окуповуються за два тижні.

Техніко-економічні показники. Плазмові процеси високопродуктивні та швидкісні. Високі швидкості плазмових процесів сприяють зменшенню розмірів плазмотронів. Плазмові процеси дають можливість здійснювати обробки при дуже високих температурах, що неможливо за інших процесів, окрім того, знижуються вимоги до якості сировини (плазма малочутлива до домішок). Плазмові процеси дуже перспективні, оскільки їх можна застосувати тоді, коли неможливо використати інші технології.

Недоліки використання плазми: плазмові головки вимагають використання додаткового обладнання для їх охолодження під час роботи; у цих процесах виділяються шкідливі домішки, що підвищує екологічну небезпеку.

Контрольні запитання і завдання

1. Визначте зміст і значення понять “техніка” і “технологія”.
2. Що таке технологічні і виробничі процеси? Яка між ними різниця? Як вони класифікуються?
3. Розкрийте сутність поняття “науково-технічний прогрес”. Охарактеризуйте його види і напрями розвитку.
4. Що таке технологічний розвиток?
5. Охарактеризуйте і дайте оцінку традиційним та прогресивним технологічним процесам.
6. Як проводять техніко-економічне оцінювання (порівняння) технологій?

Література

1. *Валдайцев С.В.* Эффективность ускорения научно-технического прогресса. — Л.: Из-во ЛГУ, 1990.
2. *Васильева И.Н.* Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
3. Глобалізація науково-технічного розвитку та проблеми міжнародної технологічної безпеки України // Глобалізація і безпека розвитку. — К., 2001.
4. *Дичковська О.В.* Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
5. *Дмитрук І.Й.* Організаційно-економічні методи розвитку науково-технічного прогресу. — Л.: Світ, 1991.
6. *Загородній А.Г., Стадницький Ю.І.* Менеджмент реальних інвестицій: Навч. посіб. — К.: Т-во “Знання” КОО, 2000.
7. *Збожна О.М.* Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид., змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.
8. *Нейкова Л.И.* Анализ эффективности технического перевооружения промышленных предприятий. — М.: Финансы, 1990.

9. Основи промислового розвитку країни / М.П. Владими-
рова та ін. — К.: Наука, 2005.

10. *Остапчук М.В.* Система технологій (за видами діяль-
ності): Навч. посіб. / М.В. Остапчук, А.І. Рибак. — К.: ЦУЛ,
2003.

11. *Сухарев С.М.* Технологія та охорона навколишнього сере-
довища: Навч. посіб. / С.М. Сухарев та ін. — Л.: Новий світ,
2000—2005.

12. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч.
посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила,
А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.

13. *Царик Т.Є., Файфура В.В.* Основи екології. — Т., 2003.

14. *Яковенко І.І.* Виробничий ринок в сучасних умовах. —
К.: Наука, 2001.

Розділ 2

СИРОВИНА, ПАЛИВО, ЕНЕРГІЯ

2.1. Сировина

2.1.1. Класифікація сировини

Сировиною називають природні та штучні матеріали, котрі використовують для виробництва продукції. Це один з найважливіших елементів виробництва, від якості та ефективності використання якого залежить ефективність роботи усього підприємства.

З розвитком промисловості сировинна база розширюється, з'являються нові види сировини, все частіше як сировину почали використовувати відходи виробництва. Іноді використовується сировина, що уже піддавалась промисловій переробці (напівфабрикати) або готова продукція одного виробництва стає сировиною для іншого (чавун, хімічні волокна, коксові гази та ін.). Сировину, що застосовується у технологічних процесах, часто називають вихідними матеріалами.

Сировину *класифікують* за такими ознаками:

1. *За агрегатним станом* сировину поділяють на тверду (камінь, руда, вугілля та ін.), рідку (вода, нафта, кислоти, розчини солей та ін.) і газоподібну (повітря, природний, генераторний гази та ін.).

2. *За походженням* сировину поділяють на природну, штучну і вторинну.

Природна сировина (вугілля, нафта, руда, вовна, льон тощо) — це речовини природного походження. У свою чергу вона поділяється на мінеральну, рослинну і тваринну.

Мінеральну сировину видобувають із надр Землі або на її поверхні, вона дуже різноманітна і залежно від галузі використання поділяється на рудну, нерудну, горючу та хімічну. Може містити як корисні елементи, так і пусту породу.

Штучна сировина є продуктом певного технологічного процесу. Наприклад, чавун є продукцією доменного виробництва, водночас для отримання сталі він є сировиною.

Вторинна сировина — це відходи і побічна продукція певних виробництв, котру використовують як сировину для інших процесів. Наприклад, при отриманні чавуну побічною продукцією є шлак, який застосовують у виробництві цементу. Використання вторинної сировини вигідне з економічного й екологічного погляду. Внаслідок її застосування зменшується кількість відходів, здешевлюється продукція, зберігаються запаси первинної сировини.

3. За цінністю під час переробки сировину поділяють на основну і допоміжну. Основна сировина становить матеріальну основу виготовленої продукції (текстильні волокна для тканин, метали і сплави для машин, деревина для меблів та ін.). Допоміжна сировина не є матеріальною основою вироблюваної продукції, вона надає їй відповідних властивостей, якості, забезпечує роботу обладнання, нормальний хід технологічного процесу. Спеції до м'яса, барвники для тканин, вода для охолодження в доменній печі приклади допоміжної сировини.

2.1.2. Якість сировини, її раціональне і комплексне використання

Якість сировини — сукупність її властивостей, структури та складу, це одна з основних її характеристик. Від неї залежать характер технологічного процесу, режими роботи і продуктивність обладнання, якість і собівартість готової продукції. У структурі собівартості продукції 40—60 % становить вартість сировини.

Якість сировини значно впливає на якість готової продукції. Так, якість тканини залежить від якості волокна; чавуну — від якості залізної руди; сталі — від якості чавуну і т. д. При цьому не потрібно применшувати значення для формування якості продукції інших факторів: якості засобів виробництва, праці, вибору технологічних схем тощо.

Вплив сировини на якість продукції залежить від складності форми і конструкції виробу. Для простіших виробів зв'язок між якістю сировини, основних і допоміжних матеріалів та якістю виробів тісніший.

Для підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості продукції сировину необхідно використовувати *економно*, тобто *раціонально*. Це насамперед її правильний вибір, адже це визначає вибір типу технологічних схем обладнання, виробничих періодів і циклів, впливає на зниження собівартості. Особливого значення така характеристика набуває в тих процесах, в яких для виготовлення продукту можна використовувати різну сировину (різну сировину використовують для отримання спирту, сірчаної кислоти, деталей для машин та ін.). На раціональне використання сировини впливає її ретельна й правильна підготовка до технологічного процесу.

Важливе значення має *комплексна* переробка сировини. Часто з неї вилучають лише один цінний компонент, решта йде у відходи. Сучасні підприємства мають бути організовані таким чином, щоб у них була можливість вилучати із сировини всі цінні компоненти. На таких підприємствах скорочуються транспортні витрати, раціонально використовуються складські й допоміжні приміщення, впроваджуються маловідходні та безвідходні технології.

В Україні такі комбіновані підприємства вже працюють. Розроблено нову технологію одержання глинозему, соди, поташу та портландцементу з нефелінової сировини. Експлуатаційні витрати на одержання цих продуктів на 10—15 % менші, ніж витрати на одержання кожного з них окремо. За новою технологією з алуніту одержують глинозем, сірчану кислоту, сульфат калію, п'ятиокис ванадію та галію.

Одним із напрямів раціонального використання сировини є заміна сільськогосподарської сировини для технічних потреб продуктами хімічних виробництв. Так, спирт, ацетон, оліфу, мило, миючі засоби можна одержувати з рослинної та тваринної сировини, а можна з хімічної.

2.1.3. Мінеральна сировина

Мінеральна сировина, яку видобувають з надр Землі, є основною сировиною для таких галузей, як енергетична промисловість, сільське господарство. До її складу входять хімічні елементи та їх сполуки, що утворюють мінерали. 99,61 % земної кори складається зі сполук лише 15 елементів: кисню, кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, натрію, магнію, калію, водню, титану, вуглецю, хлору, фосфору, сірки та марганцю. Решта становить лише 0,39 %. Кожен мінерал має постійний склад та ознаки, за якими його відрізняють від інших. До мінералів належать не тільки тверді речовини, а й рідини та гази. Описано близько 3000 мінералів.

Різні мінерали утворюють стійкі гірські породи, які за походженням поділяють на магматичні, осадові та метаморфічні. Скупчення гірських порід, що мають промислове значення, називають родовищами корисних копалин. Вони різняться за формою, розмірами та глибиною залягання.

Корисні копалини розміщуються в надрах Землі на різній глибині. Залежно від неї використовують відкритий або підземний способи їх видобування. Відкритим способом видобувають мінеральні будівельні матеріали, торф та інші нерудні матеріали, у деяких родовищах вугілля і руду. Підземним способом видобувають паливо та руди чорних і кольорових металів, будуючи шахти, свердловини, підземні галереї. Розробляють родовища методами різання, підривання або гідромеханізації.

В Україні видобуваються більше 40 основних видів корисних копалин. Річний їх видобуток перевищує 1 млрд т на рік, що становить майже 5 % світового обсягу. У країні є великі запаси залізних і марганцевих руд, каолінів, флюсованих вапняків, вогнетривких і звичайних глин, глинистої та карбонатної сировини для цементу, бурого і кам'яного вугілля, алунітів. Є графіт, сірка, солі, гіпс, нафта, природний газ, торф, горючі сланці, фосфорити, апатити. Багата Україна на граніт, базальт, лабрадорит, мармур, є запаси кольорових каменів (берил, топаз, бурштин, агат, яшма, гірський криштал).

Мінеральна сировина перед використанням потребує відповідної *підготовки*, що буває різних видів.

1. Подрібнення сировини — процес поділу великих шматків на менші, інколи на порошок. У різних технологічних процесах вимоги до розмірів сировини різні. Подрібнюють сировину шляхом розбивання, розколювання, розтирання, застосовуючи для цього дробарки, різальні машини, млини (рис. 2.1).

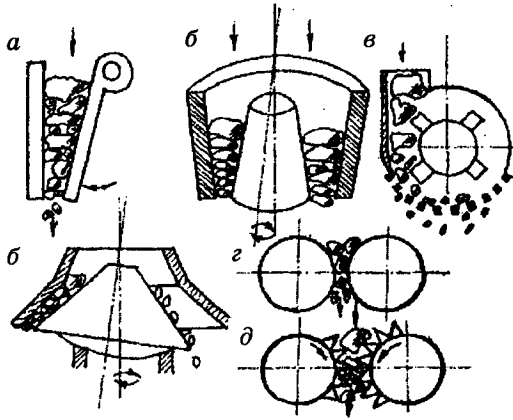


Рис. 2.1. Схеми дробарок:

а — шоківий; б — конусний; в — молотковий; г — валковий; д — зубчастий

2. Класифікація (сортування) сировини — процес, при якому сировину поділяють за розмірами на фракції. Для цього використовують грохоти — машини, що мають декілька решет з різними отворами.

3. Збагачення сировини — процес відділення корисних елементів від пустої породи. Збагачують тверду, рідку та газоподібну мінеральну сировину, застосовуючи для цього такі способи, як: рудорозбір, промивання водою, магнітне збагачення, флотація, гравітація та ін.

Рудорозбір ґрунтується на фізичних властивостях сировини — кольорі, блиску, коефіцієнтові тертя та ін. При промиванні водою пісок і глина вимиваються.

Гравітаційний спосіб ґрунтується на різній швидкості падіння частинок у воді, повітрі, в'язких рідинах залежно від їх питомої ваги. Розрізняють мокру осадку, збагачення у важких середовищах, на концентраційних столах, на пневматичних сепараторах, у шлюзах і жолобах.

Флотація — процес збагачення, що ґрунтується на різній змочуваності частинок у воді (рис. 2.2). Мінерали, які не змочуються, спливають на поверхню, ті, що змочуються, поринають на дно.

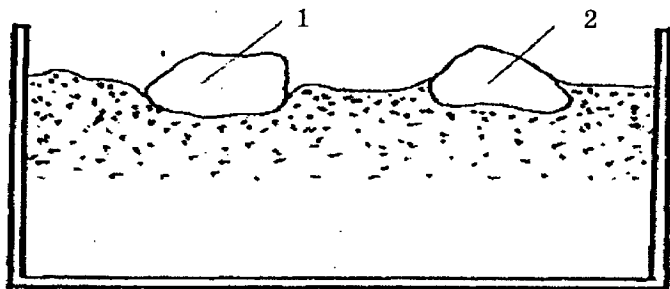


Рис. 2.2. Змочуваність і незмочуваність мінералів при флотації:
1 — мінерал не змочується; 2 — мінерал змочується

Деякі мінерали мають природну флотаційну здатність (сірка, графіт, молібден), більшість добре змочується водою, і зменшувати їхню флотаційну здатність треба штучно, для чого використовують спеціальні флотореагенти — збирачі, депресори, піноутворювачі, регулятори. Здійснюють флотацію на флотаційних машинах. З метою поліпшення процесу через руду з водою (пульпу) продувають повітря. Корисний мінерал виносить на поверхню води. Флотація — досконалий і універсальний спосіб, яким збагачують руди кольорових металів, залізни й марганцеві руди, вугілля, скляні піски; розділяють солі, неметалеві мінеральні породи, також отримують концентрати декількох мінералів, збагачують дуже бідні руди.

Магнітне збагачення застосовують до руд, що мають магнітну проникність (залізни, марганцеві руди). Здійснюють його в магнітних сепараторах різних конструкцій (барабанних, шківного типу). Створення дуже сильних магнітних полів на сучасному обладнанні відкриває широкі можливості для збагачення руд зі слабовираженими магнітними властивостями.

Магнітний сепаратор шківного типу (рис. 2.3) складається з двох стрічкових транспортерів, усередині верхнього розміщено електромагніт. Куски руди рухаються стрічкою (4) нижньо-

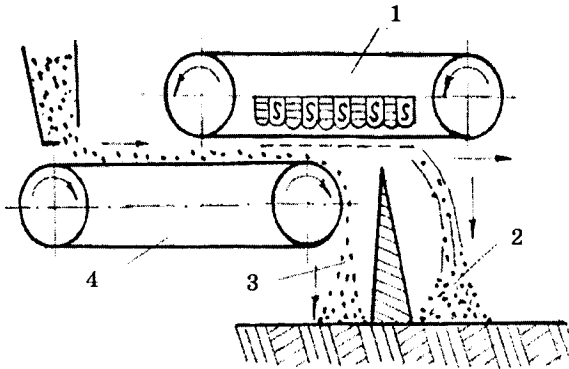


Рис. 2.3. Магнітний сепаратор шківового типу:

1 — стрічка верхнього транспортера; 2 — концентрат; 3 — магнітна фракція; 4 — стрічка нижнього транспортера

го транспортера. Перебуваючи під дією магнітного поля, мінеральні частинки намагнічуються і прилипають до стрічки (1) верхнього транспортера. Потім, вийшовши із зони магнітного поля, падають (концентрат (2)). Тоді як частинки пустої породи вільно падають зі стрічки нижнього транспортера (немагнітна фракція (3)).

4. Укрупнення сировини — процес збільшення розмірів сировини з метою кращого її використання в технологічних процесах, ефективнішого транспортування та зберігання. Дуже подрібнена сировина має зменшену газопроникність, легко спікається, виноситься з печей разом із димовими газами. Поширеним способом укрупнення є агломерація — процес спікання рудного пилу та концентратів у великі пористі куски. Рудний пил і концентрати змішують з пиловидним паливом, зволожують і подають на стрічку агломераційної машини. Під час руху стрічки суміш підпалюють газовим пальником. При згорянні палива температура зростає до 1300—1500 °С, руда спікається й утворюється міцний пористий агломерат. Якщо до суміші додають флюси, агломерат називають офлюсованим, він має кращі властивості.

Зі зволоженого рудного пилу, до якого додають невелику кількість вапняку або глини, шляхом грануляції, висушування та випалювання отримують грудки розміром 20—30 мм. Їх використання поліпшує показники роботи металургійних печей та якість продукції.

2.1.4. Вода в промисловості

Вода, як рідка природна сировина відіграє надзвичайно важливу роль у природі та всіх сферах діяльності людини. Вода — основа життя на Землі.

Основні запаси цієї сировини сконцентровані у Світовому океані. Загальна кількість води на Землі становить приблизно $1,4 \cdot 10^{18}$ т, і лише близько 3,5 % цієї кількості — прісна вода. Саме її використовують у промисловості та для побутових потреб, адже вода — це теплоносій, теплопередавач, розчинник, каталізатор, широко застосовується в енергетиці, компонент майже кожного технологічного процесу. Більшість реакцій відбувається за її наявності або у водних розчинах, також вода використовується для передачі тиску, руйнування ґрунту, видобування вугілля, обігрівання, транспортування різних матеріалів, зрошування, одержання водню і кисню.

Природні води поділяють на поверхневі, підземні й атмосферні, склад, властивості та призначення яких різні. Призначення є критерієм для розмежування промислової і питної води. До кожної з цих двох груп висувають певні вимоги щодо складу і властивостей.

Якість води визначають такі показники.

1. *Загальна кількість солей*, що характеризується сухим залишком, який отримуємо при випаровуванні 1 л води і висушуванні при 105—110 °С до постійної маси.

2. *Прозорість* — визначається товщиною шару води в циліндрі, через котрий можна побачити зображення на дні циліндра.

3. *Окислюваність* — характеризується вмістом у воді органічних домішок. Виражається в міліграмах кисню, витраченого на окиснення речовин, що містяться в 1 кг води.

4. *Реакція води*, тобто її кислотність або лужність. Характеризується концентрацією водневих йонів (рН). При рН у межах 6,5—7,5 реакція води нейтральна, якщо показник менший 6,5 — кисла, більше 7,5 — лужна.

5. *Твердість* — показник, що свідчить про вміст розчинних у воді солей магнію і кальцію. Розрізняють тимчасову твер-

дість води, постійну та загальну. Тимчасова твердість зумовлена наявністю в ній гідрокарбонатів кальцію і магнію ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$), постійна — хлоридів та сульфатів кальцію і магнію (CaCl_2 , CaSO_4 , MgCl_2 , MgSO_4), загальна — це сума тимчасової і постійної твердості.

Вода має запах, смак і колір, у ній містяться мікроорганізми, що визначають санітарно-бактеріологічні характеристики якості води. Максимальну кількість домішок у її складі встановлено відповідними стандартами.

У зв'язку з високими вимогами до якості води важливе значення має *водопідготовка*, оскільки перед використанням воду очищують.

Способи очищення води:

1. *Відстоювання* — процес видалення з води завислих у ній мінеральних та органічних частинок. Для цього використовують спеціальні бетонні резервуари (відстійники), через які вода проходить з невеликою швидкістю. Щоб прискорити відстоювання дрібних частинок додають *коагулянти* (сульфати алюмінію, заліза), внаслідок їх використання знижується вміст гідрокарбонатів.

2. *Фільтрування* — очищення від різних домішок у піщаних фільтрах. Частинки, що забруднюють воду, осідають на поверхні фільтра, утвореного із шарів каменю, гравію та піску різної зернистості. Висота фільтра сягає 3,5 м, 1 м з якої має становити пісок. Такі фільтри іноді можуть затримувати навіть кишкові палички.

3. *Знезараження* — процес зменшення кількості хвороботворних бактерій, обов'язковий для очищення води, що використовується для побутових потреб, у харчовій та хімічній промисловостях. Знезараження води здійснюють методами хлорування (газоподібним хлором, хлорним вапном, гіпохлоридом кальцію), озонування, дії ультрафіолетового проміння, додавання слабких розчинів солей важких металів (срібла, міді та ін.), кип'ятіння.

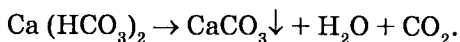
Серед цих способів найефективнішим є озонування. При озонуванні внаслідок розкладу озону виділяється атомарний кисень, який вбиває бактерії й окислює органічні домішки.

4. *Освітлення* — видалення з води механічних домішок за допомогою відстоювання та фільтрування.

5. *Знесолення* — видалення з води солей (для котлів високого тиску) шляхом продування повітрям, та дистиляції.

6. *Пом'якшення* — видалення з води розчинених солей кальцію та магнію. Способи пом'якшення води поділяються на фізичні, хімічні та фізико-хімічні.

Фізичними способами є кип'ятіння, виморожування, дистиляція. Кип'ятіння знижує тимчасову твердість води, гідрокарбонати кальцію і магнію перетворюються на карбонати (нерозчинні у воді солі), що випадають в осад.



Цей спосіб неекономний через великі енергетичні затрати, і досить повільний, на котлах утворюється накип, який потрібно видаляти. Окрім того, цим способом не усувається постійна твердість води.

Хімічні способи такі: натронний (додають їдкий натр), вапняний (додають гашене вапно), содовий (додають кальциновану соду), фосфатний (додають фосфат натрію) і вапняно-содовий (спочатку додають вапняне молоко, а потім кальциновану соду). Хімічними способами можна усувати як постійну, так і тимчасову твердість води. Фосфатний спосіб дуже ефективно пом'якшує воду, яка стає придатною для котлів високого тиску. Проте цей спосіб дуже дорогий, тому частіше застосовують вапняний і содовий.

До *фізико-хімічних* способів належить йонно-обмінний, у якому використовується властивість деяких речовин, так званих йонітів, обмінювати йони, що входять до їх складу, на йони солей, що є у воді.

Очищенню піддають також *стічні* води, що попередньо мають очищатися на підприємствах, які їх забруднили, а далі на спеціальних очисних спорудах. *Ефективність* очищення має значення для подальшого використання вод: якщо вода очищена добре, її можна повторно використовувати в певних технологічних процесах, наприклад, при виготовленні бетонів, розчинів. Якщо на підприємстві створено раціональну схему очищення використаної вони, то таке підприємство має кращі показники роботи, собівартість його продукції знижується.

Способи очищення стічних вод:

1. *Механічні*: відстоювання, фільтрування — воду очищають від механічних домішок.

2. *Фізико-хімічні*: флотація, екстракція, адсорбція шкідливих домішок, відгонка їх з водяною парою — такими способами можна вилучати зі стічних вод кольорові метали, їх солі.

3. *Хімічні* — використання окисно-відновних, електрохімічних процесів, реакцій нейтралізації. Для цього додають спеціальні хімічні реагенти, що реагують з домішками, внаслідок чого утворюються осади, котрі відділяють від води відстоюванням або фільтруванням.

4. *Біологічні*: розклад та окислення шкідливих домішок за допомогою мікроорганізмів — дуже ефективні та надійні, які застосовують здебільшого з метою очищення стічних вод великих населених пунктів.

Одним з простих способів є фільтрування крізь шар землі на так званих *полях зрошення*, на яких внаслідок різних біохімічних процесів розкладаються органічні речовини, мінеральні речовини та різні домішки затримуються, а чиста вода через дренажні труби стікає у природні водойми або змішується з ґрунтовими водами. Незважаючи на те, що цей процес дуже повільний і вимагає великих земельних площ, він досить ефективний.

Винятково важливе значення має *раціональне використання* водних ресурсів України. Сучасна промисловість споживає велику кількість води, особливо це стосується хімічних, металургійних, збагачувальних підприємств, сільського господарства, підприємств харчової промисловості. Водночас ці підприємства є основними забруднювачами стічних вод. Тому для збереження багатств нашої країни потрібно здійснювати режим економії водних ресурсів, різко скоротити викиди стічних вод, здійснювати їх глибоке очищення, переходити на маловодоспоживаючі або безводні технологічні процеси.

2.2. Паливо в технологічних процесах

2.2.1. Загальні відомості про паливо

Паливо — горючі речовини, головним складником яких є вуглець і котрі при спалюванні виділяють значну кількість тепла. Паливо: нафта, вугілля, торф, газ, нафтопродукти — використовують як джерело енергії і як сировину в хімічній промисловості. Паливом є також речовини, що використовуються на атомних електростанціях (ядерне паливо) і в ракетних двигунах (ракетне паливо).

Торф — горюча органічна речовина, що утворилася з неповністю розкладених дерев, кущів, тростини, трави, моху, продуктів їх повного розкладу або гумусу, глини, болота. Ця рослинна маса, що неповністю перепріла, нагромаджується на дні боліт і зарослих озер. У природному стані торф містить багато води (80—90 %), тому належить до палива низької якості. Його застосовують для опалювання у сільській місцевості, як добриво, також він може бути використаний для одержання парафіну, масел, фенолів, креоліну.

Вугілля утворилося в результаті тривалого розкладу та хімічного перетворення величезних мас відмерлих дерев і трав, що відбувалося сотні мільйонів років тому. Вугілля залягає в землі пластами товщиною від декількох сантиметрів до десятків метрів. Пласти можуть бути горизонтальними або ж утворювати складки. Поклади вугілля зустрічаються як на обмеженій площі, так і на великих територіях, утворюючи вугільні басейни. До складу вугілля входять: горюча речовина, мінеральні домішки (але не більше 50 %) і волога. Колір вугілля буває від буро-коричневого до чорного.

Спочатку утворилося *буре* вугілля, далі в результаті тривалої дії високих температур і тиску воно перетворювалося на *кам'яне*, а кам'яне згодом — на *антрацит*. При цьому змінювався хімічний склад, фізичні та технологічні властивості органічних речовин. Цей процес називається *вуглефікацією*.

Хімічний склад бурого, кам'яного вугілля й антрациту різний, найбільше вуглецю міститься в антрациті.

Нафта — горюча масляниста рідина від жовтого до чорного кольору з характерним запахом. Утворюється нафта разом з газоподібними вуглеводнями. У ній міститься 83—87 % вуглецю, 11—14 % водню, 0,1—0,5 % сірки, до 0,1 % азоту і кисню, також до її складу входять парафінові, нафтеніві, ароматичні та інші вуглеводні, сполуки, що містять кисень, азот, сірку, розчинені гази, вода і мінеральні солі. Хімічний склад нафти визначає її фізичні властивості. Залежно від складу розрізняють метанову, нафтенову, ароматичну, парафіно-нафтенову, нафтеніо-парафінову, нафтеніо-ароматичну, парафіно-нафтеніо-ароматичну нафту. Нафта накопичується в пористих породах на глибині 1—1,5 км і більше. Групи нафтових родовищ утворюють нафтові басейни. Добувають нафту свердловинним способом.

Природний газ — суміш різних легких вуглеводнів (метан, етан, пропан, бутан), що, окрім названого, містить азот, вуглекислий газ, сірководень, інертні гази. Як і нафта, він накопичується в пористих породах на глибині 1—1,5 км і більше. Газові залежі за особливістю їх будови поділяють на пластові та масивні, в яких природний газ, видобувають подібно до нафти, за допомогою свердловин.

До природних газів належать також *супутні нафтові гази*. Вони відділяються від нафти при її сепарації.

2.2.2. Класифікація і властивості палива

Паливо класифікують за такими ознаками.

1. *За агрегатним станом*: тверде, газоподібне і рідке паливо. До твердого належить вугілля, деревина, торф, кокс тощо, до газоподібного — природний, генераторний, коксовий, доменний гази, водень та ін., до рідкого — нафта і продукти її переробки.

2. *За походженням* розрізняють природне і штучне паливо. Природне видобувають із надр Землі (вугілля, нафта, природний газ, сланці та ін.) або з навколишнього середовища (паливо тваринного і рослинного походження), а штучне отримують

при переробці природного (кокс, бензин, деревне вугілля, генераторний газ тощо).

3. За питомою теплотою спалювання паливо буває: висококалорійне (питома теплота спалювання перевищує 4200 кДж/кг), середньокалорійне (питома теплота спалювання становить 2500—4200 кДж/кг), низькокалорійне (питома теплота спалювання — менше 2500 кДж/кг).

4. За характером використання розрізняють енергетичне паливо (для отримання теплової енергії), технологічне (для використання у плавильних, випалювальних та інших печах і апаратах) і комплексне.

5. За вихідною сировиною паливо поділяють на нафтове, газове тощо.

6. За відновлюваністю в природі є відновлюване і невідновлюване паливо.

Для ефективнішого використання і правильного вибору способів переробки проводять дослідження й аналіз палива, встановлюють його *властивості*, які залежать від виду та хімічного складу палива.

1. Склад палива. Різні елементи, що входять до складу палива, позначаються їх хімічними знаками. Найбільше в паливі вуглецю, але в різних видах вміст його різний (найбільше міститься в антрациті (95 %)). Вуглець — горюча (органічна) частина палива, крім нього паливо містить мінеральну частину (золу) і вологу (баласт).

2. Теплота спалювання — кількість теплоти в кілоджоулях, яку отримують при спалюванні 1 кг (м^3) палива. Розрізняють питому й об'ємну теплоту спалювання. Порівняльну оцінку різних видів палива здійснюють в одиницях умовного палива. За *одиницю умовного палива* приймають паливо з теплотворною здатністю 7000 ккал/кг. На 1 т умовного палива потрібно: кам'яного вугілля 1,1 т, бурого — 2,1 т, торфу — 2,4 т, дров — 2,4 т, нафти — 0,67 т, природного газу — 810 м^3 .

3. Енергомісткість — кількість потенційної енергії, що містить одиниця об'єму палива. Вимірюють енергомісткість як об'єм палива, що відповідає 1 т умовного палива.

Для кожного виду палива відповідно до стандартів встановлено також інші властивості. Наприклад, для кам'яного вугілля важливими є коксівність, вихід летких речовин, механічна і термічна міцність тощо.

2.2.3. Переробка твердого палива

Тверде паливо переробляють трьома способами.

1. *Суха перегонка* — нагрівання палива без доступу повітря, при якому відбувається розклад твердого палива з утворенням штучного твердого палива і летких продуктів (парогазових сумішей). Сухій перегонці піддають кам'яне вугілля (коксування), буре вугілля (напівкоксування), деревину та ін.

Коксування — процес нагріву кам'яного вугілля без доступу повітря при температурі 1100—1200 °С. Для коксування використовують суміш різних сортів вугілля (коксівне і близькі до нього за властивостями) — шихту. Перед використанням вугілля облагороджують: видаляють з нього значну частину мінеральних домішок, подрібнюють, відсіюють дрібні куски, сортують, брикетують.

Для коксування вугілля застосовують печі періодичної (камери) і безперервної (шахтні) дії. Коксова піч періодичної дії — камера (рис. 2.4), довжиною 14 м, шириною 0,4 м і висотою 4—5 м, яка вміщує до 15—28 т шихти. Камери групують в коксові батареї. Шихту завантажують у камери (1) через люки (2), стінки камери нагрівають ззовні теплом гарячого повітря або повітря і малокалорійного газу. Коксування починається біля стінок камери і зміщується до середини.

Процес має декілька стадій і триває 14—17 год. На кожній стадії відбувається розкладання вугілля і виділення летких продуктів. При температурі 1100—1200 °С утворюється кокс у вигляді пирога (коксівий пиріг). Його виштовхують з камери спеціальним коксовиштовхувачем (3) і гасять водою або інертними газами, далі подрібнюють і сортують за розмірами. Леткі продукти (прямий коксовий газ) з печі виводять через газовиводи (4) у газозбірник. Ця суміш містить неконденсовані гази, пару кам'яновугільної смоли, бензолні вуглеводні та воду і в подальшому переробляється.

Коксовий газ (теплотворна здатність — до 20000 кДж/м³), що пройшов через конденсаційну і вловлюючу апаратуру хімічного цеху, називають зворотним. Він є цінним паливом, широко застосовується як хімічна сировина. Переробляють і про-

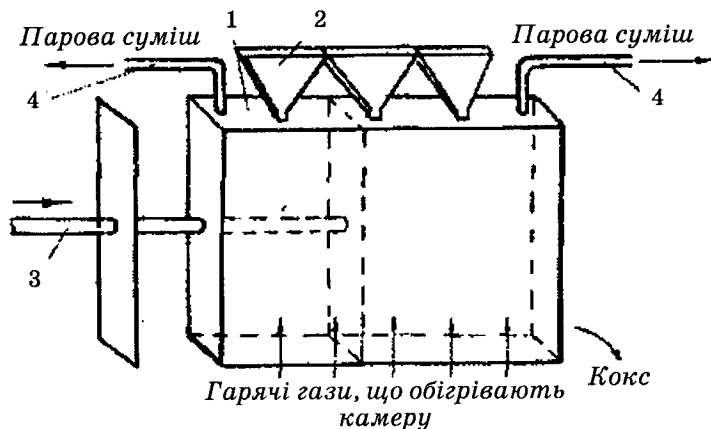


Рис. 2.4. Схема камерної коксової печі:

1 — камера; 2 — люк; 3 — коксовиштовхувач; 4 — газівиводи

дукти прямого коксового газу (сирий бензол, кам'яновугільну смолу та ін.), оскільки, наприклад, кам'яновугільна смола містить більше 300 речовин.

Техніко-економічні показники. Із 1 т шихти одержують до 730 кг коксу, 80 кг надсмольної води, 30 кг кам'яновугільної смоли, 10 кг бензолних вуглеводнів, 3 кг аміаку, 140 кг сухого коксового газу.

Кокс — сіра, з незначним сріблястим відтінком, пориста і дуже тверда речовина, що має властивості: пористість — близько 50 %; теплота спалювання — близько 7000 ккал/кг, а його горючої маси — до 8000 ккал/кг; вміст вуглецю в горючій масі — понад 90 %, вміст сірки — близько 1,5—1,9 %. Основною галуззю, де використовують кокс, є чорна металургія, окрім того, він набув широкого застосування на теплових електростанціях, у ливарному виробництві, агломерації руд, у хімічній промисловості, кольоровій металургії.

2. Газифікація — процес штучного перетворення твердого палива на горючі гази під час його часткового (неповного) спалювання. При цьому утворюється чадний газ (CO). Окисниками можуть бути повітря, водяна пара або їх суміш. Газифікують вугілля, торф, сланці з метою одержання з малоцінного твердого (або рідкого) палива генераторних газів, котрі у по-

дальшому будуть використані як паливо в металургії, при одержанні цегли, скла, в побутових приладах та як сировина для хімічної промисловості (для одержання водню, аміаку, метанолу тощо).

Ефективність процесу полягає в тому, що в результаті переробки низькоякісного твердого палива, утворюється газоподібне паливо, використання якого вигідніше і простіше, оскільки під час його згоряння не утворюється зола.

3. Гідрогенізація — обробка палива воднем при високій температурі (до 500 °С) і тиску (70 МПа) із застосуванням каталізаторів. За таких умов проходить перетворення твердого палива на тверді, газоподібні та рідкі продукти збагачені воднем (кокс, генераторні гази і бензин). Такий спосіб переробки також є дуже перспективним для України.

2.2.4. Переробка нафти

Нафту переробляють фізичним (пряма перегонка) і хімічними (крекінг, риформінг) *способами*.

Пряма перегонка нафти ґрунтується на різниці температур кипіння окремих фракцій вуглеводнів, близьких за фізичними властивостями. Цьому способу переробки піддається практично вся нафта. Перегонку здійснюють в умовах, за яких не відбувається розкладання вуглеводнів, а вихід легких дистилатів невеликий (вихід бензину лише 5—15 %). Є два види перегонки: одностадійна і двостадійна.

При перегонці нафту подають через теплообмінник (3) до трубчастої печі (1) (рис. 2.5), де вона нагрівається до 300—350 °С потім надходить до випарної частини ректифікаційної колони (2), у якій відбувається її випаровування. Колона працює під атмосферним тиском. Низькокиплячі фракції перетворюються на пару і піднімаються вгору, а висококиплячий мазут стікає донизу. У середині колони встановлено тарілки (перфоровані листи з отворами) для проходження пари і рідини. Пароподібні продукти в ректифікаційній колоні розпадаються на фракції на відповідних тарілках (бензин, лігроїн, гас, соляровий дистилат, мазут). Колона обладнана конденсаторами

(4), у яких зріджується відхідна пара. Частина конденсату використовується для зрошення колони, решта спрямовується у збірник (5). Висота колони становить до 50 м, і вона може містити до 80 тарілок.

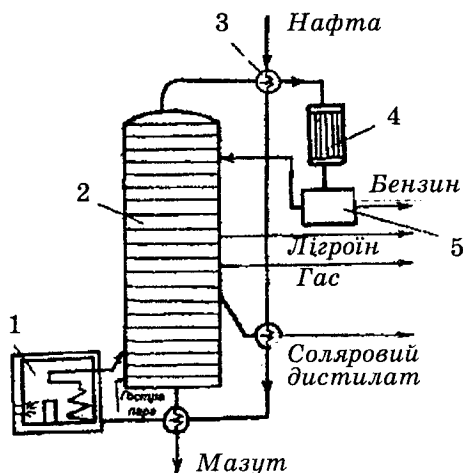


Рис. 2.5. Схема перегонки нафти:

1 — трубчаста піч; 2 — ректифікаційна колона; 3 — теплообмінник; 4 — конденсатор; 5 — збірник

Техніко-економічні показники. Після переробки отримують 14—15 % бензину, 7—8 % лігроїну, 18 % гасу, 5—6 % солярового дистилату, решта — мазут, але отриманий при перегонці бензин містить певну частину ненасичених вуглеводнів і потребує очищення. Продуктивність сучасних установок становить до 12 млн т нафти на рік.

Бензин — рідке паливо для карбюраторних двигунів внутрішнього згоряння. Важливою експлуатаційною характеристикою бензину є його детонаційна стійкість, тобто здатність нормального спалювання у двигуні за різних умов. Детонація — згоряння пального із швидкістю вибуху. Антидетонаційні властивості бензину оцінюють *октановим числом*, а для авіаційних бензинів до цього критерію додається сортність. Чим вище октанове число, тим кращі його антидетонаційні властивості.

Октанове число визначають порівнянням детонаційних властивостей бензину і стандартної суміші з ізооктану (його октанове число 100) і н-гептану (октанове число — 0). Відсотковий вміст ізооктану в суміші, котра детонує при тому самому ступені стискання, що й досліджуваний бензин, є мірою його антидетонаційних властивостей і називається його октановим числом.

Октанове число можна підвищувати, додаючи спеціальні речовини — антидетонатори (суміш тетраетилсвинцю з бромистим етилом і моноклорнафталіном — етилована рідина). Можна додавати високооктанові світлі нафтопродукти — ізооктан, триптан, кумол. Додавки етилованої рідини є шкідливими для навколишнього середовища.

При двостадійній перегонці переробляють мазут. Процес здійснюється при високих температурах (400—450 °С) і під вакуумом (тиск понижений до 0,06—0,09 МПа). При цьому з мазуту отримують мастильні фракції та гудрон (27—30 %), із гудрону — бітуми або кокс.

Для збільшення виходу бензину та інших світлих продуктів застосовують *хімічні* способи переробки отриманих при перегонці нафтопродуктів, котрі передбачають часткове розкладання молекул важких вуглеводнів, — крекінг і риформінг. Процеси крекінгу або риформінгу, що здійснюються при високих температурах без каталізатора, називаються термічним крекінгом або термічним риформінгом. При використанні каталізаторів їх, відповідно, називають каталітичним крекінгом або каталітичним риформінгом. Окрім цього є й різновиди крекінгу і риформінгу.

Крекінг (дослівно розщеплення, руйнування) нафтопродуктів дає змогу збільшити вихід бензину на 60—70 % кількості перероблюваної сировини. Для руйнування молекул головним фактором є температура, і чим вона вища, тим швидше і повніше відбувається процес, тим більший вихід продуктів крекінгу. На перебіг і напрям процесу впливає каталізатор: підбираючи його, можна здійснювати реакції за нижчих температур.

Термічний крекінг найчастіше проводять під високим тиском (2—7 МПа) і за температури 450—540 °С. Сировиною для цього процесу є мазут, гудрон і напівгудрон. Спочатку сировина в ректифікаційній колоні змішується з важкими фракціями

крекінг-продуктів, а далі подається у трубчасту піч, у якій при температурі 470—480 °С відбувається крекінг. При цьому крекінгу піддається $\frac{2}{3}$ сировини. Суміш продуктів крекінгу і непрореагованої сировини надходить до реакційної камери, де при 500 °С крекінг-процес завершується. Речовини, що не піддаються крекінгу (крекінг-залишок), відділяються у випарнику, потім парофазні продукти для розділення проходять крізь дві ректифікаційні колони.

Техніко-економічні показники. При термічному крекінгу отримують крекінг-бензин (35—45 %), крекінг-газ (10—15 %) і крекінг-залишок (50—55 %). Отриманий бензин містить до 30—40 % ненасичених вуглеводнів, що робить його хімічно і фізично нестабільним і знижує цінність, тому застосовується як корегуючі компоненти до автомобільних бензинів.

Крекінг-гази використовують як паливо і сировину для синтезу органічних сполук. Крекінг-залишок, тобто суміш смолистих, асфальтенових речовин і непрореагованої сировини, застосовують як котельне паливо і сировину для одержання бітумів.

Каталітичний крекінг нафтопродуктів (солярові та гасові фракції) здійснюють з використанням каталізаторів: деякі види глини, алюмосилікатів, інколи хрому, оксиду молібдену, платини. При каталітичному крекінгу розщеплення вуглеводнів відбувається за тими ж схемами, що і при термічному.

Техніко-економічні показники. Такий вид крекінгу потребує менших енергетичних витрат, відбувається швидше, за більш м'яких умов, отримуємо вищу якість бензину. Бензин в результаті каталітичного крекінгу має низький вміст (3—5 %) нестабільних вуглеводнів і сірки, високе октанове число. Вихід бензину 35—40 % і більше. Також у такому процесі утворюється 15—20 % газів, що є цінною сировиною для органічного синтезу.

Риформінг є різновидом крекінгу і відрізняється від нього вихідною сировиною — низькооктановим бензином або лігроїном — з яких отримують високооктанові бензини або сировину для хімічного синтезу. Мета риформінгу: поліпшення якості бензину, підвищення його октанового числа. Є низка промислових процесів риформінгу, що відрізняються між собою

видами застосованих каталізаторів, тиском, температурою, методами регенерації каталізатора. Технологічні схеми риформінгу аналогічні до схем каталітичного крекінгу. Під час риформінгу відбувається зміна структури компонентів бензину і лігроїну.

Техніко-економічні показники. Бензин, одержаний при риформінгу, має високу якість: вищі антидетонаційні властивості, низький вміст сірки, високий вміст ароматичних вуглеводнів. Вихід бензину становить 90 %, окрім бензину отримують 5—15 % газів, що є цінною сировиною хімічної промисловості.

Продукти, отримані при переробці нафти, *очищують*, оскільки вони містять домішки, що погіршують їх властивості. Найчастіше застосовують фізико-хімічні та хімічні способи очищення.

2.2.5. Переробка газоподібного палива

До газоподібних видів палива належать природні та супутні гази, гази, отримані від переробки нафти, генераторні гази, коксовий та доменний гази та ін. Їх використовують як паливо, сировину для хімічної промисловості. Методи переробки газоподібних видів палива залежать від призначення, складу і властивостей. Якщо газ використовують як паливо, то лише очищують від шкідливих домішок та вилучають газовий бензин, якщо він застосовується для потреб хімічної промисловості — очищають і розділяють на індивідуальні компоненти. Для хімічної переробки найбільш придатні гази природні, супутні та гази отримані в результаті нафтопереробки.

Основні *методи* переробки газів: очищення від шкідливих домішок, вилучення легкокиплячих вуглеводнів (газового бензину), поділ газів на окремі компоненти, хімічна переробка газової сировини, одержання з газу сажі.

Розділення газів — один з найпоширеніших способів переробки газоподібного палива. Найчастіше використовують адсорбцію, абсорбцію, охолодження стисненої газової суміші. Перед розділенням гази звільняють від оксидів азоту та шкідливих домішок (газів, вуглеводнів).

Абсорбція — поглинання газоподібних і пароподібних речовин розчинником. Процес відбувається в абсорбційних колонах під тиском і при охолодженні. Розчин виходить із колони, надходить до десорберу, де з нього вилучаються гази. Розчинник після охолодження повертають знову на абсорбцію, вилучені вуглеводні розділяють за допомогою ректифікації.

Адсорбція — поглинання газів і рідин твердим поглиначем (активоване вугілля), після чого вуглеводні відганяють і ректифікують.

Найповніше газові суміші розділяють *конденсаційно-ректифікаційним* методом. Суміш стискають і охолоджують до 100 °С, при цьому вуглеводні C_2 , ... C_5 зріджуються, а метан і водень залишаються в газовій фазі. Рідкі вуглеводні під тиском при низьких температурах піддають ректифікації. В результаті отримують метан, етан, пропан, бутан, етилен, пропілен, бутилен, дивініли, амілени, пентани і вищі вуглеводні.

Подальша хімічна переробка вуглеводнів відбувається методами конверсії, піролізу, каталітичного дегідрування, ізомеризації, гідрування, гідратації, нітрування, окиснення, полімеризації. З продуктів переробки газів отримують полімери, лаки, фарби, лікарські препарати тощо.

2.3. Енергія в промисловості

2.3.1. Види енергії

Всі технологічні процеси пов'язані або із затратою, або з виділенням енергії, або зі взаємним перетворенням одного виду енергії в інший.

Енергія (з грец. "дія") — загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Енергія в природі не виникає з нічого і не зникає, а лише переходить з однієї форми в іншу. Поняття енергії пов'язує в одне ціле всі явища природи. Відповідно до різних форм руху матерії розрізняють різні види енергії.

Електрична енергія використовується найчастіше, в т. ч. для одержання механічної енергії, здійснення фізичних і ме-

ханічних процесів обробки матеріалів, подрібнення, перемішування, нагрівання, освітлення, для здійснення електрохімічних процесів. Здійснення низки технологічних процесів стало можливим лише завдяки використанню електричної енергії. Однією з особливостей цього виду енергії є те, що її можна передавати на великі відстані. У промисловості частка застосування електричної енергії становить 60 % від споживаної в народному господарстві. Її споживання постійно зростає, що потребує переозброєння промисловості, збільшення промислових потужностей окремих підприємств, зростання продуктивності обладнання, підвищення рівня комплексної механізації та автоматизації виробництва.

Теплову енергію отримують при спалюванні палива, потім перетворюють на електричну, застосовують для нагрівання, плавлення металів, сушіння, перегонки, випаровування, обігрівання, як джерело тепла для проведення ендотермічних реакцій. Теплоносіями можуть бути пічні гази, водяна пара, перегріта вода тощо.

Хімічна енергія — енергія, що виділяється у процесі екзотермічних хімічних реакцій; може бути перетворена на електричну (гальванічні елементи, акумулятори). Гальванічні елементи і акумулятори при невеликих розмірах дають змогу досягати великої потужності, характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії. Хімічна енергія використовується для нагрівання реагентів, проведення ендотермічних хімічних процесів. Використовують також хімічну енергію вибухових речовин.

Світлова енергія. Джерелом світлової енергії є Сонце. Раніше використовували лише теплову енергію сонячних променів, сьогодні ж цей вид енергії використовують при створенні фотоелементів, фотоелектричних датчиків, автоматів, для зварювання, хлорування органічних сполук, для нагрівання, плавлення, висушування, створено сонячні батареї, які застосовуються на космічних кораблях. Енергію Сонця також можна перетворювати в електричну.

Механічну енергію використовують при зварюванні, подрібненні, розтиранні, брикетуванні та класифікації сировини, транспортуванні, розділенні матеріалів фільтруванням, центрифугуванням тощо.

Ядерна енергія виділяється в результаті поділу ядер плутонію, урану та інших радіоактивних елементів; вона майже повністю перетворюється на теплову. Цю енергію використовують для нагрівання, при радіаційно-хімічних процесах, перетворюють на електричну.

Енергію води застосовують в механічних процесах, під час гірничих робіт, для роботи млинів, перетворюють на електричну.

2.3.2. Джерела електричної енергії

Розглянуті вище види енергії можуть бути джерелами електричної енергії, котру одержують на відповідних електростанціях.

В Україні експлуатують теплові, атомні, гідро-, сонячні і вітрові електростанції.

Теплові електростанції (ТЕС) найпоширеніші з усіх існуючих. За останні 30—35 років їх потужність зросла більше ніж у 5 разів, а виробництво електроенергії — більш як у 4 рази. Паливом на теплових електростанціях України є природний газ, вугілля, кокс, сланці, мазут. Частка вугілля у структурі палива є високою, що знижує ефективність роботи електростанцій.

У котлі (2) (рис. 2.6) при спалюванні палива (1) виділяється теплова енергія, що перетворюється на енергію водяної пари (3). У турбіні (4) водяна пара перетворюється на механічну енергію обертання (7), генератор (5) перетворює енергію обертання на електричну. Теплова енергія може бути використана для побутових чи інших потреб, у такому випадку її беруть з котла або турбіни. Під час такого подвійного використання багато енергії втрачається. Велика ТЕС споживає за добу до 30 000 т вугілля.

За характером обслуговування споживачів ТЕС є районними (ДРЕС), їх ще називають конденсаційними електростанціями.

Понад 25 міст України обігривають теплоелектроцентралі (ТЕЦ), тобто теплові електростанції, що надають споживачам не лише електричну, а й теплову енергію у вигляді гарячої води або пари. На ТЕЦ теплова енергія використовується двояко:

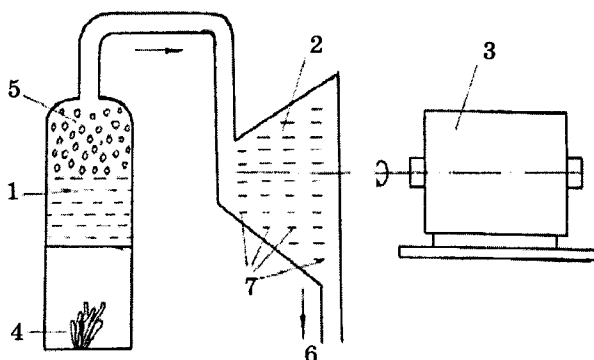


Рис. 2.6. Схема одержання електричної енергії на тепловій електростанції:

1 — паливо; 2 — котел; 3 — водяна пара; 4 — турбіна; 5 — генератор; 6 — тепла енергія для побутових потреб; 7 — механічна енергія обертання

пара з турбіни спрямовується до споживача і на станцію не повертається або в теплообміннику вона передає тепло воді, котра спрямовується до споживача і повертається назад у систему. Тому ТЕЦ мають високий коефіцієнт корисного використання теплоти (до 70 %). Пара на ТЕЦ передається на відстань до 10 км, вода — на 25—30 км і більше.

Техніко-економічні показники. ТЕС можна будувати в будь-якому місці, тобто наблизити джерела електроенергії до споживачів, розмістити їх рівномірно на території країни або економічного району. ТЕС працюють майже з всіма видами палива, їх структура і принцип роботи прості, що дає змогу досягати високої продуктивності. Водночас ТЕС втрачають значну частину енергії, забруднюють навколишнє середовище.

Атомні електростанції (АЕС). Першу в світі атомну електростанцію було запущено в роботу в 1954 р. (м. Обнінськ, поблизу Москви). Дуже мало відкриттів розвинулися і поширилися так швидко, як атомна енергетика. Темпи розвитку АЕС приблизно в 10 разів перевищили темпи розвитку ТЕС і ГЕС. Основною перевагою є можливість зменшити витрати органічного палива.

Джерело теплової енергії АЕС — *ядерний реактор*, всередині якого здійснюється управління ядерною реакцією. Простір у реакторі, де знаходиться ядерне паливо (уран, плутоній), називають *активною зоною*. У ній відбувається розпад атомних ядер урану із виділенням теплової енергії. Стінки реактора мають значну товщину, щоб захистити працівників станції від шкідливих випромінювань ланцюгової реакції. Швидкістю ланцюгової реакції керують *спеціальні стержні*, виготовлені з речовин, що швидко поглинають нейтрони (бор, кадмій). Активність поглинання та кількість виділення теплоти регулюють опусканням і підніманням цих стержнів.

У випадку, якщо виникне перегрівання активної зони, передбачено аварійну зупинку ядерного реактора. Аварійні спеціальні стержні падають в активну зону, інтенсивно поглинають нейтрони, в результаті чого ланцюгова реакція сповільнюється або припиняється.

Тепло з ядерного реактора виводять за допомогою рідкого або газоподібного *теплоносія*, котрий нагнітають в активній зоні (металевий натрій, вода, газоподібні речовини). Він “забирає” в ядерного палива тепло і передає в теплообмінник. Ця замкнена система з теплоносієм називається *першим контуром*. У теплообміннику тепло першого контура нагріває до кипіння воду *другого контура*, утворена пара спрямовується в турбіну або використовується для теплофікації промислових і житлових будівель. Далі процес утворення електричної енергії розвивається за схемою, подібною до схеми на ТЕС.

Техніко-економічні показники. Функціонування АЕС гарантує енергозабезпечення країни. Ядерна енергетика дає змогу більш рівномірно розвивати енергетику в усьому світі, оскільки ядерне паливо можна легко транспортувати за досить низькою ціною. Із уранових запасів, які використовуються нині, можна одержати таку кількість енергії, котра в 6—9 разів перевищить енергомісткість усіх видів органічного палива.

Рівень розвитку сьогоденної енергетики дає змогу “розмножувати” ядерне паливо (в реакторах-розмножувачах), відтворювати його. Цей процес має характер розширеного відтворення. Наприклад, при вигорянні 1 кг плутонію в такому реакторі вивільняється 22,5 млн кВт · год енергії та водночас

одержується 1,5 кг плутонію, на наступному етапі — 34 млн кВт · год і 2,25 кг плутонію і так далі. Продуктивність атомних електростанцій значно вища за ТЕС, високим є і коефіцієнт використання енергії, значно менші втрати. Якби не аварійні ситуації, АЕС практично не забруднювали б навколишнє середовище. Тому при експлуатації АЕС потрібно якомога точніше дотримуватися правил роботи і техніки безпеки.

Гідроелектростанції (ГЕС). Джерелом енергії на цих електростанціях є вода. Існують такі три основних види гідроенергетичних установок (ГЕУ):

- ГЕС, що використовують енергію річок;
- припливні електростанції (ПЕС), що використовують енергію припливів і відпливів морів, океанів;
- гідроакумулюючі станції (ГАЕС), котрі можуть накопичувати та використовувати енергію водоймищ, озер.

Принцип дії ГЕС дуже простий. За допомогою греблі воду затримують у водосховищі. Рухаючись під тиском, вона спадає на турбіну, де її енергія перетворюється на механічну енергію обертання. Далі в електричному генераторі механічна енергія перетворюється на електричну. Кількість одержаної на ГЕС енергії залежить від кількості води, пропущеної при відповідному тиску і від коефіцієнта корисної дії (ККД) усіх споруд та обладнання станції.

Техніко-економічні показники. ГЕС — це екологічно чисті мобільні установки, що вільно змінюють свою потужність. Будівництво таких електростанцій сприяє розв'язанню проблеми забезпечення водою районів з невеликими запасами води: можна переміщувати стоки однієї річки в іншу. Така електроенергія у 5—6 разів дешевша, ніж на ДРЕС, тому що кількість персоналу, який обслуговує ГЕС, в 15—20 разів менша. Коефіцієнт корисної дії ГЕС сягає 93 % і повністю зберігається використовувана вода. Разом з тим, їх розміщення залежить від природних умов, а виробництво електроенергії має сезонний характер.

Ефективними є гідроакумулюючі електростанції, що, на відміну від звичайних, мають два водосховища місткістю в декілька десятків мільйонів кубічних метрів. Принцип дії ГАЕС: в нічний час вони нагромаджують електроенергію, котру виробляють інші електростанції, а вдень її віддають (в ті години, коли вона потрібна найбільше).

Сонячні електростанції (СЕС). Лише протягом трьох днів Земля отримує від Сонця такий енергетичний потенціал, якого можна досягти, спаливши всі запаси нафти, вугілля та всі ліси на планеті. Сонячну енергію можна перетворити на теплову, а потім використовувати за призначенням, її також можна перетворити на електричну. Останнім часом інтерес до проблеми використання сонячної енергії різко зріс в усьому світі. Потенційні можливості енергетики, заснованої на використанні безпосередньо сонячного випромінювання, надзвичайно великі. Використання лише 0,0125 % усієї енергії Сонця могло б забезпечити нині всі потреби світової енергетики, а 0,5 % — повністю покрити потреби в перспективі. Проте вірогідність реалізації цих величезних потенційних ресурсів у великих масштабах дуже мала.

Сонячна енергія перетворюється на електричну на сонячних електростанціях (СЕС), обладнання яких, призначене для вловлювання сонячної енергії та послідовного її перетворення на теплоту й електроенергію. Для ефективної роботи СЕС потрібні акумулятор теплоти і система автоматичного управління.

Техніко-економічні показники. Сонячні електростанції екологічно чисті і дуже високопродуктивні, мають високий коефіцієнт використання енергії, малоенергомісткі й тому дешеві, проте найкраще розміщувати СЕС у посушливих і пустельних зонах. Найсприятливішим регіоном для СЕС в Україні є Крим. Тут у 1985 р. було введено в дію першу в Україні сонячну електростанцію потужністю 5 МВт. Нині в Криму діє більше 55 станцій сонячних колекторів.

Вітрові електростанції (ВЕС). Величезною є енергія рухомої повітряної маси, запаси якої більш ніж у 100 разів перевищують запаси гідроенергії планети. Вітер є одним із важливих джерел електричної енергії. У всьому світі сьогодні широко використовують вітрові електростанції. У Європі першою країною, що звернулася до застосування електростанцій такого типу, є Данія. Загальна потужність ВЕС становить 10 % загальної потужності цієї держави. Великим потенціалом вітроенергетичних ресурсів України є Крим. Нині в регіоні встановлено близько 300 вітроагрегатів, що виробили більше 40 млн кВт · год електроенергії. В інших регіонах України також розгортається будівництво вітроенергетичних станцій.

Біохімічні джерела енергії. Біоенергетика — вибір, який має глобальну перспективу для подальшого успішного розвитку цивілізації. Використання біомаси (дров, деревного вугілля, соломи тощо) може бути економічно виправданим і доцільним для України. Адже в нашій країні є значні запаси відходів лісового й сільськогосподарського виробництва. За приблизною оцінкою вони еквівалентні 30 млн т вугілля. Ліси можна насаджувати, а отже, поповнювати ці ресурси енергії.

У нетрадиційній енергетиці особливе місце займає перероблення біомаси і одержання *біогазу*, що містить близько 70 % метану та знезаражені органічні добрива. Усього у світі нині використовують чи розробляють близько 60 видів біогазових технологій. Енергія, яку отримують при спалюванні біогазу, може досягати 60—90 % енергії вихідного матеріалу.

Є розробки технології переробки органічних сполук рослинного походження для одержання водню, який, з погляду екології, є ідеальним паливом з високою теплотворною здатністю, що згоряє без утворення шкідливих домішок.

На сьогодні однією з поширених альтернатив традиційному пальному є *бюдизель* — пальне, синтезоване з рослинних олій. У світовій практиці для одержання будизелю використовують рапс і сою. З них одержують олію, а потім шляхом переетерифікації — будизель (моноалкілові ефіри багатоланцюжкових жирних кислот). Будизель може використовуватися у звичайних двигунах внутрішнього згоряння як самостійно, так і в суміші зі звичним дизельним паливом без зміни конструкції двигуна.

Із урахуванням ситуації, яка склалася нині на енергетичному ринку України, виробництво і використання будизелю в нашій країні дуже актуальне і перспективне. Ріпаком Україна могла б забезпечити не тільки себе, а й всю Європу. Важливо правильно організувати це виробництво, використовуючи такі технології, які краще підходять саме для нашої країни. Розробкою та дослідженням твердих кислотних і лужних катализаторів, які забезпечують зменшення проблем з відходами, займаються вчені Інституту сорбції і проблем ендоекології НАН України.

Техніко-економічні показники. Будизель виготовляють із сировини, яка швидко відновлюється, він хімічно чистий, де-

шевий, біологічно нешкідливий, має хороші змащувальні властивості, його використання сприяє значному зменшенню викидів вуглекислого газу, а отже, не забруднює навколишнє середовище. До складу біодизелю не входять канцерогенні речовини.

Контрольні запитання і завдання

1. Дайте визначення сировини в технологічних процесах. Чим визначається її якість? Що передбачає раціональне і комплексне її використання?
2. Дайте характеристику різновидам мінеральної сировини. Оцініть способи її первинної підготовки.
3. Яке значення в технологічних процесах відіграє вода?
4. У чому полягає сутність процесів водопідготовки? Дайте їм техніко-економічну характеристику.
5. Яку роль відіграє паливо в технологічних процесах?
6. Охарактеризуйте способи переробки природного палива, порівняйте їх за техніко-економічними показниками.
7. Поясніть значення енергії в технологічних процесах. Порівняйте різні джерела електричної енергії.

Література

1. *Березівський П.С.* Системи технології: Навч. посіб. — К.: ЦНЛ, 2006.
2. *Васильєва И.Н.* Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
3. *Дичковська О.В.* Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
4. *Дичковська О.В.* Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.

5. *Збожна О.М.* Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид., змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.
6. Нові технології та обладнання по переробці промислових відходів і їх медико-екологічне забезпечення / За ред. В.Ф. Макогона. — К.: Знання, 2000.
7. Основы отраслевых технологий и организации производства: Учебник / Ю.М. Аносов; Ред. В.К. Федюкин. — К.: Политехника. 2002.
8. Основы технологии важнейших отраслей промышленности / Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Вышейш. шк., 1989.
9. Системи технологій: Навч. посіб. / В.С. Пономаренко, М.А. Сироштан та ін. — Х.: ОКО, 2000.
10. Системы технологий: Учеб. пособие для студ. вузов / Ред. П.Д. Дутко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Х.: Бурун-книга, 2003.
11. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.
12. *Царик Т.Є., Файфура В.В.* Основи екології. — Т., 2003.

Розділ 3

ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

3.1. Продукція металургійної промисловості

3.1.1. Метали і сплави

Основною продукцією металургійної промисловості є метали і сплави на їх основі.

Метал — хімічний елемент з металевим блиском, що має тепло- і електропровідність, магнітну проникність та інші спільні властивості. Більше 80 хімічних елементів — метали. Розрізняють метали чорні та кольорові, легкі й важкі, благородні, розсіяні, радіоактивні, тугоплавкі, рідкоземельні. Це класифікація за фізико-хімічними властивостями і кольором. Крім того, метали є технічно чисті (з часткою домішок до 0,5 %), хімічно чисті (з часткою домішок до 0,1 %) і надчисті. Надчисті метали мають обмежене використання, оскільки не відповідають тим вимогам, що ставлять до конструкційних матеріалів.

Сплав — металевий матеріал, до складу якого входять два чи більше елементів. Основою сплаву є чорні або кольорові метали, але до складу можуть входити і неметали. Елементи (або їх сполуки) у сплавах називають компонентами. Залежно від кількості компонентів сплаву поділяють на прості й складні. До сплавів належать: чавун, сталь, силумін, бронза, латунь та ін. Метали і сплави на їх основі є основними конструкційними матеріалами.

У структуру металургійного виробництва входять прокатні підприємства. Продукція, яку вони виробляють: труби, листовий, сортовий і спеціальний прокат.

3.1.2. Будова металів і сплавів

Метали і сплави у твердому стані мають *кристалічну* будову. Атоми в них розміщені в правильному геометричному порядку і утворюють кристалічні решітки, яких є 14 типів. Але найчастіше зустрічаються три типи решіток — кубічна об'ємноцентрована (ОЦК), кубічна гранецентрована (ГЦК) і гексагональна щільно упакована (ГЦУ) (рис. 3.1). Відомі також ромбічна, кубічна типу алмазу, тетрагональна та ін. Кристалічні решітки не є досконалими і мають дефекти, що впливає на їх властивості. Відстані між атомами в кристалічній решітці називають параметрами і вимірюють в ангстремах ($1\text{Å} = 10^{-8}\text{ см}$).

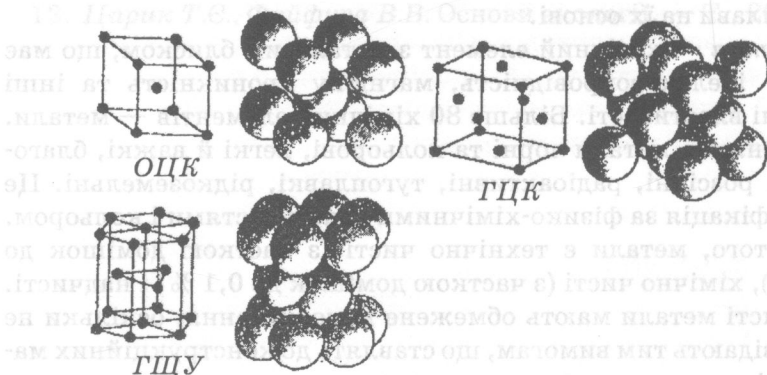


Рис. 3.1. Схеми кристалічних решіток металів

У деяких металів (як правило у тих, що мають змінну валентність при зміні температури) спостерігають *алотропію* (*поліморфізм*) — зміну типу кристалічної решітки або відстані між атомами тої самої кристалічної решітки при зміні температури. При цьому змінюються їх властивості. Температура, при якій відбувається явище, стала. Поліморфні видозміни (мо-

дифікації) позначають літерами грецького алфавіту — α , β , γ , δ . До таких металів належить залізо, оскільки має чотири поліморфні модифікації. Поліморфні перетворення супроводжуються віддачею або поглинанням енергії.

Залежно від напрямку дослідження властивості металу неоднакові. Це зумовлено тим, що відстані між атомами в різних напрямках також неоднакові. Таке явище називають *анізотропією*.

Можна одержати метали і сплави з *аморфною* будовою шляхом дуже швидкого охолодження. Такі метали і сплави мають дуже корисні механічні та фізико-хімічні властивості, тому технологія їх одержання цікава і перспективна.

3.1.3. Фазові перетворення металів і сплавів

При охолодженні рідкий розплав твердіє, що називається *первинною кристалізацією*. Вперше цей процес вивчив Д.К. Чернов у 1878 р. Він встановив, що процес кристалізації починається з формування центрів (зародків) кристалізації, з яких ростуть кристалічні осі та кристали. Центрами кристалізації є групи атомів, інколи — неметалеві включення, домішки інших металів (рис. 3.2).

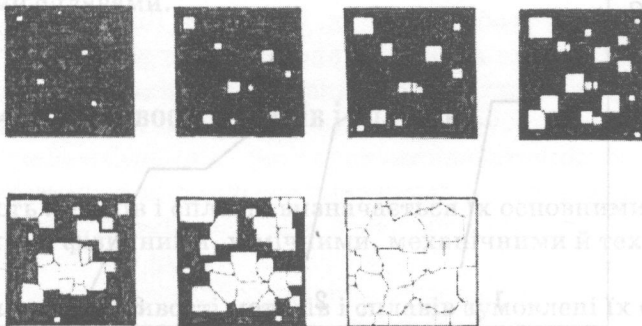


Рис. 3.2. Схематичне зображення процесу кристалізації металів

Щоб розпочалася кристалізація, розплав потрібно охолодити до температури, нижчої за температуру плавлення. Різниця між цими температурами називається ступенем переохолодження. Для деяких металів він доволі значний. Процес кристалізації чистих металів протікає при постійній температурі. Це пояснюється тим, що при кристалізації атоми сповільнюють свій рух і виділяють власну внутрішню енергію в розплав, цю енергію називають прихованою теплотою кристалізації.

Процес кристалізації досліджують за допомогою лічильника часу і термоелектричного пірометра. Покази пірометра автоматично записуються в часі. За цими даними будують *криві охолодження* в координатах “температура — час” (рис. 3.3).

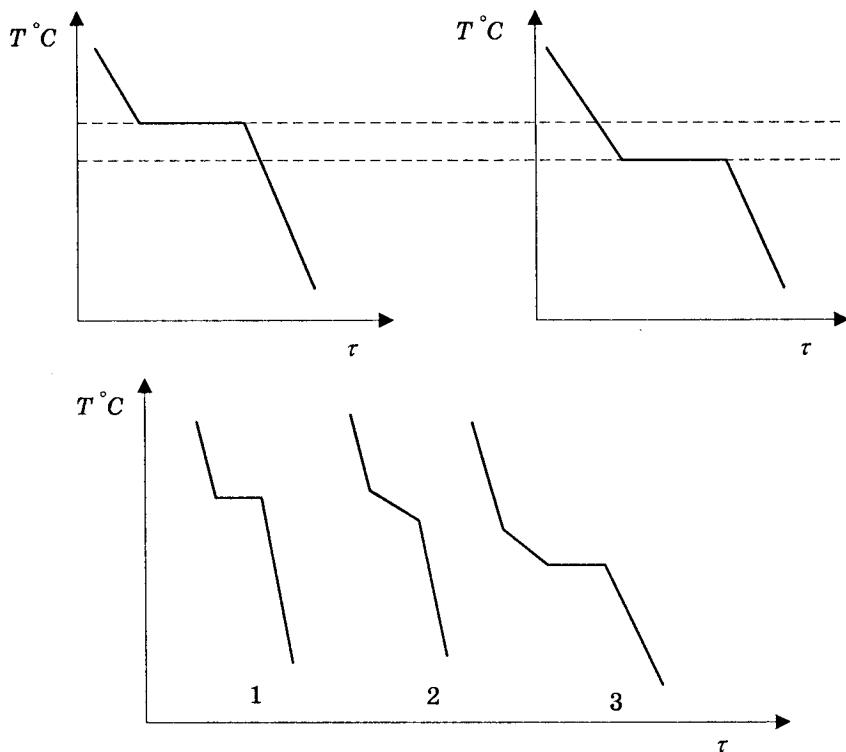


Рис. 3.3. Графічне зображення процесів кристалізації чистого металу і сплавів

Перетворення в затверділому металі при його подальшому охолодженні називають **вторинною кристалізацією**. Вона пов'язана зі змінами кристалічних решіток або відстаней між атомами в кристалічних решітках. При цьому утворюються нові структури, що мають інші властивості. Практично таке явище застосовують для отримання певних властивостей.

Температура, при якій відбувається будь-яке перетворення в металі або сплаві (при його нагріванні чи охолодженні), називається **критичною точкою**.

Після кристалізації у металів є одна фаза (однорідна за складом і будовою частина неоднорідної системи), у сплавів їх може бути декілька. Кількість їх і природа визначаються характером взаємодії компонентів при твердінні. Розрізняють сплави, механічні суміші, хімічні сполуки, тверді розчини.

Величина й кількість кристалів, або зерен, після завершення кристалізації залежать від швидкостей зародження центрів і росту кристалів. Чим більша швидкість охолодження, тим більше центрів кристалізації зароджується одночасно, тим дрібнішими будуть кристали. Міцність металевого матеріалу з дрібнозернистою структурою вища, кращими є й інші механічні властивості.

Центри кристалізації можна утворювати штучно, додаючи до розплаву модифікатори (магній, церій та ін.) у вигляді порошку. Такі сплави називають модифікованими і їх механічні властивості від цього значно поліпшуються порівняно зі звичайними сплавами.

3.1.4. Властивості металів і сплавів

Якість металів і сплавів визначається їх основними властивостями — фізичними, хімічними, механічними й технологічними.

Фізичні властивості металів і сплавів зумовлені їх структурою і складом. До них належать: колір, щільність, температура плавлення, магнітна проникність, теплопровідність, електропровідність, стиск і розширення при нагріванні, охолодженні та фазових перетвореннях, теплоємність.

До *хімічних* властивостей належать: корозійна стійкість, розчинність, окиснюваність.

До *механічних* властивостей належать: міцність, твердість, пластичність, пружність, в'язкість, крихкість.

Міцність — здатність матеріалу чинити опір руйнуванню і появі залишкових деформацій під дією зовнішніх сил. Розрізняють міцність при розтягуванні, згинанні, стисканні, крученні. Найчастіше металеві матеріали випробовують на розтягування, оскільки це дає найповнішу характеристику механічних властивостей матеріалу. Границею міцності при розтягуванні називається умовна напруга, яка дорівнює відношенню найбільшого навантаження, що передувало зруйнуванню стандартного зразка, до початкової площі його поперечного перерізу (вимірюється в МПа)

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

де P — максимальне навантаження, при якому зразок руйнується;

F — площа поперечного перерізу зразка, що береться для випробування.

Твердість — здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього твердішого тіла. Залежно від способу для випробування на твердість беруть сталеву кульку, конус із твердого сплаву або алмаза, алмазну пірамідку. Для визначення твердості застосовують способи Брінелля, Роквелла, Віккерса.

Для визначення твердості окремих структурних складників сплавів, дрібних деталей механізмів годинників, приладів, металевих ниток, штучних оксидних плівок застосовують випробування на мікротвердість.

Пластичність — здатність матеріалу деформуватися під дією зовнішніх сил і зберігати одержану форму після припинення дії цих сил.

Пружність — здатність матеріалу відновлювати свою форму після припинення дії зовнішніх сил, що спричинили зміну форми.

До *технологічних* властивостей належать: ковкість, зварюваність, рідкотекучість, прогартовуваність, оброблюваність

різнанням. Вони характеризують здатність металу або сплаву піддаватись обробці.

Багато виробів під час роботи повинні мати спеціальні властивості, що спричинено умовами їх експлуатації.

Для випробовування металів і сплавів та визначення їх основних властивостей застосовують механічні випробування, спектральний, металографічний, рентгенографічний, хімічний аналізи, дефектоскопію, корозійні випробування, випробування на оброблюваність. На основі результатів випробувань визначається *якість* готових виробів.

3.2. Технологічні процеси одержання чорних і кольорових металів

Найважливішим промисловим металом є залізо (Fe), що у сплавах з вуглецем та іншими елементами належить до групи чорних металів. Велике значення мають сплави на основі заліза: чавун, сталь і феросплави, які є основними конструкційними матеріалами для будівництва, машинобудування та інших галузей. Технічний рівень народного господарства країни, її могутність визначаються обсягом виплавлених чорних металів.

Істотне промислове значення мають і кольорові метали, такі, як Al, Cu, Mg, Zn, Ti, Sn. Крім того, для легування сталей мають значення Ni, W, V, Cr, Mo та інші, однак порівняно з чорними металами виробляють їх небагато.

Для одержання чорних і кольорових металів використовують такі основні способи.

1. *Пірометалургійні*, що ґрунтуються на виплавленні металів із руд. Ці процеси потребують застосування високих температур, а отже, використання палива.

2. *Гідрометалургійні*, за допомогою яких метали одержують із водних розчинів без нагрівання до високих температур.

3. *Електрометалургійні та електрохімічні*, за допомогою яких потрібне використання електричної енергії.

У металургії кольорових металів часто використовують *сублімацію* металів або їх сполук з метою відокремлення від домі-

шок основного компонента, з якого потім отримують метал. Сублімація — це перехід речовини із кристалічного стану в газоподібний (без плавлення).

Основою сучасної чорної металургії є двоступінчаста схема, що складається з виплавляння чавуну в доменних печах і різних способів його переплавляння на сталь.

При виплавлянні чавуну відбувається відновлення заліза з руд та одночасне відновлення з руд інших хімічних елементів, насичення заліза вуглецем та іншими домішками.

При одержанні сталі з чавуну відбувається окислення домішок та їх перехід у шлак і газу. Сталь, таким чином, містить менше вуглецю й домішок і має кращі, ніж у чавуну, конструкційні властивості, проте і чавун, і сталь є важливою продукцією металургійної промисловості.

3.2.1. Технологія одержання чавуну

Чавуном називають сплав заліза з вуглецем, марганцем, кремнієм, сіркою та фосфором, в якому вуглецю більше, ніж 2,14 %. Приблизно 80 % чавуну використовують для одержання сталі, іншу частину як конструкційний матеріал.

Сировиною для одержання чавуну є руди (залізні, марганцеві та комплексні), паливо і флюси. Проте найчастіше використовують саме залізні руди, які містять залізо у вигляді оксидів або солей. Вміст заліза в них коливається від 25 до 72 %. Україна має достатню кількість залізних руд, проте вміст заліза в них постійно знижується і становить в середньому близько 35 %. До їх складу входять також марганець (часто 1—2 %, іноді й до 18 %), інші метали (хром, титан, нікель, мідь, молибден, кобальт, ванадій тощо). Застосування таких руд сприяє поліпшенню властивостей чавуну.

Найбільші запаси залізних руд України знаходяться у Криворізькому залізорудному родовищі. Із залізних руд найважливіше значення мають бурий, червоний, магнітний, шпатовий залізняки й залістисті кварцити. Пуста порода залізних руд містить кварц, кальцит, глину, вапняк, польові шпати, сульфіди та ін.

Для ефективної роботи доменної печі, зменшення витрат палива потрібно, щоб руда містила не менше 55 % заліза, вміст сірки і фосфору має бути мінімальним. Тому руди перед використанням подрібнюють, збагачують, рудний пил спікають.

При виплавлянні доменних феросплавів застосовують марганцеві руди, що містять 25—55 % марганцю у вигляді оксидів.

Основним паливом при одержанні чавуну є кам'яновугільний кокс, що бере також участь у відновленні заліза та домішок. Крім коксу, використовують природний та інші гази, вугільний пил, деревне вугілля (дуже рідко). Лише 15 % коксу замінюють іншими видами палива, оскільки жоден із замінників не може розпушувати шихту для збільшення її газопроникності. Хорошим видом палива для доменного виробництва є пил кам'яного вугілля. Його застосування підвищує ефективність використання в металургійному виробництві кам'яного вугілля, збільшується його частка у структурі сировинних матеріалів, частка коксу навпаки зменшується, знижується собівартість чавуну.

Флюси — речовини, що сплавляють пусту породу, золу палива, виводять шкідливі домішки. Як флюси використовують подрібнені вапняк або доломіт.

Суміш вихідних матеріалів в певному співвідношенні називають *шихтою*. Завантажують її в доменну піч певними порціями — колошами.

Виплавляють чавун у *печах* шахтного типу заввишки 30—50 м, котрі називають *доменними*. Внутрішній обрис стін, що обмежують робочий простір печі, — її профіль (рис. 3.4). Корпус печі виготовлений з товстостінової сталі, ізсередини піч викладена шамотною цеглою. За допомогою спеціальних холодильників піч охолоджують водою.

Основні частини робочого простору доменної печі — колошник, шахта, розпар, заплечики і горн. Над колошником розміщений спеціальний засипний апарат, призначений для завантаження у піч сировини. У верхній частині горна розміщені отвори (фурми), через які вдувають нагріте до 1100—1200 °С повітря, яке може бути збагачене киснем (до 30 %) і зволожено. Залежно від розміру печі фурм може бути до 60. Дно горна називають подом, на його рівні розміщені льотки для випус-

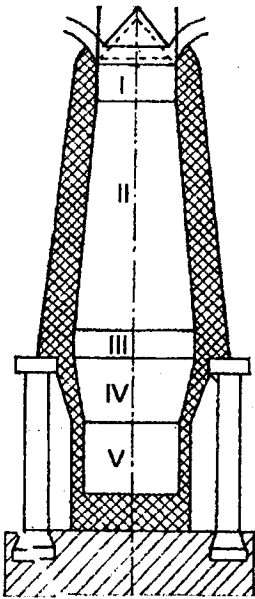


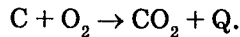
Рис. 3.4. Схема доменної печі

кання чавуну. Нижче фурменних отворів є льотки для випускання шлаку. Загальна кількість льоток також залежить від розміру печі. Повітря нагрівають у повітрянагрівниках, розміщених біля доменної печі.

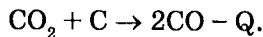
Доменна піч працює безперервно 6—8 років. Цей період називається компанією. Потім їй роблять капітальний ремонт.

Процеси, що відбуваються в доменній печі:

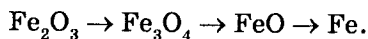
1. *Горіння палива.* Кисень, що надійшов від дуття, вступає у взаємодію з вуглецем у паливі, утворюючи вуглекислий газ. При цьому виділяється велика кількість теплоти:



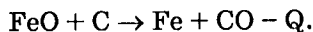
Температура в горні в зоні фурм підвищується до 1800 °С. Діоксид вуглецю піднімається вгору, реагує з вуглецем (розжарений кокс) і відновлюється, утворюючи оксид вуглецю:



2. *Відновлення заліза.* Залізо з руди відновлюється оксидом вуглецю, твердим вуглецем і частково воднем, який утворюється від розкладання вологи з повітря. Оксид вуглецю — сильний відновник і відновлює залізо з його оксидів у верхній частині шахти при відносно невисокій температурі (400—500 °С). З підвищенням температури процеси відновлення прискорюються. Оксиди заліза відновлюються послідовно від вищих оксидів до нижчих і до чистого заліза:



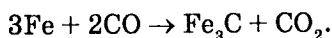
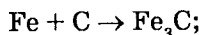
У більш гарячих зонах доменної печі (в розпарі) відновлення заліза відбувається за допомогою твердого вуглецю (вище 950 °С):



Відновлене залізо перебуває у твердому стані й називається губчастим.

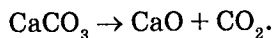
3. Відновлення домішок. За допомогою оксиду вуглецю і твердого вуглецю відновлюються марганець, кремній, фосфор і сірка. Якщо в сировині є інші домішки (титан, хром, кобальт, ванадій та ін.), вони також відновлюються. Але усі вони розчиняються у чавуні.

4. Насичення заліза вуглецем. Губчасте залізо, що утворилося після відновлення (твердий і пористий продукт), при температурах від 400—500 °С і до 1100—1200 °С інтенсивно взаємодіє з вуглецем, утворюючи карбід заліза:



Навуглецьоване залізо переходить у рідкий стан, розчиняє відновлені домішки і стікає в горн доменної печі. Це вже чавун.

5. Утворення шлаку. Вапняк при температурі близько 900 °С розпадається з утворенням оксиду кальцію і вуглекислого газу:



Оксид кальцію при температурі вище ніж 1000 °С взаємодіє з кремнеземом, глиноземом та іншими складниками пустої породи і коксової золи, утворюючи шлак, який в рідкому стані також стікає в горн. Процес шлакоутворення і хімічний склад шлаку впливають на якість виплавленого чавуну.

Чавун — основна продукція доменного виробництва. Його із печі випускають через кожні 3—4 години у спеціальні ковші. Далі чавун подається або до сталеплавильного цеху, або на роз-

ливну машину для виливання спеціальних заготовок (чушок). У доменній печі виплавляють переробний, ливарний і спеціальний чавун. Їх поділяють залежно від хімічного складу і призначення, швидкості охолодження. Властивості цих чавунів також різні.

Найбільше виплавляють переробного чавуну (близько 80 %) — основна сировина для одержання сталі. З нього також одержують ковкий чавун, котрий використовують для виготовлення деталей машин. Сірий чавун має добрі ливарні властивості, його застосовують як конструкційний матеріал. Шляхом модифікації з нього одержують високоміцний чавун — якісний конструкційний матеріал.

Спеціальні чавуни — феросплави, або леговані чавуни, в яких є підвищений вміст (більш як 10 %) одного або декількох елементів (Si, Mn та ін.). Феросплави використовують для розкиснення сталі та її легування.

Іншим *продуктом* доменного виробництва є *шлак*, який утворюється в обсязі 0,6 т на 1 т чавуну. Нині в Україні доменний шлак майже повністю використовують. Найбільше — у будівництві: для одержання шлакопортландцементу (який на 30—40 % дешевший за звичайний), шлакової вати, пемзи, шлакоблоків, шлакоситалів, шлакового литва та ін; також для виробництва мінеральних добрив. Повне використання доменного шлаку істотно підвищує економіку чорної металургії.

У доменному процесі на 1 т чавуну утворюється близько 3000 м³ *доменного газу*. Він містить велику кількість горючих речовин (оксид вуглецю, водень), пил, має значну теплотворну здатність. Після очищення від пилу газ використовують як паливо. Ефективним є використання цього газу палива в доменних печах і для нагріву повітря у повітронагрівниках.

Для оцінювання *ефективності* роботи доменної печі і всього процесу плавки використовують такі *техніко-економічні показники*:

1. *Продуктивність* доменної печі — кількість виплавлено-го чавуну за добу (місяць, рік). Середня продуктивність печей в Україні становить 2500—3000 т/добу. Для підвищення продуктивності потрібно: використовувати високоякісну сировину, застосовувати кисневе дуття, створювати вищий тиск під

колошником, підвищувати рівень механізації й автоматизації роботи доменної печі.

2. *Коефіцієнт використання корисного об'єму* доменної печі, що визначається відношенням корисного об'єму печі до середньої виплавки чавуну за добу:

$$K_{\text{вко}} = \frac{V}{P},$$

де V — корисний об'єм печі;

P — продуктивність печі за добу.

Чим менший цей показник, тим краще працює доменна піч. Середнє значення цього коефіцієнта в Україні 0,5—0,8.

3. *Витратні коефіцієнти*. Для виготовлення 1 т чавуну потрібно: 1,7—2 т руди, 500—700 кг коксу, 300—700 кг флюсів, 3,3 т повітря.

4. *Рівень механізації й автоматизації* — дуже важливий аспект на всіх етапах виробництва, особливо при завантаженні шихти, автоматизованому регулюванні тиску, температури, вологості газу на колошнику.

Крім того, важливими показниками в оцінюванні процесу є якість і собівартість чавуну.

3.2.2. Технологія одержання сталі

Сталь — сплав заліза з вуглецем, кремнієм, марганцем, сіркою і фосфором, де частка вуглецю становить менше 2,14 %. Сталі такого складу називають *вуглецевими*. До складу іншого виду сталі, *легованої* входять легуючі елементи (Cr, Mo, V, W, Ni та ін.), котрі додають під час виплавки сталі або її розливання. Леговані сталі мають спеціальні властивості.

Порівняно з чавуном сталь має кращі механічні й технологічні властивості: її можна обробляти під тиском, виготовляти зливки з неї, вона добре обробляється різанням, має високу міцність, тому є основним конструкційним матеріалом.

Для одержання сталі з чавуну, потрібно видалити з нього надлишок вуглецю, кремнію, марганцю, сірки і фосфору шля-

хом окиснення. Окисником є кисень елементарний і кисень, розчинений у металі, що перебуває в сполучі з залізом.

Сировиною для одержання сталі є: переробний (рідкий або твердий) чавун, скрап (стальний або чавунний лом, обрізки, стружка), металізовані грудки, залізна руда, розкисники, легуючі елементи, флюси, паливо, кисень. Відсоткове співвідношення вихідних матеріалів і їхній агрегатний стан залежать від способу переробки.

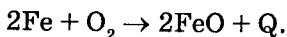
Основними *способами* одержання сталі є мартенівський, киснево-конвертерний та електрометалургійний (в електродугових та індукційних печах). Кожний із цих способів має свої особливості та забезпечує різну якість сталі. Водночас технології одержання сталі мають спільні процеси і перетворення, що дає змогу розглядати їх на основі цих спільних позицій.

При одержанні сталі застосовують один із двох *процесів* — основний або кислий. При *основному* печі футерують основним вогнетривким матеріалом (магнезит, доломіт, магнезитохроміт), а сировина може містити підвищену кількість шкідливих домішок, тому для їх виведення використовують флюси. Основний процес дешевший, але якість сталі невисока.

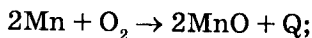
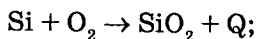
При *кислому* процесі печі футерують кислим (динас, кварцовий пісок) або шамотним вогнетривком. У такому процесі є підвищені вимоги до сировини щодо шкідливих домішок, тому що вони не виводяться. Якість сталі висока, але висока і собівартість, тому такі процеси застосовують менше.

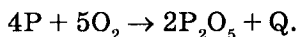
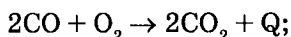
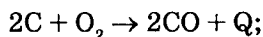
Основні *стадії технологічного процесу* такі:

1. Окислення вуглецю і домішок. Найпершим окиснюється залізо (його в розплаві найбільше, і воно найактивніше вступає в реакції з киснем при порівняно низьких температурах):

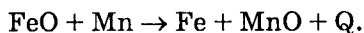
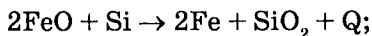


Далі окинюються інші елементи в послідовності їх сполучуваності з киснем:





Оксиди, що утворилися, спливають на поверхню у вигляді шлаку. Під шаром шлаку продовжується процес окиснення домішок, але уже киснем із закису заліза:



Одночасно за допомогою флюсів виводиться фосфор і сірка.

2. Розкиснення сталі — виведення кисню зі сталі і відновлення заліза з оксиду. Оксид заліза спричинює червоноламкість і погіршення механічних властивостей сталі. Розкиснюють сталь при плавці, під час розливання і в ковші. Залежно від ступеня розкислення вона може бути спокійною (добре розкисненою), напівспокійною і киплячою. Для розкиснення сталі використовують феросплави зі збільшеним вмістом марганцю або кремнію та алюміній.

3. Легування — процес насичення сталі легуючими елементами з метою поліпшення її властивостей. Легуючі елементи додають у вигляді феросплавів або під час плавки, або в кінці, або у ківш. Це залежить від способу одержання сталі і від відношення легуючих елементів до кисню.

Після виплавлення сталь розливають. Похибка при розливанні замість поліпшення якості сталі може зіпсувати і добре зварену сталь. Тому проведенню цього процесу приділяють велику увагу.

Зі сталеплавильної печі сталь *розливають* у розливні ковші (металеві посудини футеровані всередині вогнетривом). Потім сталь переміщують до місця її розливання і розливають. Місткість ковшів становить до 400 т. Із ковша сталь виливають через отвір у днищі. Розливають сталь у виливниці або на машинах безперервного виливання.

Розливання у виливниці. Виливниці — чавунні або сталеві форми, що мають квадратний, прямокутний або круглий поперечний переріз. Їх заповнюють сталлю зверху або знизу.

Під час заповнення зверху кожна виливниця заповнюється окремо, але при цьому сталь розбризкується, і загалом поверхня виливка неякісна. Такий спосіб вигідно застосовувати у виготовленні великих виливків.

При заповненні знизу виливниці поєднуються блоком із центральним ливником спеціальними каналами. Сталь потрапляє спочатку в центральний ливник, далі каналами її підводять до усіх виливниць одразу знизу, плавно і без розбризкування. Таким чином одночасно можна заповнювати до 60 виливниць. Цей спосіб високопродуктивний, зливки мають відносно чисту поверхню, окрім того за його допомогою можна одержувати дрібні виливки. Однак він має і недоліки: великі втрати металу на ливники і небезпеку забруднення сталі в ливнику та каналах неметалевими домішками.

Безперервне розливання. Процес відбувається на спеціальних машинах безперервного лиття, запровадження яких є одним із важливих досягнень науково-технічного прогресу в металургії.

Сталь із розливного ковша (1) (рис. 3.5) через проміжний розливний пристрій (2) безперервно надходить до кристалізатора (3), який охолоджується водою. У кристалізаторі формується виливок. Із кристалізатора виливок проходить зону додаткового охолодження (дрібно розбризкується вода). Затверділий виливок безперервно витягується роликми (4), отримуючи профіль. Далі газовий різак (5) розрізає його на куски потрібної довжини, які є заготовками для подальшої обробки.

Техніко-економічні показники. Висока продуктивність при безперервному розливанні (у 2—2,5 разу вища, ніж при розливанні у виливниці), виливки мають високу якість поверхні, дрібнозернисту структуру, певний профіль (економія прокату становить 2—5 %). Маса придатних виливків — 96—98 % маси рідкої сталі. На таких машинах можна одночасно отримувати до восьми виливків. Проте їх недоліком є велика висота (до 44 м), тому останнім часом застосовують машини з вигином виливка або із зігнутих (радіальних) кристалізатором, відповідно горизонтальні і радіальні машини.

Техніко-економічне порівняння різних способів одержання сталі. Із трьох використовуваних способів одержання сталі найперспективнішими є два — киснево-конвертерний та електрометалургійний. У розвинених країнах світу вже сьогодні до 90 % сталі виплавляють киснево-конвертерним способом. Причини такого поширення: високопродуктивність (у 250-тонному конвертері за рік можна виплавити до 1200 тис. т сталі); висока якість сталі; низька собівартість, капітальні витрати на будівництво і витрати на обслуговування значно менші, ніж у інших способах; для плавки використовують до 30 % твердої шихти. Якість киснево-конвертерної сталі не поступається мартенівській. Перспективним є використання кисневих конвертерів з донним дуттям, при якому зменшується вигоряння заліза та різко підвищується якість сталі, є можливість збільшити вміст скрапу у шихті.

Електрометалургійний спосіб досить витратний, проте забезпечує дуже високу якість сталі. Ним не тільки виплавляють, а й переплавляють сталь, виплавлену в мартенівських печах або кисневих конвертерах, при цьому вона очищається від домішок і набуває дуже високої якості. Електрометалургійним способом можна одержувати сталь із твердої та рідкої шихти, окрім того цей процес дуже продуктивний.

Спостерігається тенденція до зменшення обсягів застосування мартенівського способу. Процес виплавки в мартенівсь-

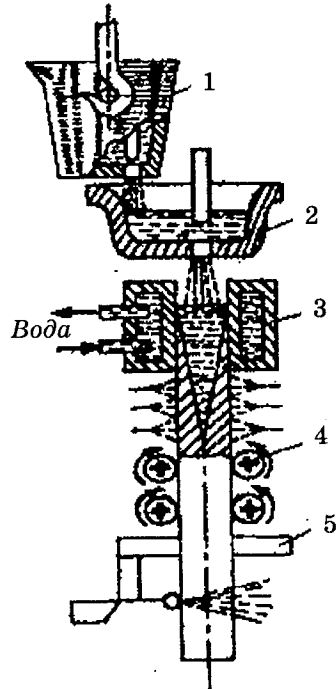


Рис. 3.5. Схема безперервного розливання сталі:
 1 — розливний ковш; 2 — проміжний розливний пристрій; 3 — кристалізатор; 4 — ролики; 5 — газовий різак

кій печі триває 3—4 години (для малих печей), а іноді до 12 і більше годин (для великих печей). Капітальні витрати на будівництво і обслуговування значні, тому мартенівська сталь дорога. Нижчою за інші способи є продуктивність. Наприклад, продуктивність 900-тонної печі становить близько 1000 т на рік, що менше, ніж у кисневому конвертері.

З метою покращання якості сталі, її після виплавки звичайними способами *рафінують* або застосовують нові *прогресивні технології* одержання. Для цього застосовують переплав (плазмовий, електрошлаковий, вакуумно-індукційний, вакуумно-дуговий), позапічне вакуумування, обробку синтетичними шлаками, інертними газами.

Електрошлаковий переплав. Цей спосіб рафінування сталі було розроблено у Науково-дослідному інституті електрозварювання АН України ім. Є.О. Патона.

За допомогою електрошлакового переплаву рафінують сталі, виплавлені конвертерним, мартенівським і електрометалургійним способами. В електродотримачі закріплюють сталевий електрод (1) (рис. 3.6), частково опущений в охолоджуваний водою кристалізатор (2).

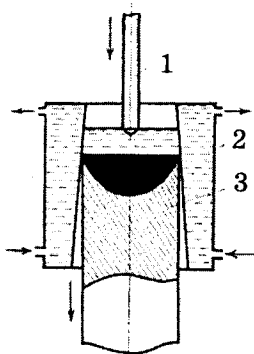


Рис. 3.6. Схема електрошлакового переплаву:

1 — сталевий електрод; 2 — кристалізатор; 3 — зливочна форма

На дно кристалізатора насипають флюс (плавиковий шпат, глинозем, оксид кальцію). При ввімкненні електричного струму між електродом і флюсами запалюється електрична дуга, флюси плавляться. Далі дуга гасне, струм проходить через розплавлений шлак. Температура сягає 2000 °С. Електрод (1) плавиться, і краплі сталі, проходячи через розплавлений шлак, очищаються від домішок. У кристалізаторі очищена сталь кристалізується, утворюючи зливочну форму (3) круглої, квадратної чи іншої форми. Можна навіть одержати зливочну форму в вигляді труби.

Вакуумування. При обробці у вакуумі сталь розкиснюють, очищають від неметалевих включень (сірки, фосфору) та від водню, азоту. Крім того випарову-

ються домішки, такі як свинець, олово та ін. Внаслідок цього сталь стає пластичнішою, підвищується її рідкотекучість, зменшується крихкість. Вакуування здійснюють у ковші, у вакуумних камерах, при розливанні. Розрізняють об'ємне, порційне і циркулярне вакуування.

При порційному вакууванні (рис. 3.7) у ківш (2) опускають збірну трубу вакуум-камери (1), розміщеної над ковшем. Вакуум у камері (1) створюється періодично, сталь засмоктується в неї порціями. При цьому зі сталі активно виділяються гази та неметалеві включення.

Дуже важливе значення в чорній металургії має процес виробництва сталі з металізованої сировини (відновленого заліза) без доменного процесу. Суть *бездоменного виробництва* полягає в тому, що спочатку зі збагаченої залізної руди у відновлювальних шахтних печах одержують металізовану шихту (вміст заліза в якій становить 90—95 %), котру далі використовують в електропечах для одержання високоякісної сталі. Впровадження такої схеми виробництва дає змогу підвищити продуктивність, знизити затрати палива, флюсів, електроенергії, підвищити якість сталі, зменшити забруднення навколишнього середовища.

Важливим напрямом *удосконалення* сталеплавильного виробництва є сталеплавильні агрегати безперервної дії (САБД). Досвід багатьох виробництв свідчить, що заміна періодичного процесу безперервним сприяє підвищенню продуктивності, зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню якості та однорідності продукції, зменшенню технологічних відходів, ефективнішому використанню додаткових матеріалів. Проблеми організації безперервного сталеплавильного процесу, вибору зручної для практичного використання конструкції агрегату безперервної дії та відпрацювання технології вишлавлення сталі в цьому агрегаті досі ще не вирішені. Проте запропонова-

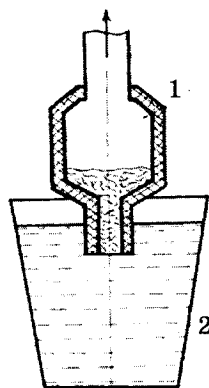


Рис. 3.7. Схема порційного вакуування:

- 1 — збірна труба вакуум-камери;
- 2 — ківш

но багато варіантів конструкцій САБД і технологій виплавлення в них сталі.

Ефективним способом також є впровадження кисневих конвертерів з донним дуттям. Для цього у дні конвертера роблять декілька фурм, які мають бути добре захищені від руйнування. Під час дуття з дна декількома фурмами, рідкий чавун, що є у конвертері, добре перемішується, інтенсивно відбуваються хімічні реакції, різко зменшується димоутворення, забезпечується висока продуктивність, зменшується час плавки. Кисневі конвертери з донним дуттям заміняють мартенівські печі.

Основною продукцією сталеплавильного виробництва є сталь.

Сталі класифікують за такими показниками:

1. *За способом виробництва*: киснево-конвертерні, мартенівські сталі та електросталі.

2. *За хімічним складом* є вуглецеві й леговані сталі. Водночас вуглецеві є низько-, середньо- і високовуглецеві, леговані — низько-, середньо- і високолеговані. Різний вміст вуглецю та легуючих елементів впливає на їхні властивості.

3. *За якістю* сталі поділяють, враховуючи вміст у них шкідливих домішок. Вуглецеві сталі є звичайної якості, якісні та високоякісні. Леговані — якісні, високоякісні та особливої якості.

4. *За призначенням* вуглецеві сталі поділяють на конструкційні та інструментальні, леговані — на конструкційні, інструментальні та спеціальні. Конструкційні сталі — це низько- і середньовуглецеві сталі, інструментальні — завжди високовуглецеві.

Принцип *маркування* сталей.

Конструкційні вуглецеві сталі містять до 0,65 % вуглецю. Залежно від якості їх маркують так:

— звичайної якості: Ст0, Ст1... Ст6, де літери Ст означають сталь, цифри — умовний порядковий номер;

— якісні: 08, 10, 15, 25, 30, 35... 65 (числа вказують на середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка), 45Г, 60Г, 65Г (літера свідчить про підвищений вміст марганцю).

Залежно від ступеня розкиснення, після позначення марки сталі додають літери: кп — кипляча, пс — напівспокійна, сп — спокійна.

Інструментальні вуглецеві сталі містять 0,65—1,35 % вуглецю. Їх маркують так:

— якісні — У7, У8... У13 — літера У свідчить, що це вуглецева інструментальна сталь, число означає вміст вуглецю в десятих частках відсотка;

— високоякісні — У8А, У10А... У13А (літера А свідчить, що це сталь високої якості). Інструментальні сталі використовують для виготовлення різальних і вимірювальних інструментів, штампів, пресформ та ін.

Леговані сталі маркують за допомогою великих літер і цифр. Легуючі елементи позначають літерами: С — кремній, Х — хром, М — молібден, Г — марганець, Н — нікель, В — вольфрам, Ф — ванадій, К — кобальт, Т — титан, Ю — алюміній, Д — мідь.

Цифри перед літерами означають відсотковий вміст вуглецю (дві цифри — в сотих частках, одна — в десятих). При вмісті вуглецю більше ніж 1 % цифру не ставлять.

Цифри після літер означають середній вміст легуючих елементів у відсотках. Якщо цифру після літери не ставлять, то вміст легуючого елемента становить 1—1,5 %.

Деякі сталі спеціального призначення мають особливе маркування, наприклад:

Р — швидкорізальна сталь, Ш — шарикопідшипникова та ін.

Найбільш поширені леговані сталі:

а) конструкційні — 15Х, 20Х, 40Х, 45Х;

б) інструментальні — ХВГ, 9ХС, ХВ5;

в) швидкорізальні — Р12, Р9, Р18, Р6М3, Р6С5;

г) жаростійкі — Х8СМ;

д) жароміцні — Х23Н18, Х23Р20С2;

е) нержавіючі — 2Х13.

Використання легованих сталей дає можливість зменшити матеріаломісткість машин, конструкцій, збільшити їх довговічність. Проте такі сталі дорогі, оскільки процес їх одержання складніший. Тому найдоцільніше використовувати низьколеговані сталі, застосування яких забезпечує зниження затрат металу на 18—20 %.

3.2.3. Технологія одержання алюмінію

Серед усіх кольорових металів, що виробляються в Україні, алюміній посідає перше місце за обсягами.

Алюміній — метал сріблясто-білого кольору із температурою плавлення $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ і густиною $2,7\text{ г/см}^3$. Це корозійностійкий метал з високими тепло- та електропровідністю. У земній корі його розміщено близько 8 %, майже всі гірські породи містять сполуки алюмінію.

Він дуже хімічно активний, а тому у вільному стані в природі не зустрічається. Міцність і твердість алюмінію відносно невисокі. Алюміній має високу пластичність і добре піддається обробці тиском уже в холодному стані, добре зварюється. На основі алюмінію можна виготовляти різні сплави.

Сферами найширшого використання алюмінію та його сплавів є електротехніка, ракето- і літакобудування, космічна техніка, харчова, хімічна промисловості, а також будівництво, транспорт, машинобудування та інші галузі. Немає практично жодної галузі, де б не використовували цей метал.

Сировиною для одержання алюмінію є боксити, нефеліни, каоліни, алуніти. Це руди, що містять не менше 10 % оксиду алюмінію (глинозему). Найефективнішою рудою є боксит. Він містить глинозему до 50—60 %. Цю руду Україна купує. В Україні є значні запаси каолінів. А тому у нас при виробництві алюмінію широко їх використовують. Перед використанням руди подрібнюють і встановлюють їх хімічний склад.

Технологічний процес одержання алюмінію поділений на три стадії.

1. Одержання глинозему. Глинозем із руд можна одержувати декількома способами — лужним (сухим, мокрим, електролітичним), кислотним та електротермічним. Найпоширенішим є мокрий лужний спосіб (спосіб Байера), оскільки він найдешевший і найбільш економічний.

У цьому способі руду обробляють лугом — NaOH — при температурі $250\text{—}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $2,5\text{—}3,0\text{ МПа}$ в автоклавах. За та-

ких умов утворюється алюмінат натрію — NaAlO_2 . Потім розчин кристалізує і одержують кристалічний гідроксид алюмінію, а з нього при нагріванні (кальцинуванні) — глинозем.

2. Одержання алюмінію з глинозему. Глинозем — Al_2O_3 — стійка хімічна сполука з температурою плавлення 2050°C і температурою кипіння 2980°C . Одержують алюміній із глинозему шляхом електролізу. Як електроліт використовують спеціальний кріоліт Na_3AlF_6 (фторид алюмінію і натрію). Якщо застосовують водні розчини солей, то на катоді першим буде розряджатися водень, а не алюміній. Процес електролізу відбувається в електролізних ваннах (рис. 3.8). Зовні ванна (4) сталевана, а ізсередини викладена шамотною цеглою (3). Подина (5) і стіни (2) складені з вуглецевих блоків, до яких підведені катодні шини (6). Аноди (1) виготовлені з вуглецевої маси і самовипалюються. У міру згоряння вони опускаються і нарощуються напіврідкою анодною масою.

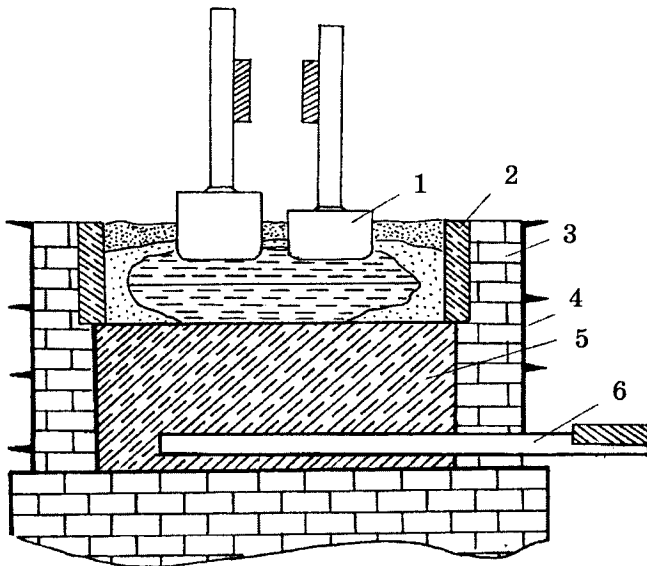
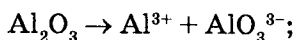


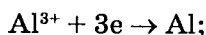
Рис. 3.8. Схема одержання алюмінію з глинозему:

- 1 — аноди; 2 — вуглецеві блоки; 3 — шамотна цегла; 4 — ванна;
5 — вуглецеві блоки; 6 — катодні шини

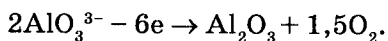
Спочатку ванну прогрівають. Поступово завантажують кріоліт і після його розплавлення засипають глинозем (10—12 % маси кріоліту), обсяг якого періодично поповнюється новими порціями. Температура, при якій відбувається електроліз, — 930—950 °С. Кріоліт і глинозем дисоціюють. При дисоціації глинозему утворюються йони алюмінію і кисню. Йони алюмінію прямують до катода і там розряджаються, йони кисню прямують до анода і спалюють вуглець, утворюючи оксиди вуглецю:



на катоді:



на аноді:



Рідкий алюміній, що нагромаджується на подині ванни, періодично (кожні 1—2 доби) відбирають за допомогою сифону або вакуумного ковша.

2. Рафінування алюмінію. Первинний алюміній містить домішки заліза, кремнію, міді, цинку, вуглецю, глинозему, газів. Для очищення від цих домішок алюміній рафінують, найчастіше хлоруванням.

Хлорування — продування первинного алюмінію хлором у ковші протягом 10—15 хв при температурі 650—770 °С. Утворюється пароподібний AlCl_3 , який, проходячи через розплав, адсорбується на частинках глинозему, фтористих солей, вугілля. Ці частинки спливають на поверхню і видаляються у вигляді сірого порошку. Одночасно хлор розкладає хімічні сполуки з натрію, кальцію, магнію й утворює їх хлориди, що також спливають на поверхню. Після хлорування рідкий алюміній відстоюють у ковші 30—45 хв, для того, щоб виділилися гази і неметалеві включення. Чистота алюмінію після хлорування становить 99,5—99,75 %.

Для одержання алюмінію вищої чистоти застосовують додержні способи — електролітичне рафінування і зонну перекристалізацію. При цьому можна одержати алюміній чистою 99,999 %.

Розрізняють такі види алюмінію:

— технічно чистий А85, А8, А7, А6, А5 (із вмістом домішок 0,15—1 %);

— високої чистоти А995, А99, А97, А95 (із вмістом домішок 0,005—0,05 %);

— особливо чистий А999 (із вмістом домішок не більше 0,001).

З метою поліпшення механічних властивостей і розширення сфер використання алюмінію, його легують і одержують *сплави*. Для легування алюмінію застосовують мідь, кремній, марганець, магній, цинк, нікель, хром, титан та ін. Одержують деформівні та ливарні сплави.

Деформівні — сплави, що мають високу пластичність і добре піддаються обробці тиском. Для їх легування використовують магній, марганець і мідь. Спеціальні деформівні сплави можуть додатково містити цинк, хром, кремній, нікель та інші елементи.

Ливарні — сплави, що мають хороші ливарні властивості. Із них деталі виготовляють литтям. Для легування сплавів використовують кремній, магній, мідь та інші елементи.

Ефективність алюмінієвого виробництва оцінюється його *техніко-економічними показниками*. До них належать:

1. *Витратні коефіцієнти*. Так, для 1 т глинозему потрібно 2,0—2,5 т бокситу, 70—90 кг луку, 160—180 кг мазуту (в перерахунку на умовне паливо). Для 1 т алюмінію потрібно 2 т глинозему, 40—50 кг кріоліту, 600 кг вугільних анодів, 1500 т води.

2. *Витрати енергії*. Для 1 т глинозему потрібно близько 280 кВт · год електроенергії. Для 1 т алюмінію — 14—16 тис. кВт · год.

3. *Продуктивність апаратів*. Продуктивність електролізерів становить 350—600 кг/добу.

Важливими показниками алюмінієвого виробництва є також якість алюмінію, його собівартість, ступінь механізації та автоматизації тощо.

З метою підвищення *ефективності* процесів одержання чорних і кольорових металів і сплавів передбачено таке:

1. Поліпшення структури і якості металів і сплавів.

2. Реконструкція і переозброєння металургійних підприємств, модернізація металургійного обладнання.

3. Інтенсифікація технологічних процесів, підвищення рівня їх механізації та автоматизації.

4. Впровадження нових технологічних схем.
5. Збільшення киснево-конвертерної частки та електросталі.
6. Ширше використання безперервного розливання сталі.
7. Впровадження нових технологічних схем, сталеплавильних агрегатів безперервної дії.
8. Комплексне використання сировини, безвідхідних технологій.

3.3. Технологія порошкової металургії

Порошкова металургія — галузь промисловості, яка займається виробництвом порошків металів і сплавів та виробів з них. За допомогою методів порошкової металургії можна створювати матеріали з різних компонентів, які дуже відрізняються властивостями і температурами плавлення. Ця технологія успішно конкурує з литтям, обробкою тиском, різанням та іншими способами обробки металевих матеріалів, доповнюючи або замінюючи їх.

На території нашої країни дуже давно виготовляли вироби із заліза і кольорових металів за допомогою цього способу. Незважаючи на те, що таке виробництво металевих виробів досить давнє, порошкова металургія належить до однієї з найбільш молодих галузей сучасної техніки. Лише з початку ХХ ст. порошкова металургія набула широкого розвитку і в нашій державі, і у світі (США, Японія, Німеччина та ін.).

Вироби і матеріали порошкової металургії використовуються у різних галузях машинобудування, електронної промисловості, в літако- і ракетобудуванні, при виготовленні інструментів, в металургійній, хімічній, добувній промисловості та інших галузях.

Типова *технологічна схема* виробництва в порошковій металургії включає чотири основні *операції*: одержання порошку вихідного матеріалу, формування заготовки, спікання заготовки, викінчувальна обробка (регулювання структури, калібрування, механічна і хіміко-термічна обробка).

Одержання металевих порошків відбувається кількома способами — механічними, фізико-хімічними, комбінованими.

При механічних способах (подрібнення, помел, грануляція, розпилення) змінюють розміри і форму частинок матеріалу, але не змінюють структуру і хімічний склад.

При фізико-хімічних (відновлення, електроліз водневих розчинів або сплавів солей металів, дисоціація карбонільних сполук, термодифузійне насичення та ін.) змінюють хімічний склад порошку.

Отримати порошки з кращими властивостями за менших витрат і з більшою ефективністю дають змогу комбіновані способи (електроліз — розмелення, грануляція — розпилення та ін.). Розміри частинок порошків сягають від 0,5 до 500 мкм. Основними технологічними властивостями порошків є текучість (здатність заповнювати форму), спресовуваність (здатність ущільнюватися під дією зовнішніх сил і зберігати міцність зчеплення частинок після пресування) і спікливість (міцність зчеплення частинок у результаті термічної обробки).

Формування — технологічна операція утворення виробу (заготовки) заданої форми, розмірів і щільності. Перед формуванням здійснюють відпал порошків (для підвищення їхніх пластичності і здатності пресуватися), класифікацію (розподіл на фракції за розмірами частинок) і приготування шихти. До складу шихти входять порошки різного хімічного та гранулометричного складу, неметалеві порошки (іноді) та спеціальні речовини (бензин, парафін, графіт та ін.) для покращання формування і спікання виробів. Шихтові матеріали перемішують у змішувачах і кульових млинах.

Формують вироби з порошків пресуванням, прокатуванням, шлікерним литтям. Формування передбачає ущільнення порошку. Спочатку цей процес відбувається за рахунок відносного переміщення частинок порошку та щільнішого їх прилягання, потім — за рахунок пружних і пластичних деформацій частинок або їх руйнування.

Спікання заготовок здійснюють для підвищення міцності та твердості. Для цього їх нагрівають до високої температури плавлення основного компонента 70—80 % і витримують 1—2 год. Спікання можна проводити в твердій і рідкій фазах. При спіканні виділяються отруйні та вибухонебезпечні гази, тому

на цьому етапі ставлять високі вимоги до техніки безпеки та охорони праці. Щоб скоротити час спікання, використовують магнітні поля, ультразвук. Для спікання виробів із порошків титану, танталу, берилію використовують захисне середовище, вакуум.

За потреби вироби *викінчують* — калібрують, обробляють різанням, піддають термічній і хіміко-термічній обробці, повторному спіканню.

Техніко-економічні показники. Застосування методів порошкової металургії сприяє підвищенню продуктивності праці, значній економії матеріалів і засобів виробництва, раціональному використанню металів, зниженню їх затрат, створенню нових прогресивних деталей, підвищенню їхньої якості. Можна отримати матеріали і вироби з наперед заданими властивостями або вироби, котрі не можна отримати жодним іншим способом. Невеликі затрати праці, майже немає відходів, низька собівартість при масовому виробництві деталей.

Методи порошкової металургії використовують при виготовленні виробів складної конфігурації чи з матеріалів, до складу яких входять метали і сполуки з високою температурою плавлення і які не сполучаються між собою при звичайних умовах (карбіди вольфраму, титану, танталу), а також у виробництві твердих сплавів з високою електропровідністю, міцністю, твердістю.

3.4. Корозія металів

Корозією називається процес руйнування металів і сплавів при їх взаємодії з навколишнім середовищем, яке називають *агресивним*. Таким агресивним середовищем є повітря, вода, розчини і розплави солей, розчини кислот, лугів, розплави металів, продукти переробки нафти, висока температура, промислові гази та ін. Особливості та структура середовища визначають інтенсивність руйнування.

Причина корозії — термодинамічна нестійкість металів, тому у природі вони завжди перебувають в окисненому стані.

Проблема, пов'язана з корозією, — це підвищення експлуатаційно-технічної надійності та довговічності металевих конструкцій, економічно вигідне використання природних ресурсів і матеріальних засобів.

Корозія призводить до значних втрат металів і сплавів (втрата сплавів на основі заліза становить приблизно 10 % від виплавки), простоювання обладнання, зниження його продуктивності, погіршення технічних характеристик, додаткових витрат на захист від корозії та ін. У промислово розвинених країнах втрати від корозії становлять приблизно 10—15 % національного доходу.

Швидкість перебігу корозії визначається багатьма факторами:

- станом поверхні металу, особливостями його структури;
- температурою, складом і швидкістю руху агресивного середовища;
- механічними напруженнями.

Здатність металів і сплавів чинити опір дії агресивного середовища називається *корозійною стійкістю*. А матеріали, що чинять опір агресивному середовищу, називають корозійно стійкими. Корозійну стійкість можна оцінювати якісно і кількісно. Найчастіше застосовують такі методи оцінювання:

- за збільшенням або зменшенням маси виробу;
- за зміною фізико-механічних властивостей металу;
- за кількістю корозійних точок на одиниці поверхні;
- за часом, що проходить до появи першого корозійного ушкодження;
- за глибиною корозії.

Проблемами корозії в Україні займаються провідні науково-дослідні інститути (Інститут фізичної хімії Академії наук України, Інститут фізики твердого тіла, Інститут електрозварювання Академії наук України ім. Є.О. Патона, науково-дослідні інститути конструкційних матеріалів та ін.).

Види корозії *класифікують* за такими ознаками:

1. За типом корозійного процесу розрізняють хімічну й електрохімічну корозію.

Хімічна корозія — руйнування металів під дією гарячих газів і рідин-неелектролітів (масло, спирт, смола, нафта, бен-

зин та ін.). При хімічній корозії на поверхні металу утворюються хімічні сполуки (оксиди, сульфіді тощо), а найчастіше — оксидні плівки. Міцність плівок оксидів різних металів неоднакова. У окремих випадках міцні, щільно прилягають до поверхні металу і захищають його від подальшого руйнування (алюміній, мідь, хром, нікель), в інших — неміцні, пористі, суцільність їх легко руйнується і метал піддається корозії далі (залізо, молібден, вольфрам та ін.). Прикладом хімічної корозії є окислення арматури полумєневих печей, електронагрівних елементів, заготовок при їх нагріванні перед обробкою тиском, термічною обробкою тощо.

Електрохімічна корозія — руйнування металів у середовищах-електролітах (вода, водні розчини солей, кислот, лугів, інших рідин, що проводять електричний струм). При зіткненні металу з електролітом, йони з поверхні металу переходять в електроліт, зумовлюючи виникнення між ними електрорушійних сил. Інтенсивність такого розчинення визначається величиною електродного потенціалу металу. Чим він негативніший, тим вища швидкість розчинення.

При зануренні в електроліт двох металів з різними електродними потенціалами, утворюється гальванічна пара, в якій метал із нижчим електродним потенціалом — *анод* — розчиняється, окиснюється, а з вищим електродним потенціалом — *катод*, відновлюється. Корозійне руйнування при цьому залежить від структури металу чи сплаву, його хімічного складу, агресивності середовища, температури тощо.

Металеві сплави неоднорідні за хімічним складом і структурою, тому при зануренні їх в електроліт на поверхні утворюється безліч мікрогальванічних пар. Кожному із структурних складників властивий відповідний електродний потенціал. Руйнуються фази або структурні складники з нижчим електродним потенціалом (анооди). Сплави є менш стійкими, ніж чисті метали.

Прикладом електрохімічної корозії є руйнування металевих виробів і конструкцій в атмосфері, корпусів суден і сталеної арматури гідроспоруд у річковій і морській воді, обладнання хімічних підприємств та ін. Електрохімічна корозія найбільш поширена.

2. За видом корозійного середовища розрізняють атмосферну, ґрунтову, газову, рідинну, біологічну корозію, корозію від блукаючих струмів та ін.

3. За характером корозійних руйнувань розрізняють поверхневу (рівномірну, нерівномірну, місцеву, вибіркову) і міжкристалічну корозію. Найнебезпечнішою з них є міжкристалічна, вона поширюється на границях зерен між середовищем і домішками, що є на цих границях. Порушується металева суцільність виробів і знижується їх міцність. Вироби стають непридатними, хоча зовні це неможливо помітити.

Важливе значення для народного господарства має *захист* від корозії. Основні способи захисту:

- вплив на метал;
- вплив на середовище;
- ізоляція від агресивного середовища;
- хімічний захист;
- електрохімічний захист;
- вплив на конструкцію.

Вплив на метал може бути як зовнішній, так і внутрішній. Можна змінювати хімічний склад сплаву *легуванням*, тобто введенням у сплав тих хімічних елементів, які підвищують його корозійну стійкість. Цей спосіб найнадійніше оберігає метали від корозії: на поверхні легованих сталей утворюються щільні оксидні плівки, що захищають вироби від руйнування. Легують сталі хромом, нікелем, іноді додають інші елементи (титан). Леговані сплави використовують у хімічній промисловості, в умовах дії механічних напруг. Проте леговані сплави дорогі, і не завжди є можливість їх використати.

Підвищувати корозійну стійкість деталей можна *поверхнево* — *термічною* або *хіміко-термічною обробкою*. При термічній обробці зміцнюється або поверхня деталі, або вся деталь. Для цього виріб нагрівають до певної температури, витримують певний час за таких умов і швидко охолоджують. При хіміко-термічній обробці поверхневий шар деталі насичують активними атомами азоту, хрому, алюмінію та ін. Як наслідок поверхня має високу корозійну стійкість.

Вплив на середовище. Нагрівання заготовок перед обробкою тиском можна здійснювати в захисному середовищі, зберігати готові деталі в сухих приміщеннях — при цьому їх руйну-

вання відбуватиметься повільніше. Можна також зменшити агресивність середовища шляхом введення в нього *інгібіторів* (сповільнювачів хімічних реакцій). Це є найкращим варіантом тоді, коли агресивне середовище постійне або мало змінюється (парові котли, цистерни, системи охолодження, деякі хімічні апарати). Інгібітори за природою є органічні та неорганічні, розрізняють також специфічні види для рідин і газів. Вони можуть гальмувати як анодні, так і катодні процеси.

Інгібітори повинні мати високу ефективність захисної дії, не порушувати технологічний процес, відповідати санітарно-гігієнічним нормам, не створювати загрози забруднення навколишнього середовища, бути технологічними та дешевими. Вони можуть діяти як на всій поверхні, так і вибірково у певних зонах, можуть захищати і чорні, і кольорові метали. Уротропін, нітрит натрію, біхромат натрію, хромати, сульфати натрію, аміни — найбільш використовувані інгібітори. Застосування такого способу захисту досить широке. Із середовища також можна виділити деякі реагенти, які викликають корозію.

Ізоляція від агресивного середовища. На виріб наносять корозійно-стійке покриття, ізолюючи деталь або увесь виріб від агресивного середовища. Покриття бувають металеві та неметалеві.

Серед *металевих покриттів* розрізняють катодні й анодні. Дія анодних покриттів ґрунтується на електрохімічному захисті. У випадку пошкодження покриття (рис. 3.9) основний метал не руйнується, оскільки у цьому разі є катодом до аноду покриття.

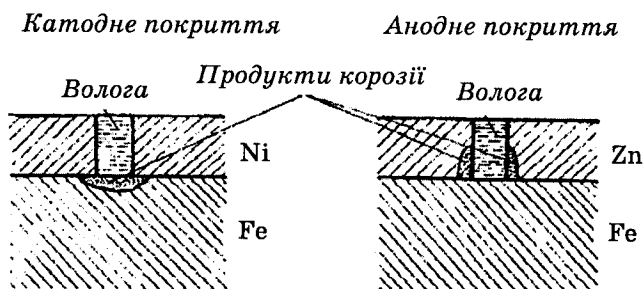


Рис. 3.9. Схеми корозійного руйнування покриття

Катодні покриття обирають з металів з вищим електродним потенціалом щодо основного металу (для сталі це нікель, мідь, олово та ін.). Такі покриття захищають конструкцію лише механічно, при найменшому пошкодженні плівки відбувається інтенсивне руйнування основного металу, який у гальванічній парі з покриттям є анодом.

Металеві покриття отримують електролітичним або хімічним осадженням, гарячим нанесенням, плакуванням, металізацією і напиленням.

Електролітичне осадження здійснюють у ваннах з розчином електроліту, що містить йони осаджуваного металу. Вироби, що покриваються, є катодом, а як анод використовують пластини металу, що утворить покриття. Покривати можна або чистими металами (цинк, нікель, кадмій, хром, золото, срібло, платина та ін.), або сплавами (міді з нікелем, нікелю з міддю та знов з нікелем). Поряд із захисними властивостями, електролітичні покриття мають підвищену відбивну здатність і стійкість проти спрацьовування, добрі декоративні якості. Цей спосіб дає можливість точно витримувати задану товщину і не потребує нагрівання виробу.

Хімічне осадження здійснюють зануренням виробів у розчин солі металу з більш електропозитивним потенціалом. При цьому метал, що витісняється з розчину, осаджується на поверхні виробу. Хімічне осадження застосовують для одержання покриттів із золота, срібла, олова та інших металів на ювелірних виробах і складних за формою дрібних виробах побутового призначення.

Гаряче нанесення полягає в зануренні виробів, що покриваються, у розплавлений метал (цинк, олово, свинець). Метал змочує поверхню виробу і покриває тонким шаром. Цинком покривають сталеві листи, труби, посуд, дріт; оловом — консервну металеву тару. Цей спосіб простий у виконанні і має велику продуктивність.

Плакування (термомеханічне покриття) полягає в одночасному гарячому прокатуванні або волочінні основного і захисного металів. При цьому міцне їх з'єднання досягається внаслідок дифузійних процесів. Товщина плакувального шару становить 8—20 % загальної товщини листа. Сталь захищають

міддю, алюмінієм, нержавіючою сталлю. Захисне покриття можуть наносити з одного чи двох боків.

Металізація напиленням — розпилення розплавленого металу стиснутим повітрям у напрямку до поверхні виробу за допомогою пістолетоподібного апарата. Застосовують для нанесення покриттів на великогабаритні деталі, вузли і навіть складні конструкції. Напилюють цинк, алюміній, хром, титан та інші метали, а також деякі сплави. Недолік таких покриттів: значні втрати металу під час розпилення (до 40 %), пористість покриття, недостатня міцність зчеплення покриття з основним металом.

Неметалеві покриття здійснюють фарбами, лаками, емалями, мастилами, гумою, пластмасами. Вони легко наносяться на виріб, добре закривають пори, не змінюють властивостей металу, дешеві. Майже 90 % виробів захищають від корозії неметалевими покриттями. Однією з їхніх переваг є можливість легкого поновлення.

Останніми роками інтенсивно розробляються технології створення порошкових композиційних матеріалів на основі полімерів і способи нанесення покриттів з них. Полімерні покриття використовують для захисту деталей від корозії та зношування, електричної ізоляції і герметизації з'єднань. Наносять такі покриття лікерним литвом, формуванням в електростатичному полі, осадженням, газотермічним напиленням. Необхідну щільність і адгезію отримують подальшою термообробкою.

Хімічний захист полягає в тому, що на поверхні виробу штучно створюють захисні неметалеві плівки (оксидні, фосфорно-кислих солей). Для утворення, наприклад, оксидних плівок сталіні вироби піддають дії будь-яких окисників. Утворені оксидні плівки просочують мастилом для підвищення їх захисних властивостей. При товщині в 0,5—1,2 мкм плівка захищає вироби в сухій атмосфері.

Електрохімічний захист застосовують до виробів, що постійно взаємодіють з електролітами. Електрохімічний захист поділяють на катодний та анодний. Катодний захист найбільш поширений, використовується для захисту таких металів, як сталь, мідь, латунь, алюміній. Він ефективний для попере-

дження корозійного розтріскування, міжкристалічної корозії, корозії в морській воді, ґрунті та ін. За цим способом до захищеної поверхні або поблизу неї прикріплюють *протектори*, виготовлені з металу з нижчим електродним потенціалом, ніж в основного металу. Протектор з основним металом утворює гальванічну пару, де він є анодом і руйнується, захищаючи від руйнування виріб. Протектором може бути цинк, магній, сплави з цих металів. За їх допомогою захищають корпуси суден, гвинти, трубопроводи, резервуари.

Вплив на конструкцію. При конструюванні деталей і виробів потрібно враховувати такі особливості:

- можливість контактної корозії;
- скупчення вологи в різних елементах конструкції;
- наявність на конструкції виямок, щілин, пазів, що будуть заповнюватися водою;
- спосіб з'єднання елементів конструкції;
- можливість використання неметалевих і корозійно-стійких матеріалів;
- ступінь шорсткості поверхонь.

Корозія — це не тільки проблема підвищення експлуатаційно-технічної надійності та довговічності металоконструкцій, це також проблема екологічно вигідного використання природних ресурсів і матеріальних засобів. Щорічно світова промисловість з метою забезпечення матеріальних потреб суспільства видобуває з надр землі 10—11 млрд т палива, руди, інших порід. Кінцева продукція — метали, сплави, пластмаси, будівельні матеріали, текстиль та ін. — становить приблизно 2 млрд т, решта 8—9 млрд т — відходи, які забруднюють навколишнє середовище.

Як свідчать результати аналізів, ті самі шкідливі речовини, котрі згубно впливають на екологічну рівновагу в природі, викликають і корозію металів. Це дим, пил, гази (оксиди сірки, азоту, сірководень та ін.), шкідливі рідини. Від них швидкість корозії збільшується у 5—10 разів. Корозійне руйнування трубопроводів, цистерн, резервуарів призводить до витoku (виділення) агресивних (хімічно-небезпечних) рідин, газів, що в свою чергу також спричинює забруднення середовища.

Значну екологічну небезпеку становлять і деякі способи захисту від корозії. Так, лакофарбові покриття містять розчин-

ники, що часто є біологічно небезпечними. До складу стічних вод гальванічних цехів входять важкі метали, які досить високотоксичні, здатні накопичуватися в рослинах, рибі, а при очищенні стічних вод деякі з них важко відділяються. Тому надзвичайно важливе значення нині має запобігання корозії та вибір правильних методів захисту від неї.

Контрольні завдання та запитання

1. Що така продукція металургійної промисловості? Дайте їй характеристику.
2. Охарактеризуйте та проведіть техніко-економічне оцінювання процесів одержання чавуну, сталі, алюмінію.
3. Що таке порошкова металургія? Як давно її почали застосовувати? Яке значення вона має нині?
4. Охарактеризуйте загальну технологію порошкової металургії. Дайте їй оцінку.
5. Що таке корозія металів і сплавів? Якої шкоди вона завдає?
6. Якими способами можна попередити корозію, зменшити її вплив на навколишнє середовище?
7. Що таке корозійна стійкість? Як вона визначається?

Література

1. Дичковська О.В. Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
2. Дичковська О.В. Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.
3. Економіка підприємств: Посібник / За ред. П.С. Харіва. — Т.: Економічна думка, 2002.
4. Збожна О.М. Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид, змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.

5. Нові технології та обладнання по переробці промислових відходів і їх медико-екологічне забезпечення / За ред. В.Ф. Макогона. — К.: Знання, 2000.

6. *Онищенко В.И.* Технология металлов и конструкционные материалы. — М.: Агропромиздат, 1991.

7. Основы отраслевых технологий и организации производства: Учебник / Ю.М. Аносов; Ред. В.К. Федюкин. — К.: Политехника, 2002.

8. Основы химической технологии / Под ред. И.П. Мухленова. — М.: Высш. шк., 1991.

9. *Остапчук М.В.* Система технологій (за видами діяльності): Навч. посіб. / М.В. Остапчук, А.І. Рибак. — К.: ЦУЛ, 2003.

10. Системи технологій: Навч. посіб. / В.С. Пономаренко, М.А. Сироштан та ін. — Х.: ОКО, 2000.

11. Системы технологий: Учеб. пособ. для студ. вузов / Ред. П.Д. Дутко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Х.: Бурун-книга, 2003.

12. *Сухарев С.М.* Технологія та охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. / С.М. Сухарев та ін. — Л.: Новий світ, 2000—2005.

13. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.

14. *Царик Т.Є., Файфура В.В.* Основи екології. — Т., 2003.

Розділ 4

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ МАШИН

4.1. Продукція машинобудування

4.1.1. Поняття про машину, її елементи

Продукцією різних галузей машинобудування є машини, їх складники, інструменти. Сучасна *машина* — це система деталей, вузлів, механізмів, з'єднаних між собою в певній закономірності. Машини можуть виконувати певну роботу (машини робочі) або перетворювати один вид енергії в інший чи в механічну роботу (машини-двигуни). До їх складу входять рушійний, передавальний і виконуючий механізми.

До машин-двигунів належать двигуни внутрішнього згоряння, електродвигуни, реактивні двигуни, парові машини та ін. До робочих машин — технологічні (преси, молоти, верстати та ін.), транспортні (автомобілі, локомотиви та ін.), транспортуючі (транспортери, ескалатори), вантажопідйомні (лебідки, крани, підйомники), кібернетичні, управляючі та інші машини. В Україні виробляють генератори до турбін, електродвигуни, силові трансформатори, металорізальні верстати, ковальсько-пресові машини, засоби обчислювальної техніки, сільськогосподарські машини, автобуси, хімічне устаткування, телевізори, магнітофони, фотоапарати, холодильники та багато інших машин і обладнання. Україна має значні перспективи для подальшого розвитку виробництва роботів, роторних машин, наукомістких комп'ютерів, верстатів з числовим програмним

управлінням, обробних центрів, гнучких виробничих систем, що має стати основним напрямом становлення високоефективного національного машинобудівного комплексу.

Деталь — первинний неподільний елемент машини, що не має жодних з'єднань. Деталі є різні за розмірами, вагою, конфігурацією (болт, гайка, вал, станина верстату, поршень, колесо, опора та ін.). Класифікують їх на корпусні, оберткові, з'єднувальні, підтримуючі, вали, осі та ін. Деталь може бути кінцевим елементом машинобудівного виробництва.

Вузол — з'єднані між собою деталі за допомогою роз'ємних і нероз'ємних з'єднань. Складання вузлів не залежить від загального складання машини. Поділ на вузли для кожної машини робиться індивідуально, і зовсім не обов'язково, щоб вузли були однаковими для різних машин, проте є стандартні вузли, які підходять до різних машин (наприклад, підшипники).

Механізм — з'єднані між собою деталі і вузли. Механізми в машині виконують певні функції: передають рух, енергію на відстань, перетворюють один вид руху в інший. Наприклад, механічні передачі (пасові, зубчасті, ланцюгові, черв'ячні), кривошипо-шатунний механізм, кулачковий, кривошипо-кулісний та ін.

На машинобудівних підприємствах виготовляють також комплекси і комплекти. *Комплексом* називають сукупність виробів, призначених для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій. Поєднання їх відбувається на місці експлуатації (завод-автомат, автоматична лінія тощо). *Комплектом* називають сукупність виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення (комплект запасних частин).

4.1.2. Основні етапи виготовлення машин

Розрізняють три основні *етапи* виготовлення будь-якої машини: виготовлення заготовок, їх обробка та перетворення на деталі, складання машин.

1. Виготовлення заготовок. Заготовки — напівфабрикати, за формою і розмірами близькі до деталі. Щоб перетворити заготовки на готові деталі, з їх поверхні потрібно зняти певний

шар металу (припуск), надати їм розмірів, заданих кресленням, одержати потрібну шорсткість поверхні. Заготовки одержують шляхом лиття, кування, штампування, пресування, прокатування, зварювання та іншими способами. Вибір способу виготовлення заготовок залежить від складності конструкції деталі, вимог до її якості, матеріалу, з якого вона виготовляється, а також його ефективності. За допомогою деяких способів отримують заготовки, дуже близькі до готових деталей (наприклад, точне лиття), які вимагають лише незначної (числової) подальшої обробки.

2. Обробка заготовок — важливий етап у процесі виготовлення машин, адже до деталей ставлять високі вимоги щодо їх якості (точності розмірів і шорсткості поверхонь). Для обробки заготовок найчастіше застосовують механічну обробку (різанням і пластичним деформуванням), електрофізичні та електрорімічні способи обробки. З метою надання деталям відповідних якісних характеристик їх часто піддають термічній і хіміко-термічній обробці, захищають від корозії.

3. Складання машин — завершальний етап у виробництві машин; процес з'єднання деталей у вузли, деталей і вузлів у механізми, деталей, вузлів і механізмів у машину. Для цього або деталі з'єднують у передбачених потрібних місцях з'єднань (наприклад, на різьбі), або використовують з'єднувальні елементи.

Крім цих основних етапів при виготовленні машин виконують багато допоміжних процесів — виготовлення інструментів, оснащення (прес-форм, штамків та ін.), складування і транспортування заготовок і деталей та ін. Тільки тоді підприємство буде працювати ритмічно, коли всі етапи і допоміжні процеси сплановані та погоджені між собою.

4.1.3. Техніко-економічні показники машин

Основні техніко-економічні показники машин:

1. *Продуктивність* — кількість продукції, виготовленої за одиницю часу. Для підвищення продуктивності потрібно максимально використати технічні характеристики машини — потужність, надійність у роботі, системи управління та ін. Від

продуктивності машини залежить продуктивність праці працівника, який її обслуговує, ефективність процесу.

2. *Довговічність* машини — термін її служби, який визнається моральним і фізичним зношуванням.

3. *Коефіцієнт корисної дії (ККД)* — відношення корисної роботи до всієї затраченої; може бути виражений у відсотках. ККД впливає на продуктивність машини, її економічність.

4. *Економічність* машини — кількість енергії, потужності, роботи, що витрачає машина на одиницю виготовленої продукції.

5. *Ступінь автоматизації* машини — відношення автоматизованих циклів роботи машини до загальної кількості робочих циклів. Від ступеня автоматизації залежать продуктивність машини, її економічність.

6. *Надійність* машини — здатність зберігати протягом тривалого часу у відповідних межах значення експлуатаційних параметрів. Має бути надійність в обслуговуванні та роботі.

7. *Технологічність конструкції* — відповідність конструкції машини до вимог економічної технології її виготовлення. Окремі елементи машини повинні мати такі форми і розміри, щоб одночасно задовольняти вимоги міцності, стійкості, надійності і мати низьку собівартість.

8. *Придатність до ремонту* машини — можливості до виявлення і попередження технічних несправностей, пошкоджень, їх своєчасного і якісного усунення.

9. *Собівартість* машини — сума всіх витрат на її виготовлення та реалізацію. Для зниження собівартості при конструюванні машин потрібно передбачати їх найменшу матеріаломісткість, серійність випуску, технологічність конструкції та ін.

4.1.4. Типи машинобудівних виробництв

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, технічних та економічних умов реалізації виробничого процесу, всі виробництва умовно поділяють на три типи — одичне, серійне і масове. Крім того, є два методи роботи — пото-

ковий і непотоковий. У кожного з цих типів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості й кожному з них властива відповідна форма організації роботи. На одному і тому самому підприємстві і навіть в одному і тому самому цеху можуть поєднуватися різні типи виробництва, тобто окремі вироби або деталі можуть виготовлятися на заводі або в цеху за різними технологічними принципами.

Одиничне виробництво — виробництво, на якому вироби виготовляють одиничними екземплярами, а номенклатура виробів широка і різноманітна. Таке виробництво має бути гнучким та універсальним. На робочих місцях виконуються різноманітні операції, іноді навіть повна обробка деталей. Використовується універсальне обладнання, собівартість виробів висока. Такий тип виробництва характерний для важкого машинобудування, виготовлення суден, складного обладнання хімічних підприємств, експериментальних виробів.

При *серійному* виробництві виробляють партії деталей і серії виробів, котрі регулярно повторюються через відповідні проміжки часу. Залежно від партії деталей або серії виробів розрізняють дрібно-, середньо- і великосерійне виробництво. Серійне виробництво найбільш поширене, характеризується використанням універсального та спеціального обладнання. Технологічний процес на ньому переважно диференційований, непотрібна висока кваліфікація робітників. За таким типом виробництва виготовляють металорізальні верстати, преси, компресори, насоси, вентилятори, текстильні машини, обладнання для харчової промисловості, транспорту, комунального господарства.

При *масовому* виробництві вироби виготовляють безперервно у відносно великих кількостях і протягом тривалого часу. На робочих місцях виконуються одні й ті самі операції (відповідно до технологічного процесу), номенклатура виробів обмежена. Масове виробництво забезпечує найнижчу собівартість виготовлення виробів, має найбільш досконалу структуру і форму організації, на ньому використовують високопродуктивне обладнання, забезпечене спеціальними пристроями. За таким типом виробництва виготовляють автомобілі, велосипеди, мотоцикли, швейні машини, трактори, електродвигуни та ін.

Потоковим називають виробництво, на якому операції технологічного процесу виконують послідовно в однаковий або кратний проміжок часу, який називають *тактом випуску*. Він визначається за формулою

$$t_{\text{в}} = \frac{60 F_{\text{д}} m}{Д},$$

де $F_{\text{д}}$ — річна кількість годин роботи верстату при роботі в одну зміну;

m — кількість змін;

$Д$ — кількість деталей, виготовлена з одного найменування на рік.

Якщо час, розрахований на виконання окремих операцій, не однаковий, то таке виробництво називають *непотоковим*.

4.2. Технологічні процеси виготовлення заготовок

4.2.1. Технологія виготовлення заготовок литтям

Галузь машинобудування, що займається виготовленням заготовок литтям, називається ливарним виробництвом. Близько 40 % заготовок для машин (за масою) виготовляють за допомогою цього способу. Для окремих машин цей показник значно вищий (для тракторів — 60 %, текстильних машин — 78 %, металорізальних верстатів — 80—85 %).

Литтям виготовляють заготовки різних конфігурацій, розмірів і маси з різних металів і сплавів (чавуну, сталі, міді, алюмінію, сплавів цих металів), із пластмас, кераміки, скла, гуми та інших матеріалів. Це простий, дешевий, інколи навіть єдиний спосіб формоутворення. Точні способи лиття дають змогу одержувати заготовки дуже точних розмірів і малої шорсткості поверхні, іноді вже готові деталі.

Суть ливарного виробництва полягає в тому, що фасонні заготовки (іноді деталі) виготовляють шляхом заливання розплаву в ливарні форми, порожнини яких за розмірами і конфі-

гурацією відповідають цим заготовкам. Такі заготовки називають відливками.

Ливарні форми можуть бути разовими і багаторазовими (постійними і напівпостійними). Виготовляються вони з різних матеріалів: піщано-глиняних сумішей, вогнетривів, гіпсу, цементу, чавуну або сталі тощо. Заливати розплав у форми можна під дією гравітаційних сил або відцентрової і гравітаційної сил, під тиском, вакуумним засмоктуванням.

Є різні способи виготовлення заготовок литтям: лиття в піщано-глиняні форми, а також прогресивні технології лиття (в кокіль, в оболонкові форми, відцентрове, електрошлакове лиття під тиском та ін.).

Загальна технологія виготовлення відливок охоплює такі процеси: підготовку ливарних матеріалів і виплавлення ливарних сплавів; виготовлення форм та їх підготовку; заливання форм розплавом; звільнення відливок від форм; очищення відливок та їх контроль.

Ливарні сплави повинні мати такі властивості: добра рідко-текучість (здатність добре заповнювати форму), невелика усадка, незначна ліквіація (неоднорідність хімічного складу в різних частинах відливка). Для виплавлення ливарних сплавів використовують ливарні печі (для чавуну — вагранки; для сталі — конвертери, мартенівські, електричні печі; для кольорових металів та їх сплавів — електричні печі). Іноді використовують попередньо виплавлені метали і сплави: їх переплавляють і використовують для заливання.

Лиття в піщано-глиняні форми. Такі форми є одноразовими і виготовлені зі спеціальної піщано-глиняної (формової) суміші. До складу цієї суміші в певних пропорціях входять кварцовий пісок, глина та різні домішки (протипригарні, зв'язувальні, пороутворювальні та ін.). За цим способом для кожної відливки потрібно виготовляти форму, для чого потрібно мати: *модель* (аналог) деталі та ливникової системи; *підмодельну плиту*, на яку буде встановлюватися модель деталі; *стрижень* для утворення у відливку отвору або заглибини (виготовляють стрижні з піщано-глиняної суміші); *опоку* (ящик), в якій виготовляється сама форма; ливарні інструменти, за допомогою яких будуть виконуватися всі операції при виготовленні форми.

Процес виготовлення форми називається *формуванням*. Розрізняють формування ручне і машинне. Перший вид трудомісткий і потребує багато часу, під час виготовлення дуже часто виникають дефекти форми, тоді її руйнують і виготовляють знову. На сьогодні більше 90 % разових форм виготовляють машинним формуванням.

При машинному формуванні процеси наповнення та ущільнення формової суміші, виймання моделі з форми механізовано. Машинне формування широко застосовують у серійному і масовому виробництві. Воно забезпечує кращу якість відливка, поліпшення умов праці, підвищення продуктивності, не потребує високої кваліфікації робітників. Для цього процесу виготовлення форми використовують пресові, струшувальні, піскометальні, комбіновані машини.

Виготовляються разові форми з двох або більше частин. Спочатку виробляють нижню півформу, потім верхню, далі їх складають, очистивши попередньо внутрішні поверхні півформ від випадкових частинок формової суміші стисненням повітрям (обдувають) і встановивши стрижень (1) (рис. 4.1), якщо у відливку має бути отвір. Далі верхню півформу накладають на нижню. Положення опок у процесі складання форми фіксується штирями (2). Форма готова до заливання.

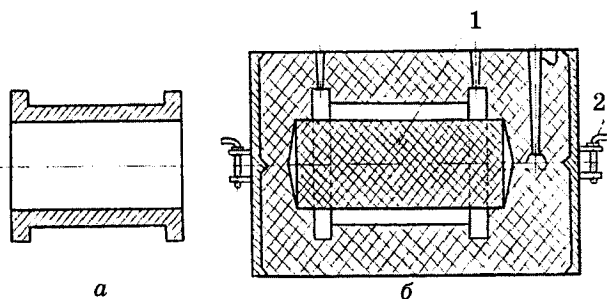


Рис. 4.1. Відливков (а) і форма для його виготовлення (б):

1 — стрижень; 2 — штир

Для підвищення міцності форм, при виготовленні для великих відливок, їх іноді підсушують.

Заливають форми металом за допомогою ковшів. Заливання потрібно проводити безперервно і рівномірно. Ливникова

чаша має бути повною, струмина металу однакового поперечного перерізу. Форми розміщують так, щоб було зручно заливати, — на підлозі, конвеєрі, візках. Потім залиті металом форми надходять для *охолодження*, час якого залежить від маси відливка, виду сплаву, властивостей формової суміші.

Після охолодження відливки *вибивають* із форм за допомогою вибивних решіток, коромисел, вібраційних столів. Стрижні вибивають на пневматичних вібраційних машинах, а великі стрижні вимивають сильним струменем води під тиском 3—10 МПа.

Відливки, звільнені від форм і стрижнів, надходять для обробування, тобто з них видаляють ливникову систему. Потім їх *очищують* (щітками, пневматичними зубилами, в обертових барабанах, дробом, піском, водою, стисненим повітрям).

Техніко-економічні показники. Литтям в піщано-глиняних формах можна виготовляти будь-які відливки (за формою, розмірами, конфігурацією), технологія їх виготовлення проста і такий процес можна організувати на будь-якому підприємстві. Отримані відливки мають низьку собівартість. Проте, як і кожне виробництво, цей спосіб має недоліки: невисоку продуктивність, низьку якість відливок, великі припуски на механічну обробку, великі витрати ливарних матеріалів, низький рівень механізації й автоматизації, велику кількість браку.

Прогресивними технологіями виготовлення заготовок литтям є.

Лиття в кокіль. Кокіль — це металева багаторазова форма, для виготовлення якої використовують чавун або сталь. У такій формі можна виготовляти безліч відливок.

Кокіль (рис. 4.2) складається з двох половинок (5) і (6), які центруються напрямними штирями (1). У зовнішніх стінках кожної половини для швидкого охолодження кокілю вилито пальці (7). Розплав заливають у чашу (2), і стоячком (10) та живильниками (9) він надходить до порожнини форми (8). Для виходу газів зроблено випор (3). Стрижень (4) має робити у відливку отвір і може бути металевим чи зі стрижневої суміші. У площині роз'єднання на різній висоті прорізають вентиляційні канали глибиною 0,3—0,5 мм для виходу повітря з форми під час заповнення її рідким металом.

Перед заливанням поверхню металевої форми ретельно очищають від попереднього облицювання і покривають проти-пригарними покриттями, щоб ізолювати від стикання з рідким розплавом і збільшити термін її експлуатації, поліпшити якість поверхні відливка, зменшити швидкість охолодження і запобігти відбілюванню чавуну. Крім того, перед заливанням кокіль нагрівають до 250—300 °С.

Техніко-економічні показники. Лиття в кокіль — високопродуктивний процес. У кокілях одержують точні за розмірами відливки із дрібнозернистою структурою і хорошими механічними властивостями. При такому литті зменшуються площі цеху, поліпшуються умови праці робітників. Цим спосо-

бом можна одержувати відливки з чавуну, сталі, сплавів кольорових металів. Разом з тим кокілі дорогі, мають низьку газопроникність і піддатливість, що призводить до утворення тріщин, газових раковин. Відливки з сірого чавуну мають відбілену поверхню, що погано обробляється, тому вони перед обробкою різанням потребують термічної обробки. Такий спосіб лиття вигідний у випадку простих форм відливків.

Відцентрове лиття. При відцентровому литті розплав заливають у форму, що обертається навколо горизонтальної або вертикальної осі (рис. 4.3). Розплав відтісняється до стінок форми відцентровою силою. Форму обертають до повного застудіння розплаву.

Процес відцентрового лиття відбувається на машинах з горизонтальною і вертикальною осями обертання. На машинах з горизонтальною віссю обертання отримують відливки великої

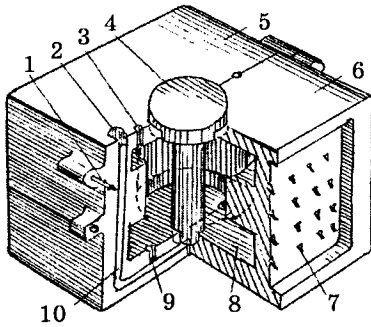


Рис. 4.2. Металева форма (кокіль):

- 1 — напрямний штир; 2 — ливникова чаша; 3 — випор;
- 4 — стрижень; 5 — перша половина кокіля; 6 — друга половина кокіля; 7 — пальці;
- 8 — порожнина ферми; 9 — живильник; 10 — стояк

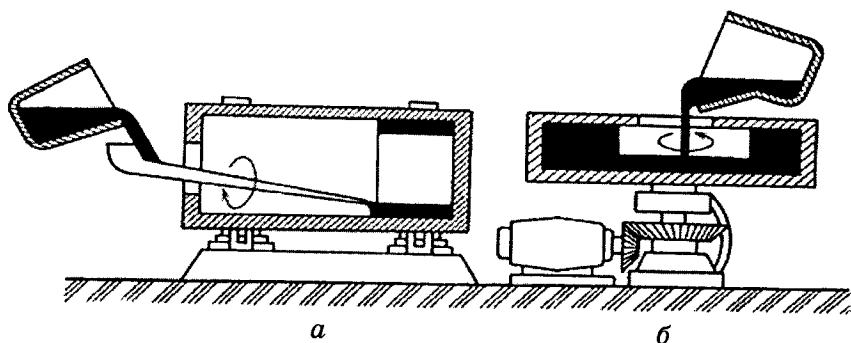


Рис. 4.3. Схеми відцентрового лиття:
 а — горизонтальна вісь обертання; б — вертикальна вісь обертання

довжини (труби, гільзи). Швидкість обертання форми забезпечує однакову товщину стінок за довжиною. На машинах з вертикальною віссю обертання отримують відливки невеликої висоти через різницю у товщині стінок за висотою.

Техніко-економічні показники. При відцентровому литті виготовляють якісні відливки з дрібнозернистою структурою. Відливки мають підвищену щільність і міцність у поверхневому шарі. Цим способом можна виготовляти тонкостінні відливки, безшовні труби з непластичних сплавів. Таке лиття високопродуктивне, проте за його допомогою виготовляють тільки відливки, що мають форму тіл обертання. Окрім того важко отримувати відливки зі сплавів, схильних до ліквідації, а труби із сірого чавуну мають відбілену поверхню.

Лиття під тиском. При цьому способі лиття розплав заповнює металеву форму під тиском поршня або стисненого повітря (рис. 4.4).

Розплав подається порціями у вертикальну камеру пресування (2). При русі вниз поршень (1) тисне на розплав, котрий через живильний канал (3) заповнює порожнину прес-форми (5). Дається невелике витримування до 30 секунд. Залишок розплаву (6) виштовхується п'ятою (4). Потім рухома частина прес-форми (8) відводиться, і відливок (7) легко вилучається. Для отримання отворів і внутрішніх порожнин використовують металеві стрижні. Прес-форму, як і кокіль, перед почат-

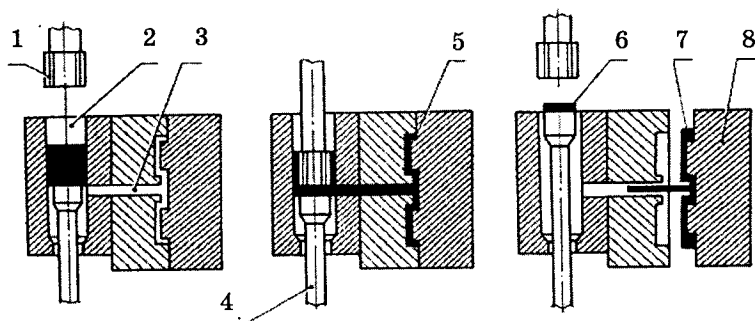


Рис. 4.4. Схема лиття під тиском:

1 — поршень; 2 — вертикальна камера пресування; 3 — живильний канал; 4 — п'ята; 5 — порожнина прес-форми; 6 — залишок розплаву; 7 — відливок; 8 — рухома частина прес-форми

ком роботи підігрівають і змащують. Тиск поршня при пресуванні сягає 200 МПа. Машини для лиття під тиском мають холодну і гарячу камери пресування.

Техніко-економічні показники. При литті під тиском одержують відливки високої точності (11—13 квалітетів), з малою шорсткістю поверхні, складної конфігурації, з тонкими стінками, із сплавів з поганою рідкотекучістю. Цим способом можна одержувати відливки з різьбою, отворами до 2 мм, написами. Процес високопродуктивний: продуктивність сучасних машин при роботі в автоматичному режимі сягає 3000 відливоків за годину.

Лиття під тиском застосовують лише для сплавів легких металів (алюмінієвих, магнієвих), рідше для цинкових і мідних, не використовують для сталі та чавуну. Процес дорогий, тому що прес-форми виготовляють із дорогих легованих сталей (вони коштують у 3—5 разів більше за кокілі). Маса відливоків становить не більше ніж 50 кг.

Якісні відливки можна виготовляти й іншими прогресивними способами — литтям за виплавлюваними моделями, в оболонковій формі, вакуумним засмоктуванням, електрошлаковим литтям. Кожен із цих способів має свої особливості, галузі, в яких широко застосовується, переваги і недоліки.

Для виявлення причин відхилення якості відливок від заданої, порушень технологічного процесу, встановлення відповідності режимів і послідовності виконання технологічних операцій, відповідності якості матеріалів для виготовлення відливок в ливарних цехах здійснюють технологічний *контроль*. Ретельно контролюють ливарне оснащення, технологічний процес на всіх стадіях виготовлення відливок, отримані відливки.

Контролюють відливки спочатку візуально, для виявлення зовнішніх дефектів, які можна виправити (тріщини, раковини, пригар, недолив). Але є такі зовнішні дефекти, котрі виправити неможливо (перекіс, короблення). У такому випадку відливки відбраковують (вони повертаються на переплавлення). Крім зовнішніх дефектів є внутрішні, для виявлення яких потрібні інші методи контролю: рентгеноскопія, дефектоскопія, магнітоскопія, ультразвукові дослідження. Їх проводять у спеціально оснащених лабораторіях. Внутрішніми дефектами є усадкові та газові раковини, гарячі й холодні тріщини, шлакові включення. Вибірково здійснюють контроль руйнівними методами (наприклад, механічні випробування на міцність, твердість).

4.2.2. Технології виготовлення заготовок і виробів тиском

До способів обробки тиском належать технологічні процеси одержання заготовок, напівфабрикатів і готових виробів (деталей) із чорних і кольорових металів та сплавів шляхом деформування в холодному або гарячому стані. Обробляють тиском і неметалеві матеріали (пластмаси, склопластики, порошки металів, керамічні матеріали тощо). Цей спосіб ґрунтується на пластичності матеріалів, тобто на їх здатності за певних умов набувати під дією зовнішніх сил залишкових деформацій. При цьому тіло змінює свою форму і зберігає її надалі.

Явище пластичної деформації можна пояснити на металах. Між атомами металевого тіла діють сили взаємного притягу-

вання і відштовхування. У вільному стані ці сили взаємно врівноважені, атоми перебувають у стані стійкої рівноваги. При зовнішній дії атоми виходять з початкового стійкого стану, зовнішнім виявом чого є зміна розмірів і форми тіла. Якщо відхилення не перевищує віддалей між атомами, зберігається їх початкове оточення, після припинення дії зовнішніх сил вони повернуться в початковий стан. Якщо дія сильніша, то атоми більше відхиляються від положення рівноваги, в певний момент виходять із початкового оточення і займають нове положення стійкої рівноваги (рис. 4.5).

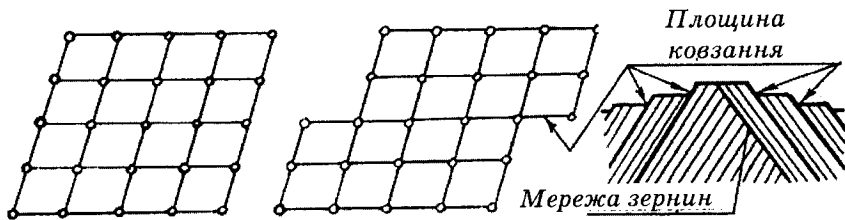


Рис. 4.5. Схема ковзання при пластичній деформації

Форма тіла змінюється безповоротно. Маємо *пластичну деформацію*. При переміщенні атомів у відповідних площинах кристалічної решітки проходить ковзання однієї частини кристалу відносно іншої. Пластична деформація приводить до значної зміни фізичних, хімічних і механічних властивостей: змінюються розміри і форма зерен, утворюється волокниста структура.

Пластичність матеріалів залежить від хімічного складу сплаву, температури нагрівання перед обробкою, швидкості деформації. Так, чисті метали пластичніші ніж їх сплави, а з підвищенням температури пластичність металів і сплавів також збільшується. Проте є оптимальна температура, при якій пластичність найвища. Зі збільшенням швидкості деформації пластичність зменшується. Важливим є правильний вибір режимів нагрівання заготовок. За неправильно вибраних режимів нагрівання (температура і швидкість нагрівання, час витримування) відбуваються такі явища, як окиснення заліза і вуглецю в поверхневому шарі, перегрівання і перепалювання.

При перегріванні утворюються великі кристали (зерна) і зменшується пластичність (це можна виправити термічною обробкою), при перепалюванні окиснення відбувається на границях зерен, метал стає крихким і під час деформацій руйнується.

Для правильного вибору режимів нагрівання перед обробкою тиском металів і сплавів використовують *діаграми стану*. Нагрівають заготовки перед обробкою тиском у полумєневих та електричних печах. За принципом дії їх поділяють на камерні (температура всього об'єму печі однакова) і методичні (температура в різних частинах печі різна).

Основними способами обробки металів тиском є прокатування, волочіння, пресування, вільне кування і штампування.

Прокатування. Прокатуванням називається процес, при якому вилівок або заготовка деформується обертовими валками прокатного стану. При цьому довжина і ширина заготовки збільшується, а товщина зменшується. Внаслідок цього одержують готові вироби або заготовки для подальшої обробки вільним куванням, штампуванням, волочінням, пресуванням або різанням. Прокатують близько 80 % сталі і більше половини кольорових металів і сплавів. Для одержання потрібного профілю заготовки прокатування здійснюють багаторазово.

Три основні *схеми* цього процесу: прокатування поздовжнє, поперечне і поперечно-гвинтове (рис. 4.6).

У *поздовжньому* прокатуванні (рис. 4.6, *а*) валки обертаються в різні боки, деформуючи заготовку, яка рухається перпендикулярно до осей валків. Обов'язковою умовою прокатування є контактне тертя між валками та деформованим металом. *Умова захвату:* коефіцієнт тертя між валками і заготовкою має бути більший ніж тангенс кута захвату (α)

При *поперечному* прокатуванні (рис. 4.6, *б*) валки обертаються в один бік і осі їх паралельні, а заготовка деформується ними під час обертання навколо своєї осі. Це прокатування є прогресивним способом.

У *поперечно-гвинтовому* прокатуванні (рис. 4.6, *в*) прокатні валки обертаються в один бік, осі їх розташовані під певним кутом, а заготовка обертається і водночас переміщується вздовж своєї осі.

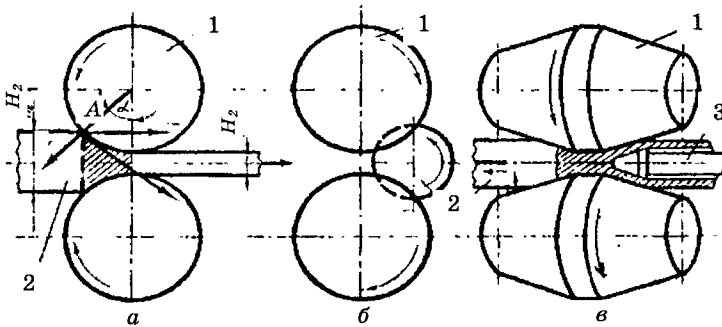


Рис. 4.6. Схеми прокатування:

а — поздовжнє прокатування; *б* — поперечне прокатування; *в* — поперечно-гвинтове:

1 — валки; 2 — заготовка; 3 — оправка,

де H_1 — товщина заготовки після прокатування; H_2 — товщина заготовки до прокатування — кут захвату

Інструментом для прокатування є валки. Вони можуть мати гладку, ступінчасту, рівчакову (калібровану) поверхню (рис. 4.7). Валки одержують литтям із відбіленого чавуну або з вуглецевої і легованої сталей.

Обладнанням для прокатування є *прокатний стан*. Він складається з приводу, передавального механізму і робочої машини, яка має одну або декілька робочих клітей. Прокатні стани класифікують за призначенням, кількістю клітей, кількістю валків у них, схемою розміщення клітей.

Сукупність профілів різного поперечного перерізу і розмірів, що одержують при прокатуванні, називають *сортаментом*. Розрізняють сортовий (простий і фасонний) (рис. 4.8, *а*, *б*), листовий, трубний і спеціальний (рис. 4.8, *в*, *г*) прокати.

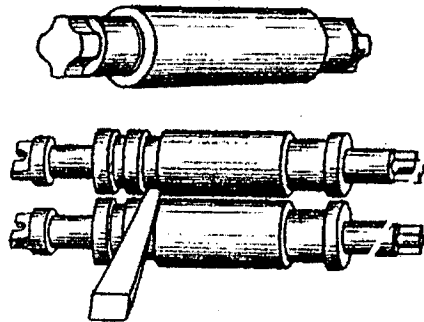


Рис. 4.7. Прокатні валки

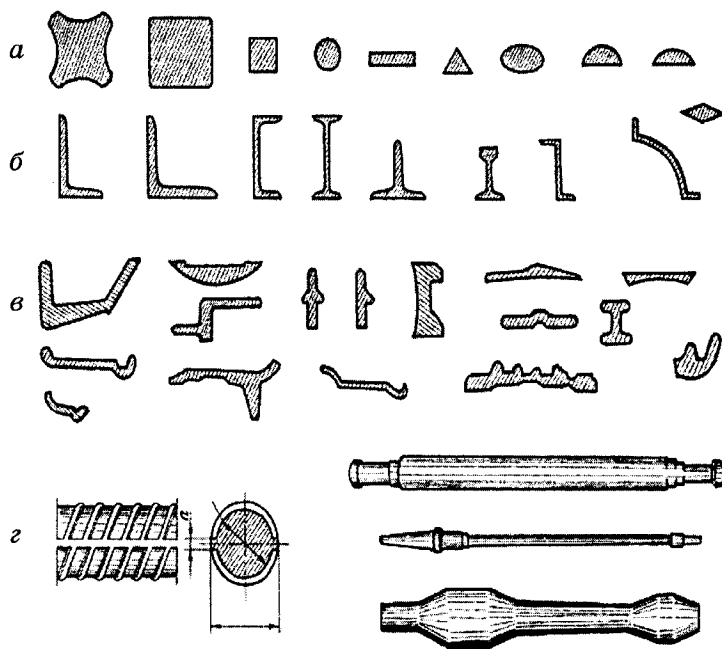


Рис. 4.8. Сортамент прокатування:

a — сортовий простий прокат; *б* — сортовий фасонний прокат; *в, г* — спеціальний прокат

Техніко-економічні показники. Прокатування є високопродуктивним процесом: годинна продуктивність прокатного стану вимірюється в т/год і визначається за формулою

$$A = \frac{3600GK}{T},$$

де G — маса заготовки;

K — коефіцієнт використання стану (0,85—0,90);

T — ритм прокатування. За допомогою прокатного стану можна виготовити за рік до 4 млн т прокату.

Особливістю прокатування є високий вихід придатних виробів і малі втрати металу (відходи становлять 5—7%). Заготовки максимально наближені до готових виробів, тобто виро-

би дуже якісні. Цей процес характеризується високим рівнем комплексної механізації й автоматизації, оскільки більшість процесів повністю автоматизовані. Разом з тим, прокатування потребує значних затрат енергії — 50—650 кВт · год/т. І як наслідок — підвищення собівартості окремих профілів.

В Україні розроблена і успішно функціонує на багатьох металургійних підприємствах нова прогресивна технологія багатострумкового прокатування поділу (БПП). Суть процесу полягає в тому, що під час прокатування одночасно з деформацією металу відбувається його поздовжній поділ в потоці стану на декілька гілок. З однієї заготовки одержують одночасно два, три і більше розкатів готового профілю. Така технологія забезпечує високу продуктивність, якість готових виробів, зниження енергетичних затрат відповідно до кількості утворюваних гілок, зменшення собівартості. Внаслідок впровадження такої технології з'являються можливості значно розширити сортамент прокатуваних профілів і перевести прокатні стани на безперервно лите заготовлення збільшеного поперечного перерізу.

Волочіння. У процесі волочіння заготовки протягують через отвір, внаслідок чого збільшується довжина і зменшується поперечний переріз виробу (рис. 4.9). Заготовки перебувають найчастіше в холодному, рідше в гарячому стані.

Заготовками для волочіння є прокат (прутки, труби, дріт), та пресовані вироби (прутки, труби). При волочінні зменшується діаметр цих заготовок, поліпшується їх якість.

Інструментом для волочіння є волочильна дошка (волока, матриця), в якій зроблено один або декілька отворів, їх ще називають вічками або фільерами. Вічко має 4 зони (рис. 4.10): вхідну зону (1), робочий конус (2), калібрувальну стрічку (3) і вихідну зону (4). Робоча частина матриці виготовляється з інструментальних сталей, твердих сплавів і технічних алмазів. Якщо вихідний переріз треба значно зменшити, то процес повторюють декілька разів.

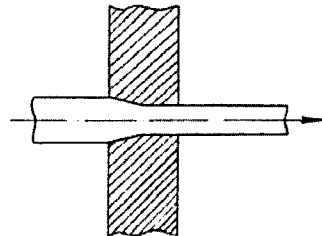


Рис. 4.9. Схема волочіння

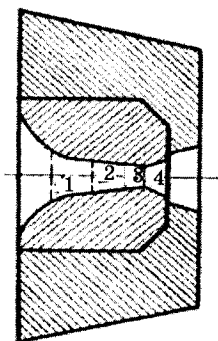


Рис. 4.10. Інструмент для волочіння:
 1 — вхідна зона;
 2 — робочий конус;
 3 — калібрувальна стрічка; 4 — вихідна зона

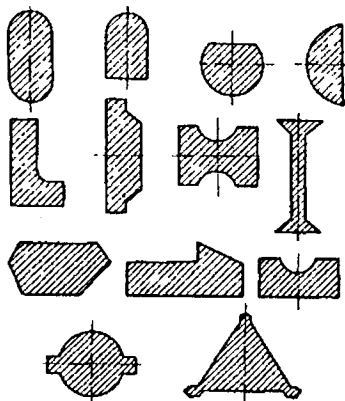


Рис. 4.11. Профілі, одержані волочінням

Обладнання для волочіння — *волочильні стани*, які поділяються на барабанні та ланцюгові. Волочильні стани складаються з двох частин — *волоки* і *тягнучого пристрою*. Перед волочінням кінець заготовки загострюють таким чином, щоб він міг вільно пройти через вічко волоки. З метою зменшення тертя в отворі заготовку змащують графітом, мінеральними маслами. У волоці дріт наклепується і зміцнюється. Для усунення наклепу її піддають термічній обробці (відпалюють).

Сортаментом волочіння є дріт, навіть дуже тонкий (до 0,01 мм), калібровані прутки різного діаметра і профілю, труби з тонкими стінками і малими діаметрами (в тому числі капілярні), призматичні і сегментні шпонки, напрямні та інші заготовки (рис. 4.11).

Техніко-економічні показники. Процес волочіння високопродуктивний, окрім того виготовлені вироби мають високу точність і малу шорсткість поверхні. Волочильні стани прості будови, тому процес волочіння вирізняється значною ефективністю, роботою цих станів легко керувати, є можливості їх автоматизації. Відходи при волочінні сягають 5 %.

Пресування. У процесі пресування метал (3) витискають пуансоном (1) із замкненої порожнини (контейнера) (2) через отвір певного поперечного перерізу в матриці (4) (рис. 4.12). Поперечний переріз виробів відповідає формі поперечного перерізу отвору.

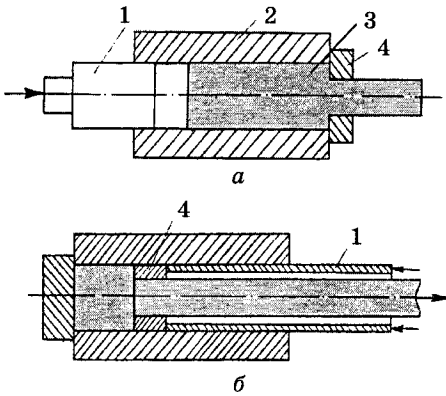


Рис. 4.12. Схеми пресування:
 а — пряме пресування; б — зворотне пресування:
 1 — пуансон; 2 — контейнер; 3 — метал; 4 — матриця

Заготовками для пресування є прокатні заготовки, нарізані зі сталі, кольорових металів і сплавів. Усі метали і сплави, крім свинцевих, мають пресуватися гарячими.

За *схемами* пресування буває пряме і зворотне. У *прямому* (рис. 4.12, а) заготовка (3) і пуансон (1) рухаються в один бік. Частина заготовки прес-залишок залишається в контейнері (2), її маса становить 8—12 % маси заготовки. При *зворотньому* пресуванні (рис. 4.12, б) матриця (4) встановлюється на кінці пустотного пуансона (1) і переміщується разом з ним, а метал заготовки витискається їй назустріч, тобто в напрямі, зворотному до руху пуансона. У застосуванні зворотного пресування буває менше відходів (залишок становить 6—10 %), затрачається менше зусиль.

Матриці, пуансони, прес-шайби виготовляють із високолегованих сталей і сплавів, що містять вольфрам, ванадій, хром, молібден та ін.

Обладнанням для пресування є горизонтальні та вертикальні гідравлічні *преси*, проте частіше використовують горизонтальні. *Сортамент* пресування близький до прокатного. За допомогою пресування можна одержати труби із зовнішнім діаметром 200—400 мм і товщиною стінки 1,5—12 мм, прутки, дріт, кутники, швелери, багато інших складних спеціальних профілів (рис. 4.13). Деякі з профілів неможливо отримати іншим способом.

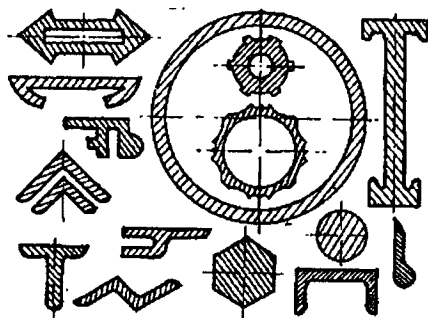


Рис. 4.13. Профілі, одержані пресуванням

Техніко-економічні показники. Найважливішим показником пресування є дуже висока якість пресованих виробів, вони значно якісніші за аналогічні, отримані прокатуванням. Матрицю можна змінювати, а отже, виготовляти невеликі партії заготовок, не знижуючи ефективності виробництва. Такий спосіб дає можливість виготовляти невеликі заготовки і вироби складних профілів. Процес високопродуктивний. Важливим недоліком пресування є значні втрати металу (прес-залишок). Крім того, вироби, одержані пресуванням мають високу собівартість.

Вільне кування. Вільним куванням називається один із найдавніших способів обробки тиском, при якому обробка пластичних металевих матеріалів здійснюється статичним або динамічним тиском. При куванні заготовка формується під дією молота або преса. Зміна профілю заготовки відбувається в тому напрямку, в якому метал зустрічає найменший опір. Заготовку при куванні, якщо потрібно, повертають.

Вихідними заготовками при куванні є вилівки, прокат, пресовані вироби. Вироби після кування називають *поковками*, вони мають різні форми, розміри і масу — від дрібних до дуже великих (турбінні диски, вали гідрогенераторів, деталі гідротурбін, колінчасті вали судових двигунів, валки прокатних станів тощо).

Є два види вільного кування: ручне та машинне. *Ручне* кування виконують у кузнях на ковадлі за допомогою ручного молота. *Машинне* кування виконують на ковальсько-пресових машинах з використанням ковальських інструментів. Інструментами, які використовуються для вільного кування є молоти, сакири, прошивки, обтискачі, розкатки та ін. На ковальських молотах, машинах динамічної дії, кувають дрібні та середні поковки, до 2 т. Маса падаючих частин молотів становить 0,5—16 т. На пресах, машинах статичної дії, кувають важкі деталі. Тривалість деформації становить від одиниць до десятків секунд. Поковки, виготовлені на пресах мають точніші розміри, кращі механічні властивості, стійкіші режими роботи.

Основними операціями вільного кування є осаджування, висаджування, протягування (з оправкою і без оправки), прошивання отворів, рубання, гнуття, скручування, зварювання тощо (рис. 4.14).

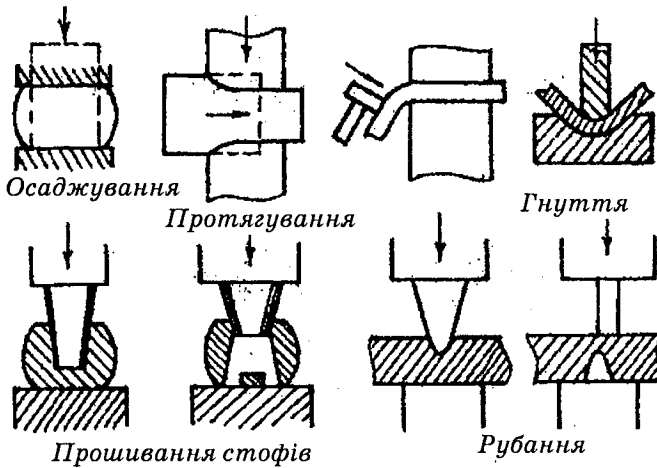


Рис. 4.14. Основні операції вільного кування

Техніко-економічні показники. Внаслідок кування покращуються механічні властивості заготовок: підвищується міцність, пружність та ін. Його ефективно використовують в індивідуальному та дрібносерійному виробництві, для одержання поодиноких та оригінальних заготовок. Останніми

роками набуло широкого застосування ручне вільне кування. В Україні створено товариство ковалів, які виконують замовлення із Німеччини, Франції, Польщі, Росії. Водночас слід зазначити, що процес вільного кування трудомісткий і низькопродуктивний. Куванням виготовляються тільки заготовки, а вони потребують значної механічної обробки. Збільшити продуктивність кування можна підвищенням рівня механізації трудомістких процесів.

Штампуння. Кування заготовок у сталевих формах (штампах) називають штампунням. Заготовки виготовлені штампунням також називаються поковками.

Штампуння буває двох видів: гаряче і холодне. При застосуванні гарячого методу заготовки перед штампунням нагрівають, холодного — їх штампують без нагрівання. Крім того, штампуння поділяють на об'ємне і листове (рис. 4.15).

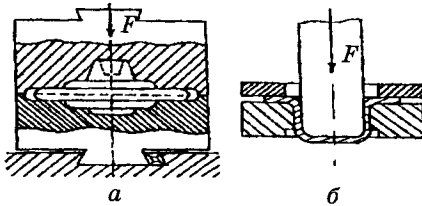


Рис. 4.15. Схеми штампуння: а — об'ємне штампуння; б — листове штампуння

Об'ємне штампуння переважно гаряче (хоча може бути і холодним), листове — переважно холодне (хоча також може бути і гарячим).

Об'ємне штампуння дає змогу деформувати заготовку по всьому об'єму. Метал тече в порожнині штампа, утворюючи заготовку потрібної форми. Спочатку із прокату нарізають заготовки певного розміру,

потім їх нагрівають, штампують і на останньому етапі — обрізають задирки. Іноді проводять термічну обробку. Таким способом можна виготовляти дуже складні вироби.

Листове штампуння — процес одержання виробів або заготовок із листового матеріалу. Листи, товщі 10 мм, нагрівають. Листовим штампунням одержують деталі автомобілів, літаків, вагонів, мотоциклів та ін. Це високопродуктивний і прогресивний процес.

Інструментом для штампуння є *штамп*. Він придатний лише для однакових поковок (одного профілерозміру чи однієї

операції). Штampi виготовляють з високоякісних інструментальних сталей. Вони складаються із двох частин — рухомої та нерухомої, в котрих є порожнини (рівчаки). Верхня частина закріплюється на рухомій частині машини, нижня — на нерухомій. Штampi бувають однорівчакові та багаторівчакові, відкриті й закриті.

Обладнанням для штампування є молоти, преси, кувальні машини. Гаряче штампування здійснюють на пароповітряних фрикційних молотах, кривошипних, фрикційних і гідравлічних пресах, горизонтально-кувальних машинах, листові — на гідравлічних і механічних пресах.

Техніко-економічні показники. Продуктивність штампування в десятки разів більша ніж кування, а кваліфікація робітників потрібна значно менша. Заготовки, одержані штампуванням, мають високу якість, часто вимагають лише незначної обробки, іноді її зовсім не потрібно. Такі заготовки точні і взаємозамінні. Особливо це характерно для листового штампування.

При штампуванні можна одержувати дуже складні заготовки і вироби. З усіх способів обробки тиском штампування є одним із найпоширеніших. Проте воно має і недолік — штampi досить дорогі й витрати на їх виготовлення виправдовують себе лише при випуску значної кількості поковок. Штампування вигідне лише в масовому і великосерійному виробництвах.

4.3. Технологічні процеси обробки заготовок

4.3.1. Якість обробки заготовок

Під *якістю* деталі розуміють сукупність усіх її властивостей, котрі повністю забезпечують висунуті до неї експлуатаційні вимоги. Шляхи досягнення потрібного рівня якості вирішуються комплексно з урахуванням усіх стадій технологічного процесу. Якість деталі визначається двома важливими показниками — точністю розмірів і шерсткістю поверхні.

Точність обробки — ступінь відповідності величин розміру, форми, розміщення і шорсткості певної поверхні виготовленої деталі до тих самих параметрів, заданих на кресленні. Абсолютно точно виготовити деталь неможливо. При виготовленні деталей виникають похибки (розмірів, форми, шорсткості поверхонь, їх взаємного розміщення).

Основні причини похибок у деталях: неточність встановлення деталі, інструментів; неточність верстатів та оснащення; деформації деталі у процесі обробки; недостатня кваліфікація робітників; неточність вимірювальних інструментів і процесу вимірювання та ін.

З урахуванням цього встановлюють допустимі відхилення параметрів виготовлених деталей (розмірів) відносно до заданих на кресленні. Початком відрахунку відхилень є *номінальний розмір* — розмір, котрий визначають відповідно до функціонального призначення деталі і вказують на кресленні. Розмір, отриманий в результаті вимірювання після обробки, називають *дійсним*. Між дійсним і номінальним розмірами є різниця — відхилення, проте вона не може бути великою. Тому при конструюванні деталей встановлюють границі відхилень, тобто два *граничних* розміри, між якими можуть коливатися дійсні розміри. Ці розміри (відхилення) разом з номінальними зазначають на кресленнях.

Граничні відхилення можуть бути додатними і від'ємними, односторонніми та двосторонніми, симетричними і несиметричними. Різницю між граничними розмірами називають *допуском* на розмір.

У практиці використовують поняття економічної та досяжної точності. *Економічної* точності досягають у нормальних виробничих умовах, вона забезпечує мінімальну собівартість обробки. *Досяжна* точність — точність, яку досягають у покращених, спеціально створених умовах. При цьому підвищується собівартість деталі.

Ступінь точності визначають рядами допусків, котрі називають *квалітетами*. Квалітетів є 19, їх позначають ІТ01, ІТ0, ІТ1—ІТ17. Чим більший порядковий номер, тим більший допуск і нижча точність.

Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей, що утворюють рельєф поверхні та розглядаються в границях

відповідної ділянки. Цей показник вимірюють за допомогою спеціальних приладів — профілометрів. На кресленні деталі його позначають відповідними знаками, якими визначають вид обробки поверхні, базову довжину та умовне позначення напрямку можливих нерівностей на поверхні, параметри шорсткості. Шорсткість визначає якість і термін служби деталей машин, агрегатів, приладів, впливає на корозійну стійкість.

Стандартом встановлено 14 класів шорсткості. Із підвищенням порядкового номера шорсткість поверхні зменшується.

4.3.2. Обробка заготовок різанням

Для обробки заготовок деталей машин застосовують: механічну обробку різанням, обробку пластичним деформуванням без зняття стружки, обробку з використанням хімічної, електричної, променевої, світлової та інших видів енергії. Доволі прогресивними є комбіновані способи.

З усіх способів обробки найпоширенішими є способи обробки заготовок різанням. Сьогодні на машинобудівних підприємствах металорізальні верстати становлять 50—80 % загальної кількості обладнання. Частка обробки виробів цим способом становить близько 35 %, а отже, такі показники впливають на темпи розвитку машинобудування.

Обробка різанням — процес, при якому із заготовки (відливки, поковки) зрізають шар металу з метою одержання деталі певної геометричної форми, точності розмірів і шорсткості поверхонь. Шар металу, що зрізується, називають *припуском* на механічну обробку. На рис. 4.16 заштриховано величину припуску. Розрізняють чотири види припусків: загальні та міжопераційні, симетричні й несиметричні. Припуск на обробку має бути оптимальним, оскільки впливає як на якість деталі, так і на її собівартість.

Механічну обробку різанням проводять на металорізальних верстатах за допомогою металорізальних інструментів. Різання металів — складний і трудомісткий процес, що супроводжується низкою фізичних явищ. Пізнання *фізичної суті* про-

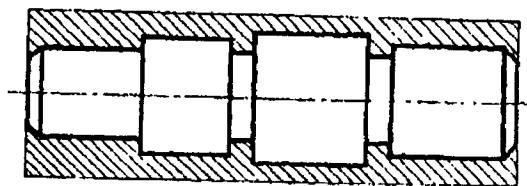


Рис. 4.16. Ескіз деталі з припуском на обробку

цесу дає змогу керувати цим процесом, забезпечувати максимально можливу продуктивність обробки. При обробці різанням припуск зрізують за один раз або за декілька. Кожен мінімальний обсяг металу, що зрізується, утворює *стружку*, види якої залежать від властивостей матеріалу заготовки, геометрії і форми заточування різального інструмента, режимів різання. Розрізняють зливну стружку (при обробці пластичних матеріалів), елементну (у твердих, малов'язких), сколювання (у сталей з малими швидкостями різання), надлому (у твердих і крихких матеріалів).

Процес різання супроводжується значним виділенням тепла, що дуже впливає на спрацювання і стійкість металорізальних інструментів, на якість обробленої поверхні.

Тепловий баланс процесу різання підраховують так:

$$Q_d + Q_{\text{мп}} + Q_{\text{зн}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

де Q_d — тепло, що надходить від пластичних деформацій;

$Q_{\text{мп}}$ — тепло, що надходить від тертя стружки об передню поверхню інструменту;

$Q_{\text{зн}}$ — тепло, що надходить від тертя задніх поверхонь інструмента об заготовку;

Q_1 — тепло, що поглинається стружкою (45—94 %);

Q_2 — тепло, що залишається в деталі (43—3 %);

Q_3 — тепло, що переходить на інструмент (8—2 %);

Q_4 — тепло, що випромінюється у навколишнє середовище (~ 1 %).

Зі збільшенням швидкості різання кількість тепла, що поглинається стружкою, збільшується. Небажаним є перегрів

інструмента, тому що при цьому знижується його стійкість. Щоб запобігти перегріванню, при різанні застосовують мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), які також знижують злипання інструмента зі стружкою. Мастильно-охолоджувальними рідинами є емульсії, розчини соди у воді, розчини солей, мінеральні масла, рослинні олії тощо. Вони підводяться зверху на зрізуваний шар металу.

У процесі обробки різанням заготовка і металорізальний інструмент приводяться в рух металорізальними верстатами і переміщуються один щодо одного. При цьому необхідним є поєднання двох видів руху — головного руху різання і руху подачі.

Основні способи обробки різанням: точіння, свердління, сенкерування, розвертання, протягування, фрезерування, стругання, шліфування та ін. (рис. 4.17).

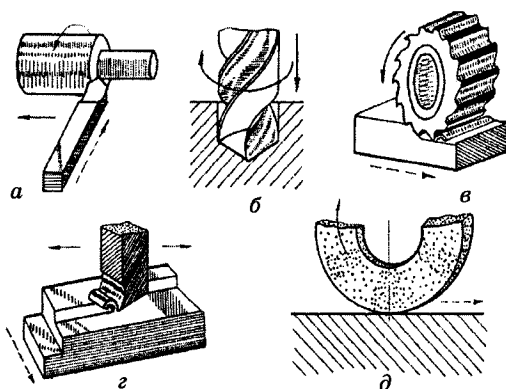


Рис. 4.17. Основні способи обробки металів різанням:

a — точіння; *б* — свердління; *в* — фрезерування; *г* — стругання; *д* — шліфування

При різних способах обробки тип взаємодії між оброблюваною заготовкою та інструментом різний. Так, при точінні (рис. 4.17, *a*) заготовка отримує рух різання (обертається), а інструмент — рух подачі (інструмент підводиться до заготовки і при обробці переміщується уздовж її осі). При свердлінні (рис. 4.17, *б*) і рух різання (обертотий), і рух подачі (поступотий) отримує інструмент, тобто він обертається і переміщується уздовж своєї осі. При фрезеруванні (рис. 4.17, *в*) головним

рухом різання є обертання інструмента (фрези), а рухом подачі — поступове переміщення заготовки або інструмента.

Процес обробки різанням характеризується певними елементами різання, сукупність яких називають *режимом різання*. Основні елементи режиму різання такі.

Швидкість різання — шлях переміщення точки різального леза інструмента відносно заготовки в напрямку головного руху, який вона проходить за одиницю часу:

$$V = \frac{\pi D_n}{1000},$$

де D — діаметр заготовки, мм;

n — частота обертання заготовки, об/хв.

Подача (S) — шлях переміщення точки різального леза інструмента відносно заготовки в напрямку руху подачі за один оберт заготовки або за один подвійний хід заготовки чи інструмента. Подачу вимірюють в мм/об, мм/подв · хід, мм/хв — за різних методів обробки. Величину подачі здебільшого вибирають у довідникових матеріалах, іноді задають наперед.

Глибина різання — відстань між оброблюваною і обробленою поверхнями заготовки, виміряна перпендикулярно до її осі, за один робочий хід інструмента відносно оброблюваної заготовки:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

де D, d — відповідно діаметри оброблюваної та обробленої поверхонь за один прохід.

Глибину різання вимірюють в міліметрах. До елементів процесу різання належать також сила різання, потужність, норми часу тощо. Режим різання вибирають таким чином, щоб забезпечити найбільшу продуктивність процесу.

Для обробки різанням застосовують *металорізальні інструменти*. Їх назви часто співзвучні зі способами обробки. Вони бувають однолезовими (мають одне різальне лезо) і багатолезовими.

Одними із найпоширеніших металорізальних інструментів для точіння є *різці*. Розрізняють багато їх різновидів залежно від виду, характеру обробки, зовнішнього оформлення.

Інструменти для свердління — *свердла*. За їх допомогою виконують глухі або наскрізні отвори. Найпоширеніші спіральні свердла.

Для обробки отворів після свердління застосовують *зенкери*, а після зенкерування (іноді, пропускаючи цей етап, одразу після свердління) *розвертки*. Такі інструменти називають чистовими, оскільки за допомогою них досягають вищого класу шорсткості поверхні й точніших розмірів отвору.

До чистових інструментів належать також *протяжки* — багатолезові інструменти. Ними обробляють зовнішні поверхні й отвори або змінюють профіль отвору. Після протягування форма отвору може бути циліндричною, квадратною, багатогранною, овальною, фасонною, з канавками різних профілів.

Одними із найпоширеніших металорізальних інструментів є *фрези*. Це інструменти для обробки (фрезерування) плоских, криволінійних, фасонних та інших поверхонь. За формою зуба фрези бувають з прямими і гвинтовими зубами.

При обробці різанням застосовують також різенарізні інструменти (мітчики, плашки, гребінки, різенарізні головки тощо), абразивні інструменти (шліфувальні круги різної форми, бруски, сегменти, головки) та інші спеціальні інструменти.

Продуктивність праці у цьому способі обробки значною мірою залежить від тривалості роботи різального інструмента, протягом якої зберігається його різальна здатність, що залежить від *матеріалу*, з якого виготовлений інструмент, його фізико-механічних властивостей. Матеріали, котрі використовують для виготовлення металорізальних інструментів, повинні мати такі властивості: високу твердість, значну механічну міцність, достатню в'язкість, червоностійкість, теплопровідність, високу стійкість до спрацювання, адгезії, хорошу оброблюваність. Для виготовлення металорізальних інструментів використовують інструментальні (вуглецеві, леговані, швидкорізальні) сталі, тверді сплави (металокерамічні матеріали), мінералокерамічні матеріали, абразивні матеріали (природні та штучні), конструкційні сталі (для виготовлення держаків, деталей кріплення). Крім того, з'явилися нові матеріали, такі як ельбор, славутич, карбід бору, борсилокарбід тощо, що мають дуже високу твердість, червоностійкість, зносостійкість. Їх ви-

користуюють для обробки спеціальних матеріалів і виконання складних технологічних операцій.

Механічну обробку різанням здійснюють на *металорізальних верстатах*, котрі бувають дуже різних видів. Їх якість, технічний рівень протягом тривалого часу визначають продуктивність праці, якість і собівартість продукції в машинобудуванні. Класифікують металорізальні верстати: а) за технологічним призначенням; б) універсальністю; в) конструктивними особливостями; г) ступенем автоматизації; д) точністю; е) ступенем шорсткості обробки; є) розмірами та масою. Така класифікація має вигляд спеціальної таблиці.

Кожній моделі верстата присвоєно певне позначення (марку). Наприклад, марки верстатів 162, 1620, 1A62, 2A125 та ін. Перша цифра означає групу верстата, друга — тип (різновид), третя (або дві останні) — основний параметр верстата. Літера після першої цифри вказує на модернізацію базової моделі. Іноді літеру ставлять у кінці, тоді вона слугує для зазначення модифікації (видозміни) базової моделі, часом — для місця виготовлення.

Роботу металорізальних верстатів, ефективність використання оцінюють за допомогою *техніко-економічних показників*: точності, продуктивності, ступеня автоматизації, довговічності, надійності у роботі, безпеки та зручності в обслуговуванні, собівартості, жорсткості й технологічності конструкції верстата тощо.

4.3.3. Структура технологічного процесу механічної обробки

Для забезпечення найбільш раціонального процесу механічної обробки заготовки, складають план обробки, де зазначають, які поверхні, в якій послідовності та якими способами потрібно обробляти. Тому весь процес механічної обробки поділяють на окремі складники: операції, установлення, позиції, переходи, проходи, прийоми.

Операцією називають завершену частину технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, охоплює

всі дії робітника й обладнання (над однією або декількома деталями). Прикладом може бути, обточування валу спочатку з одного кінця, а потім з іншого після його повертання без зняття з верстата. Якщо ж партію валів спочатку обточують на одному кінці, а потім на другому, то це вже дві операції.

Установленням називають частину операції, виконувану при одному закріпленні деталі. У наведеному вище прикладі вал обточують при двох установленнях, тобто при кожному повертанні на будь-який кут здійснюють нове установлення.

Позицією називається кожне окреме положення деталі, котре вона займає відносно верстата, не змінюючи закріплення.

Операції поділяються на переходи.

Перехід — закінчена частина операції, за якої не змінюються інструменти, оброблювані поверхні, режими роботи машин. Зміна хоча б одного з цих елементів визначає новий перехід. Переходи поділяються на проходи.

Під *проходом* розуміють частину переходу (неподільної операції), що характеризується одноразовим переміщенням інструмента відносно заготовки і зняттям одного шару металу.

Закінчену дію робітника називають прийомом, зазвичай допоміжні дії: встановлення чи зняття заготовки, перемикання швидкості або подачі та ін.

Операціям і переходам присвоюють порядкові номери. Операції формулюють коротко, за видом обробки, наприклад: токарна, фрезерна, свердлильна та ін.; переходи — описуючи докладніше, зазначаючи найменування, номер і розмір оброблюваної поверхні.

4.3.4. Проектування технологічних процесів

Проектування технологічних процесів є одним із найвідповідальніших етапів виробництва і має за мету встановити найбільш раціональний та ефективний метод обробки.

Вихідними даними для проектування технологічних процесів є виробнича програма, робочі креслення заготовки і деталі (виробу), технічні умови на виготовлення деталі (маши-

ни), їх випробування і здачу деталей, описи конструкцій, керівні та довідкові матеріали.

Проектування технологічних процесів складне і трудомістке. Його виконують за кількома послідовними стадіями: на початковій здійснюють укрупнені розрахунки та розробки (попередні варіанти) технологічного процесу, на наступних стадіях їх уточнюють і конкретизують на основі детальних технологічних розрахунків.

При *проектуванні* технологічного процесу вирішують такі питання:

1. Встановлення типу виробництва та організаційних форм виконання технологічного процесу.
2. Визначення величини партії деталей, що запускаються у виробництво одночасно (для серійного виробництва), і такту випуску деталей (для масового виробництва).
3. Вибір виду заготовки і визначення її розмірів.
4. Розробка плану і вибір методів механічної обробки із зазначеною послідовністю технологічних операцій.
5. Вибір типів і визначення технічних характеристик верстатів, пристосувань, металорізальних і вимірювальних інструментів.
6. Вибір технологічних баз.
7. Визначення режимів роботи на вибраних верстатах для кожної операції.
8. Визначення норм часу для кожної операції, рівня кваліфікованості працівників для виконання цієї роботи.
9. Оцінювання техніко-економічної ефективності технологічного процесу.
10. Оформлення технологічної та технічної документації.

При проектуванні технологічних процесів можна запропонувати різні варіанти, навіть для порівняно простих деталей може бути розроблено декілька технологічних процесів, що повністю задовольняють вимоги робочого креслення і технічні умови.

Спростити і прискорити розробку технологічних процесів може *типізація*. Для цього здійснюють класифікацію деталей і їх поверхонь за конструктивно-технологічними ознаками на

основі спільності обладнання й оснащення. Відповідно до цієї класифікації встановлено вісім класів деталей, які відрізняються формою і подібністю процесів їх виготовлення: корпусні деталі, круглі стержні, порожнинні циліндри, диски, некруглі стержні, невеликі деталі складної форми, кріпильні деталі, спеціальні деталі.

Типовий технологічний процес описують для складнішої деталі певного класу (типу). Простіші можна обробляти приблизно за тим самим технологічним маршрутом, за винятком операцій, котрі не потрібно виконувати.

4.3.5. Техніко-економічне оцінювання технологічних процесів

Для порівняння та визначення техніко-економічної оцінки декількох запроектованих технологічних процесів і вибору оптимального варіанта використовують *техніко-економічні показники*. До найхарактерніших із них належать такі:

1. Собівартість деталі S , що визначається витратами на матеріал M , основною заробітною платою робітників P і цеховими накладними витратами R :

$$S = M + P + R.$$

2. Собівартість обробки деталі:

$$S_o = P + R.$$

3. Норми часу (штучного і штучно-калькуляційного) на повну обробку деталі:

$$T_{\text{шт}} = \sum_1^n t_{\text{шт}};$$

$$T_k = \sum_1^n t_k;$$

де $T_{шт}$ — штучний час на виконання всіх операцій обробки окремої деталі;

$t_{шт}$ — штучний час однієї операції;

$T_{к}$ — штучно-калькуляційний час на виконання всіх операцій обробки окремої деталі;

$t_{к}$ — штучно-калькуляційний час однієї операції обробки.

4. Основний (технологічний) час T_o за всіма операціями окремої деталі:

$$T_o = \sum_1^n t_o,$$

де t_o — основний технологічний час однієї операції обробки.

5. Коефіцієнт використання верстата за основним часом, що дорівнює відношенню основного часу до штучного або штучно-калькуляційного (залежно від виду виробництва):

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}} \quad \text{або} \quad \eta_o = \frac{T_o}{T_{к}}$$

Чим більший цей показник, тим більшою є частка в нормі машинного часу.

6. Коефіцієнт завантаження обладнання за часом, що визначається відношенням розрахункової кількості верстатів C до фактичної (прийнятої) їх кількості $C_{пр}$:

$$\eta_a = \frac{C}{C_{пр}}$$

7. Ступінь автоматизації виробництва, що характеризується відношенням числа верстатів з автоматизованим установленням і зняттям деталей до загальної кількості одиниць виробничого обладнання цеху (відділу, дільниці).

Окрім зазначених, для оцінювання техніко-економічної ефективності технологічного процесу використовують інші показники. Результати техніко-економічних розрахунків аналізують, і обирають той варіант, котрий пропонує найбільш економічно вигідні рішення при задоволенні всіх технічних вимог.

4.3.6. Термічна і хіміко-термічна обробка заготовок і деталей

Термічна обробка. Це теплова дія на заготовки і деталі з метою надання їм відповідних властивостей. При термічній обробці заготовки або деталі нагрівають до певної температури, витримують у такому стані деякий час й охолоджують з певною швидкістю. За допомогою такої обробки можна змінювати властивості заготовок або деталей. Процесами термічної обробки можна керувати.

Якщо термічна обробка здійснюється для підготовки подальших технологічних операцій, то її називають *проміжною*, якщо ж внаслідок термічної обробки отримуємо властивості, потрібні при експлуатації виробів, то її називають *кінцевою*.

Технологічний процес термічної обробки можна зобразити графічно (рис. 4.18). На графіках показано ділянки нагрівання (0—1), витримування (1—2 і 3—4) та охолодження (2—3, 4—5). З графіків видно, що деталь можна охолоджувати з різною швидкістю і при охолодженні можливе проміжне витримування (ступінчаста термічна обробка).

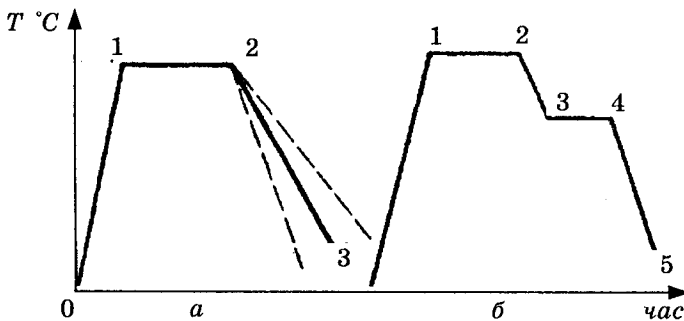


Рис. 4.18. Графічне зображення термічної обробки:

а — рівна швидкість охолодження; *б* — з проміжним витримуванням:

0—1 — ділянка нагрівання; 1—2, 3—4 — ділянки витримування;
2—3, 4—5 — ділянки охолодження

Результати термічної обробки залежать від швидкості і температури нагрівання, часу витримування і швидкості охолодження. Ці фактори вибирають відповідно до виду обробки, розмірів виробів і матеріалу, з якого вони виготовлені, мети досягнення конкретних якостей виробів.

Термічно обробляють як заготовки, так і готові деталі. Після обробки заготовок поліпшуються їх оброблювальні властивості (знижується твердість, крихкість, підвищується пластичність, в'язкість, зменшуються внутрішні напруження, покращується оброблюваність різанням) експлуатаційні властивості деталей (підвищується твердість, міцність, корозійна стійкість, стійкість до зношування та ін.).

В основі теорії термічної обробки лежать структурні фазові перетворення, що відбуваються в металах і сплавах (чорних і кольорових) при зміні температури (нагріванні чи охолодженні).

Основними видами термічної обробки є відпалювання, гартування і відпускання. Відпалювання використовують для заготовок, гартування і відпускання — для деталей. Є багато видів відпалювання та відпускання. розрізняють також повне (різні види) і поверхневе гартування. Вибір кожної з них залежить від конкретних умов і вимог.

Хіміко-термічна обробка. Хіміко-термічною обробкою називають процес зміни хімічного складу, структури і властивостей поверхневого шару деталей. Цей процес ґрунтується на дифузії в атомно-кристалічну решітку заліза атомів інших хімічних елементів при нагріванні деталей в середовищі багатому на ці елементи. При хіміко-термічній обробці поверхня деталей зміцнюється (підвищується твердість, стійкість до стирання, зношування), зростає їх стійкість до дії агресивних середовищ при нормальній і підвищеній температурах, жаростійкість.

Під час хіміко-термічної обробки маємо такі фізико-хімічні процеси:

- дисоціація — розпад молекул і утворення активних атомів;
- адсорбція — поглинання поверхнею деталі активних атомів;
- дифузія — проникнення активних атомів у поверхневий шар деталі.

Для здійснення хіміко-термічної обробки деталі мають бути поміщені у відповідне середовище, багате на елемент, яким

потрібно наситити поверхню, і нагріті до певної температури. Середовище може бути твердим, рідким, газоподібним і називається карбюризатором. Насичувати поверхні можна вуглецем, азотом, алюмінієм, кремнієм та іншими елементами або поєднувати їх. Залежно від того, яким елементом насичують деталі, розрізняють цементацію, азотування, ціанування, дифузійну металізацію. При цементації насичення здійснюють вуглецем, при азотуванні — азотом, при ціануванні — одночасно вуглецем та азотом, при дифузійній металізації — металами.

Техніко-економічні показники. Процеси термічної і хіміко-термічної обробки забезпечують високу якість заготовок або деталей (потрібні властивості і структуру), окрім того, забезпечується корозійна стійкість деталей. Більшість із них характеризуються високою продуктивністю, можливістю автоматизації. Нагрівання заготовок або деталей відбувається в печах простої конструкції, в яких можна використовувати різні види палива, що дає можливість впливати на затрати енергії. Конструкція печей дає змогу також використовувати прогресивні способи нагрівання, охолодження, вимірювання.

4.3.7. Технології одержання зварних з'єднань

Заготовки і деталі при складанні машин, часто перед обробкою, з'єднують. З'єднання бувають роз'ємні і нероз'ємні. Роз'ємні з'єднання виконують за допомогою з'єднувальних деталей і у разі потреби їх можна розібрати. Нероз'ємні з'єднання найчастіше виконують зварюванням, паянням, клепаанням, склеюванням. Вони при розборі руйнуються. З усіх нероз'ємних з'єднань найпоширенішим є зварювання.

Зварюванням називають технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань внаслідок міжатомної взаємодії, що відбувається при місцевому сплавленні або спільному пластичному деформуванні з'єднуваних частин. Для цього заготовки потрібно наблизити на відстані, що дорівнюють атомному радіусу. Зварювані поверхні очищають і нагрівають до моменту розплавлення країв або до пластичного стану. Нагріті до пластичного стану заготовки додатково стискають. При зварю-

ванні у рідкій фазі використовують додатковий матеріал для заповнення відстані між заготовками. Розплав кристалізується і утворюється з'єднання, яке називають *швом*. Шви бувають основні та допоміжні, одно- і двосторонні, горизонтальні та вертикальні, нижні та верхні.

Сучасні способи зварювання дуже різноманітні. Їх класифікують за видом використовуваної енергії, станом металу під час зварювання, способом утворення зварного шва, за ступенем автоматизації та іншими ознаками.

Електричне дугове зварювання. Це найпоширеніший сьогодні спосіб. Для розплавлення поверхонь зварюваних заготовок використовують електричну дугу — потужний електричний розряд, який супроводжується виділенням великої кількості теплової та світлової енергії. Можна застосовувати постійний і змінний струм, плавкі (металеві) і неплавкі (графітові або вугільні) електроди. Джерелом постійного струму є зварювальні генератори і випрямлячі електричного струму, джерелом змінного струму є зварювальні трансформатори і генератори. За використання неплавких електродів потрібен додатковий металевий стрижень або дріт для заповнення відстані між заготовками. У зварюванні з іншим типом електрода цю функцію виконує плавкий електрод. Є декілька способів електродугового зварювання (рис. 4.19).

Крім того електродугове зварювання може бути ручним, напівавтоматичним і автоматичним. Автоматичне виконують під шаром флюсів, що забезпечує високу якість і міцність зварних швів, високу продуктивність. Для зварювання заготовок значної товщини (більше 30—40 мм) використовують *електрошлакове* зварювання — бездугове електричне зварювання, що здійснюється за допомогою теплоти, яка виділяється розплавленим шлаком під час проходження через нього струму. Автоматичне зварювання під шаром флюсів і електрошлакове зварювання розроблено в Україні, в Науково-дослідному інституті електрозварювання Академії наук України ім. Е.О. Патона. Ці способи використовуються в багатьох країнах світу.

Електродугове зварювання застосовують в усіх виробничих сферах: у прокладанні трубопроводів, спорудженні мостів, різних будівель і споруд, під час виготовлення котлів, різних місткостей, у виготовленні різних машин, приладів, механізмів.

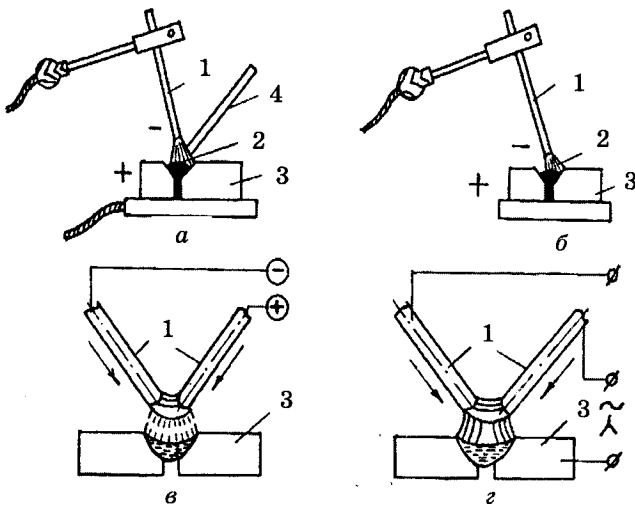


Рис. 4.19. Схеми електродугового зварювання:

а — неплавким електродом; б — плавким електродом; в — незалежною дугою; г — трифазною дугою

1 — електрод; 2 — електрична дуга; 3 — заготовка; 4 — додатковий стрижень

Газове зварювання. У такому способі джерелом тепла є хімічна енергія, утворена від згоряння горючого газу в суміші із киснем. Як горючі гази можна використовувати природний газ, водень, пари бензину, ацетилен та ін. Ацетилен при згорянні виділяє найбільше теплоти (3200 °С) і його застосовують найчастіше. Отримують ацетилен в газогенераторах із карбїду кальцію, який взаємодіє з водою. Таким способом його одержують на місці зварювання або використовують ацетилен заводського одержання, який зберігається в балонах білого кольору під тиском 1,6 МПа. А кисень для газового зварювання — в балонах синього кольору під тиском 16 МПа.

Інструментом для газового зварювання є *пальник*. За його допомогою дозують і змішують кисень та ацетилен, внаслідок чого виникає стійке і концентроване полум'я. Для утворення шва при газовому зварюванні використовують додатковий стрижень або дріт. Він повинен мати такий самий склад і структуру, як і зварюваний матеріал.

Розрізняють два основних способи газового зварювання: правий і лівий (рис. 4.20). Правим можна зварювати заготовки товщиною більше 5 мм, лівим — до 5 мм.

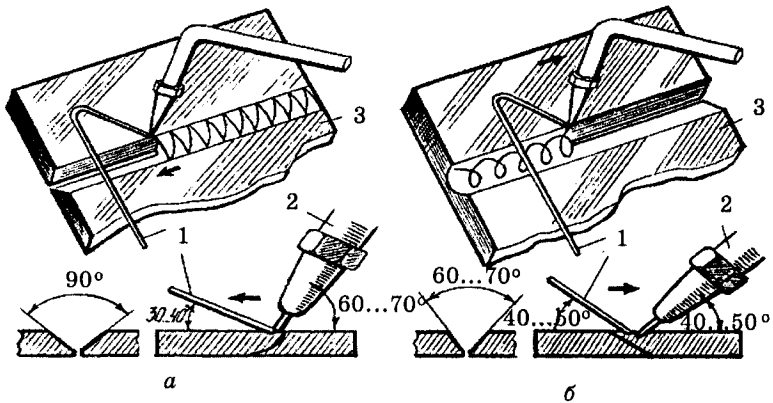


Рис. 4.20. Схеми газового зварювання:

a — ліве; *б* — праве:

1 — стрижень; 2 — пальник; 3 — зварювані заготовки

Газове зварювання найчастіше застосовують при зварюванні трубчастих і листових заготовок з маловуглецевих і низьколегованих сталей, для виправлення ливарного браку, в ремонтних роботах або польових умовах.

Електроконтактне зварювання. Це один із досить поширених способів зварювання, сутність якого полягає в тому, що струм швидко проходить через місце контакту і метал пластично деформується (стискається). З'єднання відбувається дуже швидко. У місці контакту деталей збільшується електричний опір, порівняно з іншими ділянками кола, а сила струму сягає сотень і тисяч ампер.

Електроконтактне зварювання поділяють на стикове, точкове і шовне (рис 4.21). Воно може бути без оплавлення і з оплавленням. Якщо заготовки наближають при увімкненому зварюваному струмі, то їх поверхні оплавляються, але якщо їх стискають і одночасно вмикають струм, то заготовки не встигають оплавитись.

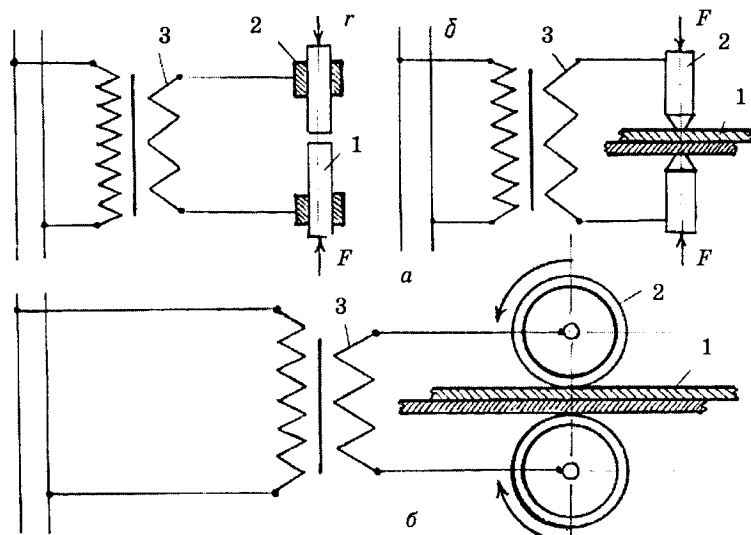


Рис. 4.21. Схеми електроконтактного зварювання:
 а — стикове; б — точкове; в — роликове:
 1 — зварювані заготовки; 2 — електроди; 3 — трансформатор

Електроконтактне зварювання здійснюють на зварювальних автоматах. Його застосовують в усіх галузях промисловості, в будівництві, транспорті, при виготовленні труб, тонкостінних посудин для зберігання рідин, газів. Можна зварювати цим способом різні матеріали.

Зварювання тертям. При такому зварюванні відбувається взаємне переміщення зварюваних заготовок, в результаті чого виникає короточасне нагрівання і тиск силою P (рис. 4.22). Тертя поверхонь здійснюється шляхом обертання або зворотно-поступового переміщення заготовок. Внаслідок нагріву і стискування виникає взаємна пластична деформація.

Тертям з'єднують однорідні та різнорідні метали і сплави з різними властивостями (мідь зі сталлю, мідь з алюмінієм, алюміній з титаном та ін.). Застосовують такий спосіб зварювання у виготовленні металорізальних інструментів, валів, штоків з поршнями, пуансонів, у зварюванні труб тощо.

Дифузійне зварювання у вакуумі. Це зварювання належить до прогресивних і перспективних способів. У дифузійному зва-

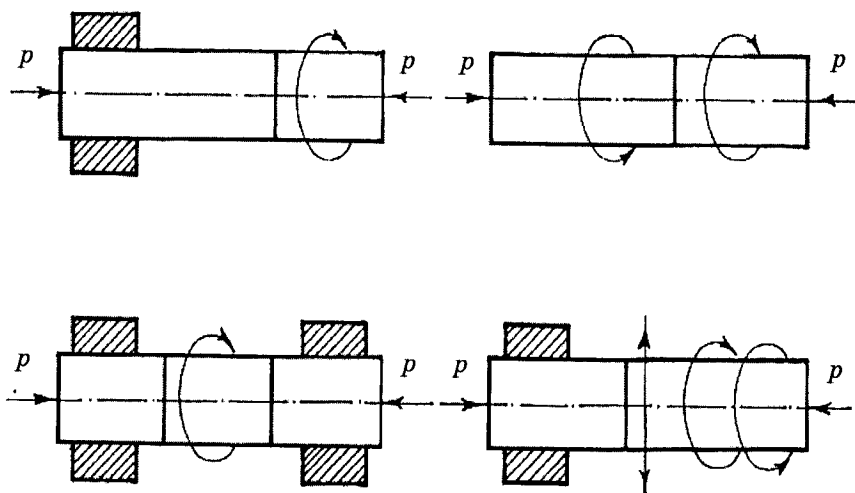


Рис. 4.22. Схеми зварювання тертям

рюванні з'єднання утворюється в результаті тривалого нагрівання і стискання заготовок у вакуумі (або в атмосфері інертних газів). Нагрівають заготовки з допомогою вольфрамового або молібденового нагрівника чи індуктора. Може бути використаний електронний промінь, наприклад, при нагріванні тугоплавких металів і сплавів. Після досягнення потрібної температури до заготовок прикладають невелике стискуjące зусилля (1—20 МПа) протягом 5—20 хв, що збільшує площу контакту. Контактні поверхні можуть бути плоскими, сферичними, конічними, рельєфними. Перед початком роботи їх потрібно добре очистити.

При дифузійному зварюванні можна з'єднувати різномірні і однорідні матеріали, не зважаючи на їх твердість і взаємну змочуванність. В результаті застосування цього способу отримують міцні та щільні з'єднання. Можна одержати біметалеві, триметалеві, тетраметалеві деталі. Після зварювання не потрібно механічно обробляти виріб для видалення шлаку, окалини.

Дифузійне зварювання застосовують в електронній техніці та радіоелектроніці, у приладобудуванні, суднобудуванні, космічній техніці, текстильному машинобудуванні, в харчовій промисловості та інших галузях.

Техніко-економічні показники. Зварювання належить до високопродуктивних процесів. Отримані з'єднання характеризуються високою якістю і надійністю. Зварювати можна метали, сплави, скло, кераміку, тканини, шкіру, метали зі склом, керамікою. Заготовки складної конфігурації, великих розмірів найчастіше одержують саме за допомогою зварювання. Окрім того, цей спосіб забезпечує економію металів, оскільки не потрібні з'єднувальні деталі, та зменшення маси конструкцій.

Процеси зварювання мають високий рівень механізації й автоматизації, що робить їх ефективнішими, порівняно з іншими видами з'єднань. Окрім того, цей спосіб поєднують з іншими технологічними процесами (штампуванням, клепанням, клеєнням), що дає можливість виготовляти деталі складної конфігурації і точних розмірів. Зварювання застосовують для виправлення дефектів лиття, для відновлення деталей. Деякі з'єднання можна одержати тільки зварюванням.

4.3.8. Технологічні процеси паяння, клепання, клеєння

Паяння. Це процес нероз'ємного з'єднання металевих і неметалевих заготовок, які перебувають у твердому стані, за допомогою розплавленого металу — *припою*. Температура плавлення припою має бути нижчою за температуру плавлення матеріалу з'єднуваних заготовок. Прицій заповнює щілину між заготовками внаслідок дії капілярних сил. При охолодженні він кристалізується і утворює міцне з'єднання між заготовками. У процесі паяння поверхні заготовок треба очищати від оксидних плівок. Як припої використовують олово, цинк, свинець, мідь, їх сплави.

З'єднання при паянні охоплює такі *операції*: прогрівання заготовок до температури, близької до температури плавлення припою; розплавлення припою; змочування припоєм поверхонь заготовок і заповнення паяного шва; охолодження і кристалізація припою. Якість паяного шва залежить від міцності зв'язку між припоєм і металом заготовок.

Для видалення оксидів і захисту від окиснення металу використовують *флюси*, що бувають чотирьох видів: тверді, пас-

топодібні, рідкі і газоподібні. Найчастіше застосовують борну кислоту, хлористий цинк, каніфоль та ін.

Паяти можна вуглецеві й леговані сталі всіх марок, тверді сплави, ковкі та сірі чавуни, всі кольорові метали та їх сплави, спаюють різнорідні матеріали (сталь з твердим сплавом). Застосовують цей вид з'єднання у виробництві автомобілів, велосипедів, приладів, інструментів.

Обладнанням для паяння є мідні паяльники, газові пальники тощо.

Техніко-економічні показники. Паяння забезпечує високу міцність, якість і чистоту спаю, збереження розмірів і форми спаяних частин; процес його виконання простий, дозволяє механізацію та автоматизацію. Ефективним є паяння шляхом занурення виробів у розплавленій припій. За використання такого методу підвищується продуктивність, зменшуються трудові затрати, особливо це ефективно в масовому виробництві. Досить продуктивним є паяння-зварювання, за якого з'єднання утворюється як при зварюванні, але припій є присадним металом.

Клепання. При клепанні з'єднання деталей і конструкцій здійснюють заклепками. Заклепка — це стержень круглого перерізу із наперед виготовленою головкою на одному кінці, на другому його кінці головка утворюється в процесі клепання. Є заклепки з круглою, потаємною, напівпотаємною, циліндричною, конічною головками, але можуть бути виготовлені і спеціальні заклепки. Найчастіше вони бувають зі сталі, міді, алюмінію, латуні та інших сплавів, добре пластичних для формування головки. Матеріал заклепок вибирають так, щоб він був однорідним з матеріалом з'єднуваних деталей.

Основні *операції* клепання: утворення отвору для заклепки (свердлінням, пробиванням); утворення гнізда для потаємної головки; встановлення заклепки в отвір; утворення головки з другого боку (ударом, пресуванням). При клепанні використовують клепальні машини (преси, автомати), клепальні молотки тощо.

Застосовують клепання для з'єднання листового і профільного прокату при виготовленні кузовів автобусів, тролейбусів.

Техніко-економічні показники. Клепальні з'єднання здатні витримувати вібраційні й ударні навантаження і є ефективними в надмірно навантажених з'єднаннях транспортних машин. Процес клепання можна виконувати на спеціальних машинах-

автоматах, які забезпечують виконання всього комплексу робіт і мають високу продуктивність, яка сягає 300—600 заклепок за годину.

Клесня. З'єднання деталей клеями широко застосовують в різних галузях для однорідних і різнорідних матеріалів. Для з'єднання прилеглі поверхні деталей мають бути змочені клеєм і міцно прилягати одна до одної. Затвердіння клею відбувається при випаровуванні розчинника або в результаті хімічних реакцій (без нагрівання чи з нагріванням). Товщина прошарку клею становить 0,01—0,1 мм.

Основні *операції* процесу склеювання: підготовка поверхонь; нанесення клею; склеювання при відповідних температурах, тиску і часі витримування; очищення з'єднань; контроль якості. При склеюванні потрібно забезпечити добру змочуваність клеєм з'єднуваних поверхонь, їх щільне прилягання, максимальну поверхню склеювання.

Клеї є розчинами природних або штучних високомолекулярних сполук і бувають рослинними, тваринними і синтетичними.

Техніко-економічні показники. Клеєні з'єднання досить міцні, вібростійкі, герметичні, забезпечують рівномірний розподіл напруг. Найчастіше за допомогою клею виконують з'єднання, що працюють на зсув або рівномірний відрив. Найефективніше виконувати склеювання замість клепаання, останнім часом склеювання використовується все ширше.

4.4. Технологічний процес складання машин

4.4.1. Поняття про технологічний процес складання

Складання є кінцевою стадією у виробничому процесі. Якість складальних робіт впливає на експлуатаційні характеристики машин, на їх надійність і довговічність. Обсяг складальних робіт значний і характеризується великою трудомісткістю, яка для деяких машин сягає 40—60 % загальної трудомісткості машини. Час на складальні роботи, порівняно з часом

механічної обробки, для різних типів виробництв різних: для одиничного і дрібносерійного виробництва — 40—50 %, для середньосерійного — 30—35 %, для великосерійного — 20—25 %, для масового — менше 20 %.

Технологічним процесом складання називається процес з'єднання деталей у вузли, деталей і вузлів — у механізми, деталей, вузлів і механізмів — у машину. Деталі, вузли, механізми називають складальними одиницями. Такий технологічний процес поділяють на операції, переходи, прийоми, встановлення і рухи.

Операцією називають закінчену частину технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці одним робітником або групою співробітників. *Перехід* — закінчена частина операції, виконувана на одному робочому місці без зміни інструментів, поверхонь з'єднання, режимів роботи. Під *прийомом* розуміють частину переходу, що складається з простих робочих рухів, виконуваних одним робітником. *Встановлення* — надання відповідного положення складальним деталям. Під виконання цих елементів робітники здійснюють певні елементарні *рухи*.

Технологічний процес складання (як і механічної обробки) проектується. Основою для цього є: складальні креслення і загальні креслення вузлів і виробів; технічні умови на прийняття і випробування виробів; виробнича програма підприємства; специфікація вузлів і деталей, що надходять для складання. Після виконання проектних робіт оформляють відповідну документацію — технологічні карти, схеми, графіки, карти норм часу та ін.

Попередньо вивчають конструкцію машини, технічні умови на її прийняття і випробування, потім розробляють схему складання, що визначає взаємозв'язок і послідовність з'єднання окремих елементів, вузлів, механізмів машини. Розробляють графічну схему (для наглядного представлення і виконання процесу).

Усі роботи складального процесу розбивають на окремі послідовні стадії: складання вузлів, механізмів, агрегатів, машини. Загалом складання поділяють на два типи: вузлове і загальне.

4.4.2. Види складання і форми його організації

Розрізняють три *види* складання за принципами:

- повної взаємозамінності;
- неповної взаємозамінності;
- ідивідуального припасування.

Взаємозамінністю називають такий принцип конструювання і виготовлення деталей машин, який забезпечує їх складання без додаткового припасування під час складання. Взаємозамінність є повна і неповна. За повної взаємозамінності всі деталі з партії займають свої місця в конструкції без підбирання і припасування. При неповній взаємозамінності деталі виготовляють з великими допусками на розміри і вони вимагають попереднього сортування. Взаємозамінними можуть бути деталі, вузли чи механізми.

Якщо при складанні машин деталь стає на місце без попереднього сортування або підбирання до другої деталі, з якою вона спрягається, то таке складання називають складанням з повною взаємозамінністю деталей. За такого способу можлива організація потокового складального процесу. Таке складання поширене у великосерійному і масовому виробництвах.

Складання, за якого використовують деталі, виготовлені з великими допусками на розміри, здійснюють шляхом попереднього сортування і підбирання їх за розмірами. Воно називається складанням з неповною взаємозамінністю. Індивідуальне підбирання за розмірами, що забезпечують при з'єднанні необхідну посадку (характер з'єднання), виконують з будь-яких деталей, виготовлених в межах встановленого допуску. Проте частіше попередньо сортують деталі на розмірні групи в межах того самого допуску, такий спосіб називається груповим підбиранням. Описане складання також застосовують у великосерійному і масовому виробництвах.

Складання за принципом ідивідуального припасування найчастіше використовують в одиничному і дрібносерійному виробництвах. Деталі після механічної обробки потрібно припасовувати, тобто виконувати додаткові види обробки залежно

від місця з'єднання. Це роблять або вручну (напилком) або за допомогою невеликого настільного обладнання (притирання, розсвердлювання, розточування, розвертання, опилювання, шліфування тощо).

Складання з повною взаємозамінністю деталей потребує, щоб оброблені деталі мали невеликі відхилення в розмірах, що робить механічну обробку дорогою, проте витрати на складання значно зменшуються. Водночас складання деталей, що мають неповну взаємозамінність, дає можливість знизити витрати при механічній обробці, але при цьому дорожчим стає складання.

За *формами організації* складання поділяють на стаціонарне і рухоме.

Стаціонарне виконує група робітників (бригада) на одному місці, до якого подають всі деталі та вузли. Його виконують на звичайних слюсарних верстаках, на столах і спеціальних пристроях. Загальне стаціонарне складання виконують на підлозі, обладнаних стендах, складальних верстатах. Є конструкції складальних верстатів, які дають змогу обертати виріб для надання йому різних положень.

У *рухомому* складанні виріб рухається від одного робочого місця до іншого. Робітники, що знаходяться постійно на своїх місцях, виконують одні й ті самі операції, до кожного робочого місця надходять деталі та вузли, є необхідні інструменти і пристрої для виконання певної операції. Стаціонарне складання характерне для одиничного і серійного виробництва (для окремих вузлів і для масового), а рухоме — для серійного і масового виробництва. Його здійснюють на конвейерах, спеціальних транспортних пристроях. Рух конвейера може бути періодичним або безперервним.

Складання, при якому робота безперервна і складені готові вироби отримують періодично через відповідний (однаковий) проміжок часу називають *потоким*. Цей метод можна застосувати як при нерухомому складанні, так і при рухомому.

За потокового складання потрібно дотримуватися таких умов:

- забезпечити взаємозамінність деталей, за якої виключається припасування деталей на місці;
- розчленувати весь складальний процес на окремі операції, однакові або кратні за часом їх виконання;

— для кожної операції точно визначити потрібну кількість робітників певної кваліфікації;

— забезпечити процес регулярним і своєчасним постачанням до місця виконання комплектів деталей, вузлів, пристроїв, інструментів і матеріалів;

— чітко спланувати всю організацію роботи потокової лінії.

Налагодження потокової лінії складне, але це компенсується значними техніко-економічними перевагами: робітники спеціалізуються на виконанні відповідних операцій; часу на виконання операцій потрібно значно менше; складання коштує дешевше, отже, знижується собівартість виробу; підвищується пропускна здатність складального цеху; краще використовується кваліфікація робітників; зменшується площа складальних цехів, є більші можливості для автоматизації процесу.

4.4.3. Машини і механізми, що використовуються у процесах складання

Для виконання складальних операцій застосовують:

1. Затискачі. Найбільше значення мають слюсарні *тиски*, звичайні або поворотні. Вставні губки виготовляють із м'якої сталі, латуні, листової міді, алюмінію. Є різні конструкції тисків: механічні, пневматичні та ін. Як затискачі використовують ще *струбцини*, гвинтові або пневматичні. Спеціальними затискачами є складальні кондуктори, швидкодіючі фіксатори, поворотні столи, маніпулятори.

2. Робочі пристрої слугують для виконання з'єднань і поділяються на спеціальні та універсальні. Найчастіше застосовують пристрої:

— для встановлення і з'єднання деталей;

— кріплення базових деталей вузлів, що складаються;

— зняття з валів зубчастих коліс, маховиків, для виймання втулок із циліндрів;

— пристрої для піднімання деталей при складанні (скоби, захвати та ін.);

- зміни положення виробів, що складаються;
- контролю правильності встановлення (правильності розміщення деталей, перпендикулярності осей тощо);
- попереднього стискання пружин, ресор та ін.;
- регулювання, визначення розмірів, випробувань (наприклад, гідравлічних);
- поворотні пристрої для повертання валів при складанні двигунів внутрішнього згорання, парових машин, компресорів.

Як механізми, що замінюють ручні слюсарні роботи, застосовують електричні опилувально-шліфувальні машини переносного типу; електричні й пневматичні свердлильні ручні машини; механічні верстати для притирання вентилів і клапанів; механічні й пневматичні шабери; електричні й пневматичні зубила і молотки; електричні та машинні викрутки; гайковерти; клепальні машини; ручні, механічні, пневматичні, гідравлічні преси; зварювальні машини; нагрівальні пристрої та ін.

3. Транспортні пристрої. До транспортних пристроїв, які використовують у складальних цехах, належать транспортні машини, підйомники, домкрати, конвеєри, транспортери, рольганги, візки, карусельні столи та ін. Вибір пристроїв залежить від виробу, який складається, типу виробництва, виробничої програми. Для складальних робіт застосовують *конвеєри* різних конструкцій — візкові, вертикально-замкнені й горизонтально-замкнені, підвісні, стрічкові, пластинчасті, розміщені на підлозі. Застосовуючи той чи інший конвеєр, можна мати пряму чи замкнену лінію потоку.

При виконанні складальних робіт використовують також *контрольні пристрої*.

Для підвищення ефективності процесу, крім механізації окремих складальних операцій, дедалі ширше застосовується автоматизація.

4.4.4. Технічний контроль і випробування складених виробів

Технічний контроль складальних процесів має за мету забезпечити потрібну якість з'єднань деталей і вузлів у складеній машині та перевірити відповідність цих з'єднань технічним умовам на прийняття. Контролюють окремі з'єднання, вузли, механізми і цілі машини. Для цього на складальних лініях передбачено місця для виконання контрольних операцій. Обов'язково перевіряють всі відповідальні з'єднання і вузли, менш відповідальні перевіряють періодично. Використовують також спеціальні контрольні пристрої.

Після контролю складені вузли, механізми і машини регулюють і випробовують. *Регулювання* передбачає встановлення відповідної взаємодії частин, погодженість між роботою окремих механізмів. Відрегульовані вузли, механізми і машини піддають випробуванню для перевірки їх якості.

Випробування поділяють на дві стадії: механічне випробування (обкатування) і випробування під навантаженням або теплове (для теплових машин).

Механічне випробування здійснюють для перевірки правильності взаємодії частин і припрацювання тих поверхонь деталей, які труться, за допомогою спеціальних пристроїв, випробувальних стендів. Випробовують доти, доки не переконуються, що всі частини механізму або машини працюють належним чином. Після цього механізми і машини випробовують під навантаженням.

Випробування під навантаженням здійснюють відповідно до технічних умов. Якщо випробовується верстат, то при випробуванні робота проводиться в тому режимі і в тих умовах, які відповідають експлуатаційним. Випробовують на повну потужність протягом встановленого технічними умовами часу. Якщо машина є двигуном — тепловим, водяним або електричним, — то застосовують відповідний вид енергії. Під час випробування поступово збільшують кількість обертів і відповідне навантаження.

Записи випробувань проводять у журналі випробувань і на їх основі роблять висновки про якість машини (механізму). Якщо виявлено дефекти, то вони усуваються або безпосередньо на стенді, або в дефектному відділі. Після їх усунення машина проходить повторне випробування.

4.4.5. Техніко-економічні показники складання

Для оцінювання технологічних процесів складання використовують техніко-економічні показники. Основними з них є:

1. Продуктивність робочого місця (лінії). Розрізняють хвилинну і годинну продуктивність:

$$N_{\text{хв}} = \frac{1}{t_{\text{скл}}};$$

$$N_{\text{год}} = \frac{60}{t_{\text{скл}}},$$

де $t_{\text{скл}}$ — норма часу на виконання складальної операції у хвилинах.

2. Витрати на виконання процесу складання (загальна собівартість):

$$S_{\text{скл}} = \sum_1^m S_0,$$

де S_0 — витрати, пов'язані з виконанням однієї операції;

m — число складальних операцій.

3. Загальна трудомісткість складального процесу (штучний час):

$$T_{\text{шт}} = \sum_1^m t_{\text{шт}},$$

де $t_{\text{шт}}$ — штучний час на виконання однієї операції.

4. Коефіцієнт завантаження кожного робочого місця, який визначає використання часу робітників. Він дорівнює відношенню розрахункової кількості складальників $R_{\text{скл}}$ до їх прийнятої кількості $R_{\text{пр}}$:

$$\eta_{\text{рм}} = \frac{R_{\text{скл.}}}{R_{\text{пр}}}.$$

5. Середній коефіцієнт завантаження робочих місць складальної лінії визначається за формулою

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{\sum R_{\text{скл.}}}{\sum R_{\text{пр}}}.$$

Величина середнього коефіцієнта завантаження робочих місць складальної лінії не повинна бути меншою 0,95.

6. Коефіцієнт трудомісткості складального процесу дорівнює відношенню часу, витраченого на складання виробу (вузла), $T_{\text{скл}}$ до часу, витраченого на виготовлення деталей кожного вузла (виробу) $T_{\text{виг}}$:

$$\eta_{\text{тп}} = \frac{T_{\text{скл.}}}{T_{\text{виг}}}.$$

Коефіцієнт не повинен перевищувати 0,2.

Такий комплекс техніко-економічних показників дає можливість оцінювати ефективність спроектованого технологічного процесу складання і порівнювати різні методи виконання складальних операцій.

4.5. Сучасний технологічний розвиток на рівні машинобудівного підприємства

4.5.1. Прогресивні технології при обробці заготовок

У металообробці часто виникають проблеми, пов'язані з обробкою матеріалів і деталей, потрібні форму і стан поверхневого шару яких важко або неможливо одержати механічним способом, оскільки є дуже міцні, в'язкі, крихкі, тверді матеріали. Іноді потрібно обробляти тонкостінні деталі, одержувати дуже малі отвори, з криволінійною віссю, вузькі щілини, пази, часто потрібно здійснити напилення дуже тонким шаром з точни-

ми розмірами. Такі проблеми розв'язують завдяки застосуванню *прогресивних технологій*, серед яких дуже *ефективними* є електрохімічні і електрофізичні способи обробки. Для їх реалізації використовують електричну, хімічну, світлову, звукову, променеву та інші види енергії, при цьому силових навантажень або зовсім немає, або вони надзвичайно малі. Такі методи не тільки дають змогу змінювати форму заготовки, але й впливають на стан її поверхневого шару. Водночас підвищується міцність, зносостійкість, корозійна стійкість та інші експлуатаційні характеристики виробу. Процеси обробки, як правило, прості, що забезпечує їх точне регулювання й автоматизацію. Такі методи універсальні й безперервні, окрім того дають змогу виконувати одночасне формоутворення всіх оброблюваних поверхонь.

Електрохімічне полірування. Процес є одним із видів електрохімічної обробки, яка ґрунтується на законах анодного розчинення при електролізі. Під час проходження постійного електричного струму через електроліт на поверхні заготовки, яка включена в електричне коло і є анодом, відбуваються хімічні реакції і поверхневий шар металу перетворюється на хімічну сполуку. Продукти електролізу переходять у розчин або видаляються механічним способом.

У електрохімічному поліруванні оброблювану заготовку (2) (рис. 4.23) підключають до аноду. Катодом є металева пластинка (3), виготовлена зі свинцю, молібдену, міді або сталі, електролітом є розчин лугу або кислоти. Для підвищення інтенсивності процесу електроліт (4) підігрівають до температури 40—80 °С.

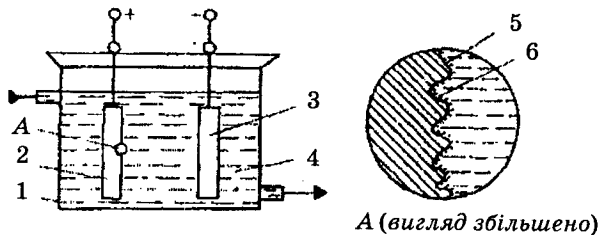


Рис. 4.23. Схема електрохімічного полірування:

1 — електролізна ванна; 2 — заготовка-анод; 3 — катод (металева пластинка); 4 — електроліт; 5 — виступи; 6 — западини

При надходженні напруги на електроди відбувається процес окиснення на аноді (заготовка розчиняється), переважно на виступах (5) мікронерівностей поверхні внаслідок більш високої густини струму на їх вершинах. Крім того, западини (6) між мікрорівностями заповнюються продуктами розчинення, мікронерівності вирівнюються і оброблювана поверхня полірується.

Техніко-економічні показники. Електрохімічне полірування покращує електрофізичні показники деталі, оскільки зменшується глибина мікротріщин, поверхневий шар деталі не деформується, виключається зміцнення і термічні зміни структури, підвищується корозійна стійкість. Можна одночасно обробляти всі поверхні партії деталей, що забезпечить високу продуктивність процесу. Таким способом декоративно обробляють деталі, очищають їх, виготовляють фольгу, тонкі листи, доводять робочі поверхні різальних інструментів. Процес відбувається при невисокій температурі.

Електрохімічна розмірна обробка. Схема обробки зображена на рис. 4.24.

Через міжелектродний простір (щілину), утворений оброблюваною заготовкою-анодом (2) та інструментом-катодом (1), безперервно під тиском подають електроліт. Він розчиняє утворені на заготовці-аноді солі й видаляє їх із зони обробки. При цьому одночасно обробляється вся поверхня заготовки, що перебуває під активною дією катода.

Інструмент-катод має форму обернену формі оброблюваної поверхні. Ділянки заготовки, які не потребують обробки, ізолюються. Електроліт обирають таким чином, щоб інструмент не зношувався (він має бути нейтральним).

Техніко-економічні показники. Розглянутий процес характеризується високою продуктивністю і точністю обробки, яка підвищується при зменшенні щілини між інструментом та

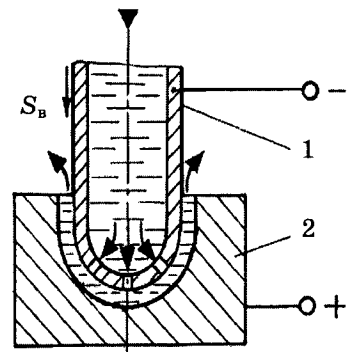


Рис. 4.24. Схема електрохімічної розмірної обробки: 1 — інструмент-катод; 2 — заготовка-анод

заготовкою. Цим способом обробляють заготовки із високоміцних сплавів, карбідних і важкооброблюваних матеріалів.

Електрохімічна розмірна обробка дає змогу обробляти тонкостінні деталі та одержувати високу точність розмірів і малу шорсткість поверхонь (штампи, пресформи, турбінні лопатки), наскрізні циліндричні отвори.

Ультразвукова обробка. Цей спосіб ґрунтується на руйнуванні поверхні заготовки абразивними зернами від ударів інструмента, який коливається з ультразвуковою частотою. Інструментами є спеціальні верстати, частиною яких — вібратори з феромагнітного матеріалу, нікелю, пермалюю (нікель із залізом) тощо.

Вібратор (2) (рис. 4.25), виготовлений з тонких пластин феромагнітного матеріалу, розміщують в обмотці збудження (1), під'єднаній до генератора ультразвукової частоти. Електромагнітні коливання генератора перетворюються на механічну вібрацію з амплітудою 0,1—0,12 мм. Потім вібрація через концентратор (стрижень) (3) передається інструменту (4), робочий торець якого виготовлений за формою отвору заготовки (5). У

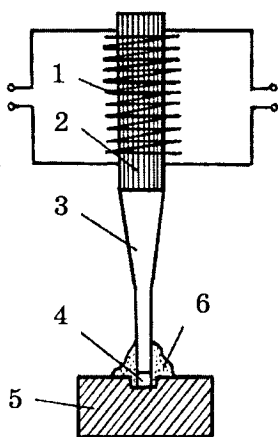


Рис. 4.25. Схема ультразвукової обробки:

1 — обмотка збудження; 2 — вібратор; 3 — стрижень (концентратор); 4 — інструмент; 5 — заготовка; 6 — абразив

зону обробки підводять струмінь рідини (6) в суміші з абразивним пилом (алмазний пилом, карборунд, карбід бору). Енергія коливання інструмента передається абразивним частинкам, які набувають великих прискорень і вдаряються об оброблювану поверхню із силою, що в десятки тисяч разів перевищує їх масу. Внаслідок цих процесів матеріал заготовки руйнується.

Техніко-економічні показники. За допомогою ультразвукової обробки можна свердлити отвори дуже малих діаметрів, з криволінійними осями, нарізати канавки, пази, різьбу у твердих сплавах, загартованих сталях, кварцах, алмазах, склі та

ін., здійснювати чистову обробку (шліфування, полірування). Оброблені деталі характеризуються високою точністю розмірів і малою шорсткістю поверхонь. Для підвищення цих показників потрібно використовувати абразиви меншої зернистості, а при застосуванні мікропорошків, шорсткість поверхні можна довести до шорсткості полірування.

Процес високопродуктивний. Так, порівняно з обробкою різанням, продуктивність ультразвукової обробки підвищується в 10—20 разів. При цьому економія матеріалу становить 20—50 %.

Плазмова обробка. Суть цього методу обробки полягає в тому, що плазму (повністю йонізований газ) з температурою 10 000—30 000 °С спрямовують на оброблювану поверхню заготовки.

Плазму одержують в плазмотронах (рис. 4.26). Дуговий розряд (3) виникає між вольфрамовим електродом (1) і мідним електродом (2).

Електрод (2) зроблено у вигляді труби, він охолоджується протічною водою. У трубу подають газ (аргон, азот або їх суміш). Обтискаючи дуговий розряд, газ при з'єднанні з електронами йонізується й із сопла плазмотрона виходить у вигляді яскравого потоку (4), який спрямовують на оброблювану заготовку (5).

Можна здійснювати плазмову напильну, для чого в камеру плазмотрона подають одночасно інертний газ та порошкоподібний конструкційний матеріал, який у вигляді плазми скеровують на заготовку. Відбувається нарощування металу. За допомогою спеціальних систем плазми на заготовці можна переміщувати.

Техніко-економічні показники. За допомогою плазми можна

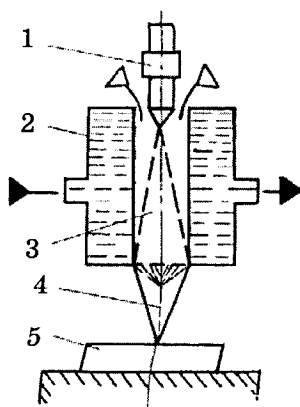


Рис. 4.26. Схема плазмової головки:

1 — вольфрамовий електрод;
2 — мідний електрод; 3 — дуговий розряд; 4 — потік газу;
5 — оброблювана заготовка

обробляти будь-які матеріали — тверді сплави, загартовані сталі, скло, природні камені, алмази та ін.; здійснювати різні операції — точіння, стругання, свердління та ін. Процес високопродуктивний. Упровадження обладнання для плазмового різання і механічної обробки деталей сприяє підвищенню продуктивності праці в 5—10 разів. Можна обробляти заготовки дуже складних форм, тонкостінні. Процес високоавтоматизований — спеціальні пристрої стежать за процесами обробки, нарощування покриття і автоматично відключають систему, коли деталь готова.

4.5.2. Автоматизація виробництва як вищий етап технологічного розвитку підприємства

Автоматизація виробництва — основа розвитку сучасної промисловості, основний напрям *технологічного розвитку*. Розвиток автоматизації — довготривалий еволюційний процес, що історично здійснюється на основі механізації. Автоматизація потребує підвищення технічного й організаційного рівнів виробництва на всіх його етапах, окрім того вимагається чіткість і безперерійність роботи всіх ланок виробництва. Розрізняють часткову, комплексну і повну автоматизацію виробництва.

Часткова автоматизація виробництва передбачає автоматизацію окремих операцій, процесів, що здійснюються в тих випадках, коли керування ними недоступне (складні, швидкоплинні процеси). Частково автоматизується, як правило, діюче виробниче обладнання. Такий вид автоматизації найбільш ефективний тоді, коли виробниче обладнання розроблено одразу як автоматизоване.

За *комплексної* автоматизації виробництва дільниця, цех, підприємство функціонують як єдиний автоматизований комплекс, нею охоплено всі основні виробничі функції підприємства. Така автоматизація ефективна лише на високорозвиненому виробництві на базі досконалих технологій і прогресивних методів роботи й управління. Функції людини при цьому обме-

жуються лише загальним контролем і керуванням роботою комплексу.

Повна автоматизація виробництва передбачає передачу всіх функцій управління і контролю комплексно-автоматизованим виробництвом автоматичним системам управління. Її запроваджують тоді, коли автоматизоване виробництво рентабельне, стійке, його режими практично незмінні, можливі відхилення завчасно можуть бути враховані, а також в складних і небезпечних для життя і здоров'я людей умовах. На машинобудівних підприємствах є великі можливості для застосування різних засобів і методів автоматизації. Автоматизують окремі механізми машин і обладнання, процеси виготовлення заготовок, їх обробки, складання машин і цілі виробничі комплекси, створено нові автоматизовані верстати, які частково або повністю виконують технологічні операції в автоматичному режимі.

Верстати-напівавтомати — машини, які виконують виробничий цикл в автоматичному режимі, але для його повторення потрібне втручання робітника, який закріплює заготовку, вмикає і вимикає верстат, знімає готову деталь, здійснює контроль.

Верстати-автомати — самокерована машина, яка автоматично здійснює всі роботи, крім контролю і налагодження. На автоматах обробляють одну або декілька заготовок одночасно. Робітник може обслуговувати кілька таких машин.

Агрегатні верстати — спеціальні верстати, які компонуються із нормалізованих стандартних складників — агрегатів — уже готових і перевірених у роботі. На агрегатному верстаті за одну операцію обробляють багато поверхонь. З нерухомою заготовкою працюють одночасно кілька інструментів, які виконують свердління, розточування, зенкерування, розвертання, фрезерування, підрізування, різенарізання. Агрегатні верстати високопродуктивні, менш трудомісткі у виготовленні, універсальні, легко переналагоджуються для виготовлення інших деталей. Застосування агрегатних верстатів дає змогу найбільш раціонально організувати випуск виробів, знизити собівартість, забезпечити ефективну їх експлуатацію та ремонт.

Автоматичні лінії — групи верстатів і транспортних пристроїв, що автоматично виконують в технологічній послідовності цикл операцій обробки заготовок. Заготовки потоком з єдиним темпом автоматично обробляються і переміщуються від одного верстата до іншого. Такі лінії найчастіше компонують з агрегатних і спеціальних верстатів, автоматів, напівавтоматів, універсальних верстатів для обробки однотипних деталей.

Дуже часто в промисловості застосовують роторні автоматичні лінії, які включають завантажувальні, розвантажувальні та робочі ротори, пов'язані єдиним технологічним процесом. На таких лініях інструмент і деталь одночасно переміщуються в процесі обробки і обертаються навколо центральної осі. Заготовки послідовно передаються від одного ротора на другий, але при цьому рухаються по хвилястій кривій. Роторні лінії займають значно меншу виробничу площу, їх продуктивність не залежить від тривалості виконуваних операцій.

Існують комплексні автоматичні лінії, до яких крім верстатів входить ливарне, термічне, зварювальне, складальне та інше устаткування.

Недоліком автоматичних ліній є те, що використання їх ефективне лише в масовому виробництві.

Обробні центри — верстати, в яких максимально сконцентровані в єдиному агрегаті операції для обробки заготовок. Вони більше подібні до мініатюрного заводського цеху. Верстат оснащений ЕОМ і програмами, які легко і швидко можна змінювати для обробки інших заготовок. Вони мають магазини, в яких зберігаються комплекти інструментів (до 60 шт.), потрібних для обробки, та механізми для автоматичної зміни інструментів. На цих верстатах виконують операції свердління, розточування, зенкерування, розвертання, фрезерування, різенарізація та ін. За одне встановлення повністю обробляється заготовка. У таких верстатах вирішено складні завдання: автоматизація обробки заготовок, заміна заготовок та інструментів, контроль за обробкою заготовки і за інструментами.

Застосування обробних центрів сприяє зменшенню кількості верстатів і обслуговуючого персоналу, обсягів виробничих площ. Забезпечується висока точність і надійність обробки.

Техніко-економічні показники. Автоматизація забезпечує досягнення високої продуктивності виробництва і якості виготовленої продукції, покращення умов праці. Підвищується ефективність виробництва, створюються умови для оптимального використання всіх ресурсів. При визначенні ступеня автоматизації враховуються економічну ефективність і доцільність в умовах конкретного виробництва. Праця людей змінюється, стає складнішою, змістовнішою, більш аналітичною. Акцент у трудовій діяльності людини зміщується на технічне обслуговування машин-автоматів. Робота одного працівника стає так само важливою, як і робота цілого підрозділу.

Рівень автоматизації виробництва, його кількісна оцінка визначається відношенням часу автоматизованої роботи до загального часу, необхідного для виконання конкретної роботи. Для оцінювання якісних результатів використовують показники соціально-економічної ефективності — зниження собівартості, підвищення продуктивності та ін.

Досвід підприємств і галузей у сфері автоматизації свідчить, що застосування нових методів обробки значно підвищує її економічну ефективність. Якщо автоматизують виробництво і одночасно впроваджують нові прогресивні технології, які замінюють традиційні, ефективність підвищується в 4—5 разів і більше. Запропоновані технології в умовах автоматизації різко підвищують продуктивність праці.

4.5.3. Поняття гнучких виробничих систем

Найпоширенішим типом виробництва є серійний. Щоб в умовах такого виробництва мати можливість швидкого переналагодження обладнання, автоматичні лінії замінюють гнучкими автоматичними системами, які створюють на базі обладнання, керованого ЕОМ, за допомогою програм. Зміну програм здійснюють досить просто і легко, при цьому обладнання швидко переналагоджується на обробку іншої заготовки. Гнучкими можуть бути лінія, дільниця, цех, завод. Всіма елементами виробництва керує єдина система. Погоджено, в автоматичному

режимі, працюють транспортні пристрої, склади заготовок і деталей, система зміни та встановлення інструментів тощо.

Гнучкі виробничі системи (ГВС) — якісно новий рівень технічного оснащення та організації виробничих процесів, який визначається наявністю не тільки високоавтоматизованого основного технологічного обладнання, але й автоматизованого транспортного обладнання, засобів обчислювальної техніки, контрольно-вимірювального і діагностичного обладнання та ін. Створення сьогодні гнучких виробничих систем має статус самостійної технічної проблеми, яку вирішують на основі використання найсучаснішого арсеналу обладнання, а також шляхом створення принципово нових технічних і програмних засобів. Проте очевидним є факт, що методологія створення ГВС має вирішувати не лише технічні проблеми, потрібно звертати увагу і на проблеми технології, організації та управління, які не тільки пов'язані з технічними, але мають вагомий вплив на їх правильне вирішення.

Складність і багатогранність проблем створення ГВС приводить до того, що технічне переозброєння машинобудівних підприємств на основі ГВС потребує значних трудових і капітальних затрат. Тому дуже важливе значення має підвищення якості й оптимальності прийнятих проектних рішень. Вони мають забезпечувати досягнення найвищих техніко-економічних і експлуатаційних показників функціонування ГВС.

Проблеми створення ГВС не мають розглядатися самостійно, без урахування загальних концепцій сучасного розвитку і вдосконалення виробничих систем машинобудівних підприємств. Створення ГВС важливе, але це лише один із напрямів загального обсягу робіт щодо вдосконалення і комплексної автоматизації всіх сфер виробничої діяльності підприємства. Тому методологія технологічної підготовки і створення ГВС повинна бути невід'ємним складником єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ). З появою нових технічних і технологічних можливостей змінюються напрями технологічної підготовки виробництва і проектування гнучких виробничих систем.

Основні принципи побудови ГВС такі:

— *гнучкість*, тобто здатність системи до швидкої автоматичної перебудови з мінімальними витратами на випуск нової продукції;

— *автоматизація*, що забезпечить досягнення максимального збільшення продуктивності праці, підвищення і стабілізацію якості продукції;

— *інтеграція* виробничих процесів у ГВС;

— *модульність*, що забезпечує компоновання ГВС та її елементів, а також формування окремих підсистем з уніфікованих і стандартних гнучких виробничих агрегатів та модулів. Це одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик, яка має програмне керування, функціонує автономно, автоматично виконує всі функції і може вбудовування у гнучку виробничу систему.

Ідеальною і теоретично можливою ГВС вважають таку, при побудові якої реалізовано всі чотири принципи. Проте часто на їх втілення впливають різні фактори, тобто ідеальну систему побудувати неможливо.

Є чотири групи гнучких виробництв:

1. Принципи побудови і роботи таких виробництв ґрунтується на жорсткій технології виробництва, за якої технологічне обладнання призначене лише для виготовлення однієї деталі (виробу), після закінчення випуску якої воно не може використовуватися для виготовлення іншого виробу. Ступінь гнучкості відсутній.

2. Виробництва можуть перебудовуватися. При цьому обладнання при заміні окремих його компонентів або зміні компоновання може використовуватися для виготовлення нового виробу.

3. Виробництва можуть переналагоджуватися, що дає змогу чергувати обробку різних деталей, переходити на випуск нових деталей.

4. Виробництва побудовані на гнучкій технології виробництва і обладнання, пристосованого до високого рівня автоматизації.

Впровадження і подальший розвиток ГВС відкриває перспективи для створення в машинобудуванні автоматизованого підприємства майбутнього. Це буде повністю інтегроване виробництво, яке включатиме в єдину систему всі необхідні функціональні підсистеми для виготовлення виробів (від ідеї до реалізації готової продукції), які буде автоматизовано на базі ЕОМ і мікропроцесорної техніки.

Техніко-економічні показники. У виробничому процесі ГВС людина безпосередньої участі не бере. Вони функціонують на основі *безлюдної технології*. ГВС сприяють різкому зростанню продуктивності праці в умовах серійного виробництва, дають змогу дуже швидко переходити на виготовлення подібної, але іншої продукції, забезпечують підвищення якості продукції, покращують умови праці робітників. Знижуються витрати на виробництво, скорочуються виробничі цикли, тривалість технічної підготовки. Гнучкі виробничі системи швидко адаптуються до зовнішніх і внутрішніх впливів, забезпечують автоматизацію як основних, так і допоміжних процесів. Їх створення забезпечує ефективне використання нових технологій, техніки, матеріалів.

В умовах функціонування ГВС забезпечується значне скорочення кількості основних і допоміжних працівників, які беруть участь у виробничому процесі, одночасно з'являється тенденція до розширення категорій фахівців, необхідних як для створення, так і для експлуатації ГВС. Це означає, що за широкого впровадження таких систем на машинобудівних підприємствах виникає проблема підготовки відповідних фахівців.

4.5.4. Поняття науково-технічної підготовки сучасного виробництва

Вирішення економічних, соціальних та інших завдань на підприємстві безпосередньо пов'язано з технологічним прогресом виробництва і використанням його досягнень в усіх сферах господарської діяльності. На підприємстві він розгортається тим ефективніше, чим досконаліше здійснено науково-технічну підготовку, під якою розуміють комплекс наукових, конструкторських, технологічних і організаційних заходів, що забезпечують розробку і освоєння виробництва нових видів продукції, а також удосконалення виробів, що випускаються. Впровадження у виробництво виробів, що пройшли повну науково-технічну підготовку, дає змогу досягти високої рентабельності їх випуску вже через 1—2 роки. Виробництво без на-

лежної технічної підготовки подовжує термін освоєння у 2—2,5 разу. У цьому випадку рентабельний період скорочується тому, що продукція морально застаріває, на неї падає попит і ціна.

Науково-технічну підготовку виробництва за своїм змістом поділяють на науково-дослідну і технічну (конструкторську і технологічну) *стадії*.

На *першій* (науково-дослідній) стадії здійснюють прикладні дослідження, експерименти, вивчення можливостей використання нових конструктивних рішень, матеріалів, технологічних процесів, прогнозування попиту на продукцію та ін. Є два види наукових досліджень — фундаментальні та прикладні. В результаті *фундаментальних* досліджень формуються принципово нові теоретичні проблеми, закони і теорії, проводять їх в структурах Академії наук, вищих навчальних закладах. *Прикладні* дослідження спрямовані на пошуки шляхів практичного використання результатів фундаментальних досліджень у виробництві, їх проводяться вони науковими підрозділами галузі чи підприємства.

На *другій* (конструкторській) стадії здійснюють всі необхідні види робіт з конструювання нових виробів (розробляється проект), виготовлення дослідних зразків, удосконалення виробів, що випускаються.

На *третьій* (технологічній) стадії розробляють нові й удосконалюють наявні технологічні процеси, технологічне оснащення, засоби і методи контролю якості, удосконалюють організацію виробництва в цехах і на виробничих ділянках.

Основні завдання технічної підготовки виробництва на машинобудівному підприємстві: формування прогресивної технічної і технологічної політики; створення умов для ритмічної та рентабельної, високопродуктивної роботи підприємства; послідовне скорочення тривалості технічної підготовки виробництва, її трудомісткості та вартості при одночасному підвищенні якості усіх видів робіт.

Рівень технічної підготовки виробництва залежить від багатьох факторів, які можна поділити на групи: технічні, економічні, організаційні і соціальні.

Технічні фактори: розробка та впровадження типових і стандартних технологічних процесів, використання стандар-

тизованих і уніфікованих засобів технологічного оснащення; застосування систем автоматизованого проектування технологічного оснащення; застосування автоматизованих систем управління АСУ, верстатів із цифровим програмним керуванням, прогресивних режимів обробки заготовок; використання прогресивних технологій; впровадження прогресивних заготовок з метою зниження трудомісткості їх обробки; застосування прогресивних методів контролю, їх автоматизація.

Економічні фактори: поетапне фінансування робіт технічної підготовки виробництва; надання пільгових кредитів; створення фонду стимулювання освоєння нової техніки.

Організаційні фактори: розвиток і поглиблення спеціалізації виробництва; атестація якості технологічних процесів і виготовлених засобів технологічного оснащення, нестандартного устаткування за результатами перевірки якості дослідного зразка чи першої промислової партії виробів основного виробництва; поліпшення організації допоміжного виробництва; удосконалення відносин між основним і допоміжним виробництвами; розширення кооперування.

Соціальні фактори: підвищення кваліфікації працівників; механізація та автоматизація основних і допоміжних операцій з метою поліпшення умов праці; розвиток соціальної сфери; поліпшення психологічної атмосфери у колективі.

Технічна підготовка виробництва може передбачати технічне переозброєння, реконструкцію і розширення окремих виробничих ділянок, модернізацію устаткування.

Визначено систему технічної підготовки виробництва — сукупність взаємозалежних технічних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску продукції з заданими технічними умовами та якістю. За переходу економіки до ринкових умов діяльності підготовка підприємства до виходу зі своєю продукцією на міжнародний ринок буде ускладнюватися. Тому сьогодні застосовується єдина система технічної підготовки виробництва (ЄСПІВ) — встановлена державними стандартами система організації та керування технічною підготовкою виробництва. ЄСПІВ покликана забезпечити єдиний для кожного підприємства системний підхід до вибору та застосування методів і засобів технічної підготовки виробництва, високу здатність виробництва до постійного роз-

витуку, швидкого переналагодження на випуск досконалішої продукції, раціональну організацію механізованого виконання комплексу інженерно-технічних робіт.

Терміни технічної підготовки виробництва можуть бути значно скорочені, якщо механізувати та автоматизувати трудомісткі обчислювальні, графічні, пошукові, розмножувальні та інші види роботи, характерні для більшості етапів конструкторської і технологічної підготовки виробництва. Найбільший ефект від механізації та автоматизації технічної підготовки виробництва досягається за використання автоматизованих систем (АСТПВ), автоматизованих систем керування технологічними процесами в межах автоматизованої системи керування виробництвом. У цьому випадку забезпечують прискорення та підвищення технічного рівня конструкторських і технологічних розробок, вибирають оптимальний технологічний процес, раціонально використовують виробничі потужності, матеріальні й трудові ресурси, підвищують якість продукції.

4.5.5. Оцінювання та вибір технологічних рішень на підприємстві

Нові технології і технологічні рішення на підприємствах мають забезпечити ефективність роботи підприємства, покращити його техніко-економічні та соціально-економічні показники. За їх допомогою оцінюють технологічні рішення, визначають правильний їх вибір.

Ефективність — відносна величина, яка характеризує результативність будь-яких витрат. Якщо розглядаємо технологічний розвиток, то йдеться про витрати на впровадження нових технологій або технологічних рішень. Визначають ефективність шляхом порівняння стану підприємства із станом, коли кошти мали бути витрачені на досягнення ефекту.

Ефект — результат впровадження нових технологій, технологічних рішень (або інших заходів). Переважно це підвищення якості продукції, підвищення продуктивності, зменшення собівартості, вивільнення ресурсів, економія сировин-

них матеріалів та ін. Найчастіше величину економічного ефекту оцінюють певною грошовою сумою. Він може бути позитивним і негативним (збитки).

Відповідно до методичних рекомендацій, економічний ефект нових технологічних рішень, технологій (нововведень) визначають як різницю між отриманим результатом у кількісному вираженні і витратами за певний період, тобто з урахуванням вартісної оцінки результатів від їх впровадження за розрахунковий період (P) і вартісної оцінки витрат на їх впровадження за той самий період (B):

$$E = P - B.$$

Залежно від обчислених ефекту і витрат є декілька видів оцінки:

1. Народно-господарська ефективність нових технологій, що характеризує відношення ефекту до витрат у всьому народному господарстві.

2. Госпрозрахункова ефективність, за якою оцінюють результативність витрат у галузі (підприємстві). Її розраховують як відношення прибутку до собівартості продукції або до вартості виробничих фондів.

3. Порівняльна ефективність, тобто вибір кращого варіанта впровадження.

4. Абсолютна ефективність. Оцінюється відношенням кінцевого народно-господарського ефекту (у кількісному вираженні) до витрат на реалізацію вибраного варіанта, це завершує процес оцінювання і вибору оптимального варіанта технологій.

При виборі й оцінюванні технологій і технологічних рішень потрібно враховувати також інші показники: витратні коефіцієнти, продуктивність праці (процесу), собівартість і якість продукції за новою технологією та ін. Одним з важливих показників є *якість* продукції, адже відомо, що якість продукції визначає конкурентоспроможність її на ринку. Продукція може бути дешевою але не якісною, проте сьогодні така продукція не користується попитом. Якість продукції залежить від багатьох факторів, в тому числі від технологічного

процесу, його структури й організації. Нові технології мають забезпечувати якість продукції сьогодні та можливості підвищення якості завтра.

Важливими факторами прискорення впровадження нових технологій є *комп'ютеризація*, що дає змогу автоматизувати не тільки основне виробництво, але й допоміжні процеси, процеси перенесення наукових знань у виробництво, отримання нових знань. Автоматизовані системи наукових досліджень, автоматизованого проектування, гнучкі автоматизовані виробництва є елементами системи, яка дає змогу формувати найновіші досягнення науки і техніки.

Контрольні запитання і завдання

1. Що таке продукція машинобудівної промисловості? Дайте їй характеристику.
2. Зазначте техніко-економічні показники машин.
3. Охарактеризуйте поняття технологічного і виробничого процесів у машинобудуванні.
4. Які є три основні етапи виготовлення машин?
5. Назвіть і порівняйте типи машинобудівних виробництв.
6. Дайте характеристику і проведіть техніко-економічне оцінювання різних технологічних процесів, що відбуваються при виготовленні машин.
7. Які нові прогресивні технології застосовують у сучасному виробництві машин? Охарактеризуйте їх.
8. Яке значення при виготовленні машин має автоматизація? З'ясуйте її принципи, різновиди, техніко-економічні характеристики.
9. Що таке гнучкі виробничі системи, гнучкі автоматизовані виробництва? Чи вигідне їх створення? За яких умов воно є вигідним?
10. Розкрийте зміст і завдання науково-технічної підготовки машинобудівного виробництва.

Література

1. *Васильева И.Н.* Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
2. *Дичковська О.В.* Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
3. *Дичковська О.В.* Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.
4. Економіка підприємств: Посібник / За ред. П.С. Харіва. — Т.: Економічна думка, 2002.
5. *Збожна О.М.* Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид., змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.
6. *Нейкова Л.И.* Анализ эффективности технического перевооружения промышленных предприятий. — М.: Финансы, 1990.
7. *Оголева Л.Н., Радиковский В.М.* Выбор приоритетов технологического развития: Учеб. пособие. — М., 1992.
8. *Онищенко В.И.* Технология металлов и конструкционные материалы. — М.: Агропромиздат, 1991.
9. Основы технологии важнейших отраслей промышленности / Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Вышейш. шк., 1989.
10. Системы технологий: Учеб. пособие для студ. вузов / Ред. П.Д. Дутко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Х.: Бурун-книга, 2003.
11. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.
12. *Яковенко І.І.* Виробничий ринок в сучасних умовах. — К.: Наука, 2001.

Розділ 5

ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

5.1. Хіміко-технологічні процеси

Хіміко-технологічним називають будь-який процес, який включає стадію хімічного перетворення, тобто в основі якого лежить конкретна хімічна реакція (або низка реакцій). Хіміко-технологічний процес охоплює три основних стадії: підведення реагуючих речовин (сировини) до зони реакції; хімічні реакції; виведення одержаних продуктів із зони реакції. Схематично хіміко-технологічний процес зображено на рис. 5.1.

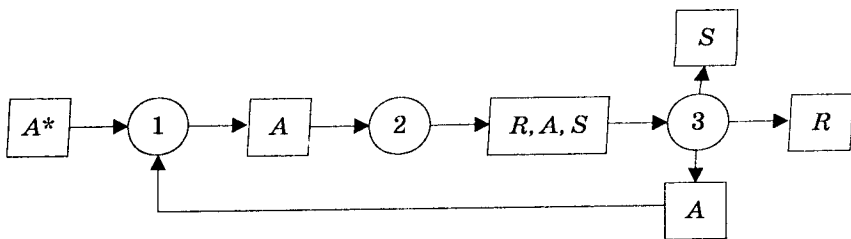


Рис. 5.1. Схема хіміко-технологічного процесу:

- 1 — стадія підготовки сировини; 2 — стадія хімічних перетворень;
- 3 — стадія розділення одержаних продуктів

Вихідний матеріал A проходить спочатку підготовку, а потім стадію хімічних перетворень. Після другої стадії одержуємо основний продукт R , побічні продукти S і залишається якась частина непрореагованої сировини. На третій стадії відбувається їх розділення. Непрореаговану сировину можуть повернути на першу стадію.

Ефективність хіміко-технологічного процесу залежить від раціонального вибору послідовності технологічних операцій і обладнання. Сукупність всіх апаратів для виробництва хімічних продуктів називають хіміко-технологічною системою (ХТС). Між апаратами ХТС взаємозв'язок, який можна описати математичними моделями.

Послідовний опис (зображення) процесів і відповідних апаратів називають *технологічною схемою виробництва* (ТСВ). У галузях хімічної промисловості сформувались такі технологічні схеми:

1. З *відкритим ланцюгом* (розімкнена), що складається з апаратів, через які реагуючі речовини проходять тільки один раз (рис. 5.2, а). Якщо ступінь перетворення в одному апараті невеликий, то до схеми послідовно включають декілька однотипних апаратів.

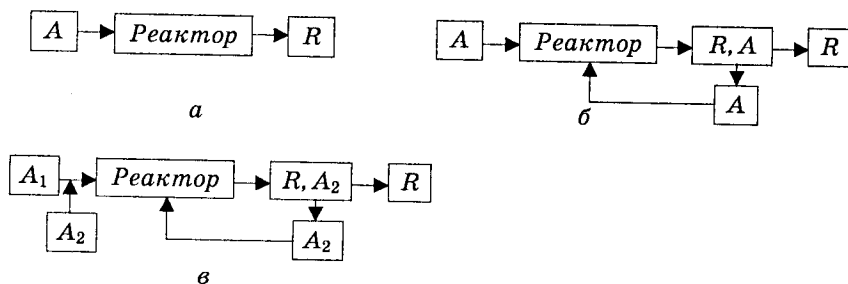


Рис. 5.2. Технологічні схеми хімічних виробництв:

а — з відкритим ланцюгом (розімкнена); б — циклічна (замкнена, кругова); в — комбінована

2. *Циклічна* (замкнена, кругова), у якій сировина, що не прореагувала, разом з порцією свіжої повертається в зону реакції (рис. 5.2, б). Частина сировини циркулює в замкненому

циклі, а продукт виділяється після кожного проходження суміші через реакційну зону. Реагуючі речовини багаторазово повертаються в один і той самий апарат до досягнення заданого ступеня перетворення. До суміші, що циркулює додають свіжу сировину в кількості, яка дорівнює витраті її на одержання продукту за один цикл. Циклічні схеми забезпечують вищий ступінь використання сировини, що покращує економічні показники, в навколишнє середовище викидається значно менша кількість шкідливих речовин.

3. Комбінована схема, за якої одна з реагуючих речовин одноразово проходить крізь апарати, а друга здійснює багаторазову циркуляцію через апарати системи (рис. 5.2, в).

Технологічні процеси хімічних виробництв характеризуються різноманітністю. Це пояснюється тим, що хімічні методи виробництва дають змогу одержувати різні продукти з одного вихідного матеріалу, а також використовувати різноманітну сировину для отримання одного і того самого продукту. Хіміко-технологічні процеси матеріаломісткі та енергомісткі.

В Україні найбільше виробляють мінеральних добрив, полімерів, мінеральних кислот, також виробляють содові продукти, спирти, фарби, лаки, фармацевтичні препарати, отрутохімікати та багато іншого.

5.2. Технологія окремих хімічних продуктів

5.2.1. Технологія одержання сірчаної кислоти

Кислотами називають складні неорганічні й органічні речовини, які здатні у водних розчинах дисоціювати (розпадатися), утворюючи позитивно заряджені йони водню. Саме через їх наявність кислоти мають кислий смак і отримали таку назву. Залежно від ступеня дисоціації молекул на йони в розчині розрізняють сильні та слабкі кислоти.

Розрізняють неорганічні (мінеральні) та органічні кислоти. До мінеральних кислот належать сірчана, соляна, азотна, фосфорна, сірчиста, сірководнева, плавикова та ін. (більше 20 ви-

дів). Найпоширенішою є сірчана кислота. В Україні із всіх кислот найбільше виробляють сірчаної.

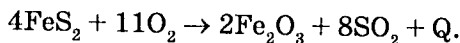
Сірчана кислота — важка масляниста рідина, що змішується з водою в будь-яких пропорціях, при цьому виділяється велика кількість теплоти. Може бути будь-якої концентрації. Безводну сірчану кислоту називають моногідратом. Сірчана кислота розчиняє оксид сірки, утворюючи олеум. Належить до сильних кислот.

Одержується вона нітрозним і контактним способами. Проте основним способом є контактний. Ним одержують 90 % кислоти високої концентрації і якості.

Сировиною для одержання сірчаної кислоти є самородна сірка, природні сірчисті сполуки заліза, міді, цинку тощо, сірка, що входить до складу горючих матеріалів, гіпс, ангідрит. Найчастіше використовують сірчаний колчедан, в якому вміст сірки становить більше ніж 50 % маси вихідних матеріалів. При одержанні кольорових металів утворюється сірчистий газ, який також є сировиною.

Технологічний процес одержання сірчаної кислоти контактним способом включає такі стадії:

1. **Одержання сірчистого газу** (діоксиду сірки). Цей газ утворюється при випалюванні колчедану в багатоподових печах або печах киплячого шару. Температура випалювання становить 500—800 °С. Після випалювання утворюється сірчистий газ і твердий залишок (недогарок):

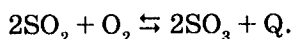


Недогарок містить багато заліза, а тому його використовують при одержанні чавуну, в цементній промисловості, у виготовленні барвників.

2. **Очищення сірчистого газу**. Одержаний газ містить до 300 г/м³ пилу, в якому є сполуки шкідливих елементів (миш'яку, селену, арсену та ін.). Ці домішки отруюють каталізатор, знижують його активність, тому газ ретельно (в декілька стадій) очищають.

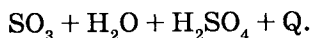
3. **Окиснення сірчистого газу**. Сухий очищений газ попередньо нагрівають і подають у спеціальний контактний апарат,

у якому газ додатково нагрівається до 600 °С і за наявності каталізатора окиснюється до триоксиду сірки:



Зміщення реакції вправо відбувається при зниженні температури і збільшенні тиску. Каталізатором слугує контактна маса, яка містить близько 7 % оксиду ванадію, оксиди лужних металів, високопористі алюмосилікати. Починається окиснення при 600 °С, закінчується при 400 °С. Потім газ охолоджують до 60—80 °С.

4. Поглинання окисненого газу і утворення сірчаної кислоти. Охолоджений газ подають в абсорбційне (поглинальне) відділення, в якому він поглинається в спеціальних баштах сірчаною кислотою (у разі поглинання водою утворюється сірчано-кислотний туман). В одній башті утворюється олеум, в другій — сірчана кислота:



Є такі сорти сірчаної кислоти: технічна кислота (купоросне масло), концентрацією 90,5—92,5 %, моногідрат (безводна кислота), баштова кислота, концентрацією 75 %, акумуляторна кислота, концентрацією 92—94 %, і олеум (низькоконцентрований містить 18,5—20 % вільного триоксиду сірки, висококонцентрований — до 65 %).

Галузі використання. Близько 40 % сірчаної кислоти використовуються для виробництва неорганічних і органічних кислот, солей, при одержанні вибухових речовин, штучних і синтетичних волокон, пластмас, отрутохімікатів, фарб, барвників, лаків, лікарських речовин, крохмалю, патоки. Застосовують її також в металообробці для очищення від продуктів корозії, перед покриттям іншими металами. У транспорті використовують сірчано-кислі акумулятори. Перевозять і зберігають сірчану кислоту у сталій і скляній тарі.

Техніко-економічні показники. Обладнання для одержання сірчаної кислоти високопродуктивне, окремі стадії технологічного процесу (окремі механізми) автоматизовані. При контактному способі одержують кислоту високої якості, що роз-

ширше області її використання. Сірчана кислота найдешевша з усіх створюваних. Розбавляючи її водою, можна одержувати кислоту потрібної концентрації. Виробництво потребує дотримання норм охорони праці й техніки безпеки.

5.2. Мінеральні добрива

Мінеральними добривами називають речовини (солі), які містять елементи, необхідні для нормального росту рослин. Деякі хімічні елементи потрібні рослинам у великих кількостях (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, залізо), деякі, навпаки, в дуже малих (йод, бор, цинк, молібден, марганець, мідь, кобальт тощо).

Класифікують мінеральні добрива за такими ознаками: за видом поживних елементів — на азотні, фосфорні, калійні; за кількістю поживних елементів — на прості (містять один поживний елемент) і комплексні (два або більше поживних елементи); за агрегатним станом — на тверді й рідкі; за агрохімічною дією — на прямі та непрямі. Непрямі добрива (вапняк, доломіт) вносять в ґрунт для покращення його фізичних і біохімічних властивостей.

До *азотних* добрив належать аміачна селітра, карбамід (сечовина), сульфат амонію, рідкий аміак, аміачна вода. Азотні добрива добре розчиняються у воді, найчастіше їх застосовують у сільському господарстві (для всіх рослин і на будь-яких ґрунтах). Найбільш концентрованим азотним добривом є рідкий аміак (до 82 % азоту).

До *фосфорних* добрив належать природні фосфати, простий і подвійний суперфосфат, преципітат. Фосфорні добрива оцінюють за вмістом оксиду фосфору, у фосфорних добривах він коливається в межах 20—50 %. Такий вид добрив потрібен злаковим культурам (житу, пшениці, ячменю тощо), технічним культурам, плодовим деревам. Водорозчинність фосфорних добрив гірша, ніж азотних.

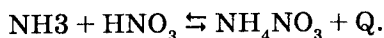
До *калійних* добрив належать силвініт, хлорид калію, сульфат калію. Без калію рослини не можуть нормально рости і розвиватися. Раніше для підживлення ґрунтів застосовували

золу рослин, до складу якої входить калій. При нестачі калію сповільнюється ріст рослини, жовтіють листя, плоди, стають менш солодкими фрукти, ягоди, насіння втрачає схожість. Калій потрібен всім рослинам.

Комплексні добрива можуть містити всі три поживні елементи (їх тоді називають повними) або два. До них належать амофос, нітрофоска, діамофос, нітроамофоска та ін. Співвідношення поживних речовин у комплексних добривах різне. Цінність таких добрив насамперед полягає в тому, що з них поживні речовини засвоюються повніше, відповідно зменшуються витрати. За способом одержання комплексні добрива можуть бути змішані і складні. Змішані одержують механічним перемішуванням частинок різних добрив, складні отримують хімічним способом або внаслідок сумісної кристалізації. До складу комплексних добрив часто входять мікроелементи.

Мінеральні добрива випускають найчастіше гранульованими, що спрощує процес внесення у ґрунт, покращує зберігання, запобігає швидкому руйнуванню.

Аміачна селітра. З усіх азотних добрив аміачну селітру використовують найчастіше. *Сировиною* для її одержання є азотна кислота і аміак. Отримують її шляхом нейтралізації кислоти аміаком.



Процес нейтралізації відбувається в спеціальному нейтралізаторі. Реакція проходить із виділенням теплоти, тому розчин нагрівається, потім його випарюють у вакуум-випарному апараті. Утворюється сплав, який гранулюють у грануляційній башті повітряним потоком. Гранули додатково охолоджують і ділять на фракції. При гранулюванні аміачної селітри додають негігроскопічні домішки. Одержані гранули припудрюють помеленим гіпсом, каоліном, фосфоритним або кістковим борошном.

Техніко-економічні показники. Вміст азоту в аміачній селітрі сягає 35 %. Ефективність використання такого добрива зумовлена її високою водорозчинністю і засвоюваністю рослинами, адже елементи, що містяться в ній, потрібні всім рослинам. Її легко вносити в ґрунт. Поряд з тим, це добриво при три-

валому зберіганні злежується, може перекристалізуватися зі збільшенням об'єму, що призводить до руйнування тари. У випадку підвищення температури і вологості під час зберігання вибухає, що потрібно враховувати при зберіганні й транспортуванні.

5.2.3. Високомолекулярні сполуки

Високомолекулярними називають такі сполуки, які мають велику молекулярну масу (великі розміри молекул). Їх ще називають *полімерами*. У макромолекулах цих сполук сотні і тисячі молекул, які пов'язані між собою. Будова макромолекул така, що в них багаторазово повторюються однотипові групи атомів (елементарні ланки). Ланки з'єднані хімічними зв'язками в ланцюги. Число цих ланок називають *ступенем полімеризації* (n). Зі збільшенням молекулярної маси покращуються властивості полімера.

Важливою характеристикою високомолекулярних сполук (ВМС) є їх відношення до температури. Вони здебільшого мають низьку температуростійкість. За відношенням до температури полімери є *термопластичні* (здатні до багаторазового нагрівання до температури плавлення і затвердіння) і *термоактивні* (при нагріванні плавляться, а потім твердіють необоротно, втрачаючи здатність плавитися).

Полімери здебільшого важкорозчинні: розчиняються повільно і часто спочатку набухають, що дає змогу молекулам розчинника проникнути у масу полімера. Деякі полімери зовсім нерозчинні.

При *класифікації* полімерів до уваги беруть такі ознаки: походження (виокремлюють природні й синтетичні ВМС), хімічний склад головного ланцюга (є карболанцюгові — головний ланцюг має лише атоми вуглецю; гетероланцюгові ВМС — в головному ланцюгу наявні ще кисень, азот, сірка, фосфор, кремній), структуру макромолекули (є лінійні, розгалужені і тривимірні), методи одержання (виокремлюють полімеризаційні та поліконденсаційні ВМС), фізичні властивості.

Одержують полімери з мономерів реакціями полімеризації і поліконденсації.

Полімеризацією називають процес з'єднання молекул при розриві подвійних зв'язків. Макромолекули мають однаковий з вихідним мономером склад. Різновидністю полімеризації є *співполімеризація* — полімеризація двох або більше різних мономерів. Розміщення елементарних ланок у макромолекулі співполімера має випадковий характер.

Поліконденсацією називають процес утворення макромолекул з одночасним виділенням побічних низькомолекулярних сполук (води, вуглекислого газу, аміаку тощо). Елементарний склад цих полімерів відрізняється від елементарного складу вихідних мономерів.

Сировиною для одержання полімерів є продукти переробки деревини, вугілля, нафти, природного і супутнього газів. Крім того, при отриманні полімерів використовують мінеральну сировину — сірчану, азотну кислоти, хлор, оксид кальцію, а також деяку рослинну сировину — целюлозу, фурфурол та ін.

Високомолекулярні сполуки, до яких належать льон, бавовна, вовна, целюлоза, хімічні волокна, смоли, пластмаси, каучуки, лаки тощо, відіграють важливу роль у створенні різних матеріалів і виробів. Синтетичні ВМС є порівняно новими матеріалами, оскільки їх почали виробляти і використовувати лише на початку ХХ ст. Сьогодні полімери належать до прогресивних матеріалів і впливають на темпи розвитку науково-технічного прогресу.

Основні споживачі матеріалів та виробів на основі цих сполук: машинобудування, літако- і суднобудування, радіоелектроніка, ракетобудування, атомна промисловість, космічна техніка, хімічна промисловість, сільське господарство, харчова, легка та інші галузі промисловості.

До цінних *техніко-економічних характеристик* полімерів належать: порівняно висока механічна міцність, пружність і еластичність, стійкість до агресивних середовищ, зносостійкість, мала густина, висока технологічність. Крім того, для одержання полімерів використовують різноманітну сировину. Поширення полімерів допомогло у вирішенні багатьох актуальних народногосподарських завдань: підвищення якості, надійності та довговічності виробів, економія металів, бороть-

ба з корозією, збільшення обсягів сільськогосподарської продукції та ін. Потреба в полімерних матеріалах сприяє розвитку прогресивних технологій для їх одержання. Разом з тим, полімери мають і негативні властивості: низьку температуростійкість, малу твердість, старіють (зниження якості з часом), високу собівартість.

Поліетилен. Поліетилен одержують з етилену трьома способами: полімеризацією під високим тиском (100—200 МПа) і при температурі 180—200 °С за наявності кисню або перекисів (кисню потрібно 0,005—0,05 % кількості етилену); полімеризацією під середнім тиском (3—7 МПа) за наявності оксидних каталізаторів (оксидів хрому); під низьким тиском (0,2—0,6 МПа) за наявності металорганічних каталізаторів у середовищі рідкого вуглеводню при повній відсутності кисню.

Поліетилен, одержаний під середнім і низьким тиском має лінійну будову, велику молекулярну масу, вищу температуру плавлення. Він міцний, теплостійкий і малорозчинний, з нього виготовляють труби, високоміцні деталі. Одночасно такий поліетилен важко переробляти, і він досить дорогий.

Поліетилен *високого тиску* виробляють за схемою, зображеною на (рис. 5.3). Суміш етилену і кисню подають до компресора (6), у якому вона стискається до 200 МПа, проходить через масловіддільник (1), де очищається і потрапляє до реактора (2). У верхній частині реактора стиснена суміш нагрівається до температури реакції (200 °С), в нижній частині — полімеризується етилен (100—125 °С).

Реактор — це змійовик із труби діаметром 25 мм і загальною довжиною до 300 м. Верхня частина труби обігрівается водою, нижня охолоджується за її допомогою. За один цикл полімеризується 15—20 % етилену. З реактора реакційна суміш надходить до випарника (3), у якому тиск знижується до 20 МПа. Газоподібний етилен відокремлюється від поліетилену в газосепараторі (5), подається у вловлювач (4), у якому його очищують, промивають від побічних продуктів і знову повертають у процес. Поліетилен із сепаратора (5) надходить на грануляцію.

Техніко-економічні показники. Поліетилен міцний, хімічно стійкий, водонепроникний, має діелектричні властивості, добре переробляється при виготовленні різних виробів. На основі поліетилену виготовляють пластичні маси. В отриманні полі-

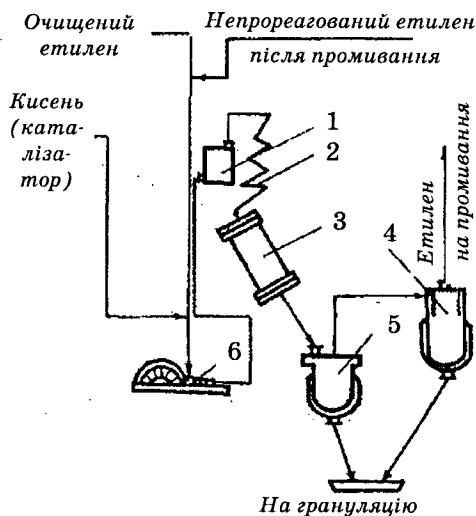


Рис. 5.3. Схема виробництва поліетилену під високим тиском: 1 — масловіддільник; 2 — реактор; 3 — випарник; 4 — вловлювач; 5 — газосепаратор; 6 — компресор

етилену використовують циклічну технологічну схему, що дає можливість довести ступінь перетворення етилену в поліетилен до 96—98 %. Поліетилен дуже широко застосовують: для виготовлення деталей і конструкцій (труби, арматура, деталі машин і приладів), для захисних покриттів металевих виробів, як гідроізолятор, теплоізолятор, пакувальний матеріал, для виготовлення посуду (в тому числі хімічного), плівки, листів, стрічок, прутків та ін.

Пластичні маси. Це високополімерні матеріали або їх композиції, які здатні за певних умов (підвищений тиск, температура) переходити в пластичний стан і деформуватися. Одержану форму вони зберігають при охолодженні й твердінні.

За складом пластмаси поділяють на прості та композиційні. *Прості* пластмаси містять тільки полімер, наприклад поліетилен, поліпропілен тощо. *Композиційні* — багатокомпонентні, оскільки крім полімеру містять наповнювачі, пластифікатори, твердителі, стабілізатори, барвники, мастильні речовини, га-

зотвірні сполуки. Кожен із цих компонентів покращує властивості пластмас.

У виробі пластмаси переробляють штампуванням, пресуванням, литтям, витисканням (екструзією), вакуумним і пневматичним формуванням, піддають обробці різанням, зварюють, склеюють.

Використовують пластмаси в машинобудуванні, приладо-, авіа-, автомобілебудуванні, електро-, радіотехніці, для виробництва засобів зв'язку, в будівництві, сільському господарстві, хімічній промисловості, для одержання товарів широкого вжитку.

Техніко-економічні характеристики. Пластичні маси мають малу об'ємну масу, високі діелектричні властивості, стійкість до корозії, низьку тепло- і електропровідність, високу пластичність, порівняно високу міцність, деякі — оптичні властивості, легко переробляються. Разом з тим, пластмаси старіють, внаслідок чого отримують жорсткість, крихкість, знижується їх механічна міцність. Більшість пластмас розм'якшуються і деформуються при нагріванні, стають крихкими при низьких температурах, деякі при поглинанні вологи набухають. Сьогодні одержують багато різновидів спеціальних пластмас, які замінюють металеві та інші конструкційні матеріали. Розширюється використання нафтохімічної сировини для виробництва пластмас, покращуються їх властивості, синтезуються нові види з урахуванням радіаційних процесів.

Каучук. Це полімерний матеріал, здатний до значних деформацій за відносно невисоких навантажень. Каучук дуже еластичний, що пояснюють структурою його макромолекул. Макромолекули каучуку мають лінійну структуру, але за звичайних умов зігнуті або звернуті в пружину. При розтягуванні кінці молекули розсуваються і молекули деформуються відносно напряму впливу розтягуючої сили. Після припинення дії навантаження кінці молекул знову наближаються.

Розрізняють натуральний і синтетичний каучук. *Натуральний* добувають з молочного соку каучукогенних рослин. Найпоширенішим каучукогенним деревом є гевея (Бразилія). У 1932 р. С.В. Лебедев вперше одержав *синтетичний* каучук із бутадієну.

Найважливішими мономерами для отримання каучуків є бутадієн, ізопрен і стирол. Сировиною для їх виготовлення є деревина, нафтопродукти, природний газ, ацетилен та ін.

За призначенням каучуки поділяють на універсальні загального призначення і спеціального призначення. Каучуки загального призначення використовують для виготовлення виробів широкого споживання (шин, транспортних стрічок, приводних пасів, взуття та ін.). Каучуки спеціального призначення використовують для виготовлення виробів з особливими властивостями: стійких до дії масел, бензину, до хімічної дії, морозостійких.

Техніко-економічні характеристики. Каучуки мають порівняно високу міцність, пластичність, зносостійкість, тепло- і морозостійкість, низьку газопроникність, водостійкість, стійкість до теплового старіння, добрі електроізоляційні властивості, здатність до вулканізації, а отже, у них є можливість переробки на гуму. Каучуки — основний вихідний матеріал для одержання гуми.

Гума. Це продукт переробки каучуків. Мета цього процесу — досягнення стійкості до перепаду температур від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для цього каучук *вулканізують*. Крім каучуку при виготовленні гуми використовують і інші матеріали — барвники, наповнювачі, пом'якшувачі, антистарителі, вулканізатори, які покращують властивості гуми, зменшують затрати каучуку.

Технологічний процес виробництва гумових виробів включає такі стадії: виготовлення сирової гуми, формування виробів та їх вулканізація.

Для одержання *сирової гуми* каучук розрізають на невеликі шматки і протягом 15—20 хв пропускають через нагріті до $40\text{—}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ вальці. Оболонки макромолекул каучуку розриваються, внутрішня структура змінюється, і він стає пластичним. У спеціальних змішувачах каучук змішують з іншими компонентами і отримують сиру гуму. Вона розчиняється в органічних розчинниках, легко обробляється тиском і при невеликому нагріванні стає липкою і клейкою.

Формують вироби прокатуванням, пресуванням, каландруванням, шприцюванням, намотуванням, литтям та ін. Деякі вироби одержують із листової гуми. Спочатку на каландрах

одержують листи, з яких на різальних машинах або вирубних пресах отримують заготовки.

Процес *вулканізації* здійснюють при температурі 130—160 °С. В результаті утворюються містки між лінійними молекулами каучуку, структура стає просторовою (тривимірною). Для такого перетворення молекули зв'язують сіркою в місцях подвійних зв'язків.

Залежно від кількості сірки, яку використовують для вулканізації, одержують гуму з різними властивостями.

Гуму застосовують для виготовлення шин, амортизаторів, муфт, ущільнювальних прокладок, кілець, мембран, гнучких шлангів тощо. Невулканізовану гуму використовують для виготовлення клеїв, замазок, паст для ущільнення.

Техніко-економічні характеристики. Гума має підвищену термічну стійкість і міцність, хімічну стійкість, стійкість до дії масел, кисню, озону, високі діелектричні властивості, водо- і газонепроникність, стійкість до стирання, руйнування при багаторазових деформаціях. Вартість гуми невисока, водночас якісні характеристики досить хороші.

Контрольні завдання та запитання

1. Що таке продукція хімічної промисловості? Дайте їй характеристику.

2. Які хіміко-технологічні схеми характерні для хімічних виробництв? Проведіть їхні техніко-економічне порівняння.

3. Що ви розумієте під хіміко-технологічним процесом?

4. Проаналізуйте технологічні процеси отримання окремих видів продукції хімічної промисловості, наведіть їхні техніко-економічні характеристики.

5. Чим небезпечне хімічне виробництво? Сформулюйте вигоди техніки безпеки та охорони праці на підприємствах хімічної промисловості.

Література

1. *Васильева И.Н.* Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
2. *Дичковська О.В.* Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
3. *Дичковська О.В.* Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.
4. *Збожна О.М.* Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид., змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.
5. *Кутепов А.М. и др.* Общая химическая технология. — М.: Высш. шк., 1990.
6. Нові технології та обладнання по переробці промислових відходів і їх медико-екологічне забезпечення / За ред. В.Ф. Макогона. — К.: Знання, 2000.
7. Основы технологии важнейших отраслей промышленности / Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Вышейш. шк., 1989.
8. Основы химической технологии / Под ред. И.П. Мухленова. — М.: Высш. шк., 1991.
9. *Остапчук М.В.* Система технологій (за видами діяльності): Навч. посіб. / М.В. Остапчук, А.І. Рибак. — К.: ЦУЛ, 2003.
10. Системи технологій: Навч. посіб. / В.С. Пономаренко, М.А. Сироштан та ін. — Х.: ОКО, 2000.
11. Системы технологий: Учеб. пособие для студ. вузов / Ред. П.Д. Дутко. — 2-е изд, перераб. и доп. — Х.: Бурун-книга, 2003.
12. *Сухарев С.М.* Технологія та охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. / С.М. Сухарев та ін. — Л.: Новий світ, 2000 — 2005.
13. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.
14. *Царик Т.Є., Файфура В.В.* Основи екології. — Т., 2003.

Розділ 6

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ. БУДІВЕЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

6.1. Будівельні матеріали

У сучасному будівництві споживають щорічно близько однієї третьої загального обсягу вироблених чорних металів, більше 80 % цементу, близько 25 % лісоматеріалів, приблизно 50 % скла, азбесту, бітуму, більше 60 % труб, покрівельних матеріалів.

Зниження вартості будівельних матеріалів, бережливе ставлення до них при перевезенні та зберіганні, технічно обґрунтоване, економне їх споживання — важливі аспекти ефективності сучасного будівництва.

В Україні виробляють:

— стінові (цеглу, шлакоблоки, залізобетонні та гіпсові конструкції);

— в'язучі (вапно, будівельний гіпс, цемент, полімерні матеріали);

— покрівельні матеріали (черепицю, толь, шифер, руберойд);

— будівельне скло;

— опоряджувальні матеріали;

— ізоляційні;

— санітарно-технічні та ін.

6.1.1. Класифікація і значення будівельних матеріалів

Асортимент будівельних матеріалів надзвичайно різноманітний.

Класифікують будівельні матеріали за різними ознаками.

1. *За походженням* матеріали поділяють на природні (глина, пісок, камінь) і штучні (цегла, залізобетон, вапно, цемент). Крім того, за цією ознакою виокремлюють мінеральні та органічні будівельні матеріали.

2. *За способом одержання*: на випалювальні (цегла, черепиця) і не випалювальні (бетон, залізобетон).

3. *За сировиною*: на металеві, полімерні, деревні, скляні, кам'яні, глинобитні та ін.

4. *За призначенням*: на стінові, в'язучі, тепло-, звуко- і гідроізоляційні, опоряджувальні, конструктивні, покрівельні, для влаштування підлог та ін.

Значення матеріалів у сучасному будівництві важко переоцінити. Від рівня їх якості і кількості виробництва залежать темпи і якість капітального будівництва.

Виробництво багатьох матеріалів нині все ще відстає від потреб в будівництва. Їх властивості не завжди відповідають вимогам. Тому і надалі потрібно шукати шляхи збільшення обсягів випуску і підвищення якості будівельних матеріалів. Одночасно потрібно знижувати собівартість виготовлення і частку капітальних вкладень, впроваджувати прогресивні технологічні процеси при одержанні найважливіших будівельних матеріалів (керамічних, мінеральних в'язучих, пористих легких бетонів, азбестоцементних листів).

6.1.2. Властивості будівельних матеріалів

Матеріал у конструкціях зазнає деформацій, впливу фізичних, хімічних та інших факторів, які зумовлюють певні зміни, внутрішні напруження. Правильно вибрати і використати матеріал можна після його дослідження, вивчення основних

властивостей та поведінки матеріалу в конструкції. Оцінюють властивості за числовими показниками, які визначають шляхом випробувань у лабораторних і польових умовах. На кожен матеріал запроваджено державні стандарти, технічні умови і будівельні норми і правила.

Усі властивості будівельних матеріалів за сукупністю ознак поділяють на фізичні, хімічні, механічні й технологічні.

Фізичні властивості характеризують фізичний стан матеріалів або їх відношення до фізичних дій. Серед них важливими є: маса одиниці об'єму, щільність, пористість, пустотність, водовбирання, водопроникність, вологовіддача, морозостійкість, теплопровідність, теплоємність, вогнестійкість, вогнетривкість тощо.

Хімічні властивості. Будівельні матеріали часто перебувають під дією агресивних рідин (кислот, лугів, солей) і газів. Найчастіше такій дії піддаються санітарно-технічні споруди, каналізаційні системи, тваринницькі приміщення, гідротехнічні споруди. *Хімічна стійкість* матеріалів для виготовлення таких конструкцій і систем має велике значення. Не здатні чинити опір дії навіть слабких кислот карбонатні природні кам'яні матеріали — вапняк, доломіт, мармур. Найстійкішими матеріалами до дії хімічних речовин є керамічні матеріали, пластичні маси, скло.

Механічні властивості. Всі будівельні конструкції та елементи перебувають під впливом зовнішніх дій і навантажень, а механічні властивості визначають здатність матеріалу чинити їм опір. До них належать: міцність, твердість, пластичність, пружність, стираність, крихкість. Одна з основних властивостей більшості будівельних матеріалів — *міцність* — здатність матеріалу чинити опір дії зовнішніх сил (стисканню, розтягуванню, згинанню, крученню). Міцність характеризується *гранницею міцності*. Це напруження, які відповідають навантаженню, що викликає руйнування зразка матеріалу (вимірюється в МПа):

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

де P — руйнівна сила;

F — площа поперечного перерізу зразка до випробування.

За границею міцності встановлюють марки кам'яних матеріалів.

Технологічні властивості свідчать про відношення будівельного матеріалу до різних технологічних дій і процесів. До них належать: рідкотекучість матеріалу, подрібнюваність, оброблюваність тощо.

6.2. Технологія окремих будівельних матеріалів

6.2.1. Природні кам'яні будівельні матеріали і вироби

Природні кам'яні матеріали — гірські породи, які містять мінерали відносно постійного складу. Вони характеризуються відповідною будовою, властивостями, умовами залягання і називаються нерудною сировиною. Це основне джерело одержання будівельних матеріалів. Із гірських порід одержують заповнювачі для бетонів і розчинів, стінові, облицювальні матеріали, матеріали для підлог, доріг, гідротехнічних будівель тощо. Крім того, вони часто є сировиною для одержання інших будівельних матеріалів — скла, кераміки, мінеральних в'язучих матеріалів та ін.

За походженням природні кам'яні матеріали поділяють на магматичні (граніт, базальт, сієніт, габро та ін.), осадові (пісок, глина, гравій, гіпс, магнезит, вапняк, доломіт, ангідрит, крейда тощо) та метаморфічні (гнейси, глинисті сланці, мармур, кварцити та ін.).

Технологія природних кам'яних будівельних матеріалів і виробів включає видобування гірської породи та її обробку.

Вибір методів видобування залежить від фізичного стану породи, глибини залягання, твердості. Зважаючи на те, що нерудна сировина здебільшого залягає на незначній глибині, основними методами є відкрите видобування і в підземних галереях. Розробку в кар'єрах здійснюють екскаваторами, гідромеханічним способом, підричним способом, каменерізальними машинами. При цьому широко застосовують механізацію. Гірські породи після видобування непридатні для безпосеред-

ного використання, тому їх підготовлюють, найперше *подрібнюють*. Для цього застосовують дробарки різних типів, млини. Є також різні схеми подрібнення (дво- або триступінчасті). Подрібнені матеріали *класифікують* за допомогою грохотів, тобто розділяють на фракції. Іноді грохочення поєднують із промиванням у спеціальних барабанних промивних машинах і мийках.

Для одержання виробів правильної форми (блоків, каменів, плит, профільних деталей) застосовують пиляння, тесання, шліфування, полірування. В результаті обробки вироби і деталі з природного каменю мають гладеньку, рельєфну або профільну лицьову поверхню.

Природні кам'яні матеріали в процесі експлуатації піддаються дії вітру, атмосферних опадів, газів та парів, поперемінного зволоження й висушування, замороження і відтаювання, при цьому відбувається їх руйнація (*вивітрювання*). Скорочуються їх строки служби, погіршуються декоративні якості. Є фізичне, хімічне і біологічне вивітрювання. Від вивітрювання матеріали захищають різними способами: влаштовують стоки води, захищають поверхні від потрапляння і затримування на них дощової та снігової води, поверхні ущільнюють хімічним методом (просочують гідрофобними або ущільнювальними речовинами).

Гірські породи для виробництва будівельних матеріалів і виробів добирають на основі результатів дослідження і випробування зразків із них та техніко-економічного аналізу доцільності використання породи в конкретних умовах.

Найбільше значення з природних кам'яних матеріалів мають:

Бутовий камінь — куски каменю неправильної форми розміром 150—500 мм. Може бути рваний, постелистий і пиляний (рис. 6.1). Рваний бут одержують підривним способом, постелистий виколують із порід, що мають сланцювату будову, пиляний — випилюють. Камінь має бути однорідним, не містити глинистих домішок, не мати слідів вивітрювання, тріщин. Використовують бутове каміння для кладення фундаментів, підземних стін, стін неопалюваних приміщень, підпірних стін, відкосів, укріплення берегів річок, для вимощування тротуарів, будування сходів, гідротехнічних споруд, як заповнювач у масивному бетоні. Найефективнішим в індустріальному будівництві є подрібнення буту на щебінь.

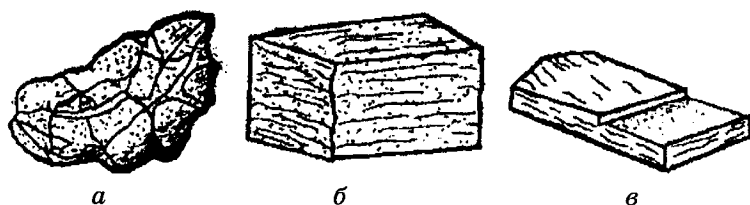


Рис. 6.1. Бутове каміння:

а — рваний; б — постелистий; в — пиляний

Стінові камені та блоки виготовляють із вапняків, вулканічних туфів та ін. Є пиляні та колені камені (рис. 6.2). Їх лицьова поверхня має відповідати вимогам декоративності. Розміри блоків від $300 \times 800 \times 900$ до $500 \times 1000 \times 3000$ мм, розміри каменів: $390 \times 190 \times 188$; $390 \times 190 \times 288$; $490 \times 240 \times 188$ мм. Збільшення розмірів каменів і блоків дає змогу зменшити затрати праці під час кладення і підвищити індустріальність будівництва.

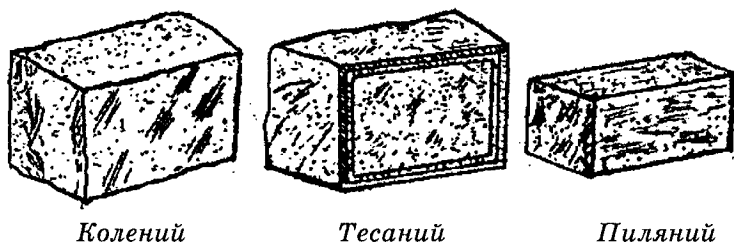


Рис. 6.2. Кам'яні стінові блоки

Облицювальні вироби (камені, плити, профільні деталі) виготовляють із блоків каменю шляхом розпилювання або розколювання і подальшою механічною обробки (з граніту, лабрадориту, габро, мармуру, вапняку, піщанику, туфу тощо). Такі вироби довговічні, їх використання зменшує трудові затрати на експлуатацію.

Бортові камені використовують для відокремлення проїжджої частини дороги від тротуару. Виготовляють їх відколюванням і обтісуванням порід. Є прямі, лекальні бортові камені й такі, що слугують для оформлення з'їздів (рис. 6.3, а, б, в).

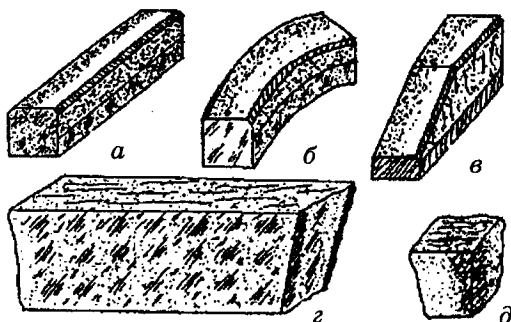


Рис. 6.3. Кам'яні вироби для дорожнього будівництва:
а — прямі бортові; б — лекальні бортові; в — камені для оформлення з'їздів; г — бруківка; д — шашка

Бруківка і шашка — камені для облаштування бруківок, трамвайних полотен та ін. Виготовляють їх з граніту, базальту, габро, діабазу у вигляді паралелепіпеда (форму прямокутника має бруківка, квадрата — шашка) трьох видів: високі, середні й низькі. Верхні грані мають шорстку поверхню з виступами і западинами (2—3 мм), що забезпечує зчеплення шин автомобілів з поверхнею покриття (рис. 6.3, г, д).

До природних кам'яних матеріалів належать також брукове каміння, гравій, щебінь, пісок та ін.

Техніко-економічні показники. Природні кам'яні матеріали і вироби характеризуються високою якістю, довговічністю в експлуатації, особливо шліфовані й поліровані (облицювальні вироби). Так, використання облицювальних плит і каменів дозволяє скоротити у 5—8 разів трудові затрати порівняно з облицюванням кольоровими розчинами. Більш довговічними є бортові камені порівняно зі схожими із залізобетону. Деякі природні камені дорогі, разом з тим собівартість виробів із них часто є значно нижчою за інші матеріали. Так, собівартість 1 м²

природного стінового каменю приблизно в два рази нижча за собівартість 1 м² глиняної цегли. Найефективніше використовувати природні кам'яні матеріали там, де вони є місцевим матеріалом.

6.2.2. Керамічні будівельні матеріали і вироби

Керамічні будівельні матеріали належать до найдавніших штучних кам'яних матеріалів (випалювальних). Виготовляти будівельну кераміку (цеглу, черепицю) почали близько 5000 років тому, глиняні речі різного призначення виготовляли набагато раніше.

Керамічні будівельні матеріали мають порівняно невелику масу одиниці об'єму, низьку теплопровідність, високу теплоємність, вогнестійкість, довговічність. Деякі види спеціальної кераміки характеризуються підвищеною хімічною стійкістю, вогнетривкістю, електроізоляційними властивостями. Керамічні матеріали можна виготовляти з візерунками на поверхні.

Розрізняють стінову кераміку, облицювальну, покрівельну, санітарно-технічну, керамічні труби, кераміку спеціального і дорожньо-будівельного призначення.

Технологічний процес виготовлення керамічних виробів поділяють на такі етапи: підготовка формової маси; формування виробів; сушіння; випалювання; опорядження.

Сировиною для одержання керамічних виробів є глинисті гірські породи. Для поліпшення технологічних властивостей глини і надання виробам добрих фізико-механічних властивостей застосовують непластичні матеріали — кварцовий пісок, шамот, шлак, деревну тирсу, ошурки, доломіт, вугільний пил, барвники та ін. Із суміші вихідних матеріалів отримують однорідну масу, додаючи певну кількість води. Вологість маси може бути 15—25 % (пластичний спосіб), 4—12 % (напівсухий спосіб), 40 % (мокрый спосіб).

Формування виробів здійснюють кількома способами, найчастіше на гідравлічних, механічних, стрічкових пресах. Цеглу, наприклад, формують на стрічкових пресах (рис. 6.4).

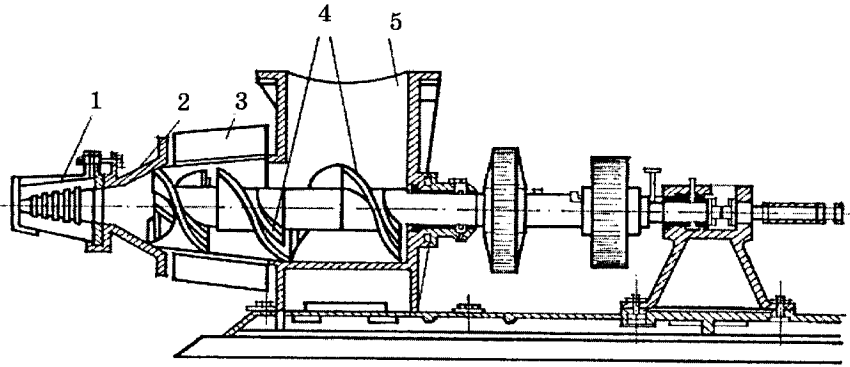


Рис. 6.4. Схема стрічкового преса:

1 — мундштук; 2 — головка; 3 — циліндр; 4 — шнек; 5 — чаша

Підготовлена маса у вигляді бруска виходить через мундштук преса і розрізається ножом на вироби. Деякі керамічні вироби формують литтям (килимову мозаїку), деякі — штампуванням (черепицю).

Потім сформовані вироби *сушать*, при цьому значно зменшується вміст вологи, внаслідок чого вироби краще випалюються. Термін сушіння обирається залежно від типу сушарень (природні чи штучні).

Випалювання виробів здійснюють у кільцевих або тунельних печах. Тунельні печі ефективніші, оскільки в них краще використовується теплова енергія. Максимальна температура в печі при випалюванні стінових матеріалів із легкоплавких глин становить 950—1100 °С.

Після випалювання вироби поступово *охолоджують*, щоб попередити утворення тріщин. Потім їх сортують і опоряджують.

З керамічних будівельних матеріалів і виробів найбільше значення мають: цегла глиняна звичайна, розмірами 250 × 120 × 65 мм, цегла пустотна (з наскрізними отворами різного перерізу) розмірами 250 × 120 × 102 мм, 250 × 120 × 138 мм, керамічні камені розмірами 250 × 120 × 138, 250 × 250 × 138, 250 × 200 × 80, 250 × 250 × 120, 288 × 138 × 138 мм, керамічні плитки для зовнішнього і внутрішнього облицювання, для підлог, черепиця.

На спеціальних підприємствах із цегли і каменів виготовляють стінові *панелі* і *блоки*. Панелі можуть мати розміри квартирних кімнат і можуть бути одно-, дво- і тришаровими. Фасадний бік облицьовують плиткою. Панелі та блоки армують сталевими сітками або каркасами.

Використовують керамічні матеріали і вироби для спорудження різних будівель або їх частин. Цеглу звичайну, наприклад, застосовують для кладення стін, фундаментів, печей, димових каналів, пустотну цеглу ефективно використовувати для стін, але не доцільно застосовувати для фундаментів, печей, димових каналів, стін у вологих приміщеннях. Не рекомендують для цих частин і керамічні камені (вони мають знижену міцність, волого- і теплостійкість). Для цегли, каменів за границею міцності на стиск установлюють марки і відповідно до них використовують. Цегла звичайна має марки: 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300.

Техніко-економічні показники. Керамічні будівельні матеріали є ефективним будівельним матеріалом, особливо пустотні. Використання такої цегли і каменів дає змогу підвищувати продуктивність, зменшувати трудові затрати, прискорювати спорудження будівель. Якщо брати до уваги також блоки та панелі, то керамічні матеріали є індустріальним будівельним матеріалом. Час на будівництво і трудові затрати зменшуються до 40 %, значно знижуються затрати цегли. При використанні пустотної кераміки зменшується маса будівлі, поліпшується її теплоізоляція, скорочуються витрати на виробництво і транспортування.

Важливе значення має також довговічність керамічних будівельних матеріалів, їх стійкість до агресивних середовищ.

З метою підвищення ефективності використання керамічних матеріалів і виробів потрібно: збільшити випуск пористо-пустотної стінової кераміки, облицювальних плиток; підвищити рівень механізації та автоматизації підприємств; удосконалити технологію виготовлення керамічних виробів, запровадивши маловідходні, безвідходні і енергозберігаючі процеси; ширше застосовувати відходи інших виробництв, місцеву сировину.

6.2.3. Мінеральні в'язучі матеріали

Мінеральними в'язучими матеріалами називають мілко подрібнені порошки, які при змішуванні з водою утворюють пластично-в'язку масу (тісто), що добре формується, поступово твердіє і перетворюється на камінь.

Вапно, глина, гіпс — найперші мінеральні в'язучі матеріали. Пізніше з'явилися гідралічне вапно і романцемент. З 1824 р. використовують портландцемент (винайдений в Англії). Портландцемент (частіше вживають скорочену назву “цемент”) зайняв провідне місце в будівництві.

Розрізняють повітряні, гідралічні, кислототривкі в'язучі матеріали, в'язучі матеріали автоклавного твердіння. Таким чином їх поділяють залежно від умов твердіння і збереження міцності.

Портландцемент — це гідралічний в'язучий матеріал. Він твердіє і довгий час зберігає і підвищує міцність на повітрі й у воді. До його складу належать силікати, алюмінати і ферити кальцію. Чим більше їх у цементі, тим кращі його гідралічні властивості і вища міцність, проте наявність оксиду кальцію у вільному стані погіршує гідралічні властивості.

Технологічний процес одержання портландцементу має такі стадії: підготовка вихідних матеріалів, їх змішування; одержання цементного клінкеру; його помел і одержання цементу.

Сировиною для одержання цементу є вапняково-глиняна суміш (75 % карбонатних порід — вапняку, крейди, черепашнику; 25 % глиняних — легкоплавких глин, глинистих мергелів, глинистих сланців). Іноді використовують коректувальні домішки до сировини (залізну руду, трепел тощо).

Одержують цемент мокрим, сухим і комбінованим способами. У нашій країні переважає мокрий спосіб, яким виробляють 75 % цементу. Іноді використовують комбінований, при якому сировинні матеріали готують за допомогою мокрого способу, а клінкер — сухого.

Мокрий спосіб. Спочатку подрібнюють вапняк і глинисті породи. Потім подрібнений вапняк і глиноводяну суміш подають у кульові млини, з яких надходить однорідна подрібнена маса

— **шлам**, його подають у шламбасейни, де кінцево коректується хімічний склад і створюється деякий резерв для безперебійної роботи печей. Випалюють шлам у обертових печах (рис. 6.5), довжиною 150—230 м, діаметром — 4—5—7 м. Піч нахилена під кутом 3,5—4° і обертається із швидкістю 0,5—1,4 об/хв. Паливом для печей слугує природний газ, кам'яновугільний пил тощо.

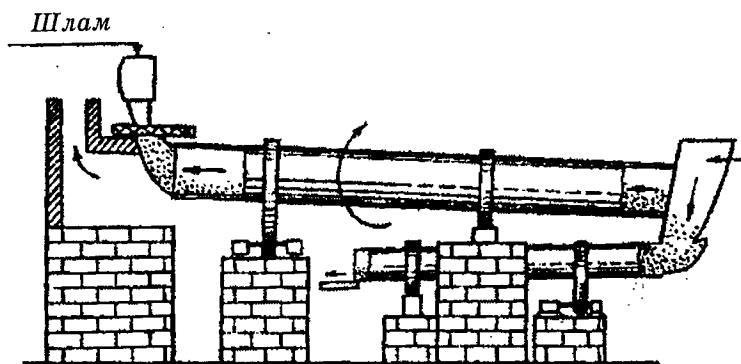


Рис. 6.5. Схема обертової печі

У верхній частині печі шлам підсушуються, органічні домішки вигоряють. При температурі 550—800 °С алюмосилікати глини розпадаються на окремі оксиди. Коли ж температура досягає 900 °С — розкладаються карбонати кальцію і магнію з утворенням оксидів. Оксид кальцію у твердому стані вступає у взаємодію з продуктами розкладу глини, утворюючи клінкерні сполуки $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (аліт), $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (беліт), $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (целіт), $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (целіт). Температура досягає 1500 °С і більше. Цементний клінкер (грудочки розмірами 4—25 мм) швидко охолоджують і витримують на складах до 15 діб. Після цього подрібнюють на порошок у кульових млинах. При помелі додають невелику кількість гіпсу (1,5—3,5 %), можна додавати й мінеральні активні та інертні домішки, кварцовий пісок тощо (для одержання спеціальних цементів).

Цемент зберігають у закритих сухих приміщеннях. З часом він втрачає свою активність. Транспортують його у цементовозах, вагонах, мішках.

Застосовують такий матеріал для виготовлення бетону, залізобетону і виробів з них, розчинів, теплоізоляційних матеріалів, азбестоцементу.

Техніко-економічні показники. Цемент є основою будівельного виробництва, тому збільшення його випуску є одним з головних факторів прискорення будівництва. Сьогодні в Україні випускають 100 кг цементу на душу населення, що набагато нижче реальних виробничих потужностей. Важливе значення має *якість* цементу. Цей показник визначається шляхом аналізу хімічного складу клінкерних сполук, їх співвідношення. Важливою характеристикою, що визначає якість цементу, є його *міцність*. За границею міцності на стискання встановлюють марку цементу (наприклад, границя міцності становить 400 кг/см² — марка цементу 400).

Сьогодні промисловість України випускає 5 основних марок будівельних цементів (300, 400, 500, 600, 700) і 50 — спеціальних. Спеціальні цементы мають марки значно вищі. До них належать гідрофобний, швидкоотвердіючий, особливий швидкоотвердіючий, сульфатостійкий, пластифікований шлакопортландцемент, пуцолановий, білий, кольоровий та ін. Для їх одержання регулюють мінералогічний склад і структуру цементного клінкеру, вводять мінеральні та органічні домішки, регулюють тонкість помелу і зерновий склад цементу. При визначенні якості цементу і його ефективному використанні враховують також інші показники: тонкість помелу, водопотреба, тепловиділення, хімічна стійкість, морозостійкість.

Водночас треба зазначити, що собівартість цементу висока. В її структурі найбільшими є витрати на паливо, енергію, допоміжні матеріали, рівень витрат на амортизацію основних засобів (більше ніж $\frac{2}{3}$ витрат). Тому, велике значення має раціональне використання обладнання, застосування ефективних видів палива та енергії, високопродуктивного помельного та іншого обладнання, запровадження нових технологій. Так, запровадження сухого способу одержання цементу дає змогу різко знизити витрати палива (на 1 т цементу при мокрому способі потрібно 223 кг умовного палива, на 1 т цементу при сухому — 120 кг) зменшити об'єм газів, що виходять з печей, підвищити

продуктивність обладнання, отримувати якісніший цемент, знизити його собівартість. Проте цей спосіб значно забруднює навколишнє середовище, потребує очисних фільтрів.

В Україні створено низькотемпературну *сольову технологію* одержання цементу. При такій технології високоосновні силікати кальцію утворюються в сольовому розчині хлоридів кальцію при температурі 900—1000 °С. Впровадження такої технології дозволить скоротити питомі затрати палива, різко підвищити продуктивність печей і помельного обладнання.

6.2.4. Бетон, залізобетон та вироби з них

Бетоном називають штучний кам'яний матеріал, що одержують внаслідок твердіння спеціальної бетонної суміші. До її складу входять: в'язучий матеріал, заповнювачі (щебінь або гравій, пісок) і вода. Можуть вводити спеціальні домішки, які регулюватимуть деякі властивості бетону. Бетонний камінь має високу міцність на стискання і невисоку — на розтягування і згинання, а будь-яка будівельна конструкція зазнає одночасно всіх цих деформацій. Тому для підсилення міцності на розтягування і на згинання бетонні конструкції *армують*. Отриманий армований бетон називають *залізобетоном*. Ефективність поєднання арматури і бетону забезпечується хорошим зчепленням між ними, приблизно однаковим температурним коефіцієнтом лінійного розширення, водночас бетон захищає арматуру від корозії.

Бетон і залізобетон — нині основні будівельні матеріали, широко застосовувані в усіх сферах будівництва. Це зумовлено їх перевагами над іншими матеріалами: для виготовлення наявна широка сировинна база (80—85 % обсяг бетону займає пісок, щебінь або гравій); будівельно-технічні властивості бетону і залізобетону можна значно змінювати і виготовляти з них індустріальні збірні великорозмірні елементи повної заводської готовності; бетон є пластичним матеріалом, що забезпечує можливість створення різних за формою конструкцій; для виготовлення бетонної суміші використовують просте обладнан-

ня, нескладним є і процес приготування суміші; відносно низька вартість. Одночасно ці матеріали мають велику масу та щільність, високий коефіцієнт теплопровідності, низьку температуростійкість.

Вихідними матеріалами для бетонів є: в'язучі матеріали; дрібні заповнювачі; великі заповнювачі; вода; спеціальні домішки.

Як в'язучий матеріал може бути використано цемент, вапно, гіпс, полімери або їх суміші. Марку в'язучого добирають залежно від марки проєктованого бетону (вона, як правило, вища за марку бетону). На вибір його різновиду впливають вимоги до бетону, технології виготовлення виробів, їх призначення та умови експлуатації.

Дрібним заповнювачем є пісок. Якість цього складника впливає на економію в'язучих. Найбільше використовують природні піски (кварцові, польовошпатні, вапнякові), рідше — штучні, одержані подрібненням твердих кристалічних гірських порід. Пісок не має містити домішок слюди, глини, органічних домішок. Найкращими є великозернисті піски з пористістю до 40 %.

Крупні заповнювачі — щебінь і гравій. Розміри їх зерен не повинні перевищувати $\frac{1}{4}$ товщини бетонованої конструкції. Чистішим і міцнішим заповнювачем є щебінь, він має гострокутні зерна та краще зв'язується з розчином. Добрими заповнювачами для полегшених бетонів є цегляний, керамічний і шлаковий щебінь. Іноді як заповнювач застосовують шлакову пемзу, керамзит, аглопорит тощо.

Вода для бетонів має бути чистою, без домішок сульфатів, жирів та інших речовин. Морську воду, стічні води дозволено використовувати лише після їх ретельного очищення. Кількість води для бетонної суміші залежить від виду і якості в'язучого, тонкості його помелу, характеру поверхні.

При виготовленні бетонних сумішей часто застосовують органічні та неорганічні речовини, що регулюють властивості сумішей і бетонів, надають бетонам спеціальних якостей. Це можуть бути прискорювачі твердіння, поверхнево-активні, гідрофобні речовини.

Вихідні матеріали для бетонних сумішей очищають від домішок, подрібнюють і сортують, а потім дозують відповідно до робочого складу бетону. Склад бетонної суміші спочатку встановлюють не точно методом розрахунку, випробовують зразки і уточнюють склад.

Приготувати бетонну суміш можна на будівельних майданчиках і на спеціальних підприємствах. Для перемішування бетонної суміші використовують *бетонозмішувачі* періодичної і безперервної дії. За способом перемішування матеріалів є бетонозмішувачі з примусовим і гравітаційним перемішуванням (вільне падіння суміші). Тривалість перемішування залежить від рухливості суміші, місткості бетонозмішувача і становить 1—3 хв (для жорстких сумішей цей час збільшують приблизно у два рази).

Транспортування бетонної суміші до місця її використання повинно забезпечити збереження її однорідності і ступеня рухливості. При цьому потрібно врахувати відстань і швидкість перевезення, економічність обраного способу. Для транспортування застосовують труби, стрічкові транспортери, пневматичні засоби, автосамоскиди, автобетоновози, автобетонозмішувачі та ін.

З бетону і залізобетону виготовляють збірні й монолітні конструкції. *Збірні* конструкції виробляють на спеціальних підприємствах, вони є великорозмірними (часом опорядженими) і з них на будівельних майданчиках монтують (складають) будівлі. Збірні конструкції — фундаментні плити і блоки, стінові панелі, плити і настили перекрить, панелі і плити покриття, балки, колони, перемички, сходові марші, об'ємні елементи та ін. *Монолітні* конструкції виготовляють безпосередньо на будівельних майданчиках. Це можуть бути фундаменти, опори, заводські труби, силоси, башти, елеватори, греблі, тунелі, багатоповерхові будівлі різного призначення.

Технологічний процес виготовлення збірних залізобетонних конструкцій включає такі операції: приготування бетонної суміші; виготовлення арматурних елементів; підготовлення форми; армування залізобетонних конструкцій; формування виробів; тепловолога обробка; розпалубка і опорядження поверхні.

Бетонну суміш готують у спеціальному відділенні заводу і до місця укладання транспортують трубами або стрічковими транспортерами. Арматурні елементи виготовляють в арматурному цеху, обладнаному спеціальними верстатами для різання, гнуття, зварювання. У цьому цеху виготовляють сітки і каркаси, петлі й крючки (для монтажу), закладні частини, кріплення і зв'язки збірних елементів. Для виготовлення арматури використовують арматурну (вуглецеву і низьколеговану) сталь. Арматурні елементи у форму укладають так, щоб створити захисний шар від корозії. Арматування збірних залізобетонних конструкцій може бути ненапружене і попередньо напружене. При виготовленні попередньо напружених конструкцій, до бетонування арматуру натягають (домкратами або електротермічним способом) і в такому стані витримують доти, доки укладений у форму бетон не набуде необхідної міцності.

Форми для виготовлення залізобетонних (бетонних) конструкцій називають *опалубками*. Їх роблять із дерева, металу, залізобетону, металу і залізобетону. Вони мають бути міцними і жорсткими, зберігати постійними розміри, правильність відносного розміщення їх площин протягом тривалого строку експлуатації. Форми оглядають, очищають від решток бетону і змащують машинним мастилом, водомасляними емульсіями, щоб запобігти зчепленню бетону з формою.

Укладають бетонну суміш спеціальними бетоноукладачами, бетонороздавачами, або з бункерів. Висота укладання не має перевищувати 1 м.

Для зміцнення конструкції бетонну суміш *ущільнюють*, найчастіше за допомогою вібраторів. Суміші надають коливальних рухів, зерна заповнювачів наближаються один до одного, міжзерновий простір заповнюється цементним тістом, пухирці повітря витискаються. При виготовленні окремих виробів застосовують пресування, прокатування, трамбування, центрифугування, іноді одночасно два способи. Час ущільнення визначається дослідним шляхом і становить 1,5—5 хв.

Заформовані вироби піддають тепловій обробці в пропарювальних камерах. У процесі *твердіння* вироби набувають потрібної міцності. Відпускна міцність виробів становить 70 %. За природних умов такої міцності досягають за 7—10 діб. У

пропарювальних камерах при температурі близько 100 °С цей термін скорочується до 10—16 год. Твердіння виробів можна здійснювати в автоклавах, обробляти гарячою водою в басейнах, можна застосовувати електропрогрівання.

На кінцевому етапі звільняють конструкції від форм і опоряджують поверхні (фарбами, кольоровими бетонами, облицювальними матеріалами). При виявленні дефектів їх виправляють.

На підприємствах збірного залізобетону застосовують три технологічні схеми: в непереміщуваних (стаціонарних) формах — касетах, матрицях, стендах; у переміщуваних формах (конвейерним або потоково-агрегатним способами); безперервно.

Техніко-економічні показники. Важливими характеристиками, що зумовлюють широке застосування бетону і залізобетону є висока якість, низька собівартість, індустріальність, можливість використання у всіх сферах будівництва. Основною характеристикою якості бетону є *міцність* — здатність витримувати зовнішні навантаження без руйнування. Бетон випробовують на стискання і встановлюють марку: для цього виготовляють бетонні кубики (200 × 200 × 200 мм), витримують їх у зволоженій тирсі 28 діб при температурі 20±2 °С і піддають стисканню. Марки будівельних бетонів встановлюють у межах 5—600 і вище (за границею міцності на стискання в кг/м²). Якість бетону характеризується його морозостійкістю (до 500 циклів), пластичністю, зручноукладальністю тощо, також це відносно дешевий матеріал. Для його приготування використовують недорогі матеріали, технологія його приготування проста, тобто не потребує значних витрат.

Бетон — майже єдиний матеріал, з якого можна виготовити будь-яку будівельну конструкцію, також він найбільш індустріальний. Виготовлення збірних конструкцій з бетону (залізобетону) дало можливість значно прискорити спорудження будівель, зменшити строки введення будівель в експлуатацію, тобто підвищити продуктивність праці.

Ефективність використання в будівництві бетону і залізобетону посилюється тим, що промисловість України створює нині велику кількість спеціальних бетонів, які, крім названих,

мають низку спеціальних властивостей і можуть бути використані в особливих умовах експлуатації. Це гідротехнічні, дорожні, асфальтові, полімерні, коміркові, пористі та ін.

Знижують ефективність використання бетону і залізобетону їх негативні властивості: низька температуростійкість, неможливість використання в тих частинах будівель, які нагріваються, окрім того вони важкі. Тому потрібно більше виготовляти легких бетонів з пористими і легкими заповнювачами. Для зниження металомісткості виробництва потрібно збільшити випуск попередньо напружених залізобетонних конструкцій. Бетони мають високий коефіцієнт теплопровідності. З метою покращання теплоізоляційних властивостей потрібно розширити застосування стінових панелей з легких і коміркових бетонів, у тому числі тришарових.

У промисловості будівельних матеріалів важливе значення має стратегія енергозбереження. Її ефективного впровадження можна досягнути такими пріоритетними напрямками діяльності та заходами:

— переходом на напівсухий та сухий способи виробництва цементу, покращенням підготовки сировинних матеріалів для його одержання, підвищенням рівня використання теплових ВЕР обертових циліндричних печей, які працюють за мокрим способом;

— застосуванням нових енергозберігаючих технологій у промисловості стінових матеріалів, до яких належать сумісне сушіння та випалювання цегли в гідротермальних умовах, а також високошвидкісне сушіння, що дає можливість майже на третину зменшити затрати палива;

— проведенням заходів, спрямованих на випуск пустотної цегли, використанням у виготовленні цегли золи електростанцій, паливних шлаків та інших відходів;

— удосконаленням режимів теплової обробки бетонів, використанням гнучких технологій із сезонним плануванням режимів теплової обробки залізобетонних виробів.

6.3. Будівельне виробництво

6.3.1. Особливості і структура будівельного виробництва

Будівельне виробництво — сукупність виробничих і технологічних процесів, кінцевим результатом виконання яких є будівельна продукція. Це можуть бути як окремі частини об'єктів будівництва чи реконструкції, так і закінчені будівлі та споруди. Будівельна продукція включає введення в експлуатацію промислових підприємств і цехів, житлових будівель, будівель громадського призначення, інших побудованих чи реконструйованих об'єктів.

Будівельну продукцію характеризують такі *особливості*:

— *стаціонарність* — у процесі зведення будівель і споруд більшість робітників і знарядь праці переміщуються, будівлі та споруди при цьому залишаються нерухомими;

— *великі розміри і маса*;

— *різноманітність* — будівлі та споруди суттєво відрізняються за виробничими і експлуатаційними характеристиками, формою, розмірами та зовнішніми обрисами, розміщенням відносно поверхні землі та ін.;

— *різноманітність предметів праці* — при зведенні будівель і споруд використовують дуже різні матеріали, напівфабрикати, деталі та вироби;

— *різні природно-кліматичні умови* — будівлі та споруди зводяться у неоднакових геологічних, гідрологічних і кліматичних умовах.

Ці особливості потребують у кожному конкретному випадку встановлення технологічно правильних і ефективних методів виконання будівельних процесів, їх організаційних форм та взаємозв'язку в просторі і часі.

Будівельне виробництво поділяють на організаційні цикли і виробничі періоди.

За виробничими *періодами* будівельне виробництво поділяють на три частини — підготовчий, основний і заключний.

У підготовчому періоді виконують роботи з інженерної підготовки території: вертикальне планування майданчика, прокладання підземних комунікацій, наземних контактних і рейкових мереж, влаштування внутрішніх проїздів і шляхів, організація внутрішнього будівельного господарства.

В основному періоді зводять будівлі та споруди, опоряджають їх.

Заключний період охоплює роботи з опорядження території, демонтажу обладнання, вивезення залишків матеріалів, здавання об'єктів у експлуатацію.

Організаційних циклів є декілька, як правило, три.

I — зведення підземної частини будівлі (споруди).

II — зведення наземної частини будівлі (з вмонтуванням інженерного обладнання, влаштуванням покрівлі, забезпеченням внутрішнього водостоку та ін.).

III — опорядження поверхні будівлі з завершенням робіт, пов'язаних із установленням інженерного обладнання.

Кожен цикл завершується одержанням конкретної готової продукції. Цикли виконують послідовно, готову продукцію передають і приймають відповідно до акта. Будівельне виробництво поділяють на будівельні роботи, процеси, робочі операції, прийоми і рухи.

6.3.2. Поняття про будівлі і споруди

Усе, що побудовано, називають *спорудами*. Різновидом споруд є *будівлі*, об'єм, внутрішній простір яких використовують для різних видів людської діяльності. Залежно від призначення будівлі її внутрішній простір поділено на приміщення. Приміщення, підлоги яких розміщені на одному рівні, утворюють поверх.

Споруди, в яких зовсім немає приміщень для перебування і діяльності людей або які мають окремі приміщення, що не визначають основного призначення цих споруд, називають *інженерними спорудами*. Це мости, трубопроводи, дамби, шлюзи, греблі, башти, щогли тощо.

Залежно від призначення будівлі поділяють на промислові, цивільні, сільськогосподарські, гідротехнічні. Є також поділ на опалювальні та неопалювальні, одноповерхові, малоповерхові (до 3 поверхів), багатоповерхові (4—9 поверхів), висотні (більше 20 поверхів).

Цивільні будівлі поділяють на класи залежно від містобудівельних вимог і народногосподарського значення будівлі або комплексного об'єкта, до складу якого вона входить. Виокремлюють 4 класи, для кожного з них встановлюють ступінь вогнестійкості, довговічності, допустиму кількість поверхів і експлуатаційні вимоги.

Будівлі і споруди мають відповідати функціональним, технічним, економічним і архітектурно-художнім вимогам.

Основними *елементами* будівель є:

Основа — масив ґрунту, розміщений під будівлею, на який вона тисне, тобто який знаходиться під навантаженням. Якщо в природному стані ґрунт має достатню несучу здатність для витримування тиску будівлі, то його називають природною основою. До нього ставляться такі вимоги: невелика і рівномірна стисливість, достатня несуча здатність, стійкість до дії ґрунтових вод, до промерзання, нерухомість.

Якщо ґрунти за своїми властивостями не відповідають цим вимогам, створюють *штучні* основи, для того ґрунти замінують або укріплюють.

Фундамент — несучий елемент, який отримує від будівлі навантаження і передає його на основу. Фундаменти повинні бути міцними, стійкими до перекидання і ковзання, дії ґрунтових вод, атмосферного впливу. Конструктивні вирішення фундаментів різні. Залежно від використовуваних матеріалів фундаменти можуть бути бутові, бутобетонні, бетонні, залізобетонні, цегляні, дерев'яні, комбіновані. За конструктивним вирішенням їх поділяють на стовпові, стрічкові, суцільні та побудовані на палях. Крім того, виокремлюють збірні і монолітні фундаменти.

Стіни — вертикальні елементи будівлі. Вони можуть бути несучими і огорожувальними одночасно або тільки огорожувальними. Стіни мають бути міцними, стійкими і жорсткими, довговічними, економічними, індустриальними. Виготовляти їх можуть із цегли, штучних або природних каменів, бетону, залізобетону, деревини, ґрунтових матеріалів. Є різні класифі-

кації цих елементів: на монолітні й збірні, несучі і ненесучі, зовнішні та внутрішні, поздовжні і поперечні, суцільні й полегшені, підсилені.

Перегородки — стіни всередині приміщення. Вони повинні мати високі звукоізоляційні властивості, бути економічними, індустріальними, невеликої товщини, легкими. Є перегородки міжквартирні, міжкімнатні, для огороження санітарно-кухонних приміщень. Матеріалом для них слугує цегла, камінь, бетон, гіпс, гіпсобетон, деревина. Найбільш індустріальними є гіпсобетонні перегородкові панелі, трудові затрати на влаштування яких знижуються в 2,5 разу.

Перекриття — горизонтальні елементи, які поділяють будівлю на поверхи. Вони отримують навантаження від обладнання, меблів, людей і передають на стіни, стояки, колони, крім того, виконують роль горизонтальних діафрагм жорсткості. Це найбільш трудомісткий конструктивний елемент, затрати праці на їх влаштування сягають 25 %. Перекриття мають бути міцними, жорсткими, тепло- і звукоізоляційними, мінімальної товщини, економічними, індустріальними. Іноді важливі водонепроникність (для бань, сантехнічних вузлів), вогнестійкість і газонепроникність. Перекриття бувають збірні та монолітні.

До елементів будівель належать також підлоги, сходові марші, балкони, лоджії, дахи та ін.

6.3.3. Будівельно-монтажні роботи

Будівельно-монтажними роботами називають комплекс робіт, що виконують при зведенні та опорядженні будівель і споруд. До них належать земляні, кам'яні, бетонні та залізобетонні, монтажні, опоряджувальні, ізоляційні, покрівельні роботи.

Земляними називають роботи, пов'язані з розробкою, переміщенням, укладанням і ущільненням ґрунтів. Вони найважчі в будівництві, їх частка в загальному обсязі будівництва становить близько 15 % за вартістю і 20 % за трудомісткістю. На земляних роботах у будівництві зайнято приблизно 10 % робітників.

Розробляють ґрунт шляхом різання (близько 80 % робіт), підривання, гідромеханізації. *Технологія* проведення земляних робіт передбачає: вертикальне планування майданчика, влаштування котлованів і траншей, засипання котлованів і траншей, влаштування насипів, планування і укріплення поверхні земляних споруд.

Земляні роботи здебільшого виконують за допомогою машин і механізмів. Частка ручної праці становить 14—17 %. Земляні роботи проводять і взимку, але для ефективного їх здійснення взимку потрібно запобігати промерзанню ґрунту або, якщо це не вдалося, розморозити його. Є машини, за допомогою яких розробляють мерзлий ґрунт.

Бетонними і залізобетонними називають роботи, які виконують на будівельному майданчику при спорудженні залізобетонних і бетонних монолітних конструкцій. Монолітні конструкції мають низку переваг над збірними: для них менше (на 20—40 %) затрачається металу, що значно знижує (до 40 %) затрати на створення промислової бази, на 25—30 % знижуються енергетичні затрати. З монолітного залізобетону можна споруджувати висотні будівлі (25—30 поверхів і більше). Є можливості підвищення рівня якості архітектури масового міського будівництва.

Технологія виконання основних робіт при спорудженні монолітних конструкцій передбачає: встановлення опалубки, монтаж арматури чи арматурно-опалубних блоків, укладання і розігрівання (взимку) бетонної суміші, догляд за бетоном, розбирання опалубки після досягнення бетоном потрібної міцності.

Зведення монолітних конструкцій є важким і трудомістким процесом, який залежить від кліматичних умов. Оптимальними для твердіння бетону є середньодобова температура зовнішнього повітря +18 °С і відносна вологість 60 %.

Кам'яні роботи — роботи, пов'язані з зведенням будівель із природних і штучних каменів (правильної та неправильної форми). З кам'яних матеріалів зводять різні частини будівель — стіни, опори, перемички, каркаси, фундаменти, печі, димоходи, димові канали, труби та ін. Для цього використовують керамічну цеглу і каміння, природні камені правильної і неправильної (бутове) форми, силікатну цеглу.

Технологія кам'яних робіт передбачає поштучне ручне укладання природних і штучних каменів на розчин, який може

бути виготовлено на різних в'язучих. Кладення буває суцільним, полегшеним, підсиленим, з облицюванням. Зазор між каменями, який заповнюють розчином, називають *швом*. Шви є горизонтальні та вертикальні. Розкладання цегли в рядах і чергування рядів здійснюється за спеціальними *системами перев'язування швів* (розрізання кладення), яких є кілька. Товщина стін має бути кратною 0,5 цеглини. Взимку кладуть методом заморожування, використовують розчини з хімічними домішками, прогривають розчин у швах та ін.

Монтажні роботи — комплексний процес механізованого зведення об'єктів з елементів заводського виготовлення. Є підготовчі та основні монтажні роботи. Підготовчі роботи: будівництво доріг, підведення води, електроенергії, планування будівельного майданчика, зведення тимчасових споруд, обладнання складських і розвантажувальних майданчиків, установлення монтажних кранів та іншого обладнання, транспортування збірних елементів, складування і укрупнене складання монтажних елементів на землі.

Технологія основних робіт передбачає підготовку елементів до монтажу, зачіплювання конструкцій спеціальними пристроями (стропування), підйом і встановлення конструкцій на місце, тимчасове закріплення, вивірку і кінцеве закріплення. Розрізняють різні методи проведення монтажних робіт. Хоч технологія монтажу різних конструкцій має загальну структуру, цей процес залежить від типу конструкцій, використаних матеріалів, обладнання та ін. У проведенні монтажних робіт дуже високі вимоги ставлять до техніки безпеки і охорони праці.

Опоряджувальні роботи виконують на завершальному етапі будівництва з метою надання будівлі або споруді закінченого вигляду, що відповідає заданим експлуатаційним, технічним і естетичним вимогам. До них належать склярські, штукатурні, малярні, облицювальні, шпалерні, ліпні роботи, влаштування підлог. Опоряджувальні роботи становлять 30—35 % трудових затрат загального обсягу будівництва.

До початку опоряджувальних робіт потрібно закінчити всі інші зі зведення споруди, будівлю також потрібно підготувати.

Залежно від вимог до якості кінцевої продукції опоряджувальні роботи поділяють на дві категорії: до якості яких ставлять єдині вимоги незалежно від призначення приміщень або будівлі в цілому; якісь яких залежить від призначення будівлі

або окремих її приміщень. Вищі експлуатаційні вимоги до опорядження ставлять у тих випадках, коли опоряджувальне покриття захищає конструкцію від вологи, корозії, механічних і теплових впливів, від дій агресивного хімічного середовища.

6.3.4. Індустріалізація будівництва

Під індустріалізацією будівництва розуміють упровадження збірних конструкцій і потоково-швидкісних методів роботи в будівельному виробництві, комплексної механізації та автоматизації в будівництві, типових проектів, уніфікації та стандартизації будівельних конструкцій, виробів і напівфабрикатів, перенесення більшої частини процесів зі зведення будівель або споруд у заводські умови, перетворення будівельного майданчика на монтажний.

Створення високорозвиненої індустрії збірного залізобетону дало широкі можливості для застосування повнозбірного будівництва. Більшість промислових і житлових будівель споруджують зі збірних конструкцій, деталей і вузлів, виготовлених з високим ступенем заводської готовності на великих механізованих підприємствах.

У повнозбірному будівництві тенденція до збільшення збірних елементів поряд з одночасним зменшенням їх маси. Цього досягають завдяки застосуванню раціональніших конструкцій, легких бетонів, синтетичних утеплювачів та інших ефективних матеріалів.

Архітектурні якості сучасного індустріального будівництва забезпечують переважно якістю архітектурного проекту. Ще в період проектування мають вирішуватися питання правильного вибору збірних конструкцій, способи їх заводського виготовлення і опорядження, продумані методи монтажу елементів будівель і прийоми післямонтажного опорядження. Конструкції повинні бути технологічними, легко монтуватися і з'єднуватися, а з'єднання мають бути простими за виконанням і надійними в експлуатації.

Індустріальні методи опоряджувальних робіт разом з новими матеріалами і виробами сприяють створенню повноцінної архітектури будівлі.

Одним з важливих напрямів індустріалізації будівельного виробництва є комплексна механізація та автоматизація. Вона передбачає механізацію всіх стадій процесу будівництва, впровадження *систем машин*, тобто комплектів машин, механізмів, механізованих інструментів, підібраних за продуктивністю до ведучої машини (наприклад, до підйомного крана при монтажі). Комплексна механізація передбачає ширше використання спеціальних технологічних машин. Одночасно розвивається напрям оснащення універсальних машин змінними комплектами робочих органів.

Перспективним напрямом є перенесення якомога більшої кількості процесів і операцій в заводські умови, спеціальні цехи на базах і полігонах, де їх здійснюють промисловим способом з вищим ступенем механізації.

Можливості машинобудування дають змогу впроваджувати в будівництво роботизацію й автоматизацію. Об'єктами роботизації та автоматизації можуть бути технологічні процеси, їх частини, транспортні операції, допоміжні процеси. Автоматизація технологічних процесів значною мірою реалізується на промислових підприємствах. На будівельних майданчиках використовують контрольні і заборонні автоматичні пристрої в підйомних машинах, а також машини, які працюють в автоматичному режимі.

Індустріалізація будівельного виробництва передбачає створення великих постійно функціональних територіальних будівельних організацій та їх подальшу спеціалізацію.

6.3.5. Техніка безпеки та охорона праці в будівництві

Норми техніки безпеки в будівництві мають гарантувати захист робітників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, запобігти виникненню травм та нещасних випадків. Потрібно створювати такі умови для працівників, за яких підвищується їх працездатність, усувається вплив шкідливих речовин. Належними мають бути умови праці та відпочинку, комфортними — побутові приміщення, робочі місця. Значну увагу варто приділити питанням праці жінок, молоді, осіб з неповною працездатністю.

Нагляд за виконанням законодавства про працю, будівельних норм і правил техніки безпеки та промислової санітарії здійснює система органів державного контролю та нагляду, які стежать за дотриманням правил безпечного проведення робіт, дотриманням і виконанням чинних технічних умов та правил при налагодженні енергетичних установок, правил технічної експлуатації електричних і теплових установок, раціональному використанню електричної та теплової енергії тощо. Санітарний нагляд контролює виконання санітарно-гігієнічних та санітарно-протиепідемічних правил і норм. Пожежний нагляд стежить за забезпеченням пожежної безпеки.

Керівники будов і працівники за порушення законодавства про охорону праці та техніку безпеки несуть дисциплінарну, адміністративну й кримінальну відповідальність.

Істотним фактором зниження виробничого травматизму і професійних захворювань є правильна організація будівельного майданчика та створення безпечних умов праці. Ефективним засобом є використання знаків безпеки, плакатів і написів (заборонних, попереджувальних, розпорядчих, вказівних). Майданчик має бути добре освітленим, особливо ввечері та вночі.

Питання техніки безпеки висвітлюють у проектах організації будівництва і виконання робіт.

Винятково важливими є природоохоронні заходи при виконанні будівельних робіт. Порушення вимог охорони та відтворення природного середовища під час проектування і будівництва призводить до непоправних наслідків (гинуть лісові масиви, забруднюються акваторії, змінюються режими підземних та ґрунтових вод, порушується екологічна рівновага середовища). Охоронні заходи мають визначатися ще на стадії проектування, а потім стати нормою для виконання.

6.3.6. Техніко-економічне оцінювання будівельного виробництва

Техніко-економічне оцінювання будівельного виробництва здійснюється шляхом порівняння *техніко-економічних показників*. Враховують такі показники:

1. Продуктивність праці — кількість продукції, виготовленої за одиницю часу. Може аналізуватися як в натуральних вимірниках, так і в грошовому вираженні. Підвищення продуктивності праці покращує рівень життя людей.

2. Енергоозброєність праці — відношення споживаної енергії до кількості працівників або трудових затрат.

3. Механоозброєність будівництва — відношення балансової вартості машин до вартості будівництва в обсязі річної програми.

4. Рівень механізації та автоматизації будівельних робіт і процесів, що визначається відношенням обсягів робіт, виконуваних механізовано (автоматизовано), до загального обсягу робіт.

5. Трудомісткість будівельних робіт — кількість трудових затрат на одиницю обсягу робіт.

6. Матеріаломісткість будівництва — відношення маси конструкцій до одиниці будівельного обсягу.

7. Терміни будівництва і введення в експлуатацію об'єктів.

8. Рівень рентабельності, що визначається відношенням одержаного прибутку до кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт.

9. Якість будівель і споруд.

Контрольні запитання і завдання

1. Яке значення мають будівельні матеріали для прискорення темпів будівництва? Як їх класифікують?

2. Дайте характеристику основних властивостей будівельних матеріалів.

3. Які з будівельних матеріалів найпоширеніші? Розкрийте суть технологій їх одержання. З'ясуйте галузі ефективного використання таких матеріалів.

4. Що називають будівельним виробництвом? Дайте характеристику його особливостей.

5. Як оцінюють техніко-економічну ефективність будівельного виробництва?

6. Яка структура будівельного виробництва?

7. Що таке будівельно-монтажні роботи? Проаналізуйте технологію їх проведення.

Література

1. Безопасность и качество в строительстве: Учеб. пособие / В.И. Теличенко и др. — М.: Изд-во АСВ, 2000.
2. Васильева И.Н. Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
3. Дичковська О.В. Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
4. Дичковська О.В. Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.
5. Дичковська О.В. Технологія будівництва і промисловості будівельних матеріалів. — К.: НМК ВО, 1992.
6. Збожна О.М. Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид, змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.
7. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия. — М.: Высш. шк., 1988.
8. Коршунова А.П., Муштаева Н.Е. Технология строительного производства и охрана труда. — М.: Стройиздат, 1987.
9. Назарко І.І. Машини та устаткування підприємств будівельних матеріалів: конструкції та основи експлуатації: Підручник. — К.: Вища шк., 2004.
10. Основи технологии важнейших отраслей промышленности / Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Высшейш. шк., 1989.
11. Попов Л.Н. Общая технология строительных материалов. — М.: Высш. шк., 1989.
12. Путилин В.В. Основы строительного дела. — М.: Высш. шк., 1990.
13. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.
14. Технологія будівельного виробництва: Підручник / За ред. М.Г. Єрмоленка. — 2-ге вид., доп. і перероб. — К.: Вища шк., 2005.

Розділ 7

ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗЕЙ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

7.1. Технології текстильної промисловості

У структурі легкої промисловості найбільша вартість валової продукції у текстильній промисловості. До її складу входять первинна обробка сировини, бавовняна, лляна, вовняна, шовкова, нетканних матеріалів, конопледжутова, сітків'язальна, текстильно-галантерейна, трикотажна, валяльно-повстяна галузі (підгалузі і виробництва).

Текстильна промисловість виробляє продукцію груп А і Б. До групи А належать бавовна, льон, вовна, шовк, які використовують для одержання тканин, тканини для пошиття одягу. До групи Б належать тканини, нитки, вата, трикотаж тощо, що реалізуються в торгівлі.

7.1.1. Текстильні волокна

Текстильні волокна — тверді, гнучкі тіла, які мають дуже малий поперечний переріз, обмежену довжину та придатні для виготовлення пряжі й текстильних виробів. Їх поділяють на елементарні та технічні. Елементарні волокна одиничні, не-

подільні на дрібніші (бавовна, вовна, шовк, хімічні волокна). Технічні волокна діляться на елементарні, які склеєні разом (конопляні та лляні). Довжина волокон вимірюється в міліметрах, а поперечний переріз у мікрометрах.

З волокон одержують нитки (пряжу). Є елементарні нитки (елементарне волокно в декілька десятків і сотень метрів) і текстильні. *Текстильні нитки* — тонкі, гнучкі та міцні тіла дуже великої довжини, утворені при поєднанні разом елементарних волокон або ниток і придатні для виготовлення текстильних виробів. Їх одержують шляхом скручування послідовно розміщених елементарних або комплексних волокон. Такі нитки називають *пряжею*.

Текстильні волокна повинні мати такі властивості: прядильну здатність, значну міцність, гігроскопічність, гнучкість, опір стиранню, певну щільність, відносне видовження, бути розсипчастими (легко ділитися), не значно електризуватися, мати мало дефектів.

Залежно від призначення текстильні волокна поділяють на натуральні та хімічні. *Натуральні* формуються в природі (льон, конопля, бавовна, вовна, натуральний шовк, азбест) і бувають тваринного, рослинного й мінерального походження, *хімічні* одержують із природної (штучні) і хімічної (синтетичні) сировини.

Текстильні волокна є *високомолекулярними* сполуками, їх макромолекули можуть мати лінійну (бавовна, льон, шовк, хімічні) і тривимірну (вовна, синтетичні) структуру.

Бавовна — важливе текстильне волокно, яке одержують із бавовника. Довжина його сягає 25—40 мм, діаметр — близько 20 мкм. Волокно характеризується високою гнучкістю, міцністю і зносостійкістю, добре фарбується. З бавовни можна одержувати різну пряжу — від товстої для меблевих тканин, до дуже тоненької для батисту і маркізету.

Луб'яні волокна містяться в стеблах, листках, оболонках плодів різних рослин. У текстильній промисловості найчастіше використовують волокна льону, які знаходяться в корі льону (чи коноплі) пучками. Для відділення волокна від кори рослини вимочують, піддають термічній або хімічній обробці, мють і тріпають. Процес цей складний і тривалий. Луб'яні волокна мають високу міцність і довжину, товщі. Тканини,

зроблені із цих волокон грубіші, водночас з таких волокон виготовляють рушники, столову і спальну білизну, технічні тканини, одяжні, канатні, тарні та мішковинні тканини.

Вовна — волокна, які покривають шкіру овець, кіз, верблюдів, вони довші, ніж бавовняні, більш пружні, але менш міцні, зносостійкі, мало зминаються, здатні добре підтримувати форму виробу. На їх поверхні є лусочки, спрямовані в один бік, внаслідок чого вони добре зберігають тепло та при багаторазовій механічній дії в зволоженому стані тканини з цих волокон збиваються. Це має значення при виготовленні фетру, повсті, опорядженні сукняних тканин.

З вовняних волокон виготовляють два види пряжі — товсту, м'яку, що має невелику міцність і використовується для пальтових та драпових тканин і камвольну (тонку, рівну, міцну), що використовують для виготовлення трикотажних і костюмно-платяних тканин.

Шовк — тонкі волокна, що створює гусениця метелика тутового шовкопряда. На відповідній стадії розвитку гусениця для утворення кокона випускає тоненьку ниточку (волокно). З метою одержання цього волокна кокон розмочують і розмотують, хоча розмотати їх можна лише наполовину. Друга частина утворює відходи, які переробляють на пряжу на шовкопрядильних фабриках. Розведення і утримання гусениць є складним, трудомістким і затратним процесом, тому натуральний шовк дорогий. Шовкові волокна мають довжину до 600 мм, діаметр — 15 мкм. Вони міцні, рівні, пружні, приємні на дотик. Із шовкових ниток виготовляють легкі платтяні й технічні тканини.

Штучні хімічні волокна одержують із целюлози деревини, бавовняного пуху, відходів бавовни (природної сировини). До них належать віскозне, ацетатне, триацетатне, мідноаміачне та ін. Віскозне волокно в текстильній промисловості переробляють у вигляді *штапелю* — коротких волокон (35—40 мм). Волокна добре переробляються, фарбуються, рівні, але неміцні (особливо мокрі). Використовують їх здебільшого з бавовною, рідше в чистому вигляді.

Синтетичні хімічні волокна одержують в результаті синтезу продуктів переробки нафти, кам'яного вугілля і природного газу. Капрон, лавсан, нітрон та ін. — синтетичні хімічні волок-

на. Вони міцні, мають велику довжину, можна виготовляти їх з різною лінійною щільністю. Із них виготовляють платтяні, трикотажні, технічні тканини. Їх можна змішувати з іншими волокнами. Синтетичні волокна не вбирають вологу, тому при механічних діях накопичують статичні заряди.

7.1.2. Технологія одержання пряжі

Після первинної обробки на очисних підприємствах волокна надходять до текстильних комбінатів, їх переробляють у вирази. Спочатку на прядильних фабриках одержують пряжу — надзвичайно довгу нитку, що складається зі з'єднаних між собою силами зчеплення і крутки текстильних волокон. При скручуванні волокна притискаються одне до одного і розміщуються відносно осьової лінії під відповідним кутом, утворюючи гвинтові лінії.

Переробка волокон у пряжу відповідної товщини і міцності називають *прядінням*. Сукупність машин і процесів, за допомогою яких волокна переробляють у відповідний вид пряжі називають *системою прядіння*.

Розрізняють кардну, апаратну, гребінну і меланжеву системи прядіння. Вони відрізняються кількістю переходів, призначенням, видом і якістю використовуваної сировини та якістю готової пряжі. Основною системою є кардна. За нею волокна обробляють в декілька стадій (на прикладі бавовни): розрихлення, змішування і тріпання; кардочесання; складання і витягування стрічки; передпрядіння і прядіння.

На текстильні підприємства (прядильні фабрики) бавовна надходить у спресованому вигляді (тюками). Волокна містять велику кількість дрібних домішок, пошкоджені (короткі) волокна, окремі переплутані волокна, зчеплені між собою у вигляді клаптів.

На *першій* стадії волокна обробляють на розрихлювально-тріпальних машинах. Спресована маса розривається на клапті (голками, зубцями), очищається від домішок і змішується. На цих машинах формують тонку волокнисту стрічку відповідної товщини. Волокна розміщені хаотично, бавовна містить дрібні домішки і сміття.

На *другій* стадії відбувається чесання. Стрічку подають на спеціальну чесальну машину, де відбувається розчісування клаптів бавовни на окремі волокна з одночасним очищенням від коротких волокон і домішок. У результаті чесання отримують рихлу стрічку діаметром 1—3 см. У ній волокна розчесані, майже не зв'язані між собою, але не випрямлені і мало зорієнтовані відносно осі стрічки. Стрічка по довжині нерівномірна.

На *третьій* стадії стрічки складають і витягують для зменшення поперечного перерізу до початкових стрічок. При цьому волокна випрямляються і вирівнюються стрічки в поперечному перерізі по довжині.

Завдання *четвертої* стадії — зменшити товщину стрічки до розмірів, придатних для одержання пряжі. Цю операцію виконують на рівничних машинах, на яких на витяжному пристрої здійснюється зменшення товщини стрічки. Ця тонка стрічка називається *рівницею*. Для надання їй незначної міцності роблять невелику підкрутку.

Заклучна стадія відбувається на прядильних машинах, де рівницю витягують до товщини пряжі та скручують. Внаслідок чого одержують нитку відповідної товщини і міцності. Прядуть найчастіше на кільцевих прядильних машинах з веретенами і бігунками. Рівниця витягується до потрібної товщини і скручується за допомогою веретена. Готову пряжу намотують на шпулю, утворюючи *починок*.

Більш ефективним методом одержання пряжі є безверетенне прядіння на пневмомеханічних машинах. У них значно вища продуктивність, потрібно менше виробничих площ, нища собівартість продукції.

Пряжу *класифікують* за різними ознаками. Залежно від сировини пряжа буває бавовняна, вовняна, шовкова, віскозна або бавовняно-лавсанова та ін. За способом виготовлення пряжу поділяють на кардну, апаратну, гребінну, меланжеву. Крім того, пряжа може бути однониточна, кручена і фасонна. Розрізняють також пряжу для тканин, трикотажну, подальшого скручування (для ниток), для спеціальних виробів (сіток).

Пряжа повинна відповідати таким *вимогам*:

— мати задану лінійну щільність з мінімальними відхиленнями і бути однаковою по довжині;

— мати задану міцність з мінімальними відхиленнями міцності по довжині;

- мати задану крутку і бути рівномірною за круткою;
- мати задані видовження і жорсткість при розтягуванні з мінімальними відхиленнями цих показників по довжині;
- бути чистою з мінімальною кількістю забруднень і дефектів.

Починок з пряжею повинен мати правильну форму, рівномірну щільність і, за можливості, максимальні розміри. Порушення цих вимог призводить до підвищеної обривності пряжі при її переробці та зниження якості виробів.

У тканині нитки розміщені взаємно перпендикулярно і пов'язані між собою шляхом переплетення. Нитки, що розміщені вздовж тканини, називають *основними*, поперек тканини — *пітканні*. Їх властивості і способи підготовки до ткацького виробництва різні. Найбільш важливим і тривалим є процес підготовки основних ниток. Для одержання ниток більшої довжини їх *перемотують* на бобіни (циліндричні або конічні). У процесі перемотування пряжа дещо очищається від пуху, забруднень, дефектів прядіння, натягується, видаляються слабкі місця. На одну бобіну витрачають 15—16 починків. Потім її *снують*, тобто намотують на спеціальний снувальний циліндричний вал паралельно одна одній 200—600 ниток. При цьому натяг ниток має бути максимально однаковим, постійним і мінімальним. З метою підвищення опору розтягуванню, згинанню, тертю, основні нитки *шліхтують* — пропускають через гарячу клейку речовину, яка називається шліхтою. Як шліхту використовують крохмаль, казеїн, рослинні білки, целюлозні ефіри, борошно та ін. Після шліхтування збільшується товщина і маса ниток, вони стають гладенькими, зменшується їх обривність.

Щоб на верстаті сформувати тканину відповідного переплетення, проводять *пробирання* і прив'язування ниток. Основні нитки просувають через відповідні елементи ткацького верстака (ламелі, ремізки, бердо) так, щоб вони постійно розділялися і утворювали зів для пропускання пітканної нитки. Пробирання можна проводити вручну, напівмеханічним і механічним способами.

Пітканні нитки іноді перемотують, піддають зволоженню та емульсіюванню, а часто використовують без підготовки.

7.1.3. Виготовлення тканин на ткацькому верстаті

З основної і підтканної пряжі, підготовлених певним чином, на ткацькому верстаті виготовляють тканину (рис. 7.1).

Навої (6) встановлюють у гнізда верстата. Основні нитки (5) змотуються з навою (6), огинають валик (скало) (4), проходять через ламелі (3) і галіва ремізок (7). За допомогою ремізок основні нитки розділяють на дві частини, утворюючи простір — *зів*. Потім нитки проходять у зубці решітки берда (8), що рівномірно розподіляє їх по ширині верстата. Частина основних ниток, які проходять через вічка однієї ремізки, періодично піднімаються або залишаються на місці, а друга їх частина, що проходить через вічка другої ремізки, водночас опускається. В утворений між нитками зів швидко прокидають човник (9), що залишає там підтканну нитку. Потім підтканну нитку за допомогою берда (8) прибивають до краю тканини (2), піднімають реміжку, що перебуває внизу, і опускають ту, що була зверху. В утворений зів прокидають човник.

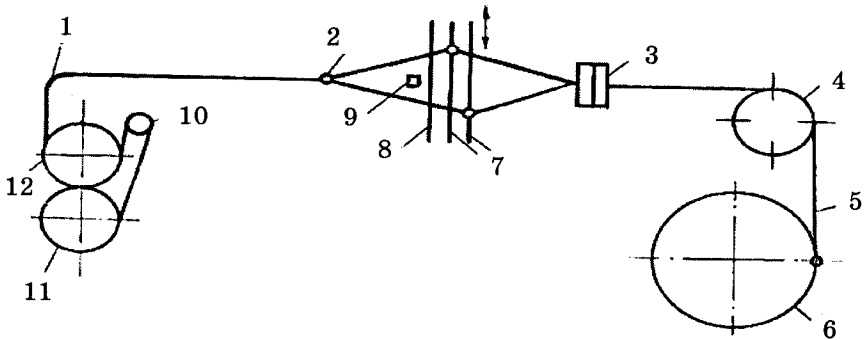


Рис. 7.1. Схема ткацького верстата:

1 — грудниця; 2 — край тканини; 3 — ламель; 4 — валик (скало); 5 — основні нитки; 6 — навій; 7 — ремізки; 8 — бердо; 9 — човник; 10 — натяжний валик; 11 — товарний вал; 12 — вальєн

Такі операції повторюються. Вироблену тканину постійно відводять із зони утворення вальяном (12), огинаючи при цьому спеціальну опору — грудницю (1). Після цього тканина намотується через натяжний валик (10) на товарний вал (11).

Ткацькі верстати бувають різні. Їх класифікують за різними ознаками — за принципом формування тканин, способом прокладання пітканної нитки, конструкцією окремих механізмів та ін.

Техніко-економічні показники. Процеси одержання тканин високопродуктивні, з високим ступенем автоматизації. Сучасні ткацькі верстати дають змогу одержувати тканини високої якості, з малою кількістю дефектів. Ефективними є безчовникові верстати, оскільки в них немає човника, а прокладання пітканної нитки здійснюється струминою води, повітря, рапірами, малогабаритними ниткопрокладачами. Такі верстати мають високу продуктивність. Розроблено також багатозівні ткацькі верстати з одночасним прокладанням пітканних ниток у декількох зівах, утворених основними нитками. Пітканну нитку може залишати мікрочовник — легка пластинка. При цьому зменшується зів і збільшується швидкість прокладання пітканної нитки. Продуктивність таких верстатів сягає швидкості 15 м/год. Перспективне є застосування ткацьких верстатів з електронними системами управління, автоматизованих виробництв з використанням робототехнічних засобів і мікропроцесорної техніки.

Важливим напрямом вдосконалення текстильного виробництва є забезпечення сировиною, покращання її якості, переорієнтація на використання іншої сировини, запровадження прогресивних технологій, виробництво тканин, що відповідають сучасним вимогам.

7.1.4. Тканини, їх будова, властивості, опорядження

Тканини за призначенням поділяють на побутові, технічні та спеціальні. *Побутові* тканини використовують для виготовлення одягу і предметів домашнього вжитку, *технічні* — для виготовлення транспортерних стрічок, пасів, корду та ін-

ших технічних виробів, *спеціальні* — в оборонній промисловості, для захисту від шкідливих дій тощо.

Асортимент побутових тканин дуже різноманітний, їх поділяють на класи (одежні, декоративні, вологопоглинальні), підкласи (бавовняні, лляні, вовняні, шовкові, хімічні), групи, артикулі. Одежні тканини є пальтові, костюмні, платяні, білизняні, підкладочні тощо). Залежно від обробки (опорядження) тканини можуть бути суровими, строкатими та ін. Крім того, тканини розрізняють за їх масою, шириною та іншими властивостями.

Техніко-економічні характеристики тканин.

1. *Лінійні розміри.* Тканини є метражні і штучні ткані вироби. Метражні тканини випускають у вигляді кусків (відрізків довжиною в декілька десятків метрів), штучні — окремими закінченими виробами (скатертини, ковдри, хустки та ін.). Ширина тканини залежить від її призначення і коливається в межах 80—150 см. Ткані вироби шириною до 30 см називають стрічками і тесьмою. Довжина кусків може бути 50—150 м і більше.

2. *Щільність.* Розрізняють щільність за основою і за підтканням. Щільність тканин за основою — кількість ниток основи, які розміщені на 1 або 10 см ширини тканини, щільність за підтканням — кількість підтканних ниток, які розміщені на 1 або 10 см довжини тканини. Якщо щільність за основою і за підтканням однакова, то тканину називають рівнощільною (врівноваженою), якщо різна, тканина є нерівноваженою.

3. *Міцність* — властивість тканини чинити опір розриванню. Для визначення міцності смужки тканини шириною 5 см розривають на спеціальному приладі.

4. *Видовження* — збільшення довжини зразка при дії на нього розтягуючих сил. Оцінюють у відсотках від початкової довжини.

5. *Усадка* — зменшення розмірів тканини при експлуатації (прання, прасування). Велика усадка тканин є негативною ознакою.

6. *Жорсткість* — опір тканин змінам форми. Найбільше значення має жорсткість при згинанні.

Крім того, для тканин характерні інші риси, наприклад драпірувальність, зминання, гігроскопічність, опір стиранню,

водопоглинання, повітропроникність, водопровідність, теплостійкість тощо.

Будова тканин характеризується: лінійною щільністю основної та пітканної пряжі, щільністю за довжиною і шириною, переплетенням пряжі. При заданих параметрах пряжі та щільності тканин, за рахунок різних переплетень можна отримати тканини, що відрізняються зовнішнім виглядом, фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями.

Переплетенням тканин називають порядок перехрещування в них основних і пітканних ниток, в результаті чого на поверхні тканини виступають або основна, або пітканна нитка. Місце, в якому основна нитка проходить над пітканною, називають *основним* перекриттям, а там, де пітканна нитка проходить над основною — *пітканним* перекриттям. Перекриття можуть чергуватися по-різному, створюючи відповідний малюнок переплетення. Малюнок переплетення, що повторюється, називається рапортом.

Для зображення переплетення використовують папір в клітинку. Основне перекриття позначають, замальованою клітиною, пітканне — чистою (рис. 7.2).

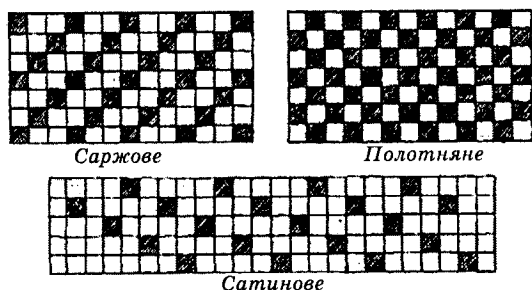


Рис. 7.2. Візерунки переплетення тканин

Усі ткацькі переплетення поділяють на чотири *класи*:

- головні, або прості (полотняне, саржове, атласне, сатинове);
- складні (багатошарові, мішковинні, петельні, ворсові, ажурні);
- дрібновізерунчасті (репс, саржа посилена, рубчик, вафелька та ін.);
- великовізерунчасті (жакардові, складні узорі).

Тканину, вироблену на ткацькому верстаті, називають суровою. Без обробки її використовують рідко, більшість тканин облагороджуються, тобто піддають *опорядженню*. Для цього їх піддають низці фізико-механічних і хімічних процесів. Після такої обробки тканини набувають кращого вигляду, отримують особливі властивості.

Технологічний процес опоряджувального виробництва включає декілька переходів. Для кожної тканини він залежить від її властивостей і призначення, але не залежно від цього, його поділяють на основне і допоміжне виробництво.

Основне виробництво охоплює такі операції технологічного процесу:

1. Підготовка сирових тканин до фарбування і друкування. Цей процес включає декілька переходів. Спочатку сурові тканини на складі *приймають* із ткацьких фабрик, здійснюють контроль якості та встановлюють відсоток браку, підбирають партії. Потім *обпалюють* з метою видалити з поверхні тканини кінчики волокон і вузлики. Для цього застосовують спеціальні машини, на яких швидкість руху тканини становить 50—250 м/хв. Після обпалювання проводять *розилихтування*, тобто видалення з тканини шліхти: тканину просочують розчином сірчаної кислоти або лугу при температурі 30—40 °С, залишають у такому стані на 12—18 год і промивають водою.

З метою видалення залишків крохмалю, воскоподібних та жирових, пектинових і азотмістких речовин тканини *відварюють*. Для цього використовують луг із содою і різні поверхнево-активні речовини. Щоб повністю видалити з тканини природні домішки, речовини, які надають тканині сірого відтінку, знебарвити її, тканину *вибілюють*, використовуючи гіпохлорит натрію, перекис водню тощо. Після вибілювання тканина готова до випуску або надходить на подальші операції. Бавовняні тканини додатково *мерсеризують*: короткий час обробляють концентрованим розчином лугу з метою зміни фізико-хімічних властивостей і структури волокон, в результаті чого підвищується міцність тканини і здатність її фарбуватися.

2. Фарбування тканин — процес, під час якого тканину забарвлюють відповідним кольором шляхом нанесення барвників і їх фіксації. При фарбуванні молекули барвників з розчину проникають в пори набухлих волокон і утримуються в них хімічними або фізичними силами. Тканини повинні забарвлю-

ватися рівномірно, а барвники утримуватися міцно. При цьому не мають погіршуватися фізико-механічні властивості тканин. Барвники бувають натуральні й хімічні, водорозчинні, розчинні при відновленні в лужному середовищі та утворювані на волокні (в результаті окиснення деяких амінів). Для покращання якості тканин при фарбуванні використовують допоміжні матеріали, так звані поверхнево-активні речовини. Процес фарбування здійснюють на спеціальних машинах.

3. Друкування тканин — нанесення на тканину барвників у вигляді малюнка, тобто багатоколірне зображення окремих ділянок тканини. За своєю сутністю хімічні процеси, що відбуваються під час фарбування і друкування, подібні. Проте для нанесення барвника методом друкування потрібні відповідні умови та обладнання. Малюнок повинен мати чіткі межі, окремі елементи малюнка мають щільно прилягати один до одного, не повинно бути просвітів.

Виконують також заключне опорядження: механічні (супіння, каландрування, розширення) і хімічні (просочення клеєм, крохмалем, синтетичними речовинами, декстрином) процеси. І насамкінець здійснюють контроль якості готових тканин. Пофарбовані тканини перевіряють на міцність фарбування до тертя (сухого і мокрого), дії мила і поту, білі — на ступінь і стійкість білизни.

В опоряджувальному виробництві використовують автоматичні пристрої та потокові лінії, об'єднують окремі процеси, що дає змогу підвищити продуктивність, забезпечити вищу якість опорядження, зменшити затрати барвників.

7.2. Швейна промисловість

7.2.1. Асортимент швейних виробів

Швейна промисловість у структурі легкої промисловості України посідає друге місце, хоча за чисельністю зайнятих працівників вона є найбільшою серед інших галузей легкої промисловості.

Сучасна швейна промисловість характеризується досить високим рівнем використовуваних техніки, технологій та організації виробництва, наявністю великих спеціалізованих підприємств і виробничих об'єднань. У швейній промисловості створено фабрики, виробничі об'єднання, фірми, спільні підприємства. Швейні підприємства є в кожному великому населеному пункті. Однією з причин є те, що перевезення тканин і ниток дешевше, ніж готових виробів.

Вдосконалення швейного виробництва передбачає ширше впровадження високопродуктивного обладнання, потокових ліній, розширення асортименту і покращання якості одягу, випуск виробів, які користуються підвищеним попитом, відповідають кращим сучасним зразкам. Технологія сучасного швейного виробництва дедалі більше механізується.

До швейних виробів належать: одяг (побутовий і виробничий), предмети домашнього вжитку, технічні вироби і спорядження.

Одяг з'явився як засіб захисту тіла людини від різних впливів навколишнього середовища (спеки, холоду, вологи, пилу тощо). Нині одягом називають різні предмети, виготовлені з матеріалів рослинного, тваринного і штучного походження, які захищають людину від несприятливих дій навколишнього середовища, підтримують нормальний здоровий стан організму і слугують прикрасою. Це один з елементів матеріальної культури людини. Зміна форм одягу відбувається на кожному історичному етапі розвитку суспільства і відображає зміну вимог суспільного ладу, розвиток техніки, національної культури, особливостей побуту, художніх смаків, традицій людей.

Побутовий одяг — одяг для використання в різних побутових та інших умовах життя суспільства. Його поділяють на повсякденний, святковий, домашній, спортивний. Крім того, є верхній одяг, натільна білизна, корсетні вироби, пляжний одяг, головні убори.

Відповідно до певних *видів* одяг характеризується шістьма *ознаками*: назвою (пальто, куртка, плащ); статтю; віком; сезонністю (зимовий, літній, демісезонний, позасезонний та ін.); призначенням (робочий, святковий, парадний). Кожен вид одягу має різновиди.

Виробничий одяг використовують у виробничих умовах і поділяють:

— на *спеціальний* — виробничий одяг для захисту від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів (плащі, куртки, штани, костюми, халати, фартухи, головні убори);

— *санітарний* — одяг для захисту предметів від працівника і працівника від загальних виробничих забруднень;

— *фірмовий* — одяг для військовослужбовців, робітників спеціальних відомств, транспорту, учнів.

Асортимент швейних виробів постійно поновлюють, що пов'язано із покращанням якості сировинної бази швейної промисловості. Вимоги до сучасного одягу визначають рівнем його якості, який оцінюють шляхом порівняння показників якості моделі з базовими показниками, що фактично отримані в цій галузі.

7.2.2. Основні етапи виготовлення швейних виробів

Виробничий процес виготовлення одягу охоплює такі етапи:

1. Створення моделей, розробка конструкцій і технічної документації.
2. Підготовка матеріалів до розкрою і розкрій.
3. Пошиття виробів та їх опорядження.

Послідовність виробничого процесу визначають технічною підготовкою виробництва. Система такої підготовки включає розробку технологічної та технічної документації для всього процесу виробництва і підготовку засобів технологічного оснащення.

Моделювання і конструювання одягу здійснюють в будинках моделей або експериментальних цехах підприємств. Під моделюванням у швейному виробництві розуміють створення моделі швейного виробу, тобто його ескізу чи об'ємної конструкції. Ескіз роблять на папері, а об'ємну конструкцію створюють шляхом наколювання тканини на манекен. Моделі створюють художники-модельєри і представляють їх на художню раду для затвердження. Після затвердження ескізи разом із зразками матеріалів передають конструктору для розроб-

ки конструкцій. Конструкцію виробу представляють у вигляді комплексу креслень, а пізніше — лекал усіх деталей виробу (в натуральну величину), за якими виготовляють зразок моделі з обраного матеріалу. Його також розглядають і затверджують на художній раді.

Моделювання і конструювання є першим найбільш відповідальним етапом виготовлення виробів, оскільки на ньому закладається якість готових виробів, раціональне використання сировини, забезпечується підвищення продуктивності праці, встановлюються матеріальні затрати на створення виробу, визначається технологія його виготовлення та організації виробництва, рівень механізації й автоматизації. Моделювання і конструювання одягу — творчі процеси створення нових фасонів виробів відповідно до їх призначення і вимог до сучасного одягу.

Перед початком запуску нової моделі у виробництво експериментальний цех повинен мати її зразок, лекала всіх розмірів у повному комплекті і технічну документацію.

Технічна документація включає: малюнок моделі, її преїскурантний номер і дату затвердження художньою радою; специфікацію деталей; рекомендовані матеріали верхньої частини виробу, підкладки і фурнітури; основні вимоги до розкроювання і пошиття; таблиць вимірів лекал і готового виробу; дані про площу лекал деталей верхньої частини, підкладки і докладу виробу; норму затрат тканини на виріб і зменшені зарисовки розкладок лекал із зазначенням міжлекальних відпадків (у відсотках).

На кожну нову модель виготовляють зразки (або невеликі дослідні партії). При цьому остаточно уточнюють конструкцію моделі й технічні умови її розкроювання та пошиття. За розробленими і уточненими кресленнями деталей крою виготовляють лекала (шаблони), спочатку для середнього розміру, а потім на решту виробів. Лекала роблять зі спеціального картону. На кожне лекало наносять позначення (назву виробу, номер фасону чи моделі, розмір, зріст, повноту, напрям нитки основи, лінії допустимих відхилень, місця розташування виточок, кишень, петель, складок, контрольні надсічки, надсічки для з'єднання деталей при зшиванні). Лекала є основні, підсобні та допоміжні. Також виокремлюють контрольні шаблони.

Одяг у процесі його виготовлення на швейному підприємстві проходить через експериментальний, підготовчо-розкрійний і швейний цехи.

В експериментальному цеху відтворюють моделі одягу за візрцями будинку моделей для показу на ярмарку оптової реалізації. Візрці моделей, затверджені торговельними організаціями оптової реалізації одягу, є зразками для масового виробництва виробу. У цьому цеху моделі готують до запуску у виробництво.

Підготовчо-розкрійний цех об'єднує два відділення — підготовче і розкрійне.

У підготовчому отримують і зберігають тканини, перевіряють їх якість і розміри, підсортовують, підбирають у настили, наносять малюнок елементів крою на верхні полотна настилів.

У розкрійному відділенні настеляють настили тканин (8—200 полотен), розсікають їх на частини, вирізають деталі виробу, контролюють якість крою, комплектують деталі крою.

Є системи централізованого підготовчо-розкрійного виробництва для обслуговування декількох підприємств із застосуванням економіко-математичних методів і ЕОМ.

У швейному цеху вироби шиють. Цей процес здійснюється на технологічних потоках, які можуть бути одно- і багатофазонні, одно- і багатоасортиментні. Деталі одягу з'єднують нитковим, клеєвим, зварним і комбінованим методами.

Найбільш поширеним є нитковий метод з'єднання. Він забезпечує достатню міцність, еластичність, гарний вигляд шва, дає змогу виконувати будь-які шви.

Клеєвий спосіб кріплення деталей менш поширений. Клей застосовують у вигляді плівки, нитки або порошку, його наносять між з'єднуваними деталями або шаром на прокладку. Таке з'єднання може бути суцільним і у вигляді крапок, одно- і двостороннім.

Зварні з'єднання застосовують при виготовленні одягу з синтетичних або змішаних із синтетичними волокнами матеріалів. При цьому не потрібні матеріали для кріплення деталей.

Фізико-механічні властивості одягу переважно залежать від властивостей використуваних матеріалів. Разом з тим деяких нових властивостей деталі й вироби набувають у процесі виготовлення. Для цього роблять підкладки (комір, лацкан, пілка тощо), просочують спеціальними речовинами, проклада-

ють потаємні паралельні строчки. З метою підвищення опору деяких ділянок одягу стиранню використовують накладні деталі (наколінники, нарукавники, спеціальну тесьму внизу штанів та ін.). Прикрашають одяг різними строчками, аплікацією, вишивками.

На великих підприємствах є ще *цех опорядження*, де здійснюють волого-теплову обробку, на малих підприємствах її проводять у швейному цеху.

Під *волого-тепловою* обробкою швейних виробів розуміють спеціальну обробку деталей або виробів вологою, теплом і тиском за допомогою спеціального обладнання. Вона становить приблизно 15—25 % усієї трудомісткості обробки виробів і їх опорядження. Якість одягу і його зовнішній вигляд дуже залежать від волого-теплової обробки. Її здійснюють як під час пошиття, так і при опорядженні виробів.

Весь процес волого-теплової обробки включає три стадії: розм'якшення волокна вологою і теплом; надання відповідної форми тиском; закріплення наданої форми шляхом видалення вологи теплом і тиском. Розрізняють такі способи обробки: прасування, пресування, відпарювання.

Техніко-економічні характеристики. Одяг має бути гарним, модним, стійким до зношування, зручним, ефективним, дешевим. Сучасні швейні виробництва багато працюють над питанням забезпечення населення саме таким одягом. Українські підприємства співпрацюють з німцями, поляками, французами та ін, на таких спільних підприємствах використовують обладнання і технології, що відповідають світовим стандартам, виготовляють вироби, які можуть експортуватися до Німеччини, Польщі, Франції та інших країн.

7.2.3. Машини і обладнання у швейному виробництві

З урахуванням структури швейного виробництва машини і обладнання можна поділити на машини для технічної підготовки виробництва; розкрійні машини; машини для процесів з'єднання деталей виробів; машини для процесу формування; машини для опорядження.

Більша частина цих машин була створена, насамперед, для швейного виробництва. Водночас у цій сфері застосовують пристрої, які можуть бути використані і в інших виробництвах — транспортні та маніпуляційні пристрої; пристрої для контролю та управління; допоміжні пристрої різного призначення, пристосовані до умов швейного виробництва; вимірвальні засоби.

Обладнання для *технічної підготовки* — пристрої для розмноження (градування) лекал; розмноження і підготовки конструкторських матеріалів; складання технологічних схем тощо. З цією метою застосовують копіювальні кільця, кругові градувальні пристрої, пристрої для розмноження лекал, пантографи (для зменшення деталей крою), оптичні пристрої та системи (для одержання малюнків розкладок лекал), телевізори, спеціальні пристрої для визначення браку в матеріалі (різновідтінності та ін.), настиляючі машини (для настилання тканин, натягування їх при настиланні, вирівнювання країв), затискаючі, маркери (для розмічування виточок, кишень, петель тощо).

На цій ділянці підприємства застосовують автоматизовані й роботизовані системи. Вже створено роботизовані технологічні комплекси, гнучкі автоматизовані виробництва, автоматизовані склади матеріалів — коміркові стелажі і транспортний робот, який може завантажувати в комірки і виймати із них рулони тканин, перекладаючи їх на транспортну теліжку. Роботою складу керує ЕОМ. Застосування робототехнічних засобів в підготовчому і складському відділеннях створює передумови організації гнучкого автоматизованого виробництва. Підвищується продуктивність праці, знижується кількість обслуговуючого персоналу.

Розкроюють тканини шляхом розрізання ножицями, ножем, пилення, вирубування. Ножиці є ручні та електричні (розрізують до 3—5 полотен). Машини для розкроювання тканин є різних конструкцій і принципу роботи — з прямим, обертовим, дисковим, стрічковим ножем. Функціонують також стрічкові розкрійні машини. Машини для розкроювання є стаціонарні та пересувні. Застосовують неklasичні способи розкрою: стисненим повітрям, електроіскрою, лазером, плазмою, водою та ін.

Винайдено роботи для розкроювання тканин (роботизовані розкрійні комплекси), за допомогою яких можна здійснювати розкрій в настилах вертикальними ножами і безнастильний розкрій лазером. Першим способом можна розкроювати одночасно до 200 шарів тканин. Продуктивність і точність такої роботи дуже висока: при використанні лазера досягається швидкість до 30 м/хв.

Є різні варіанти розкрійного гнучкого автоматизованого виробництва, коли тканина надходить на розкрійну головку прямо від ткацької машини. Немає необхідності у використанні складів тканин, проте складнішою є організація виробництва. Гнучкі автоматизовані виробництва на підготовчо-розкрійних ділянках швейних підприємств з великим випуском виробів дають змогу вивільнити значну кількість робітників, змінити вид праці, підвищити її продуктивність більше ніж у 10 разів.

Використовують автоматичні та напівавтоматичні лінії, на яких виконують комплекс операцій: подавання матеріалу, його настилення, перенесення малюнка, маркування, фіксація настилу, грубий розкрій, точний розкрій, класифікація, комплектування деталей для процесу з'єднання.

Для з'єднання деталей виробу найчастіше застосовують швейні машини. Вони бувають різні за конструкцією і призначенням: неавтоматичної та напівавтоматичної дії, важкі, середні, легкі; побутові, для промисловості, для ремісничих виробництв. Залежно від виконуваних операцій швейні машини поділяють на зметувальні, окантовувальні, вишивальні, запошивочні, обметувальні, для ажурної строчки та ін. На машинах неавтоматичної дії операції виконують з обов'язковою участю робітника. На машинах напівавтоматичної дії пришивають ґудзики, роблять петельки, обробляють клапани, манжети, комірці, з'єднують внутрішні зрізи підборта з підкладкою, бортову і утеплювальну прокладки в зимових виробках та ін. Є машини для виконання клеєних з'єднань.

З метою підвищення продуктивності праці, зниження затрат часу на з'єднувальні операції і покращання якості оброблених деталей в швейних цехах використовують засоби малої механізації — лінійки, обмежувальні лапки, пристрої для підгинання країв деталей, оброблення відкритих зрізів та ін.

Обладнання для *волого-теплової* обробки може мати електричне, електропарове і парове нагрівання. Розрізняють п'ять основних груп обладнання для волого-теплової обробки: універсальне пресове обладнання; спеціальне пресове обладнання; гладильні столи; праски; допоміжне обладнання.

Використання пресів дає змогу механізувати найбільш трудомісткі операції, покращити якість обробки, підвищити продуктивність. Вони обладнані спеціальними подушками різної форми, між якими обробляють деталі або вироби. Кожен прес має дві подушки — верхню і нижню.

Відпарюють вироби на пресах-відпарювачах за допомогою відпарювальних апаратів і пароповітряних манекенів. Готовий виріб одягають на манекен, розправляють, затискають краї спеціальними пристроями і включають вентилятор, що нагнітає повітря, потім подають нагріту пару. Пара пропарює виріб, а гаряче повітря розправляє і просушує його.

Є різні конструкції гладильних столів (разом з прасками і без них), часто з них формують гладильні лінії.

В опоряджувальному відділенні застосовують машини для фіксації, дублювання (склеювання великих поверхонь), плісе та інших операцій.

Контрольні запитання і завдання

1. Які галузі належать до легкої промисловості? Проаналізуйте занепад і розвиток галузей легкої промисловості в Україні.

2. Що є сировиною для текстильної промисловості? Чи є в Україні проблеми із цією сировиною?

3. Охарактеризуйте основні технологічні процеси (стадії) текстильної промисловості.

4. Зазначте основні техніко-економічні характеристики процесів виготовлення пряжі, тканин, опорядження тканин.

5. Розкрийте сутність основних етапів виготовлення швейних виробів.

6. З'ясуйте техніко-економічне обґрунтування застосування у швейному виробництві автоматизації.

Література

1. *Васильева И.Н.* Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
2. *Дичковська О.В.* Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
3. *Дичковська О.В.* Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.
4. Основы технологии важнейших отраслей промышленности/ Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Вышейш. шк., 1989.
5. *Першина Л.Ф. и др.* Технология швейного производства. — М.: Легпромиздат, 1991.
6. *Светик Ф.Ф.* Легкая индустрия: проблемы перестройки. — М.: Легпромиздат, 1989.
7. *Труханова А.Т.* Основы технологии швейного производства. — М.: Высш. шк., 1987.
8. *Царик Т.Є., Файфура В.В.* Основи екології. — Т., 2003.
9. *Яковенко І.І.* Виробничий ринок в сучасних умовах. — К.: Наука, 2001.

Розділ 8

ТЕХНОЛОГІЇ В ПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЯХ

8.1. Формування технологічних схем

Технологія харчових продуктів суттєво відрізняється від інших технологічних процесів. Важливою особливістю харчових продуктів є *нестійкість* їх якісних показників, що не дає змогу застосовувати в технологічному процесі обробки великі швидкості, тиск, температуру. Сировина і напівфабрикати у харчових виробництвах мають різноманітний набір компонентів (елементів складу), швидко псуються, потребують особливих умов зберігання, посиленого контролю якості. На формування технологічних схем в переробних галузях впливають:

1. Спосіб одержання продукту. Харчові виробництва за цією ознакою поділяють на: ті, що вилучають цінні речовини із сировини; підвищують концентрацію цінних компонентів у продукті; виготовляють продукцію із різних компонентів; виготовляють продукцію з напівфабрикатів первинного виробництва.

2. Склад сировини. Вона буває однокомпонентна і багатокомпонентна.

3. Повнота використання сировини.

Для переробних галузей характерними є три такі *схеми*:

Першу схему застосовують у виробництвах, продукцію яких одержують на основі обробки багатокомпонентних сумі-

шей. Сировина і напівфабрикати повністю включаються до кінцевого продукту — хлібопекарських, кондиторських виробів. Структура ліній цієї групи підприємств характеризується великою кількістю паралельних потоків на стадії підготовки (рис. 8.1, *a*), які потім об'єднують в один загальний потік на основній стадії. Паралельні потоки на основній стадії використовуються лише для збільшення продуктивності або для випуску інших сортів чи видів продукції.

Друга схема характерна для виробництв, продукція яких не відрізняється за складом від використовуваної сировини. Це сушіння, консервування, заморожування, стерилізація. У цих лініях послідовно проводять технологічні операції від по-

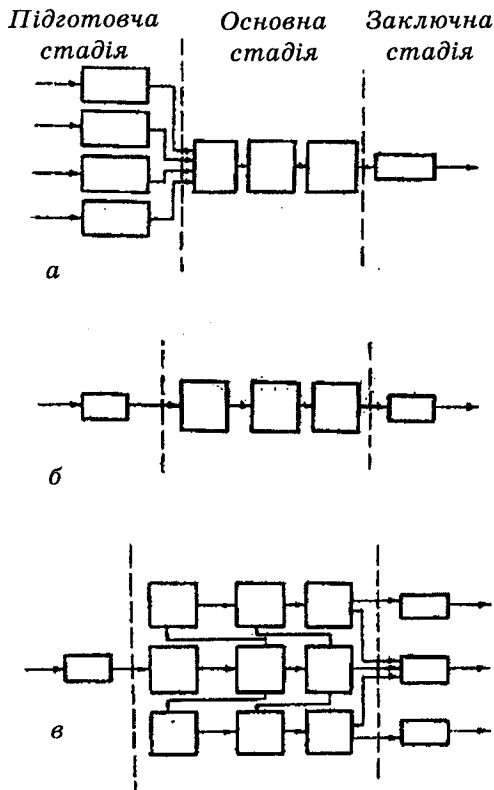


Рис. 8.1. Технологічні схеми виробництв у переробних галузях

чаткової до кінцевої стадії (рис. 8.1, б), а паралельні лінії застосовуються для підвищення продуктивності або випуску інших сортів продукції.

Третя схема впроваджена на виробництвах, в яких кінцевий продукт вилучають екстракцією, фільтруванням, сортуванням тощо, тобто на цукрових, крохмальних, борошномельних, круп'яних та інших виробництвах. Лінії цих підприємств складаються із послідовно виконуваних технологічних операцій на основній стадії з великою кількістю зворотних потоків (рис. 8.1, в). Це зумовлено тим, що перетворення продукту відбувається в результаті багаторазового повторювання дій, які доцільно здійснювати в однотипних машинах і апаратах. Основна стадія має складну структуру.

Багато харчових виробництв поєднують різними способами ці три типи схем.

8.2. Технології окремих харчових продуктів

8.2.1. Технологія одержання цукру

Цукор — солодкий на смак харчовий продукт. Калорійність 100 г цукру становить близько 400 ккал. Промисловість України випускає цукор у вигляді кристалів (цукор-пісок) і рафінованим (куски, рафінований пісок, пудра).

За хімічним складом цукор майже повністю складається з цукрози ($C_{12}H_{22}O_{11}$), що належить до групи вуглеводнів, які включають глюкозу, фруктозу, крохмаль і становлять більшу частину (близько 70 %) раціону харчування людини. Найбільший вміст цукрози в цукрових буряках (до 25 %) і цукровій тростині (до 18 %). Утворюється цукроза внаслідок фотосинтезу. У вигляді цукрози утворені при фотосинтезі вуглеводні переміщуються із листя в насіння, коріння, коренеплоди.

Основною сировиною для одержання цукру є цукрові буряки і цукрова тростина. Із цукрових буряків цукор виробляють в Європі, США, із цукрової тростини — в Індії, Бразилії, Мексиці, Філіппінах, на Кубі та ін. В Україні цукор виробляють

саме із цукрових буряків. Обсяг світового виробництва цього продукту сягає 125 млн т. Слід зазначити, що більше цукру виробляють із цукрової тростини (близько 69 %). Найбільшими виробниками цукру є Індія та Бразилія.

Цукрове виробництво має тісні зв'язки з іншими галузями народного господарства, а загальний розвиток буряківництва і цукрового виробництва позитивно впливає на сільське господарство України. Відходи цього виробництва використовують у тваринництві та як добрива. Водночас ефективність цукрового виробництва залежить від вартості, цукристості та інших технологічних якостей буряка, які визначають вихід цукру. На деяких цукрових заводах організовані допоміжні виробництва (одержання спирту, харчових дріжджів, кислот, жому та ін.). Деякі виробництва (молококонсервні, консервні, м'ясокомбінати) користуються одними енергетикою, водопостачанням, під'їзними шляхи та іншими спорудами разом з цукровими заводами. Проте робота цукрових заводів сезонна.

Технологічний процес одержання цукру складається із таких основних стадій: очищення буряків; подрібнення їх на стружку; одержання дифузійного соку; його очищення; випарювання соку й одержання сиропу; кристалізація; відділення кристалів цукру; висушування цукру; пакування.

Допоміжними процесами у виробництві цукру є одержання вапна, вапняного молока, сатураційного і сульфітаційного газів, пресування, сушіння та брикетування жому.

Очищення буряків починається ще при їх викопуванні. Привезені з поля буряки зберігають в кагатах поряд із цукровими заводами. Потім вони надходять до очисного відділення, де їх миють на спеціальних машинах, повністю очищаючи від піску, бруду та інших частинок. Очищені буряки подають на транспортер, де їх інспектують, і зважують на автоматичних вагах (300, 400, 500 кг).

Подрібнюють буряки на різальних барабанних машинах на тонкі стружки жолобчастої форми товщиною 0,5—1 мм.

З подрібненої стружки *одержують дифузійний сік*, обробляючи її гарячою водою (60—70 °С) в спеціальних дифузійних апаратах протягом 60—70 хв. Цукристі речовини дифундують у воду. Сік містить 14—15 % цукру, близько 2 % нецукристих речовин, домішки кислот, білків, амідів, пектинів, які нада-

ють йому темного кольору і знижують кристалізацію цукру. Залишок після відділення соку відтискають на шнекових пресах. Його називають жомом і використовують для відгодівлі тварин, іноді спочатку висушуючи і брикетуючи.

Очищують дифузійний сік у декілька стадій. Спочатку вапняним молоком для видалення нецукристих речовин. Процес відбувається в котлах (дефекаторах) при температурі 85—90 °С і називається дефекацією. При дефекації сік забруднюється вапняним молоком, для осадження якого сік обробляють вуглекислим газом у котлах-сатураторах. Процес називається сатурацією. Потім сік відстоюють і фільтрують на фільтропресах, вакуумних або механічних фільтрах. Для поліпшення умов фільтрування його нагрівають до 98—100 °С і подають на фільтри під тиском 0,2—0,25 МПа. З метою освітлення соку проводять сульфитацію. Для чого його обробляють сірчистим газом.

Випарювання дифузійного соку здійснюють у випарних апаратах з метою видалення із нього води. Нагрівають його за допомогою гострої пари. Щоб процес був ефективнішим і невеликими були затрати палива, застосовують багатокорпусні (найчастіше п'ятикорпусні) випарні апарати. Гаряча пара надходить у перший випарний апарат, а всі інші підігрівають соковою парою попередніх. Киплячий сік у випарному апараті циркулює всередині скляних трубок, а пара — поміж трубок. У процесі випарювання сік частково темніє, тому сироп знову сульфітують, очищують активованим вугіллем і знову фільтрують.

Очищений сироп уварюють в апаратах, подібних до випарних, де відбувається подальше випаровування води і **кристалізація цукру** з пересиченого розчину. Процес триває 2,5—3 год при температурі 45 °С. Після уварювання продукт містить 55—60 % кристалів, 7,5 % води і його називають утфелем першої кристалізації.

Кристали цукру **відділяють** від розчину на центрифугах під дією відцентрових сил, також відділяється рідка речовина (зелена патока), яка містить всі нецукристі речовини сиропу. Кристали вибілюють водою і обробляють водяною парою. Утворену при цьому солодку світлу рідину називають білою патокою. Потім її повертають до сиропу. А зелену патоку ще раз переробляють у вакуумних апаратах і одержують жовтий цукор і

мелясу, з якої одержують етиловий спирт, хлібопекарські дріжджі, гліцерин, застосовують її також у кормовиробництві.

Далі цукор подають у сушильні барабани для висушування, потім пакують у мішки масою 50 кг і зберігають на складах.

Зі звичайного цукру можна одержати *рафінований*: його розчиняють у воді, нагрітій до 90 °С, отриманий сироп фільтрують і очищають від нецукристих речовин та барвників. Наступним етапом є випарювання і кристалізація у формах. Очищений цукор можна пресувати на пресах, одержані бруски розколюють на куски потрібної форми.

Техніко-економічні показники. Виробництво цукру є безперервно-поточковим високопродуктивним процесом з високим ступенем механізації та автоматизації. В Україні є великі цукрові заводи, які можуть переробляти за добу до 6000 т буряків, на них виробляється цукор високої якості, що створює сприятливі умови для його реалізації за межами України. При зберіганні цукру потрібно дотримуватись певних умов — вологості не вище 70 %, температури повітря не вище 40 °С. Від цього залежать і строки зберігання. Під час зберігання цукор адсорбує сторонні запахи, вологу.

8.2.2. Молоко і молокопродукти

Молоко — біологічна рідина, що виробляється молочною залозою самок тварин; це складна колоїдна система, яка містить багато компонентів. Особливість багатьох із них полягає в тому, що жоден інший продукт харчування не містить їх. Склад молока не постійний, проте переважно до нього входять вода (87,5 %), лактоза (4,7 %), мінеральні речовини (0,7 %), вітаміни, ферменти, молочний жир (2—6 %), білки (3,3 %), барвники, гази. Жир у молоці має вигляд кульок, середній його вміст становить 3,8 %. Лактоза — молочний цукор виробляється тільки молочною залозою, вміст її протягом року коливається. У молоці майже завжди наявна лимонна кислота (до 0,2 %), в молочних продуктах вона зброджується ароматотвірними бактеріями і впливає на смак (наприклад, масла). Та-

кож до цієї складної системи входять мікроелементи (мідь, цинк, марганець, кобальт, йод та ін.), їх наявність різко підвищує цінність молока.

Свіжовидоєне молоко має *бактерицидні властивості*. Оскільки в ньому є бактерицидні речовини білкового походження. Живі мікроорганізми, потрапляючи в молоко, не тільки не розмножуються, а поступово гинуть, проте при нагріванні така властивість зникає. Зберегти ці цінні характеристики можна лише шляхом швидкого і глибокого охолодження. Час, протягом якого молоко має бактерицидні властивості, називають бактерицидною фазою. Температура кипіння молока становить 100,2 °С, температура замерзання — 0,54—0,58 °С.

На склад і властивості цієї речовини впливають: лактаційний період, порода тварини, рівень і тип її годівлі, період року, в якому її зібрали, індивідуальні властивості корів.

Лактаційний період — період, коли утворюється, накопичується і виводиться з молочної залози молоко. Процес, що відбувається в цей період називають лактацією. У корів вона триває в середньому 300 днів. Спочатку після народження малюка виділяється молозиво, яке відрізняється від молока за складом і властивостями. Молоко з'являється лише на 7—10-й день.

З молока виготовляють різні молокопродукти — пастеризоване, стерилізоване, вітамінне, топлене молоко, йогурти, кефіри, сири, масло різних типів та ін. Попередньо молоко потрібно підготувати, для чого здійснюють *первинну обробку*. До основних операцій первинної обробки належать: очищення від механічних домішок (фільтрація), охолодження, сепарація, нормалізація, гомогенізація.

Від механічних домішок молоко *очищують*, проціджуючи через цідила (фільтрувальну тканину — бавовняну, синтетичну). Досконаліше очищують молоко у сепараторах-молокоочисниках. Механічні домішки відокремлюються відцентровою силою.

Охолоджують молоко для збереження в ньому бактерицидних властивостей на тривалий час. Це доцільно робити одразу після видоювання і так, щоб молоко надходило на охолодження в міру його надоювання, а не після закінчення доїння всього стада корів. Охолоджують його до 4—6 °С. Таке молоко можна зберігати 2—3 доби. Для охолодження використовують воду,

лід, хімічні холодоагенти (аміак, вуглекислий газ, фреон тощо). Є різні конструкції охолодників.

Нормалізація — процес вирівнювання складу молока за вмістом жиру і сухих речовин. Нормалізують молоко на фермах і заводах. Для цього використовують сепаратори-вершковіддільники зі спеціальним пристроєм. Іноді процес нормалізації здійснюють у баках або танках способом змішування компонентів. Для кращого розподілу жиру вершки, які використовують для нормалізації молока, *гомогенізують* (подрібнюють жирові кульки).

Перевозять молоко у бідонах, молоковозах, цистернах, а зберігають у спеціальних резервуарах (вертикальні або горизонтальні циліндри) з алюмінію або сталі місткістю 2000—20 000 л. Корпус резервуарів має бути покритий термоізоляцією і захисним сталевим кожухом. Перемішують молоко спеціальними змішувачами.

Іноді молоко *заморожують* для того, щоб зберігати його протягом 5—30 діб без втрати цінних властивостей. Заморожування відбувається при температурі нижче $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ у спеціальних тазах. Після цього форми на декілька секунд опускають у гарячу воду і викладають блоки на стелажі або столи, де вони і зберігаються.

Технологія одержання молокопродуктів.

Пастеризоване молоко. При отриманні пастеризованого молока виконують такі процеси: механічну обробку молока (фільтрування, сепарацію, нормалізацію, гомогенізацію); теплову обробку молока (пастеризацію); розливання, закупорювання, маркування.

Пастеризацією називають процес нагрівання молока від $63\text{ }^{\circ}\text{C}$ до температури, близької до точки кипіння. При цьому знищуються хвороботворні мікроорганізми. На практиці застосовують тривалу (при температурі $63\text{—}65\text{ }^{\circ}\text{C}$ обробка триває 30 хв), короточасну (при температурі $72\text{—}76\text{ }^{\circ}\text{C}$ 15—20 с), миттєву (при температурі $85\text{—}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ без витримування) пастеризацію. Після пастеризації молоко охолоджують до температури $4\text{—}7\text{ }^{\circ}\text{C}$ і розливають у пляшки, паперові або поліетиленові пакети. Весь процес одержання такого виду молока автоматизовано.

Стерилізоване молоко. Процес одержання стерилізованого молока подібний до попереднього процесу, різною є тепла об-

робка, стерилізація. Під час *стерилізації* підготовлене механічною обробкою молоко нагрівають вище за температуру кипіння. При цьому знищуються всі мікроорганізми та їх спори, чого не відбувається при кип'ятінні, наприклад, пастеризованого молока, коли гине вся мікрофлора молока за винятком спор, стійких до високих температур.

Кисломолочні продукти. Такі продукти одержують з молока (в основному коров'ячого) шляхом молочнокислого бродіння. Для цього молоко приймають, сортують, очищують, нормалізують, піддають термічній обробці, охолоджують, заквашують, сквашують, витримують 12—18 год для дозрівання. Для заквашування використовують кисломолочні бактерії. Кисломолочні напої характеризуються високою фізіологічною цінністю, позитивно впливають на весь організм людини, на центральну нервову систему, поліпшують окисно-відновні процеси в організмі.

Техніко-економічні показники. Важливими показниками ефективності молокозаводів є: продуктивність (кількість виробленої продукції за одиницю часу), якість і собівартість молокопродуктів, витратні коефіцієнти, рівень механізації та автоматизації виробництва, величина прибутку від реалізації тощо. З метою покращання роботи підприємств і підвищення їх ефективності ширше потрібно впроваджувати нові прогресивні технології, високопродуктивне обладнання, використовувати високоякісну сировину. Важливим є розширення асортименту виготовлюваної продукції, покращання її якості.

8.2.3. М'ясо і м'ясопродукти

М'ясо — туша або її частина, одержана внаслідок забою тварин. Це сукупність м'язової, жирової, з'єднувальної та кісткової тканин. **Якість м'яса** визначається кількісним співвідношенням між цими тканинами, їх фізико-хімічними, морфологічними характеристиками, що залежить від виду тварин, породи, віку, статі, умов утримання, годівлі, анатомічних особливостей.

М'язова тканина — кількісний і якісний головний складник м'яса; пучки м'язових волокон, з'єднаних між собою тоненькими з'єднувальними тканинами. У добре угодованих тварин в них нагромаджуються жирові відкладення і утворюється так звана мармурність м'яса. М'ясо доброї якості має тонку дрібноволокнисту структуру м'язів. М'язові тканини становлять 40—70 % усього м'яса.

Жирова тканина — другий після м'язової анатомоморфологічний компонент, який визначає якість м'яса. Жирова тканина знаходиться в м'ясі у розсипчастій з'єднувальній тканині, також розсіяна між м'язовими тканинами, містяться в крові та мозковій речовині. Жирова тканина покриває поверхню туші шаром різної товщини і становить 3—20 % усього м'яса. Кількість і характер її розподілу впливають на якість м'яса.

З'єднувальна тканина містить аморфну речовину, тонкі волокна і клітини. Є рихла, щільна, еластична, слизова з'єднувальна тканина. Вміст її в м'ясі залежить від типу тварини, її угодованості, віку, статі, господарського використання, частини туші. З'єднувальні тканини становлять 9—14 % усього м'яса.

Кісткова тканина (15—22 %) — з видів з'єднувальної тканини, що містить щільний основний матеріал, який утворює поверхневий шар і внутрішню губчасту речовину. До складу основного матеріалу входять органічна частина і мінеральні солі. Склад кісток значно змінюється залежно від угодованості тварин.

У *хімічному складі* м'яса наявні азотисті (білкові, екстрактивні та мінеральні) речовини, жири, вітаміни, мікроелементи і вода, співвідношення яких в м'ясі різних тварин неоднакове. Крім того, залежно від угодованості одного і того самого виду тварин, хімічний склад м'яса істотно відрізняється.

Харчова цінність м'яса і м'ясопродуктів визначається хімічним складом, залежить від наявності біологічно важливих складових компонентів, зміна яких в процесі обробки впливає на якість готових продуктів.

М'ясо — джерело енергії, яку людина отримує із їжі, важливою його властивістю є консистенція (ніжність, соковитість). З часу забою тварин м'ясо поступово змінює свої властивості — дозріває. Відразу після забою тварин воно (гаряче м'ясо) має

м'яку консистенцію, невелику вологість, жорстке і не має доброго смаку і аромату. Через 24—72 год жорсткість зникає, м'ясо стає ніжним, соковитим, має приємний запах, на його поверхні утворюється щільна плівка. Дозрівання м'яса — комплекс фізико-хімічних і біохімічних процесів, які після забою тварин відбуваються у тканинах під дією відповідних ферментів (каталізаторів).

М'ясо при неправильному зберіганні під дією різних факторів легко псується, при цьому змінюються його властивості. Причиною цього є вплив мікроорганізмів, які, розвиваючись, руйнують цінні поживні речовини і виділяють продукти своєї життєдіяльності, різко погіршують якість м'яса.

З м'яса виготовляють різні *м'ясопродукти* — ковбаси різних видів, окорок, шинки, рулети, м'ясні хлібці, паштети, холодець, м'ясні консерви та ін. Цим займаються спеціальні підприємства, основними з яких є м'ясокомбінати. На них здійснюють забій тварин, розробку туш, обробку субпродуктів і кишок, виробництво харчових жирів, обробку і консервування шкір, переробку відходів на кормові і технічні продукти, холодильну обробку, виробництво різних м'ясопродуктів. Іноді на великих м'ясокомбінатах виробляють клей, желатин, медичні препарати, предмети широкого вжитку.

Технологія одержання м'ясопродуктів.

Солоні продукти. До них належить шинка, окорок, рулет, грудинка та ін. Технологічна схема їх виробництва охоплює такі процеси: розробку туш, засолювання, термічну обробку.

Розробку туш здійснюють в охолодженому стані. Туші розробляють на частини відповідних форми і розмірів (згідно зі схемами). Кожна частина призначена для виготовлення відповідного виробу.

Мета засолу — пригнічення життєдіяльності гнильних бактерій. Це основний технологічний прийом дозрівання м'яса. Засолювання здійснюють сухим (натирають м'ясо сухою сіллю), мокрим (витримують вироби у соляному розсолі) і змішаним (сировину шприцюють розсолом, потім натирають сіллю або засолюваною сумішшю) способами. Спосіб засолу вибирають залежно від продукту. Засолювання проводять при низькій температурі вище 0 °С. Для засолювання використовують такі суміші — сіль кухонна, нітрит натрію, цукор.

Різновиди термічної обробки: копчення, варіння, запікання. У процесі *копчення* вироби обробляють димовими газами, які утворюються під час неповного згоряння деревини. При цьому в продуктах накопичується певна кількість коптильних компонентів диму, знижується вміст вологи, відбуваються ферментативні процеси. Вироби набувають нового смаку, запаху, забарвлення, стають стійкими до дії мікроорганізмів і, отже, термін зберігання таких виробів збільшився. При копченні має значення порода дерева, умови і режими одержання диму. Є різні способи і режими копчення. Для цього використовують коптильні камери. Отримані копчені м'ясопродукти сушать з метою видалення води і збільшення терміну зберігання.

Варять рулети, окороки, корейку, грудинку, шинку. Під час варіння білки м'ясопродуктів денатуруються, м'язові волокна стискаються, виділяється внутрішньом'язовий сік, гине більшість мікроорганізмів. Варять м'ясо у спеціальних котлах при температурі 80—82 °С протягом 4—6 год, варити також можна в автоклавах, парових камерах, спеціальних установках безперервної дії.

Запікання — теплова обробка м'ясопродуктів гарячим повітрям або гарячими димовими газами. При запіканні поверхневі шари виробів підсушуються, ущільнюються і вироби прогріваються до температури 68—70 °С. Така обробка дає змогу одержати ніжний соковитий продукт зі своєрідною шкірочкою. Іноді запікання поєднують з копченням. Такі продукти називають копчено-запеченими.

Завершують термічну обробку всіх видів солоних продуктів *охолодженням*. Його здійснюють швидко в камерах з температурою повітря 0—4 °С. Поверхня солоних виробів має бути чистою, сухою, рівномірно прокопченою, без слизу, плісняви, залишків щетини, з рівно обрізаними краями.

Ковбасні вироби. Ковбані вироби (залежно від сировини і технологічної обробки) можна поділити на такі види: варені ковбаси, сосиски і сардельки, напівкопчені, копчені, сирокопчені, варено-копчені, ліверні, кров'яні ковбаси, м'ясні хлібці, паштети, сальтисон, холодець, дієтичні ковбасні вироби. Залежно від якості виокремлюють такі сорти: вищий, I, II, III. *Технологічна схема* виробництва ковбасних виробів охоплює

такі процеси: розробка, обвалювання, жилювання і сортування м'яса, подрібнення, засолювання і дозрівання м'яса, приготування фаршу, шприцювання і в'язання ковбасних виробів, осадження виробів, обжарювання, варіння, копчення, охолодження, сушіння.

Розробляють м'ясо за схемою і у відповідній послідовності, для чого на підприємствах використовують конвеєри, столи. Розробляють туші ножем або сікачем.

Обвалюванням називають процес відокремлення м'язової, з'єднувальної та жирової тканин від кісток. Це роблять вручну спеціальним ножем. На кістках не має залишатися м'яса, проте допускаються незначні залишки на кістках складного профілю.

З обвалюваного м'яса видаляють сухожилля, жир, хрящі, дрібні кістки, забруднені місця. Потім м'ясо розділяють за сортами, такий процес називають *жилюванням*. М'ясо жилюють вручну спеціальним ножем із широким довгим лезом. *Сортують* жиловане м'ясо залежно від вмісту з'єднувальних (для волового) і жирових тканин (для свинного м'яса).

Подрібнюють м'ясо на спеціальних машинах, що мають решітки з отворами різних діаметрів. Решітки підбирають залежно від сорту ковбаси, для якої призначене м'ясо. Подрібнене м'ясо солять таким чином: на 100 кг м'яса розраховано 2,5—3 кг солі. Інколи засолюють м'ясо розсолем, коли прискорюється проникнення солі в тканину і одночасно зв'язується вода, додана з розсолем. Тривалість засолу залежить від перебігу подальших процесів, під час яких м'ясо *дозріває*. Солоне м'ясо для фаршу повторно подрібнюють на машинах.

Для *приготування фаршу* змішують подрібнене м'ясо і сало (шпик), додають спеції, нітрит натрію, сухе або нежирне пастеризоване молоко, фосфати, воду, кров, вершкове масло, маргарин, крохмаль, пшеничну муку, препарат гемоглобіну та ін. Суміш мішають протягом 5—6 хв. Для варених ковбас з однорідною структурою приготування фаршу закінчується мілким подрібненням.

Готовим фаршем наповнюють ковбасні оболонки. Цей процес називають *шприцюванням*. Оболонки можуть бути натуральними та штучними. Наповнюють їх пневматичними, гідравлічними або механічними шприцами. Батони відповід-

ної довжини зав'язують, потім підвішують на палки і розміщують на рамках так, щоб вони не дотикалися один до одного.

Осадження ковбасних виробів є першою операцією *термічної обробки*, під час якої ковбаси доводять до кулінарної готовності. Залежно від виду ковбаси вона буває короткочасною і тривалою. Після осадження вироби краще обжарюються, дістають певне забарвлення, аромат.

Обжарюють ковбаси копильним димом при високій температурі з метою підвищення механічної міцності оболонки і поверхневого шару виробів, зменшення гігроскопічності. Ковбаси стають стійкішими до дії мікроорганізмів, їх поверхня набуває гарного кольору, з'являється приємний специфічний запах, присмак копильних речовин. Копчені вироби не обжарюють.

Варять усі ковбасні вироби за винятком сирокочених і сиров'ялених ковбас. Процес здійснюють у варочних камерах при температурі 75—85 °С. Гріючим середовищем є гостра пара, пароповітряне середовище і гаряча вода. При варінні у воді менші втрати маси продуктів, менше деформуються оболонки і отримується кращий колір поверхні виробів. Водночас процес потребує більших трудових затрат, нижчий рівень автоматизації.

Копчення ковбасних виробів — просочення їх копильними речовинами. Залежно від температури розрізняють холодне (18—22 °С) і гаряче (35—50 °С) копчення. Внаслідок останнього виплавляється і витікає жир, оболонка зморщується. Для підвищення якості копчених і напівкопчених ковбас режими копчення автоматично регулюють.

Охолоджують ковбаси на повітрі або за допомогою холодної води. При цьому вироби зберігають гарний вигляд, знижуються втрати маси. Спочатку їх охолоджують водою, а потім у камерах повітряного охолодження.

Заключним етапом технологічного процесу для сирокочених, сиров'ялених, варено-копчених ковбас є їх *сушіння* з метою зниження вологості, збільшення вмісту солі та копильних речовин і, як наслідок, підвищення стійкості виробів до мікроорганізмів. Тривалість сушіння залежить від виду виробів. Сирокочені ковбаси сушать 25—30 діб (іноді до 90 діб), варено-копчені — 5—10, напівкопчені — 0,5—2 доби.

Зберігають ковбасні вироби в камерах, обладнаних стелажми або підвісними конвеєрами, в яких підтримують певну температуру і вологість повітря.

Техніко-економічні показники. До них належать продуктивність (кількість виробленої за одиницю часу продукції), якість м'ясопродуктів, їх собівартість, витратні коефіцієнти, рівень механізації та автоматизації. Важливе значення для покращання цих показників має впровадження нових технологічних схем, покращення якості сировини, допоміжних матеріалів, використання високопродуктивного обладнання.

8.2.4. Технологія одержання консервів

Консервне виробництво — одне із складних виробництв переробної промисловості, що характеризується великою різноманітністю використовуваної сировини, безліччю технологічних процесів та їхніх параметрів.

Продукцією консервного виробництва є *консерви* — харчові продукти, що мають тривалий строк зберігання та зберігають при цьому поживні та смакові якості. Консервування харчових продуктів забезпечує можливість створення запасів для їх споживання в районах з різними кліматичними умовами протягом усього року.

Консервування як метод збереження продуктів відоме давно (засіл, квашення, сушіння). Консерви в сучасному розумінні (закриті герметично і стерилізовані продукти) з'явилися в ХІХ ст. і тепер дуже поширені. Для консервування використовують різні види сировини — рослинної (овочі, ягоди, фрукти) і тваринної (молоко, м'ясо). Це *основна* сировина, до якої ставлять певні вимоги щодо структури і складу.

У виробництві консервів крім основної сировини використовують різноманітні *допоміжні* речовини і продукти: цукор, сіль, жири, крупи, боби (горох, квасоля, соя), пшеничне борошно, макаронні вироби, кислоти (оцтову, лимонну, аскорбінову), прянощі, воду. Якість усіх основних і допоміжних матеріалів повинна відповідати вимогам чинних стандартів.

У консервному виробництві для фасування консервної продукції використовують герметичну тару, виготовлену зі скла і жерсті, яку закупорюють жерстяними кришками. Останніми роками в консервній промисловості використовують алюмінієву тару, скляну тару з алюмінієвими кришками, тару із полімерних матеріалів. Жерстяну тару виготовляють із тонколистової сталі покритої з обох боків шаром олова. Вона є хорошим матеріалом для виготовлення консервів, проте її поверхні з часом піддаються корозії, оскільки олово недостатньо захищає сталь від корозії. Для підвищення захисту використовують спеціальну лаковану сталь (вкриту тонким шаром харчових лаків або емалей).

Скляна тара також досить поширена у виготовленні консервів. Вона не кородує, стійка до хімічних дій, легко піддається санітарній обробці, може бути використана багаторазово, придатна для будь-яких консервів, але водночас має великий недолік — б'ється.

При виготовленні деяких консервів використовують негерметичну тару — дерев'яні та фанерні ящики, картонні ящики і коробки, бочки.

Проблема консервування, тобто збереження ягід, фруктів, овочів і продуктів їх переробки полягає в основному в регулюванні біологічних процесів, що відбуваються в сировині, і життєдіяльності мікроорганізмів. Змінюючи умови середовища дією фізичних і хімічних факторів, можна знищити або сповільнити життя шкідливих організмів, що псують сировину. Використовують фізичні (теплова обробка, йонізуюче опромінення, охолодження, заморожування, сушіння), хімічні (використання сповільнювачів дії і розвитку мікроорганізмів з метою їх подальшого повного знищення — бензойну кислоту, натрієву сіль, спиртові соки, оцтову кислоту, цукор, сіль, антибіотики тощо) мікробіологічні (молочнокислі бактерії, етиловий спирт) і комбіновані методи консервування. Найчастіше ті чи інші методи консервування ґрунтуються на комбінованих принципах.

Технологічна схема консервування охоплює декілька стадій.

На *першій* стадії процесу консервування готують сировину, тару, розчини, соуси, маринади, сиропи тощо. Перед фасуванням у тару овочі та фрукти звільняють від бруду й домішок,

сортують за величиною і кольором, миють, подрібнюють, піддають попередній тепловій обробці. Консерви, виготовлені із розсортованої сировини, мають вищу якість і кращий вигляд. До видів теплової обробки сировини належать: бланшування, обжарювання, випарювання та ін.

Бланшування (короткочасна обробка гарячою водою або паром) проводять для овочів і фруктів з метою зменшення активності ферментів, підвищення клітинної проникності, калорійності, видалення повітря, покращання смакових якостей. Бланшують сировину протягом 5—15 хв при температурі 80—100 °С.

Обжарювання застосовують при виготовленні деяких видів овочевих і м'ясних консервів. Це тепла обробка в рослинних оліях до моменту зменшення маси сировини більше ніж на 30 %. Різновидом обжарювання є *пасерування*, при якому маса зменшується менше ніж на 30 %.

Випарюванням називають такий процес теплової обробки, при якому із продукту видаляють вологу (наприклад, при виготовленні томатної пасти, повидел, джемів тощо). Внаслідок такої обробки підвищується харчова цінність продуктів, створюються умови для їх тривалого зберігання, спрощується перевезення.

При підготовці тари її перевіряють на цілісність, миють, сушать, сортують за розмірами. Відповідно до розмірів підбирають кришки. Паралельно виготовляють розчини, соуси, маринади.

На *другій* стадії сировину фасують у підготовлену тару. При цьому потрібно витримати відповідну масу продуктів залежно від їх видів і місткості тари і врахувати зміни об'єму при стерилізації. Допустимі коливання маси невеликі (1—2 %). Крім того, під час використання багатокомпонентних сумішей має бути витримане відповідне співвідношення складників. В деяких випадках передбачено фігурне фасування компонентів (у виробництві компотів, маринадів). Для заповнення тари на консервних підприємствах використовують спеціальні машини-наповнювачі.

Більшість консервів заливають томатним соусом, олією, сиропом чи маринадом. При виготовленні деяких консерв це потрібно робити в декілька стадій. Потім тару закупорюють.

На *третьій* стадії консерви *стерилізують*. Це тепла обробка, при якій знищуються мікроорганізми та їх спори. Режими стерилізації вибирають залежно від виду консерв. Вони визначаються температурою, до якої консерви нагрівають, і часом дії цієї температури. З підвищенням температури скорочується час.

Оскільки більшість мікроорганізмів гине при 65—80 °С, то консерви стерилізують при температурі до 120 °С. Одержані вироби досить довго зберігаються, мають добрий смак і високу харчову цінність. Абсолютно стерильні консерви можна одержати при вищих температурах (160—180 °С). Проте, оброблюваний продукт при цьому зазнає таких глибоких змін, що стає непридатним для використання.

Стерилізують консерви у герметично закупореному вигляді в автоклавах і стерилізаторах безперервної дії. При цьому вибирають для кожного виду консервів оптимальні режими. Після стерилізації консерви охолоджують, обполіскують теплою водою і висушують підігрітим повітрям. Після цього на банки наклеюють паперові етикетки з написами.

При переробці фруктів, ягід, овочів одержують значну кількість різноманітних *відходів*, оскільки сировина в консервному виробництві використовується лише на 75—90 %. Правильне використання відходів — джерело підвищення *ефективності* виробництва і досягнення високих результатів. Відходи містять поживні речовини (крохмаль, цукор, білки, жири, мінеральні солі, органічні кислоти) і можуть бути застосовані у виробництві цінних харчових, кормових і технічних продуктів.

За використанням відходи поділяють на три групи: використовувані як корм для тварин; застосовувані в інших галузях промисловості; використовувані повторно в цьому самому виробництві.

Вичавки, витерки і очистки (стебла, шкірки, плодоніжки, стержні кукурудзи та ін.) застосовуються як корм для тварин. Сухі кісточки, відпрацьоване масло, насіння, винокисле вапно, винний камінь використовують для одержання харчових, технічних і фармакологічних масел, мила, оліфи, художніх фарб, активованого вугілля, харчових барвників, оцет тощо. Безпосередньо на консервних заводах повторно використовув-

ють одержані м'якоть томатів, пюре з вичавок і витерок, крохмаль з відходів картоплі, цедру цитрусових тощо. Деякі відходи використовують як добрива, а органічні — як паливо.

Техніко-економічні показники. Важливими показниками консервного виробництва є витратні коефіцієнти, якість і собівартість одержаних консервів, продуктивність обладнання, що забезпечує збільшення випуску продукції, рівень комплексної механізації та автоматизації процесів, величина одержаного прибутку. Для покращання техніко-економічних показників потрібно підвищувати якість сировини, впроваджувати нові технологічні схеми і процеси, автоматизувати всі стадії виробництва, ефективно використовувати відходи.

Контрольні завдання та запитання

1. Які технологічні схеми застосовують у переробних галузях? Зобразіть їх схематично і дайте пояснення.
2. Охарактеризуйте технологічний процес одержання цукру. Яке значення має збільшення виробництва цукру для України?
3. Яка цінність молока і яке значення воно має в нашому житті?
4. Розкрийте сутність технологічних процесів одержання окремих молокопродуктів. Наведіть їх техніко-економічні показники.
5. Охарактеризуйте технологічні процеси одержання окремих м'ясопродуктів, консервів.

Література

1. Дичковська О.В. Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
2. Дичковська О.В. Системи технологій: Навч. посіб. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Т.: Економічна думка, 2004.

3. *Дмитрук І.Й.* Організаційно-економічні методи розвитку науково-технічного прогресу. — Л.: Світ, 1991.
4. *Збожна О.М.* Основи технології: Навч. посіб. — 2-ге вид., змін. і доп. — Т.: Карт-бланш, 2002.
5. Нові технології та обладнання по переробці промислових відходів і їх медико-екологічне забезпечення / За ред. В.Ф. Макогона. — К.: Знання, 2000.
6. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості / І.С. Гулий та ін. — Вінниця: Нова книга, 2001.
7. Основи промислового розвитку країни / М.П. Владимиrowa та ін. — К.: Наука, 2005.
8. Основы технологии важнейших отраслей промышленности / Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Вышейш. шк., 1989.
9. *Остапчук М.В.* Система технологій (за видами діяльності): Навч. посіб. / М.В. Остапчук, А.І. Рибак. — К.: ЦУЛ, 2003.
10. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: Навч. посіб. / В.Я. Плахотін та ін. — К.: ЦНЛ, 2006.
11. Товарознавство продовольчих товарів: Підручник / І.В. Сирохман та ін. — К.: Лібра, 2003.
12. Технологічні процеси галузей промисловості: Навч. посіб. / Д.М. Колотило та ін.; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. — К.: КНЕУ, 2003.
13. Харчова промисловість України: стан і перспективи / За ред. І.Р. Юхновського. — К., 2001.
14. *Царик Т.Є., Файфура В.В.* Основи екології. — Т., 2003.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Валдайцев С.В.* Эффективность ускорения научно-технического прогресса. — Л.: Из-во ЛГУ, 1990.
2. *Васильев В.Н., Садовская Т.Г.* Организационно-экономические основы гибкого производства: Учеб. пособие. — М.: Высш. шк., 1988.
3. *Васильев Г.А.* Ускорение автоматизации производства на предприятии: вопросы социально-экономической эффективности. — М.: Экономика, 1988.
4. *Васильева И.Н.* Экономические основы технологического развития: Учеб. пособие. — М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1995.
5. *Глазьев С.Ю.* Экономическая теория технического развития. — М.: Наука, 1990.
6. Глобалізація науково-технічного розвитку та проблеми міжнародної технологічної безпеки України // Глобалізація і безпека розвитку. — К., 2001.
7. *Голланд Э.Б.* Научно-технический прогресс как основа ускорения развития народного хозяйства. — Новосибирск: Наука, 1991.
8. *Дворцин М.Д.* Основы теорий научно-технического развития производства: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МИНХ им. Г.В. Плеханова, 1988.
9. *Дичковська О.В.* Технологія будівництва і промисловості будівельних матеріалів. — К.: НМК ВО, 1992.
10. *Дичковська О.В.* Системи технологій галузей народного господарства: Навч. посіб. — К.: ІСДО, 1995.
11. *Дмитрук І.Й.* Організаційно-економічні методи розвитку науково-технічного прогресу. — Л.: Світ, 1991.
12. Економіка підприємств: Посібник / За ред. П.С. Харіва. — Т.: Економічна думка, 2002.
13. *Загородній А.Г., Стадницький Ю.І.* Менеджмент реальних інвестицій: Навч. посіб. — К.: Т-во "Знання" КОО, 2000.

14. *Комар А.Г.* Строительные материалы и изделия. — М.: Высш. шк., 1988.
15. *Коршунова А.П., Муштаева Н.Е.* Технология строительного производства и охрана труда. — М.: Стройиздат, 1987.
16. *Моритани М.* Современная технология и экономическое развитие Японии. — М.: Экономика, 1986.
17. *Нейкова Л.И.* Анализ эффективности технического перевооружения промышленных предприятий. — М.: Финансы, 1990.
18. Общая химическая технология / А.М. Кутепов и др. — М.: Высш. шк., 1990.
19. *Олюнин В.В.* Переработка нерудных строительных материалов. — М.: Недра, 1988.
20. *Онищенко В.И.* Технология металлов и конструкционные материалы. — М.: Агропромиздат, 1991.
21. Основы отраслевых технологий и организации производства: Учебник / Ю.М. Аносов; Ред. В.К. Федюкин. — К.: Политехника, 2002.
22. Основы технологии важнейших отраслей промышленности. / Под ред. И.В. Ченцова. — Ч. I, II. — Мн.: Высшейш. шк., 1989.
23. Основы химической технологии / Под ред. И.П. Мухленова. — М.: Высш. шк., 1991.
24. *Попов Л.Н.* Общая технология строительных материалов. — М.: Высш. шк., 1989.
25. *Путилин В.В.* Основы строительного дела. — М.: Высш. шк., 1990.
26. Пути улучшения качества изготовления одежды / П.П. Кокеткин и др. — М.: Легпромиздат, 1989.
27. *Сахал Д.* Технический прогресс: концепции, модели, оценки. — М.: Финансы и статистика, 1985.
28. *Светик Ф.Ф.* Легкая индустрия: проблемы перестройки. — М.: Легпромиздат, 1989.
29. Системы технологий: Учеб. пособие для студ. вузов / Под ред. П.Д. Дутко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Х.: Бурун-книга, 2003.
30. Технология мяса и мясопродуктов / Под ред. И.А. Рогова. — М.: Агропромиздат, 1988.
31. Технология пищевых производств / Под ред. Л.П. Ковальской. — М.: Агропромиздат, 1988.
32. Технология швейного производства / Л.Ф. Першина и др. — М.: Легпромиздат, 1991.
33. *Труханова А.Т.* Основы технологии швейного производства. — М.: Высш. шк., 1987.
34. *Хубка В.* Теория технических систем. — М.: Мир, 1987.

Навчальне видання

ДИЧКОВСЬКА Ольга Василівна

СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Навчальний посібник

Підп. до друку 29.12.2007. Формат 60×90¹/₁₆.
Папір офс. Друк офс. Гарнітура SchoolBook.
Ум. друк. арк. 17. Обл.-вид. арк. 15,5. Зам. № 8-43.

Видавництво “Знання”
01034, м. Київ-34, вул. Стрілецька, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 1591 від 03.12.2003
Тел.: (044) 234-80-43, 234-23-36
E-mail: sales@znannia.com.ua
<http://www.znannia.com.ua>

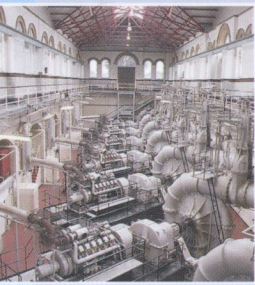
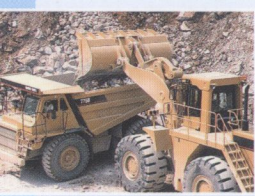
Віддруковано на ВАТ „Білоцерківська книжкова фабрика”,
09117, м. Біла Церква, вул. Леся Курбаса, 4.



В Україні книги можна придбати за адресами:

- м. Київ, вул. М. Грушевського, 4, маг. “Наукова думка”, тел. (044) 278-06-96;
- м. Київ, вул. Л. Толстого, 11/61, маг. “Літера”, тел. (044) 230-25-74;
- м. Київ, вул. Хрещатик, 44, маг. “Знання”, тел. (044) 234-22-91;
- м. Київ, вул. Стрілецька, 13, маг. “Абзац”, тел. (044) 581-15-68;
- м. Вінниця, вул. Привокзальна, 2/1, маг. “Кобзар”, тел. (0432) 61-77-44;
- м. Донецьк, вул. Артема, 147А, “Будинок книги”, тел. (062) 343-89-00;
- м. Дніпропетровськ, вул. Короленка, 3, маг. “Книжковий супермаркет”, тел. (056) 372-80-18;
- м. Дніпропетровськ, Театральний б-р, 7, маг. “Світ книжок”, тел. (0562) 33-77-85;
- м. Житомир, вул. Київська, 17/1, маг. “Знання”, тел. (0412) 47-27-52;
- м. Запоріжжя, просп. Леніна, 142, маг. “Спеціальна книга”, тел. (0612) 13-85-53;
- м. Івано-Франківськ, Вічовий майдан, 3, маг. “Сучасна українська книга”, тел. (03422) 3-04-60;
- м. Кіровоград, вул. Набережна, 13, маг. “Книжковий світ”, тел. (0522) 24-94-64;
- м. Кривий Ріг, пл. Визволення, 1, маг. “Букініст”, тел. (0564) 92-37-32;
- м. Луганськ, вул. Радянська, 58, маг. “Глобус-книга”, тел. (0642) 53-62-30;
- м. Луцьк, просп. Волі, 41, маг. “Знання”, тел. (03322) 4-23-98;
- м. Львів, вул. Шевська, 6/2, маг. “Літера”, тел. (0322) 94-82-08;
- м. Львів, просп. Шевченка, 16, маг. “Ноги”, тел. (0322) 72-67-96;
- м. Львів, просп. Шевченка, 8, маг. “Українська книгарня”, тел. (0322) 79-85-80;
- м. Одеса, вул. Буніна, 33, маг. “Будинок книги”, тел. (0482) 32-17-97;
- м. Одеса, вул. Дерибасівська, 27, маг. “Дім книги”, тел. (048) 728-40-13;
- м. Рівне, вул. Соборна, 57, маг. “Слово”, тел. (0362) 26-94-17;
- м. Тернопіль, вул. Миру, 3А, маг. “Знання”, тел. (0352) 53-21-22;
- м. Тернопіль, вул. Чорновола, 18, маг. “Книжкова хата”, тел. (0352) 52-24-33;
- м. Харків, вул. Сумська, 51, маг. “Books”, тел. (057) 714-04-70, 714-04-71;
- м. Херсон, вул. Леніна, 14/16, маг. “Книжковий ряд”, тел. (0552) 22-14-56;
- м. Хмельницький, вул. Подільська, 25, маг. “Книжковий світ”, тел. (03822) 6-60-73;
- м. Черкаси, вул. Б. Вишневецького, 38, маг. “Світоч”, тел. (0472) 36-03-37;
- м. Чернігів, просп. Миру, 45, маг. “Будинок книги”, тел. (0462) 69-93-64.

Книготорговельним організаціям та оптовим покупцям звертатися за тел.: (044) 537-63-61, 537-63-62; факс: 235-00-44. E-mail: sales@znannia.com.ua



СИСТЕМИ, ТЕХНОЛОГІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

- Загальні теоретичні положення
- Сировина, паливо, енергія
- Технології металургійної промисловості
- Технологічні процеси при виготовленні машин
- Технології хімічної промисловості
- Технології промисловості будівельних матеріалів. Будівельне виробництво
- Технології галузей легкої промисловості
- Технології в переробних галузях

ISBN 978-966-346-404-6



9 789663 464046



Знання