

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

КРОПІВНИЙ В.М., КРОПІВНА А.В., МОЛОКОСТ Л.А.,
БОСИЙ М.В., КУЗИК О.В.

ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Навчальний посібник

За редакцією професора Кропивного В.М.

Кропивницький
«КОД»
2021

УДК 658.5:621](075.8)

Т 38

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої Ради Центральноукраїнського
національного технічного університету
(Протокол №10 від 31 травня 2021р.)*

Рецензенти:

Павленко І.І. – д.т.н., проф., зав. кафедри технології машинобудування ЦНТУ

Кириченко А.М. – проректор з навчально-методичної роботи ЦНТУ, д.т.н., проф.

Плешков П.Г. – к.т.н., проф., зав. каф. електротехнічних систем та енергетичного менеджменту ЦНТУ.

Укладачі:

Кропівний В.М. – к.т.н., проф., зав. каф. «МЛВ» ЦНТУ;

Кропівна А.В. – к.т.н., доц. каф. «МЛВ» ЦНТУ;

Молокост Л.А. – викладач каф. «МЛВ» ЦНТУ;

Босий М.В. – викладач каф. «МЛВ» ЦНТУ;

Кузик О.В. – к.т.н., доц. каф. «МЛВ» ЦНТУ.

Т 38 **Технологія основних виробництв.** Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост, М.В.Босий, О.В. Кузик – Кропивницький : Видавництво ТОВ «КОД», 2021. – 196 с.

ISBN

Навчальний посібник містить розділи робочої програми з курсу дисципліни «Технологія основних виробництв» це основні відомості про сучасні технологічні процеси одержання матеріалів, формоутворення із них заготовок, а також технології у машинобудуванні, видобувній промисловості, паливно-енергетичному комплексу, нафтогазовій промисловості, електроенергетиці, металургії чорних металів, виготовлення сталі, ливарного виробництва, обробки металів тиском, зварювального виробництва, обробки матеріалів різанням, виробництва будівельних матеріалів, виробництва харчової промисловості.

УДК 658.5:621](075.8)

ISBN

© Центральноукраїнський національний
технічний університет, 2021

© Колектив авторів. 2021

© Видавництво ТОВ «КОД», 2021

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК НАУКА, ЇЇ МЕТОДИ, ЗМІСТ ТА ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Загальна характеристика технології основних виробництв.....	10
1.2 Виробничий і технологічний процеси та їх класифікація.....	11
1.3. Техніко-економічні показники технологічних процесів.....	13
1.4. Типи виробництва.....	14
1.5. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	16
2. ВИДОБУВНА ПРОМИСЛОВІСТЬ. МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ.....	17
2.1. Загальна характеристика видобувної промисловості.....	17
2.2. Сировина у промисловому виробництві.....	17
2.3. Підземна розробка родовищ.....	18
2.4. Видобування корисних копалин відкритим способом.....	23
2.5. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	25
РОЗДІЛ 3. ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС.....	26
3.1. Загальна характеристика паливно-енергетичного комплексу.....	26
3.2. Технологія вугільної промисловості. Властивості, класифікація та маркування вугілля.....	27
3.3. Вуглезбагачувальні підприємства.....	29
3.4. Технології збагачення сировини.....	30
3.5. Технологія коксохімічного виробництва.....	34
3.6. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	35
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЯ НАФТОВОЇ І ГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ....	36
4.1. Загальна характеристика нафтової промисловості.....	36
4.2.Способи добування нафти.....	37
4.3. Підготовка нафти до переробки.....	38
4.4. Переробка нафти фізичним (пряма перегонка) та фізико-хімічним способом.....	39
4.5. Газова промисловість.....	41
4.6. Перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу.....	43
4.7. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	45
РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА.....	46
5.1. Загальна характеристика виробництва електроенергії.....	46
5.2. Теплові електростанції.....	47
5.3. Атомні електростанції.....	49
5.4. Гідроелектростанції.....	51
5.5. Нетрадиційні способи виробництва електроенергії.....	52
5.6. Передача електроенергії.....	53
5.7. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	53

РОЗДІЛ 6. МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ.....	54
6.1. Metalургія – як галузь технологій. Загальні поняття та особливості металургійного комплексу	54
6.2. Технологія виробництва чорних металів.....	55
6.3. Продукти доменного виробництва.....	59
6.4. Техніко-економічні показники доменного виробництва.....	60
6.5. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	61
РОЗДІЛ 7. СПОСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛІ.....	62
7.1. Технологія виробництва сталі.....	62
7.2. Виробництво сталі в електропечах	65
7.3. Розливання сталей.....	66
7.4. Будова сталевого злитка.....	70
7.5. Класифікація сталей та принципи її маркування.....	71
7.6. Технології виробництва кольорових металів.....	73
7.7. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	74
РОЗДІЛ 8. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ.....	75
8.1. Основні поняття та класифікація.....	75
8.2. Технологія волочіння.....	81
8.3. Технологія пресування.....	81
8.4. Технологія кування та його операції. Кувальні молоти та преси.....	83
8.5. Технологія гарячого об'ємного штампування.....	87
8.6. Технологія холодного листового штампування.....	91
8.7. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	93
РОЗДІЛ 9. ТЕХНОЛОГІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	94
9.1. Загальна характеристика ливарного виробництва.....	94
9.2. Технологія виготовлення виливків.....	94
9.2.1. Лиття у разові піщані форми.....	94
9.3. Спеціальні способи лиття.....	97
9.3.1. Лиття у кокіль.....	98
9.3.2. Лиття під тиском.....	99
9.3.3. Відцентрове лиття.....	100
9.3.4. Лиття по витоплюваних моделях.....	101
9.3.5. Лиття в оболонкові форми.....	102
9.4. Ливарні сплави.....	104
9.5. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	105
РОЗДІЛ 10. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	106
10.1. Класифікація процесів зварювання.....	106
10.2. Технологія електродугового зварювання.....	107
10.3. Технологія ручного дугового зварювання.....	108
10.4. Технологія дугового зварювання в атмосфері захисних газів.....	111
10.5. Технологія автоматичного електродугового зварювання під шаром флюсу.....	112
10.6. Технологія газового зварювання.....	113

10.7. Технологія термомеханічного зварювання.....	115
10.8. Технологія зварювання тертям.....	119
10.9. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	120
РОЗДІЛ 11. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ.....	121
11.1. Фізико-механічні основи обробки металів різанням.	
Класифікація рухів в металорізальних верстатах.....	121
11.2. Класифікація та нумерація металорізальних верстатів.....	124
11.3. Обробка на токарних верстатах.....	126
11.4. Обробка на свердлильних верстатах.....	128
11.5. Обробка на фрезерних верстатах.....	129
11.6. Шліфування.....	131
11.7. Збирання машин.....	132
11.8. Інструментальні матеріали.....	133
11.9. Мінералокераміка.....	134
11.10. Абразивні матеріали.....	135
11.11. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	135
РОЗДІЛ 12. ТЕХНОЛОГІЯ І ПРОДУКЦІЯ ХІМІЧНОЇ ТА НАФТОХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	136
12.1. Загальні відомості про хімічне виробництво і продукцію неорганічної хімії.....	136
12.2. Виробництво кислот.....	137
12.3. Виробництво добрив.....	138
12.4. Виробництво пластмас.....	139
12.5. Виробництво хімічних волокон.....	147
12.6. Виробництво виробів з каучуку та гумми.....	149
12.7. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	152
РОЗДІЛ 13. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА ДЕЯКИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	153
13.1. Загальні відомості про будівельну промисловість.....	153
13.2. Види будівельних матеріалів.....	153
13.3. Технології виробництва керамічних виробів.....	155
13.4. Зв'язувальні будівельні речовини, технології їх виробництва.....	157
13.5. Технологія виробництва скла.....	160
13.6. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	162
РОЗДІЛ 14. ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	163
14.1. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції.....	163
14.2. Технологія виробництва рослинної олії.....	166
14.3. Технологія виробництва цукру.....	170
14.4. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.....	182
ЛІТЕРАТУРА.....	184
ГЛОСАРІЙ.....	187

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

CaO	– вапно
Ca(OH) ₂	– гідроксид кальцію, гашене вапно
CaCO ₃	– вапняк
Na ₂ CO ₃	– кальцинована сода
NH ₃	– аміак
pH	– кислотність
АВТ	– атмосферно-вакуумна трубчата установка ректифікаційної колони
АЕС	– атомні електростанції
АПК	– агропромисловий комплекс
АСКОЕ	– автоматизована система комерційного обліку електричної енергії
АТ	– атмосферна трубчата установка
ВДЕ	– відновлювані джерела енергії
ВЕС	– вітряна електростанція
ВП	– виробничий процес
ВТ	– вакуумна трубчата установка
ГАЕС	– гідроакumuлюючі електростанції
ГДК	– гранично допустима концентрація
ГЕС	– гідроелектростанції
ГЗК	– гірничо-збагачувальний комбінат
ГЗУ	– групові замірні установки
ГКМ	– горизонтально-кувальні машини
ГПЗ	– газопереробний завод
ГТЕС	– газотурбінні електростанції
ДЕС	– дизельна електростанція
ДРЕС	– державні районні електростанції
ЄІБ	– Європейський інвестиційний банк
ЄС	– Європейський Союз
ЗВ	– зварювальне виробництво
ЗМІ	– засоби масової інформації
ЗТВ	– зона термічного впливу
ІЗУ	– індивідуальна замірна установка
кВт	– кіловат
кВт·год	– кіловат-година дорівнює кількості енергії, споживаної пристроєм потужністю
ККД	– коефіцієнт корисної дії
ЛВ	– ливарне виробництво
ЛЕП	– лінія електропередач
ЛП	– ливарна продукція
МБК	– машинобудівний комплекс
МБРР	– Міжнародний банк реконструкції та розвитку
МВт	– мегават

МФО	– міжнародні фінансові організації НЕК «Укренерго» – Національна енергетична компанія «Укренерго»
НПЗ	– нафтопереробний завод
ОМТ	– обробка металів тиском
ПЕК	– паливно-енергетичний комплекс
ПТЕС	– паротурбінні електростанції
РДЗ	– ручне дугове зварювання
СБ	– Світовий банк
СЕС	– сонячна електростанція
ТЕП	– техніко-економічні показники
ТЗ	– технологічний зв'язок
ТП	– технологічний процес
ТСВ	– технологічні схеми виробництв
ХТС	– хіміко-технологічна система

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Технологія основних виробництв» (ТОВ) пов'язане з необхідністю формування у здобувачів вищої освіти (ЗВО) розуміння взаємозв'язку між рівнем розвитку виробництва і якістю навколишнього середовища. Ці знання дозволять усвідомити необхідність формування іншої стратегії розвитку економіки, заснованої не лише на економічних, а і на екологічних методах регулювання природокористування, в основі яких лежать науковість, ресурсозберігаючі технології.

В основу курсу ТОВ покладено набуття ЗВО навичок системного підходу до оцінки технології виготовлення будь-якого виробу на основі відомих початкових даних (кількість та якість продукту, наявність сировини, устаткування, стан технології та сучасних технологічних доробок, вартість устаткування та сировини, екологічна безпека, попит ринку, тощо).

Головним завданням дисципліни ТОВ є набуття знань та навичок по вивченню основних способів і процесів виробництва необхідної продукції, що здійснюються за участю хімічних перетворень вихідних сировини і матеріалів, в процесах їх послідовного проходження за технологічними стадіями; розгляд можливих сировинних баз (включаючи відходи виробництва) і впливу видів та якості використовуваних матеріалів на екологічні аспекти технології; виявлення основних причин та джерел впливу технології на навколишнє середовище.

При вивченні дисципліни застосовуються такі форми навчання: лекції, лабораторні заняття, самостійна та індивідуальна робота здобувачів вищої освіти (ЗВО). Вони методично забезпечуються програмою даного курсу, завданнями до лабораторних занять та індивідуальної роботи, а також тестами.

В результаті вивчення дисципліни ЗВО повинні мати уявлення про:

- стан і рівень розвитку промислового виробництва в світі і в Україні;
 - проблеми та тенденції розвитку технологій і техніки в сфері виробництва промислової продукції;
 - якісні і кількісні критерії оцінки ефективності технологій;
 - основні технологічні процеси, що реалізуються в промисловості на теперішній час;
 - екологічні аспекти основних хімічних технологій;
- знати:
- основні фізико-хімічні прийоми переробки вихідних речовин і матеріалів та екологічні характеристики одержуваної продукції;
 - основні технологічні та екологічні вимоги, які пред'являються до сировини; коефіцієнти використання сировини і матеріалів;
 - найкращі з досягнутих технологій основних виробництв;
- вміти:
- аналізувати технологічне обладнання і технологічні процеси, які використовуються в технології, як джерела впливу на навколишнє середовище;

- проводити оцінку життєвого циклу продукції, що виробляється; володіти навичками:
- визначення впливу складу і властивостей вихідної сировини, параметрів технологічного процесу і обладнання, яке використовується, на екологічні аспекти технології;
- оцінки рівня стану виробництва за технологічними, економічними, екологічними та іншими показниками, вибору альтернативних варіантів виробництва продукції.

В даному посібнику основну увагу зосереджено на технологіях, які найбільш поширені на підприємствах України і, особливо, Центральноукраїнського регіону. При вивченні техніко-економічних показників технологічних процесів з особливою увагою розглядаються питання продуктивності, собівартості та якості продукції що виробляється.

Знання, одержані з ТОВ, використовуються при вивченні спеціальних дисциплін, курсовому та дипломному проектуванні.

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК НАУКА, ЇЇ МЕТОДИ, ЗМІСТ ТА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальна характеристика технології основних виробництв

Технологія основних виробництв – це наукова дисципліна про способи забезпечення потреб суспільства шляхом застосування різноманітних знарядь праці. Термін «технологія» походить від грецьких слів: «технос» – майстерність, техніка, і «логос» – передавати. Технологія являє собою науку, що вивчає способи і процеси одержання та переробки продуктів природи в предмети споживання і засоби виробництва. З виробничої точки зору технологія – це сукупність знань про методи і прийоми здійснення виробничих процесів, які визначають послідовність та умови (режими) переробки сировини в кінцевий продукт. Технологія, як наука про способи й методи переробки сировини, сформувалася в процесі розвитку великої машинної промисловості.

Сучасний розвиток промислового виробництва йде по шляху глобалізації, збільшення масштабів виробництва, створення нових технологічних процесів, удосконалення технічного оснащення підприємств тощо.

Різномісна професійна підготовка і широкий кругозір фахівців сприяють прискоренню науково-технічного прогресу у народному господарстві. Сучасне промислове та аграрне виробництво характеризується надзвичайною розмаїтістю видів використовуваної сировини, методів його переробки й різноманітним асортиментами одержуваної продукції. Наприклад, фізико-хімічними, механічними, мікробіологічними прийомами переробки нафтогазової сировини сьогодні одержують продукцію більше 10000 найменувань. В цей перелік входять різноманітні сорти й марки рідких і газоподібних палив, розчинників, мастил, полімери, миючі засоби, фармацевтичні препарати тощо.

Будь-яке виробництво базується на певних технологіях, рівень яких відповідає рівню технологічного розвитку суспільства. Розрізняють технології механічні, хімічні, електрофізичні, високотемпературні, біологічні, ядерні, мікро- та нанотехнології тощо. Механічна технологія вивчає процеси переробки сировини й матеріалів у вироби, при яких змінюються фізичні, механічні властивості, але при цьому склад і внутрішня будова вихідної речовини залишаються незмінними. Хімічні технології базуються на хімічних перетвореннях, сутністю яких є якісні зміни внутрішньої будови і складу речовини.

У народному господарстві сучасних держав виділяють:

- виробничу сферу (промисловість, сільське господарство, будівництво, транспорт, зв'язок, енергетика);
- невиробничу сферу (охорона здоров'я, освіта, культура, торгівля, обслуговування).

Виробнича сфера використовує значну кількість різноманітних технологій, її продукцією є широка номенклатура різних товарів.

Використання технологій, як правило, наносить шкоду навколишньому середовищу. Тому, при аналізі технологій особлива увага приділяється ступеню їх негативного впливу на здоров'я працівників та населення в цілому та кількості утворених відходів в процесі виробництва. Перевага віддається маловідходним та безвідходним технологіям:

- маловідходні технології забезпечують технічно досягнутий мінімум твердих, рідких, газоподібних і теплових відходів і викидів;

- безвідходні технології забезпечують повне використання сировини та матеріалів на даному підприємстві для виробництва кінцевої продукції споживчих товарів без будь-яких відходів.

Економічно розвинуті країни намагаються переміщувати трудомісткі брудні виробництва з своїх територій у менш розвинуті країни.

1.2 Виробничий і технологічний процеси та їх класифікація

Кожне підприємство (копальня, завод, фабрика тощо) є складною виробничою системою, яка спеціалізується на виготовленні певного виду продукції. Так, кар'єри призначені для добування піску, глини, бурого вугілля; копальні – для добування кам'яного вугілля, солі, руди; машинобудівні заводи – для виготовлення деталей, а потім збирання з них машин тощо.

Отримання кожного виду продукції при роботі конкретних підприємств базується на виробничих процесах – сукупності дій і знарядь по виготовленню з сировини кінцевих продуктів. Виробничим процесом називають сукупність дій пов'язаних з прогнозуванням, науково-технічними і конструкторськими розробками, проектуванням, транспортуванням і зберіганням сировини, виготовленням проміжної (напівпродукції) та готової продукції, її випробуванням, пакуванням, обліком та зберіганням, ремонтом обладнання тощо.

Виробничий процес складається з матеріального і енергетичного забезпечення, транспортних і складських операцій, ремонтних робіт і техніко-економічного управління виробництвом. Роль об'єкта праці виконує сировина. Виробничий процес поділяється на основний (виробництво продукції) та допоміжний (виробництво інструменту, запчастин) процес, які поєднують ряд технологій.

Технологічний процес – послідовний набір операцій, в ході кожної з яких із сировини отримують проміжну або готову продукцію з певними властивостями. У ході цих операцій змінюються форма, розміри і (або) властивості сировини. Внаслідок цих змін сировина перетворюється в готову продукцію.

Технологічна операція – закінчена частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці, що характеризується однорідністю

технологічного змісту і єдності предмету праці, застосовуваного інструмента, обладнання і пристосувань. Під час обробки заготовки на токарному верстаті операція точіння охоплює всі дії робітника (токаря) та рухи вузлів верстата, які виконуються в процесі обробки поверхонь заготовки до моменту зняття її з верстата та переходу до обробки іншої заготовки.

Назви операцій визначаються способом обробки об'єкта праці. Якщо об'єктом обробки є мінеральна сировина, наприклад, залізна руда, то проведення подрібнення руди є технологічною операцією.

Технологічна операція є основною розрахунковою одиницею для визначення продуктивності, планування завантаження обладнання та нормування праці. При розробці технологічного процесу виготовлення продукції для кожної технологічної операції визначають трудомісткість, потребу у виконавцях, матеріалах, обладнанні, інструментах, пристосуваннях тощо. Обов'язковою складовою будь-якої технологічної операції є прохід, який спричиняє зміну форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей оброблюваного об'єкта.

Складовими операцій (ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення) є:

- установка – частина технологічної операції, яку виконують при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок чи складальної одиниці;
- технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю інструмента, який застосовується, та поверхонь, що створюються обробкою або з'єднанням під час складання;
- робочий хід – закінчена частина технологічного переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей заготовки;
- допоміжний перехід – закінчена частина технологічної операції, яка складається з дій працівника та (чи) устаткування, які не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для виконання технологічного переходу (закріплення заготовки, заміна інструменту тощо).

Розчленовування технологічного процесу на окремі переходи спрощує виявлення складових операцій, що характеризуються низькою продуктивністю. Необхідно визначити шляхи їх прискорення, проаналізувати можливі варіанти економії трудових, матеріальних та енергетичних ресурсів.

В основу класифікації технологічних процесів покладені такі ознаки, як вид впливу на сировину і характер її якісних змін, спосіб організації, кратність обробки сировини тощо.

При класифікації технологічних процесів також враховуються наступні показники:

- властивості сировини, які змінюються в процесі її переробки;
- агрегатний стан сировини;
- температурні режими та теплові ефекти;

- напрям руху сировинних і теплових потоків у агрегатах;
- способи організації процесу обробки сировини;
- кратність обробки сировини;
- вид основних технологічних рушіїв тощо.

1.3 Техніко-економічні показники технологічних процесів

Обов'язковим елементом при виборі технологічного процесу є детальний розгляд питань продуктивності, собівартості та якості продукції.

Продуктивність – показник, що характеризує кількість продукції, виготовленої за одиницю часу.

Головним економічним показником ефективності виробництва є собівартість продукції – сукупність матеріальних і трудових затрат на виготовлення і реалізацію продукції, виражена у грошовій формі. Це комплексний економічний показник, який об'єднує в собі витрати матеріалізованої праці (обладнання та витрати на спожиті засоби виробництва) і витрати живої праці (витрати на заробітну плату). До витрат відносяться: витрати на сировину, паливо, воду, електроенергію, заробітна плата, амортизація (процес поступового перенесення вартості основних засобів на продукцію, що виготовляється з їх допомогою, для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва) тощо. Розрізняють основні витрати (на основні матеріали, пальне, енергію, напівфабрикати, заробітну плату основних працівників) і витрати, пов'язані з обслуговуванням процесу виробництва і управління.

Витрати на сировину в окремих виробництвах можуть складати до 70% собівартості. Доля заробітної плати в собівартості продукції тим нижча, чим вища ступінь механізації та автоматизації праці, її продуктивність. Розвинуті країни, для яких є характерним високий рівень зарплат, намагаються максимально автоматизувати виробництво, або перенести трудомісткі виробництва у менш розвинуті країни з нижчим рівнем заробітних плат).

Розмір амортизаційних відрахувань складає у структурі собівартості близько 3...4% і залежить від вартості обладнання, його продуктивності, організації роботи підприємства (відсутність простоїв).

Собівартість продукції визначає кінцеві показники діяльності підприємств – прибутковість та конкурентоздатність випущеної продукції. Основними шляхами зниження собівартості при збереженні високої якості продукції є: економне використання сировини, матеріалів, палива, енергії, застосування високопродуктивного обладнання, підвищення рівня технології.

Від рівня застосованих технологій залежить якість виготовленої продукції. Якість продукції – сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти відповідні потреби суспільства на протязі встановленого періоду часу.

1.4 Типи виробництва

Особливості діяльності підприємства, специфіка конкретних технічних та організаційних рішень істотно залежать від типу виробництва.

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, яка враховує такі його властивості, як широта номенклатури, регулярність, стабільність і обсяг випуску продукції. Є три типи виробництва: одиничне, серійне й масове.

Одиничне виробництво характеризується широкою номенклатурою продукції, малим обсягом випуску однакових виробів, повторне виготовлення яких здебільшого не передбачається. Відмітною рисою одиничного типу виробництва є:

- переважна більшість технологічно спеціалізованих цехів, дільниць, робочих місць і відсутність постійно закріплених за ними певних виробів;
- використання універсального обладнання і розміщення його за однотипними групами; велика частка висококваліфікованих працівників, що зайняті в виробничому процесі;
- достатньо велика частка виконуваних вручну операцій і тривалість виробничого циклу;
- децентралізація оперативно-виробничого планування й управління виробництвом.

Робочі місця одиничного виробництва характеризуються виконанням різноманітних операцій над різними деталями в межах технологічних можливостей устаткування. Останнє є універсальним, розміщується однотипними технологічними групами. Виконання різноманітних операцій за умов недостатньо опрацьованих, внаслідок частої зміни об'єктів виробництва технологічних процесів, потребує висококваліфікованих робітників-універсалів. Орієнтовно для одиничного виробництва на одному робочому місці може виконуватися до 40 операцій.

Одиничне виробництво характерне для підприємств важкого та енергетичного машинобудування, суднобудування та ін.

Продукцією одиничного типу виробництва є: унікальні верстати, турбіни, прокатні стани, потужні електричні машини та ін.

Серійне виробництво має обмежену номенклатуру продукції, яка випускається і періодично повторюється певними партіями (серіями). Під серією розуміють випуск ряду конструктивно однакових виробів, що періодично запускаються у виробництво партіями.

Основні особливості організації серійного виробництва: відносна постійність певної номенклатури виробництва, що виготовляється досить великими партіями; закріплення за робочими місцями спеціалізації з виконання декількох закріплених стабільних операцій; періодичність виготовлення виробів серіями, обробка деталей партіями; цехи, дільниці, робочі місця, оснащені спеціалізованим обладнанням для відповідних технологічних процесів; наявність незначного обсягу робіт і операцій, які виконуються вручну; велика частка робітників середньої кваліфікації і

незначна тривалість виробничого циклу; можлива централізація оперативного-виробничого планування і управління виробництвом; автоматизація контролю за якістю продукції, що випускається; можливість конструктивно уніфікувати деталі й вироби; типізація технологічних процесів і оснащення виробничих процесів.

Залежно від широти номенклатури, величини партій, періодичності їхньої обробки серійне виробництво поділяють на дрібносерійне, середньосерійне і великосерійне.

При серійному виробництві знижуються вимоги до кваліфікації робітників, за винятком висококваліфікованих спеціалістів, які працюватимуть на обладнанні з числовим програмним керуванням (ЧПК) та на гнучких автоматизованих лініях.

Типовими прикладами підприємств серійного виробництва є літакобудівні заводи, підприємства з виробництва електровозів, підприємства по виготовленню сезонного взуття тощо.

Масове виробництво характеризується вузькою номенклатурою продукції, великим об'ємом безперервного й тривалого виготовлення вузької номенклатури схожих виробів. Підприємства масового виробництва безперервно випускають продукцію протягом тривалого часу за умов високої внутрішньозаводської спеціалізації. До підприємств масового виробництва належать автомобільні, тракторні заводи, підприємства з виготовлення сільськогосподарської техніки тощо. На цих підприємствах впроваджуються принципи раціональної організації виробничого процесу, максимально застосовується високопродуктивне спеціалізоване устаткування. Робочі місця на підприємствах масового виробництва характеризуються постійним виконанням однієї операції над одним предметом праці на одному робочому місці. При цьому використовується спеціалізоване спеціальне обладнання. Виконання окремих елементарних операцій на потокових лініях знижує вимоги до кваліфікації робітників.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика типів виробництва

Ознака характеристики	Тип виробництва		
	Одиничне	Серійне	Масове
Номенклатура продукції	Необмежена, різноманітна	Обмежена серіями, існує повторюваність серій	Постійна, обмежена
Собівартість продукції	Висока	Середня	Низька
Вимоги до кваліфікації робітників	Високі	Середні	Низькі
Обладнання та його розміщення	Універсальне, унікальне. Розташоване групами	Частково спеціалізоване. Розташоване групами	Спеціальне. Розташоване по ходу виробничого циклу
Методи організації виробництва	Одиничні	Групові, потокові	Потокові
Питома вага ручної праці	Велика	Невелика при застосуванні механізації праці	Обмежена Застосування механізованих процесів

Важливою передумовою підвищення ефективності виробництва є збільшення його серійності, перехід (за можливості) до серійного та масового виробництва. Досягається це різними способами, зокрема, розширенням ринку збуту і збільшенням серій виробів, уніфікацією деталей і агрегатів, особливо складних машин і приладів, запровадженням групових методів обробки тощо.

На сьогодні у розвинутих країнах світу з'явився новий тип виробництва – виробництво високого рівня (WCM, world class manufacturing), яке забезпечує високу конкурентноздатність продукції на світових ринках. Пріоритетні цілі такого виробництва – висока якість продукції, забезпечення надійності поставок, низька собівартість, постійне вдосконалення виробництва.

Таке виробництво характеризується наступними особливостями:

- комп'ютеризований процес виробництва з легкою переналадкою обладнання шляхом внесення змін у комп'ютерну програму;
- випуск на ринок лише якісної продукції (виховання високої відповідальності операторів за виконання самоконтролю);
- введення співробітників у справи компанії (впровадження пропозицій співробітників, реалізація освітньо-виховних програм, надання працівникам акцій компанії);
- тісний зв'язок виробництва і торгівлі (робота з коліс без накопичення продукції на складі, оперативне урахування зауважень торгівлі);
- безвідходні технології, зниження простоїв обладнання, зниження втрат при транспортуванні;
- виробничий контроль (оператор може зупинити весь конвеєр при виявленні випуску бракованої продукції);
- оперативний аналіз інформаційних потоків (поставки сировини для забезпечення безперервного характеру виробництва, реалізації продукції);
- щоденне профілактичне технічне обслуговування обладнання, що забезпечує стабільність виробництва;
- впровадження суворих внутрішніх стандартів для випуску бездефектної продукції.

1.5 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Розкрийте суть поняття “технологія”. Які існують трактування цього поняття?
2. Дайте визначення технології як науки. Охарактеризуйте найбільш розповсюджені види технології.
3. У чому полягає взаємний вплив економічних відносин і технології?
4. Розкрийте зміст понять виробничого та технологічного процесів.
5. Принципи класифікації виробничого процесу.
5. Класифікація технологічних процесів.
6. Проблеми зміни технологій. Прогнозування нових технологій.
7. Техніко-економічні показники технологічних процесів.
8. Які існують типи виробництва? Дати характеристику.

РОЗДІЛ 2 ВИДОБУВНА ПРОМИСЛОВІСТЬ. МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

2.1 Загальна характеристика видобувної промисловості

Видобувна промисловість здійснює видобуток, первинну переробку та збагачення корисних копалин у вигляді твердих порід (вугілля, руда та мінерали), в рідкому (нафта) та газоподібному (природний газ) станах. Видобуток твердої мінеральної сировини, рудних та паливних корисних копалин є сферою діяльності гірничої галузі.

Корисні копалини знаходяться в земній корі у вигляді скупчень різного характеру (жил, пластів). Скупчення корисних копалин утворюють родовища, а при великих площах поширення – басейни. За промисловим використанням виділяють такі групи корисних копалин: металічні (рудні), неметалічні (нерудні), горючі (паливні). Щорічно з надр Землі вилучається близько 20-25 млрд. т сировини і ще більше пустої породи. Україна, яка займає 0,4% земної суші, де проживає тільки 0,8% населення планети, при цьому має у своїх надрах 5% розвіданого мінерального потенціалу світу.

Тверді корисні копалини добувають підземним та відкритим способом. Спосіб видобування, в першу чергу, визначається глибиною залягання покладів. Розробка відкритим способом ведеться при глибині залягання пласта до 100 м.

2.2 Сировина у промисловому виробництві

Сировиною називають речовини природного і штучного походження, які використовують у виробництві промислової продукції. Сировина є одним з найважливіших елементів усякого технологічного процесу. Якість сировини, її доступність і вартість у значній мірі визначають основні якісні і кількісні показники промислового виробництва. З розвитком промислового виробництва розширюється сировинна база, починають використовуватися нові види сировини. При цьому зростають можливості використання сировини, яку одержали в процесі рециклінгу численних відходів виробництва. Вихідними матеріалами багатьох виробництв є сировина, яка пройшла часткову промислову переробку – напівпродукт (напівфабрикат).

За агрегатним станом сировина поділяється на: тверду, рідку та газоподібну. Найпоширенішою є тверда сировина – вугілля, торф, руди, мінерали, сланці, деревина. Найпоширенішими видами рідкої природної сировини є вода, соляні розсоли, нафта, а газоподібної сировини – повітря, природні й промислові гази.

За складом сировину поділяють: на органічну і неорганічну.

По походженню розрізняють: мінеральну, рослинну й тваринну сировину. Особливістю викопної мінеральної сировини в порівнянні з

рослинною і твариною є її невідновлюваність, а також нерівномірність розподілу по поверхні землі і її надр.

Земна кора на 99,5 % складається з 14 хімічних елементів: кисню – 49,13%, кремнію – 26,00, алюмінію – 7,45, заліза – 4,20, кальцію – 3,25, натрію – 2,40, магнію – 2,35, калію – 2,35, водню – 1,00 % і ін. До найбільш застосовуваних у народному господарстві елементів відносяться свинець, ртуть, бром, йод та ін. Деякі елементи, що перебувають у достатній кількості в земній корі, надзвичайно розсіяні в межах доступного для розробки шарі земної кори, у той час як інші сконцентровані у вигляді окремих скупчень. Масштаби промислового використання багатьох елементів перебувають у різкій невідповідності з їхньою поширеністю в земній корі. Титану майже у два рази більше, ніж вуглецю в земній корі, у той час як добувається його щорічно приблизно в 105 разів менше. Однак з розвитком науково-технічного прогресу в провідних галузях, підвищується попит на рідкі і розсіяні метали. Найбільш загальними й розповсюдженими видами сировини є вода і повітря. Сухе повітря містить: азоту – 78%, кисню – 21%, аргону – 0,94%, вуглекислого газу – 0,03% і незначна кількість водню й інертних газів, а також водяного пару, пилу і т.д. Кисень повітря знаходить широке застосування в металургії, машинобудуванні, хімічній і паливній промисловості. Велике застосування знаходить азот (наприклад, у синтезі аміаку, а також для створення інертних середовищ у багатьох хімічних реакціях).

Мінеральна сировина. Сьогодні відомо промислове застосування майже 2500 різних мінералів, що відрізняються один від одного за хімічним складом, фізичним властивостям, кристалічною будовою тощо.

Мінеральну сировину поділять на рудну, нерудну і горючу.

Рудною мінеральною сировиною називають гірські породи або мінеральні агрегати, що містять метали, які можуть бути економічно вигідно відділені від порожньої породи в технічно чистому виді.

Нерудною (неметалічною) називають усю сировину, яку використовують у виробництві хімічних, будівельних і інших неметалічних матеріалів і, яка не є сировиною для одержання металів, наприклад, фосфорити, апатити, алюмосилікати.

До горючої мінеральної сировини відносяться: органічні корисні копалини: вугілля, торф, сланці, нафта тощо, які використовують у якості палива або сировини для органічного синтезу.

2.3 Підземна розробка родовищ

Шахта – гірниче підприємство, яке проводить підземну розробку корисних копалин. Якщо у шахті підземним способом видобувається руда, то таку розробку називають рудником. У шахтах України добувають 75% вугілля та 25 % залізної руди.

У 1991 р. на Україні нараховувалося 276 шахт. Шахтний фонд на 2008 р. складав лише 160 шахт. Середня глибина розробки вугільних пластів – понад 720 м. Близько 20% шахт працюють на глибині 1000...1400 м. Найглибша шахта України: «Шахтарська Глибока» (глибина ствола 1405 м). На сьогодні до 40% шахт працює понад 50 років, а найбільш старі шахти мають строк служби понад 70 років. Лише 8% шахт експлуатуються менше 20 років.

Найглибші шахти світу глибиною понад 4,5 км знаходяться в Індії (золотодобувний рудник) та в ПАР (добування алмазів). Шахтарям у таких підземних розробках доводиться працювати в екстремальних умовах. Спекса доходить до 60°, постійно існує небезпека прориву води і обвалів. Проте коли йдеться про видобування золота, і будь-яка небезпека не здається власникам рудників занадто великою.

Шахта має наземні споруди (рис. 2.1): підйомну машину, копри, надшахтні будівлі, склади, терикони (насипи з пустої породи) і систему підземних гірничих виробок, призначених для розробки родовища в межах шахтного поля.



Рисунок 2.1 – Наземні шахтні споруди

Будівництво шахти починають з утворення головного ствола діаметром 4...8 м. Стінки ствола зміцнюють бетоном. За допомогою підйомної машини через ствол у клітьх відбувається підйом і опускання людей (рис. 2.2), підйом корисних копалин, пустої породи, опускання матеріалів, обладнання, подається вентиляційне повітря. Шахта обов'язково має декілька вентиляційних стволів для відкачування вентиляційного повітря та ґрунтових вод, евакуації гірників у випадку аварії.



Рисунок 2.2 – Вихід шахтарів з робочої кліті

Розробка корисних копалин проводиться через штреки – горизонтальні виробки, по яким переміщуються люди, транспортуються грузи, подається вентиляційне повітря. По штреках до стволів добута порода переміщується в вагонетках за допомогою шахтних електровозів. На вугільних шахтах роботу по відділенню вугілля намагаються виконувати переважно вугледобувними комбайнами (рис. 2.3). У Донецькому басейні близько 85% вугілля залягає в пластах потужністю до 1,2 м.

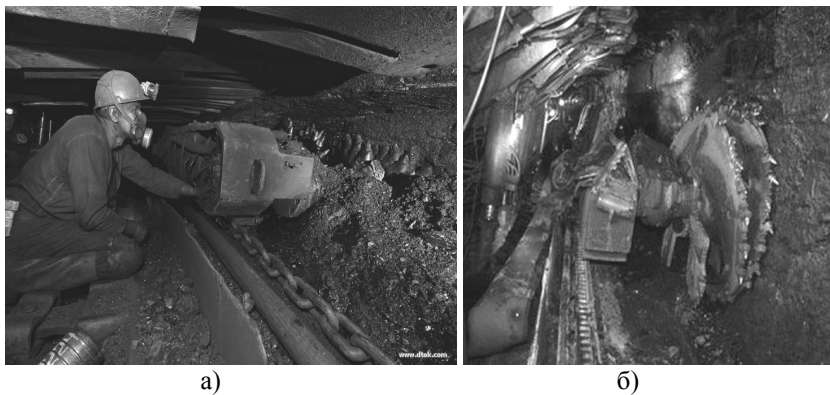


Рисунок 2.3 – Робота вугледобувного комбайну

Залягання пластів є пологим (65%) і крутоспадним (35%), що ускладнює проведення механізованого добутку (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Схема розміщення пластів на території вугільної шахти

Руди мають вищу міцність і відділяються від масивів за рахунок енергії вибуху. Для цього бурильними машинами в породі утворюють отвори (шпури), у яких розміщують вибухівку.

Для захисту від обрушення породи шахтні виробки укріплюються щитами і рамами. Найбільш розповсюдженим, дешевим, легкооброблюваним кріпильним матеріалом є соснова та ялинова деревина, недолік якої є мала довговічність внаслідок швидкого гниття (рис. 2.5, 2.6). Металеve кріплення через високу вартість та інтенсивну корозію має менше розповсюдження.



Рисунок 2.5 – Підготовка до кріплення виробки



Рисунок 2.6 – Кріплення шахтної виробки

Для забезпечення нормальної роботи в шахту за добу подається від 50 до 200 м³ кріпильного лісу, 500...2500 кг вибухових речовин, 50...250 тис.м³ стисненого повітря, 100...200 тис. кВт.год електроенергії.

На кожного підземного робітника за хвилину в шахту подається 6 м³ повітря, яке виносить пил та шкідливі гази. На 1 т. добутого вугілля з шахт Донбасу відкачують до 2,8 м³ води. Продуктивність праці робітника (2007 р.) – 21,9 т/місяць. Фактори небезпеки: 90% шахт небезпечні за метаном, 60% – за вибухами вугільного пилу; 45% – за раптовими викидами. У 2002 р. коефіцієнт травмування складав на 1 млн.т 26,7 осіб, коефіцієнт смертельного травматизму – 3,3 осіб.

Продуктивність праці у вугільній промисловості України удвічі нижча, ніж на подібних підприємствах у Польщі і Німеччині. При досить схожих геологічних умовах видобутку на одного працюючого в Україні (при семиденному робочому тижні) 270 т – у 2001 році, а в Західній Європі – понад 500 т (при шестиденному робочому тижні).

При проведенні шахтного вуглевидобутку в Україні наявні значні фактори небезпеки – 90% шахт небезпечні за метаном, 45% – за раптовими викидами і обвалами пустої породи. За статистичними даними у 2002 році коефіцієнт травмування у шахтах України складав на 1 млн. добутих тонн вугілля 26,7 осіб, коефіцієнт смертельного травматизму – 3,3 осіб.

Шахтне добування відносяться до екологонебезпечних, призводить до просідання землі. Глибина просідань складає від 0,6 до 3,9 м, що спричиняє пошкодження та руйнування будинків, призводить до забруднення ґрунтових, підземних та поверхневих вод, повітря.

Біля шахт утворюються терикони (рис. 2.7). Породи, які укладено в терикони містять залишки вугілля, мають здатність до samozапалювання. Температура породи, що горить, в териконі досягає 1200 °С, у разі проникнення дощових вод трапляються вибухи.

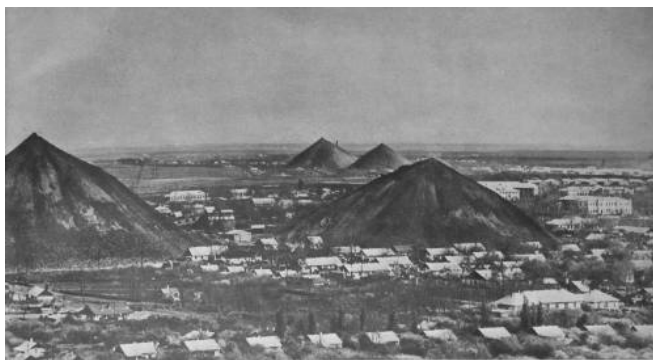


Рисунок 2.7 – Терикони біля вугільних шахт на Донбасі

Викиди забруднених речовин в атмосферу підприємствами вугільної промисловості становлять до 25% від викидів цих речовин в цілому по Україні. Джерелом забруднення повітряного басейну, поверхневих та підземних вод, зниження родючості ґрунтів є розміщення відходів вуглевидобутку в природних відвалах та накопичувачах – щорічно у відвали скидається 60-70 млн. м³ породи. Кількість природних відвалів становить майже 1300, з яких близько 300 – це ті, що горять. Втрата родючості земель під відвалами становить більше, ніж 7000 гектарів.

Забрудненням водних басейнів є скидання значної кількості високомінералізованих шахтних вод у водойми та водостоки, а також у накопичувачі, в яких відбувається відстій шахтного водозливу та зливу збагачувальних фабрик.

2.4 Видобування корисних копалин відкритим способом

Відкрите видобування корисних копалин проводиться безпосередньо з поверхні землі. В результаті відкритого видобування утворюється гірнича виробка у вигляді заглиблення – кар'єр. Початок відкритого видобування вимагає значної підготовки території – вирубка лісових насаджень, перенесення доріг, випускання навколишніх водоймищ, осушення прилеглих територій. Після цього виконують розкривні роботи шляхом зрізання і видалення до звалища шару порожніх порід, які покривають родовище корисних копалин. При відкритому добуванні корисних копалин розкривні роботи є однією з найбільш трудомістких операцій.

Кар'єр має форму величезної ями лійкоподібної форми, схили якої мають уступи у формі сходинок шириною в кілька десятків метрів (горизонти) (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Загальний вид кар'єру

На горизонтах розміщують добуваючі та завантажуючі машини (екскаватори) (рис. 2.9) і проходять автомобільні шляхи або залізнична колія.



Рисунок 2.9 – Добуваючі (екскаватори) та завантажуючі машини

Розробка у кар'єрах проводиться шляхом відокремлення корисних копалин від масиву на горизонтальних площинах (горизонтах). Основним способом відділення твердої породи від масиву є вибуховий спосіб. З кар'єрів з невеликим підйомом добуті породи вивозяться локомотивами у металевих вагонах. З глибоких кар'єрів корисні копалини транспортують автомобілями-самоскидами вантажопідйомністю 100...300 т (рис. 2.10). Корисні копалини надходять безпосередньо до споживачів або на збагачувальну фабрику, а порожню породу переміщують у звалища. Найбільший залізорудний кар'єр в Україні – Інгулецький (до 34,8 млн.т руди на рік).



Рисунок 2.10 – Автомобіль-самоскид вантажопідйомністю 100...300 т

Основні технологічні процеси при відкритому добуванні корисних копалин включають:

- підготовку гірських порід до виймання – відокремлення елементів корисної копалини від масиву з одночасним її механічним або вибуховим розпушенням;
- навантаження екскаваторами гірничої маси у транспортні засоби;

- транспортування гірничої маси на промисловий майданчик;
- розміщення порожніх порід у відвали;
- ущільнення відвалів.

В структуру собівартості витрат при відкритому добуванні корисних копалин входять вартості основних технологічних процесів: буропідричних робіт (10...15 %), екскавації (15...25 %), транспортування (40...60 %), відвалоутворення (15...20 %). Із збільшенням глибини кар'єру частка витрат на транспортування зростає до 70%.

Завдяки високому рівню механізації продуктивність праці в кар'єрах набагато вища, ніж у шахтах. В загальних витратах при гірничо-капітальних роботах на будівництво кар'єру припадає до 30...40 %, а на обладнання 20...30 %. Термін окупності капітальних витрат складає 7...10 років. Собівартість відкритого добування корисних копалин у 2...4 рази нижча, ніж при шахтному способі.

До недоліків відкритого способу добування корисних копалин відноситься:

- руйнування родючих земель на великій території. Практикують рекультивацію земель – їх відновлення та повторне використання території колишнього кар'єру;
- при видобуванні твердих копалин виникають зсуви, осідання, осипання та заболочування територій.

2.5 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Поняття про сировину. Класифікація сировини.
2. Класифікація мінеральної сировини.
3. Основні процеси гірничого виробництва.
4. Підземна розробка родовищ.
5. Переваги та недоліки шахтного добування корисних копалин.
6. Добування корисних копалин відкритим способом.
7. Будова кар'єра.
8. Недоліки відкритого способу добування корисних копалин.
9. Добуваючі та завантажуючі машини.
10. Порівняльна характеристика способів добування корисних копалин.

РОЗДІЛ 3 ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС

3.1 Загальна характеристика паливно-енергетичного комплексу

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) поєднує одержання, передачу, перетворення і використання різних видів енергії і енергетичних ресурсів. ПЕК включає видобуток палива, його переробку, виробництво та передачу електричної і теплової енергії. Основними видами палива, які використовуються в народному господарстві України є нафта, вугілля та природний газ. Вони виконують роль енергетичного та технологічного палива (сировини для металургійної, хімічної та нафтохімічної промисловості).

До галузевої структури ПЕК України належить паливна промисловість і енергетика (рис. 3.1).

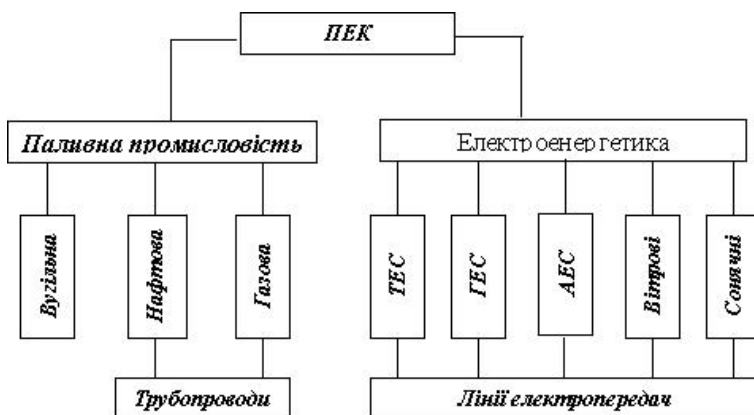


Рисунок 3.1 – Структура паливно-енергетичного комплексу

Світова структура паливно-енергетичного балансу: нафта – 40%, вугілля – 31%, природний газ – 23%, атомна енергія – 2%, гідроенергія – 3%. Теплові еквіваленти основних видів палива: кам'яне вугілля – 1,0; буре вугілля – 0,50; деревина – 0,43; нафта – 1,42; мазут – 1,4...1,5; природний газ – 1,21.

Ще 200 років тому печі паровозів працювали на дровах. В середині XVIII століття розпочалося широке використання вугілля, а з кінця XIX століття – нафти і газу. До початку другої світової війни кам'яне вугілля було основним видом палива. У 70-ті роки XX століття були розвідані великі поклади нафти і вона стала домінуючим енергоносієм. Існуючі на світових ринках ціни на нафту в 5...7 раз перевищують вартість її видобутку.

Джерела енергії поділяють на **традиційні** та **альтернативні**. До традиційних відносять корисні копалини – нафту, газ, вугілля. Їх основний недолік полягає в тому, що це – невідновлювальні ресурси. Цей факт мотивує

пошук інших енергоносіїв. Негативним є також вплив використання традиційних видів палива на екологію планети. Викиди парникових газів, які утворюються при спалюванні корисних копалин, порушують кліматичний баланс. Єдиний доступний спосіб знизити темпи зміни клімату – це перехід на більш екологічно чисті джерела енергії, до яких належать відновлювані, або альтернативні: сонце, вітер, кінетична енергія водних потоків, біогаз тощо.

3.2 Технологія вугільної промисловості. Властивості, класифікація та маркування вугілля

Вугілля виникло із залишків рослин торф'яних боліт. Відмінності властивостей різновидів вугілля обумовлені особливостями рослинного матеріалу, віком утворення покладів. Утворення покладів вугілля відбулося понад 350 мільйонів років тому. Промислові запаси кам'яного вугілля в Україні розташовані в Донецькому та Львівсько-Волинському родовищах. У Донецькому басейні високоякісне вугілля залягає пластами товщиною 30-50 см на глибині понад 600 м. У Львівсько-Волинському басейні вугілля залягає товстими пластами на глибині 300 м. Воно нижчої якості, у порівнянні з вугіллям з Донецького басейну. Поклади бурого вугілля розташовані біля м. Олександрія (Кіровоградська обл.) в пластах товщиною до 20 м на глибинах 10...120 м.

Вугільна промисловість України – одна з головних добувних галузей держави. З її розвитком нерозривно пов'язані інші галузі, особливо чорна металургія та електроенергетика. У 1960 році вугілля давало половину світового виробництва енергії, до 1970 року його частка впала до третини. Найбільший видобуток вугілля в Україні зафіксовано у 1976 р. – 218 млн. т., у 2007 р. видобуток знизився до 75 млн.т за рахунок розширення використання інших енергоносіїв. Майже у 96% вугільних шахт остання реконструкція проводилася понад 20 років, понад 50% машин і устаткування для видобутку вугілля повністю зношені.

Вугільна промисловість України постачає свою продукцію для потреб електроенергетики (38 % від загального обсягу поставок), чорної металургії (22 %), населенню (11 %), комунально-побутовим та іншим споживачам (29 %). На душу населення в Україні в окремі роки видобувалося понад 1500 кг вугілля.

В Китаї вже в 1000 році до н.е. вугілля широко використовувалося для виплавки міді, виробництва фарфорових виробів, паперу, пороху та у побуті. У XIV – XIX ст. найбільша кількість вугілля у світі видобувалася в Англії, що було пов'язано з розвитком промислової революції. Перша письмова згадка про відкриття родовища вугілля в Донбасі датована 1721 р. Його використовували у ковальській справі, солеварінні тощо. Добували вугілля в невеликих кількостях відкритим способом. Перша шахта на Донбасі була збудована в 1795 р.

Промислова класифікація передбачає розподіл вугілля на різноманітні марки і групи в залежності від фізико-хімічних властивостей і можливості використання цієї корисної копалини для технологічних або енергетичних цілей.

До основних характеристик вугілля відноситься:

- теплота згорання, що визначається вмістом вуглецю і домішок порожньої породи);

- вмістом летких речовин;

- здатністю до спікання при нагріванні;

- щільністю, міцністю та розмірами шматків.

Чим більший вік кам'яного вугілля, тим більша глибина залягання його покладів. При цьому у паливі зростає вміст вуглецю та теплота згорання.

За вмістом вуглецю вугілля поділяється на:

- антрацит (до 97%С);

- кам'яне вугілля (78...97%С);

- буре вугілля (55...78%С).

Крім вуглецю до складу вугілля входять смоли, вміст яких оцінюється виходом летючих речовин, що виділяються при нагріванні без доступу повітря.

Найбільш цінним видом вугілля є **антрацит** (рис. 3.2), що характеризується високою теплотою згорання, не спікається при спалюванні в топці, є безпечним від самозапалювання при зберіганні.



Рисунок 3.2 – Антрацит

Порівняно з кам'яним вугіллям антрацит має більш щільну будову і є найдавнішим за віком з усіх видів викопного вугілля. Для складу антрациту є характерним низький вміст летючих речовин (менше 9%) і тому, при згоранні він має вигляд розжарених шматків з утворенням короткого полум'я без диму. Для антрациту характерна низька зольність. Антрацит використовують, в основному, як енергетичне паливо з теплотворною здатністю до 32

МДж/кг. Антрацит не схильний до samozapalювання при зберіганні, що дає змогу накопичувати його для зберігання у штабелях.

Кам'яне вугілля відносять до висококалорійного палива. Має щільну будову та вологість не вище 12%. При прожарюванні вугілля класифікують на 10 марок у залежності від виходу летючих речовин в межах 7...42%: довгополуменеve (Д), газове (Г), газозожирне (ГЖ), жирне (Ж), коксове жирне (КЖ), коксівне (К), коксове друге (К2), слабкоспікливе (СС), опіснене спікливе (ОС) і пісне (П). Від марки Д до марки П вміст вуглецю послідовно збільшується від 76 до 92 %, а вихід летких речовин зменшується з 42 до 7-12%. Для Донбасу характерним є видобуток таких марок вугілля: Д, Г, ГЖ, Ж, К, ОС, П; для Львівсько-Волинського басейну: Д, Г, ГЖ, Ж.

Підняте з шахти вугілля проходить подрібнення в дробарках та розсіювання на фракції. В ряді випадків його збагачують промиванням водою. Вугілля відділяється потоком води за рахунок меншої питомої густини у порівнянні з пустою породою. За розмірами шматків вугілля поділяють на класи: плитове (100...200мм); крупне – (50...100 мм); горіх (25...50мм); дрібний (13...25мм); насіннячко – (6...13мм); штиб – (менше 6мм).

Буре вугілля (рис. 3.3) – наймолодше з викопного вугілля і є перехідною формою від торфу до кам'яного вугілля. Використовується, як місцеве паливо, а також, як хімічна сировина. Містить велику кількість вологи (близько 40 %), має низьку теплоту згоряння (до 23 860 кДж/кг), містить велику кількість летючих речовин (до 50%). Для хімічної промисловості найбільш цінним є буре вугілля з високим вмістом летючих речовин. При зберіганні буре вугілля здатне до вивітрювання та samozapalювання.



Рисунок 3.3 – Буре вугілля (а) та буровугільні брикети (б)

3.3 Вуглезбагачувальні підприємства

Вуглезбагачувальне підприємство, призначене для збагачення вугілля шляхом відділення порожньої породи. Всі існуючі методи збагачення засновані на наявності різниці у фізичних або фізико-хімічних властивостях окремих компонентів корисної копалини.

У процесі вуглезбагачення рядового вугілля одержують наступні продукти:

1) концентрат – продукт з підвищеним вмістом горючої маси і найменшим вмістом породних компонентів;

2) проміжний продукт (промпродукт) – продукт, що за вмістом горючої маси не є кондиційним концентратом чи відвальними відходами і потребує подальшої додаткової переробки;

3) шлам – вугілля розміром менше 0,5 мм у вигляді водяної пульпи, що утворюється, як залишок, у результаті проведення збагачення;

4) відсів – складова вугілля, який виділений із рядового вугілля і не є придатним для подальшого збагачення.

Концентрат відвантажується як сировина для одержання металургійного коксу на коксохімзаводи та для виробництва ряду хімічних продуктів, а промпродукт використовується у якості енергетичного палива.

Вуглезбагачувальні фабрики включають такі основні підрозділи:

- ділянка прийому й підготовки вугілля;
- збагачувальний цех;
- флотаційний цех;
- сушильна ділянка.

У збагачувальному цеху здійснюються операції підготовчого просіювання, обезпилювання, знешламування, збагачення, збезводнювання тощо. У флотаційному цеху здійснюється флотація та фільтрування шламу. У сушильному цеху проводять термічне сушіння дрібного вугілля, шламу і флотаційного концентрату, а також очищення запилених газів.

3.4 Технології збагачення сировини

Збагачення корисних копалин необхідне, незважаючи на додаткові витрати, тому що воно забезпечує можливість розширення сировинної бази промисловості за рахунок комплексного використання сировини й залучення в експлуатацію бідних корисних копалин; більш ефективного використання виробничого обладнання за рахунок висококонцентрованої сировини; економії транспортних витрат; поліпшення якості готової продукції.

Залежно від вимог технологічного процесу попередня підготовка сировини складається у подрібненні матеріалів або, навпаки, в укрупненні (брикетуванні) часток сировини і агломерації. Метою збагачення є одержання сировини з можливо більшим вмістом корисних елементів. Фракції, збагачені корисними компонентами, називаються концентратами, а фракції з переважанням порожньої породи – хвостами. Одержувані концентрати мають більш однорідні, у порівнянні з вихідною сировиною, склад і властивості.

Методи збагачення сировини залежать від агрегатного стану вихідних корисних копалин і від властивостей основних компонентів.

Способи збагачення мінеральної сировини у твердому стані поділяються на: механічні, фізико-хімічні та хімічні. Ці способи засновані

на розбіжності в таких властивостях, як щільність, розмір і форма зерен, міцність, електропровідність, вологість, розчинність, магнітна проникність тощо. Найбільш широко застосовується механічне збагачення (просіювання, гравітаційний поділ), електромагнітна сепарація, електростатичне збагачення, термічна обробка тощо.

До підготовчих операцій при збагаченні вугілля відносять операції просіювання і подрібнення.

Подрібнення вугілля проводять з метою кращої його підготовки до проведення операцій збагачення, а також для одержання готової продукції заданого складу по крупності.

Використовують, в основному, чотири методи подрібнення вугілля (рис. 3.4) або їх комбінації: роздавлювання (а), розколювання (б), способом удару (в) та стиранням (г).

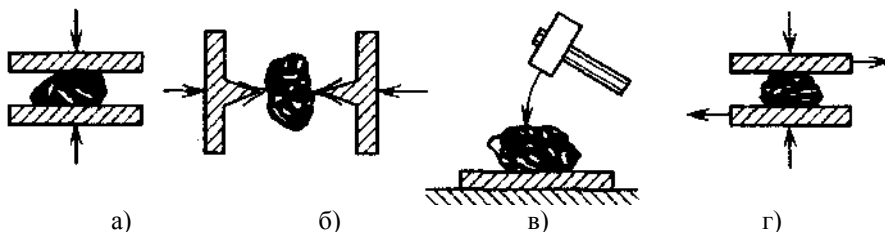


Рисунок 3.4 – Методи руйнування вугілля

Просіювання – процес розподілу сипучих матеріалів на фракції (класи) за крупністю зерен (шматків) шляхом просіювання через одне або кілька сит. Суть цього методу полягає в тому, що матеріал пропускають через сито з певним розміром отворів d . Частки, розмір яких менший отвору в ситі, проходять через нього, а більші затримуються. Застосовуючи сита з різними отворами, можна розділити зернистий матеріал на будь-яку кількість фракцій. Машини і пристрої для просіювання називаються **грохотами** (рис. 3.5).

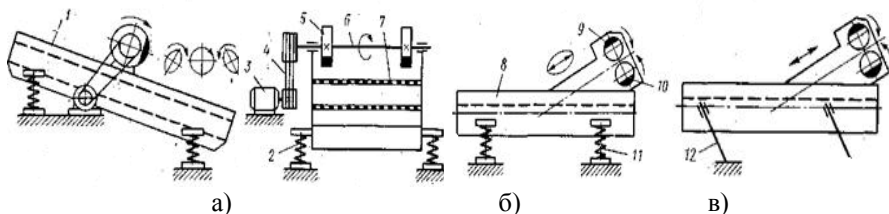


Рисунок 3.5 – Грохоти

Будь-який грохот має одну або кілька робочих (просіювальних) поверхонь – сит, встановлених в одному або кількох коробах, які виконують гойдальні або струшувальні рухи.

До допоміжних операцій збагачення відносять обезпилювання, знешамлювання і збезводнювання вугілля.

Обезпилювання полягає у виділенні з вугілля сухим способом часток пилу розміром 0...0,5 мм. Цю операцію роблять видуванням струменем повітря. Знешамлювання здійснюється шляхом виділення дрібних часток вугілля на грохоті за допомогою струменя води. Збезводнювання продуктів мокрого збагачення вугілля здійснюють різноманітними засобами в залежності від крупності оброблюваного матеріалу. Вугілля, розміром шматків більш 13 мм, збезводнюється на грохотах, в елеваторах із перфорованими ковшами, а також у дренажних бункерах. Для збезводнення дрібних класів вугілля додатково застосовують, крім перерахованих засобів, центрифугування і термічну сушку. Збезводнення шламу і флотаційного концентрату складає найбільші труднощі. З цією метою застосовують згущення, фільтрування або центрифугування, іноді тривале відстоювання, а також термічну сушку.

Операції обробки, яким піддають на фабриці гірничу масу, поділяють на: основні (збагачувальні), підготовчі та допоміжні.

Всі існуючі методи збагачення засновані на розходженні у фізичних або фізико-хімічних властивостях окремих компонентів корисної копалини.

Гравітаційний поділ заснований на розходженні швидкостей осадження часток у рідині або газі залежно від щільності часток. Гравітаційне збагачення сировини буває сухим і мокрим (рис. 3.6).

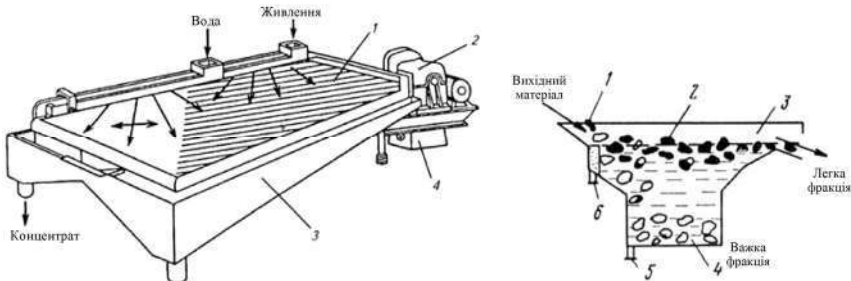
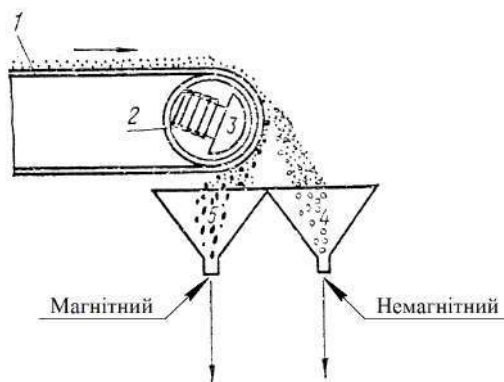


Рисунок 3.6 – Гравітаційний спосіб збагачення

Ефективним видом збагачення є селективна флотація, яка проводиться у кілька стадій.

Електромагнітна сепарація застосовується для відділення магнітної залізовмісної складової руд від немагнітної складової – порожньої породи (рис. 3.7).



1 – конвеєр з електромагнітом; 2 – барабан

Рисунок 3.7 – Електромагнітна сепарація

До фізико-хімічних способів збагачення сировини відносять флотаційний метод, заснований на різному змочуванні компонентів, що входять до складу сировини. Більшість мінералів у природних умовах мало відрізняються за змочуванням один від одного. Для їхнього розділення створюють умови неоднакового змочування окремих компонентів порід, що досягається застосуванням флотареагентів: піноутворювачів, збирачів, регуляторів і активаторів флотації, а також подавлювачів флотації, які здатні перешкоджати спливанню певних мінералів.

Хімічні способи збагачення ґрунтуються на різній розчинності частин сировини у певному розчиннику або на різній здатності сировини вступати в певні хімічні реакції. Хімічні способи збагачення поширені в металургії та хімічній промисловості. У такий спосіб розділяють золото й срібло, що містяться в незначних кількостях у рудах (шляхом взаємодії їх із ртуттю, ціаністим натрієм, хлором). До операції хімічного збагачення відносять також випал мінералів з метою розкладання карбонатів, видалення кристалізаційної води, випалювання органічних домішок і інші процеси, що призводять до збільшення концентрації корисного компонента в продукті збагачення. Ці операції застосовуються в більшості типових хіміко-технологічних процесів.

Практично більшість родовищ корисних копалин є комплексними і містять декілька корисних компонентів. Особливо це характерно для поліметалевих руд.

У кольоровій металургії до основних видів продукції відносяться 11 металів (алюміній, мідь, нікель, кобальт, свинець, цинк, вольфрам, молібден, ртуть, олово, сурма). В той же час, разом з ними промислову цінність представляють більше 60 компонентів таких руд. Попутне вилучення елементів забезпечує різке підвищення економічної ефективності виробництва.

3.5 Технологія коксохімічного виробництва

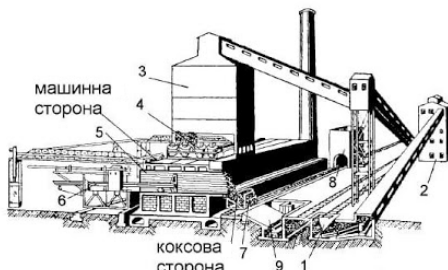
В якості металургійного палива для виробництва чавуну використовують штучний матеріал – кокс (рис. 3.8). Сировиною для виробництва коксу є кам'яне вугілля. Порівняно з кам'яним вугіллям, кокс має більшу міцність, вищу температуру згорання, а також, за рахунок пористої будови кусків, вищу реакційну здатність.



Рисунок 3.8 – Загальний вид коксу

Основним продуктом підприємств, які здійснюють хімічну переробку кам'яного вугілля шляхом коксування (нагрівання без доступу повітря) є кокс. При цьому, з вугілля різних марок крім коксу і коксового (світільного) газу одержують аміак, сірковуглець, а також сотні органічних сполук, що є сировиною для одержання пластмас, хімічних волокон, барвників, вибухових речовин і лікарських препаратів.

В основі коксохімічного виробництва лежить процес піролізу (нагрівання вугілля без доступу повітря). Мета піролізу – відділити від вуглецевмісної твердої маси летючі речовини. Обладнанням для виробництва коксу є коксові батареї (рис. 3.9) – система з кількох камер, в яких прогрівається подрібнене вугілля.



1 – приймальний бункер для кам'яного вугілля; 2 – відділення для подрібнювання і змішування вугілля; 3 – розподільча башта; 4 – завантажувальна вагонетка; 5 – камера коксування; 6 – коксовиштовхувач;

7 – тушільний вагон; 8 – тушільна башта; 9 – платформа для вивантаження охолодженого коксу

Рисунок 3.9 – Загальний вигляд коксової батареї

Коксова камера викладена вогнетривкою цеглою, її довжина 15...13 м, висота – 5,5 м; ширина до 0,45 м. В склепінні камери розміщені люки для завантаження вугілля. Торцеві сторони камери герметично закриваються металевими дверима. Кожна камера батареї вміщує 20 т вугілля. Між камерами розміщені опалювальні канали, по яких переміщуються гарячі гази, що прогрівають стінки камери.

При нагріванні до 200...350°C починають розплавлятися смолисті речовини і випаровуватись легкокиплячі вуглеводневі сполуки. При 350...500°C вугілля переходить у пластичний стан, інтенсивно випаровуються смоли, розкладаються вуглеводні. При 500...1000°C пластична маса твердіє (спікається). У спеченому продукті утворюються кристалічний вуглець, який утворює міцний каркас у масиві вугілля. По закінченні процесу коксування, кокс з камери виштовхується в тушільний вагон. Вивантажений кокс при контакті з повітрям загоряється. Для тушіння і охолодження кокс інтенсивно гаситься водою.

Летючі продукти, що відводяться від коксової батареї, вловлюються, охолоджуються і проходять конденсацію. До складу коксового газу входить кам'яновугільна смола, бензол, аміак, сірководень тощо.

До найбільших виробників коксу на Україні відносяться Авдіївський та Криворізький коксохімічні заводи.

3.6 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Сучасний стан вугільної промисловості.
2. Класифікація кам'яного вугілля.
3. Технологічні та фізичні властивості вугілля.
4. Технологічні операції при збагаченні вугілля.
5. Для чого призначений та як виробляється кам'яновугільний кокс?
6. Яка будова та принцип роботи коксової батареї?
7. Методи подрібнення вугілля.
8. Методи збагачення вугілля.
9. Вплив на довкілля вугільної промисловості.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЯ НАФТОВОЇ І ГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

4.1 Загальна характеристика нафтової промисловості

Нафта та продукти її переробки є висококалорійним паливом, а також цінною сировиною для хімічної промисловості. Із нафти отримують гуму, штучні барвники, синтетичні волокна, оливи, дорожні покриття.

Нафта – рідка горюча корисна копалина, яка є сумішшю вуглеводнів різного складу, які розрізняються температурою кипіння (рис. 4.1). Колір – від світло-коричневого до темно-бурого. Речовини, що входять до складу нафти, залежно від хімічного складу і розмірів молекул мають різну температуру кипіння. У складі нафти розрізняють легкі фракції з температурою кипіння до 350°C і важкі – з температурою кипіння понад 350°C . Легкі фракції складаються з вуглеводів з короткими молекулами і входять до складу світлих видів палива (бензин, дизельне паливо, керосин), важкі фракції переважають у складі масел, мазуту, парафіну, смол.



Рисунок 4.1 – Нафта

Перші згадки про нафту відносяться до 400...300 рр. до н.е. В 330 р. до н.е. Олександр Македонський завоював територію нинішнього Азербайджану і побачив світильники, які горіли яскравим полум'ям. Жир, який використовувався в них, просочувався крізь гірські породи. Його називали “нафата”, що означало “той, що просочується”. Звідси і пішло слово нафта. При розкопках біля міста Керч, знайшли глиняну амфору наповнену нафтою, датована 400 р. до н.е.

Населення нафтоносних районів Галичини з давнього часу використовувало в побуті нафту для лікування, освітлення, як мастильний засіб. Перші свідчення про видобування нафти у Західній Україні відносяться до середини XVII ст. В 1830 р. селянин із с. Нагусвичі вперше шляхом перегонки отримав із сирової нафти світлий продукт – “безколірну рідину з сильним запахом, котра швидко спалахувала”. У середині XIX ст. розпочинається механічне добування нафти з бурових свердловин.

Україна споживає близько 16 млн. т. нафтопродуктів на рік. Надра України мають незначні запаси нафти. Щорічний видобуток нафти в Україні на сьогодні складає близько 3...4 млн т. Нафта зустрічається в надрах землі

на глибині 1...7 км в пластах пористих гірничих порід. Третина ресурсів вуглеводнів України зосереджено на великих (5-7 кілометрів) глибинах. Відбувається розширення будівництва нафтових бурових платформ на морських шельфах. Однак, будівництво такої платформи в 10 разів дорожче за організацію наземного добування.

У межах території України є 3 нафтогазоносні регіони – Східний (Дніпровсько-Донецька западина), Західний (Карпати) і Південний (Причорномор'я, Крим та шельф Чорного та Азовського морів). Приріст видобування нафти в Україні можливий за рахунок розробки більш глибоких шарів відомих родовищ, відкриття нових родовищ та освоєння шельфів Чорного й Азовського морів. У 2019 році видобуток нафти в Україні склав 2,13 млн. т при річному споживанні нафтопродуктів на рівні 10,86 млн.т.

Буріння промислових нафтових свердловин глибиною 2500...3000 м проводять за допомогою стаціонарних установок з буровими верстатами. При бурінні породи висвердлюють буровим інструментом – обертовим долотом. Спершу у свердловину вводять одну бурильну трубу довжиною 6-10 м, по мірі поглиблення свердловини до неї пригвинчують нові труби. Для видалення розбуреної породи свердловину промивають циркулюючим глинистим розчином.

4.2 Способи добування нафти

Розрізняють три способи експлуатації нафтових свердловин: фонтанний, компресорний і глибинонасосний.

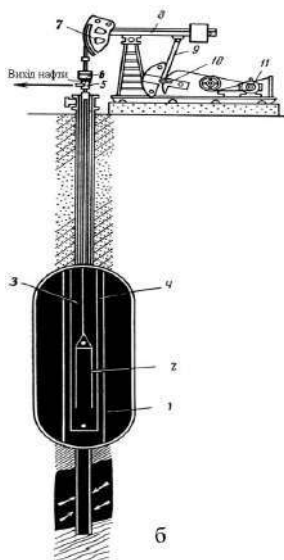
При фонтанному способі використовують природне фонтанування нафти зі свердловини під тиском у пласту. Добовий дебіт свердловини при фонтанному способі становить до 500 т. Видобування нафти фонтанним способом є найбільш дешевим, простим і продуктивним. Цей спосіб забезпечує більше половини світового видобутку нафти. Для продовження періоду фонтанування пластовий тиск зберігають за рахунок закачування в свердловину води.

Компресорний спосіб – це штучний спосіб відновлення фонтанування подачею в свердловину стиснутого повітря (50 атм).

По мірі вироблення родовища свердловину переводять на глибинонасосне добування (рис. 4.2). Відкачування нафти проводиться насосами, які опускаються в свердловину. У свердловині розміщують плунжерний насос, який приводиться в дію поверхневим приводом. Штангова глибинонасосна установка складається із насоса, опущеного у свердловину, колони штанг, качалки, встановленої біля устя свердловини. Порівняно з фонтанним способом продуктивність свердловини при глибинонасосному добуванні знижується до 8 разів.



а



б

1 – циліндр насоса; 2 – плунжер; 3 – колона штанг; 4 – труби всередині свердловини; 5 – трубна головка; 6 – кріплення; 7 – головка балансира; 8 – балансир; 9 – шатун; 10 – кривошип; 11 – електродвигун

Рисунок 4.2 – Загальний вид (а) та
схема глибинно-насосного добування нафти (б)

4.3 Підготовка нафти до переробки

Добута нафта подається у випаровувачі, де відбувається відділення розчинених газів. Обезводнюють нафту шляхом розшарування при витриманні у відстійниках. Підготовлена нафта по магістральних нафтопроводах передається на нафтопереробні заводи. Територією України проходять нафтопроводи, які поєднують нафтові родовища Росії з Європою.

Нафту, як паливо, у чистому вигляді практично не застосовують, а використовують у якості сировини для отримання різних нафтопродуктів. В Україні є 6 нафтопереробних заводів (у Херсоні, Кременчуці, Лисичанську, Дрогобичі, Одесі, Надвірній) загальною потужністю 52 млн. т. нафти на рік, які здатні забезпечити потреби держави у нафтопродуктах, але технології та обладнання цих підприємств є застарілими.

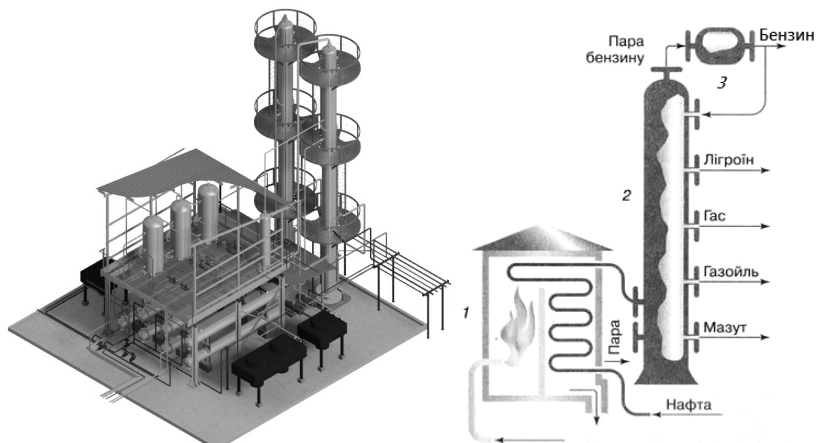
Останні роки обсяги переробки нафти в Україні скорочуються оскільки має місце падіння її видобутку в Україні та закриття кількох нафтопереробних заводів на тривалий ремонт. Більшість продукції українських нафтопереробних заводів не відповідає міжнародним стандартам, екологічним вимогам, їх робота супроводжується низьким виходом бензину.

Переробка нафти – багатоступеневий технологічний процес, в результаті якого отримують ряд продуктів, що відрізняються фізико-хімічними властивостями, складом і сферами використання.

4.4 Переробка нафти фізичним (пряма перегонка) та фізико-хімічним способом

Основним способом переробки нафти є пряма перегонка (фізичний спосіб). Пряма перегонка нафти – процес її термічного поділу на частини (фракції) без зміни будови їх молекул. Процес прямої перегонки базується на явищі випаровування і конденсації суміші вуглеводнів з різними температурами кипіння.

Застосовують трубчасті перегінні установки продуктивністю понад 2000 т нафти на добу, через які нафту прокачують під тиском 10 атм і підігрівають її до температури 350 °С (рис. 4.3). В пароподібний стан переходять низькокиплячі компоненти, а висококиплячі залишаються в рідкій фазі. Пари нафти, які виходять з нагрівального апарата, охолоджуються і конденсуються (розділяються) в ректифікаційних колонах – циліндричних апаратах висотою 20...50 метрів та діаметром 5...7 м з внутрішніми горизонтальними перегородками. Пари вуглеводнів по мірі підйому наверх в колоні охолоджуються, конденсуються на перегородках і в рідкому стані відводяться з ректифікаційної колони. Продуктивність таких установок – 3...6 тис. тонн нафти на добу.



1 – трубчаста нагрівальна піч; 2 – ректифікаційна колона

Рисунок 4.3 – Схема переробки нафти

Продуктами нафтопереробки є рідке паливо та мастильні матеріали. Нафту переганяють на наступні фракції:

- бензинову, з температурою кипіння до 170⁰С. Вихід цієї фракції з нафти 14...15%;

- керосинову з температурою кипіння 170...300⁰С, використовується як компонент реактивних і дизельних палив;

- солярову з температурою кипіння 300...350⁰С, яка складає основу палива для дизельних двигунів. Вихід паливної фракції з нафти складає 30-40%.

Бензинова фракція охолоджується, конденсується і відбирається у верхній частині колони. Інші фракції збирають на нижчих рівнях по висоті колони. Вуглеводні з температурою кипіння вище 350⁰С не випаровуються і збираються внизу на дні колони та утворюють мазутну фракцію з виходом 50...60%.

Частина отриманого мазуту використовують у якості котельного та флотського палива, а більша частина передається на подальшу переробку.

В вакуумних установках шляхом прямої перегонки відбувається розділення мазуту на масляні дистиляти і гудрон. Масляні дистиляти, які мають температуру кипіння 350...550⁰С, використовують для виробництва машинних олив. Гудрон служить сировиною для виготовлення бітуму.

При вторинних методах переробки нафти змінюється структура вуглеводнів, що входять до її складу (хімічна переробка). До цих методів відноситься крекінг – переробка нафтопродуктів, при якій довгі молекули важких вуглеводів мазутної фракції розщеплюються на короткі молекули легких низькокиплячих речовин, що забезпечує підвищення виходу бензину. Застосовують два основних види крекінгу: *термічний і каталітичний*.

Термічний крекінг здійснюється в умовах дії високої температури (550...600⁰С) і підвищеного тиску (2...7 МПа). В результаті розриву довгих молекул у складі мазуту утворюється до 30..35% бензинової фракції. При крекінгу відбуваються наступні реакції:



До складу бензинів термічного крекінгу входять насичені та ненасичені вуглеводні. Вони хімічно і фізично нестабільні і менш цінні порівняно з продуктами прямої перегонки.

Каталітичний крекінг проводиться при нижчих температурах (300...500⁰С) з використанням каталізаторів. Наявність каталізаторів (NiO + WO₃ або CoO + MoO₃, які нанесені на алюмосилікати) збільшує вихід бензинової фракції до 35...40% та дозволяє, підвищити її стабільність.

Риформінг – каталітична переробка бензинових фракцій прямої перегонки нафти під тиском з використанням каталізаторів для підвищення октанового числа бензину.

4.5 Газова промисловість

Газоподібне паливо. До газоподібних палив належать природний і супутні газ, газоподібні продукти від переробки нафти, коксовий, доменний газ тощо.

Одним з найбільш важливих економічних видів палива в Україні є природний газ, який складається з суміші вуглеводнів метанового ряду (метан CH_4 , етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10}) з переважанням метану.

До його переваг відносяться: простота транспортування; розпалювання та регулювання горіння; відсутність шкідливих домішок, золи і кіптяви при згорянні. Собівартість видобутку 1 т природного газу (в перерахунку на умовне паливо) в кілька разів нижча за собівартість вугілля і нафти. Капіталовкладення на видобуток 1 т природного газу суттєво нижчі, ніж на 1 т вугілля та інших видів палива.

Природний газ широко використовується у металургійній та хімічній промисловості, електроенергетиці, в побуті. Розширюється використання газоподібного палива на автомобільному транспорті.

Технологічна схема газової промисловості включає наступні етапи:

- розвідка родовища;
- обладнання газового промислу;
- видобуток і промислова обробка газу;
- транспорт газу до споживачів.

Природний газ видобувається із самостійних газових родовищ через мережу свердловин, які пробурені в газоносному пласті (рис. 4.4). Для видобутку газу бурять свердловини діаметром 0,5 м та глибиною 1...3,5 км. Оскільки природний газ знаходиться в земних надрах під високим тиском, його добування здійснюють фонтанним способом. Розробка газового родовища триває 15-20 років, за цей час видобувається 80...90% запасів. За 2019 р. в Україні було видобуто 20,7 млрд. м^3 природного газу при рівні його споживання 29,8 млрд. м^3 .



Рисунок 4.4 – Газовидобувна вишка

Газ, що надійшов із свердловини, безпосередньо на промислі підготовляють до транспортування. З нього шляхом відстоювання видаляють механічні домішки, водяні пари, важкі вуглеводні, в разі необхідності газ очищають від сірковмісних сполук. Добутий газ через магістральні трубопроводи транспортують під тиском 75 атм. Стальні труби газопроводу мають діаметр 1000...1400 мм. Високий тиск в магістральних трубопроводах створюється і підтримується компресорними станціями, які розміщуються по трасі газопроводу на відстані кількох сотень кілометрів одна від одної. На долю трубопроводів відноситься до 80% основних фондів газової промисловості.

Потреби в газі значно зростають в зимовий період. В період зниженого споживання природного газу для створення запасів на зимовий період, газ закачують в природні підземні сховища. Роль таких сховищ виконують порожнини, які утворені на місці вироблених родовищ нафти та газу.

Від магістральних газопроводів природний газ поступає через газорозподільні станції до споживачів. Для виявлення втрат газу на газорозподільних станціях до газу додають одорант – рідину з неприємним запахом.

За даними НАК «Нафтогаз України» до складу газотранспортної системи входять: 13 підземних сховищ газу; 74 газокомпресорні станції; 1455 газорозподільних станцій.

Попутні нафтові гази добуваються разом з нафтою і відділяються при її відстоюванні. Вони розчинені в нафті і виділяються з неї при її виході на поверхню. Їх використовують як паливо та хімічну сировину. У складі попутних газів вміст етану та важких компонентів (пропану і бутану) може досягати 50%. Суміш зріджують та зберігають під тиском у балонах. В не газифікованих районах широко використовують скраплений газ, до складу якого входить пропан і бутан. Пропан (C_3H_8) переходить в рідкий стан при

25°C і тискові в 1 МПа, а бутан – при 0°C і нормальному тискові. При скрапленні об'єм цих газів зменшується в 250 разів.

4.6 Перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу

Високі темпи споживання природних ресурсів за останні роки і забруднення навколишнього природного середовища породжують прогнози швидкого вичерпання природних ресурсів, мінеральної сировини і палива.

За прогнозами міжнародного аналітичного центру розробки проблем світового розвитку "Римський клуб", поклади вугілля при нинішніх темпах споживання будуть вичерпані за наступні 150 років, заліза – за 170, нафти та природного газу – за 50 років. Час, коли прогнозується вичерпання запасів руд металів і паливно-енергетичних ресурсів співвимірний зміні від 2 до 6 поколінь людей.

Одним із резервів палива в Україні є горючі сланці – вид твердих горючих корисних копалин. Вони утворились в доісторичні часи на дні озер і морських лагун. В глибинних шарах мулу проходило утворення сапропелів – органо-мінеральних донних відкладень, які сформувалися у водоймі в наслідок відмирання залишків рослинних і тваринних організмів.

Горючі сланці – осадові (глинисті, вапнякові та піщанисті) гірські породи, що містять до 60 % органічної речовини (рис. 4.5). Забарвлення горючих сланців у залежності від родовища може бути коричневе, коричнево-жовте, сіре, оливково-сіре. Органічна речовина горючих сланців характеризується великим виходом летких речовин при термічній переробці (до 90 %), високою питомою теплотою згоряння – 29...37 МДж/кг. Горючі сланці легко спалахують і горять полум'ям, яке виділяє кіптяву (рис. 4.6).



Рисунок 4.5 – Родовище сланців

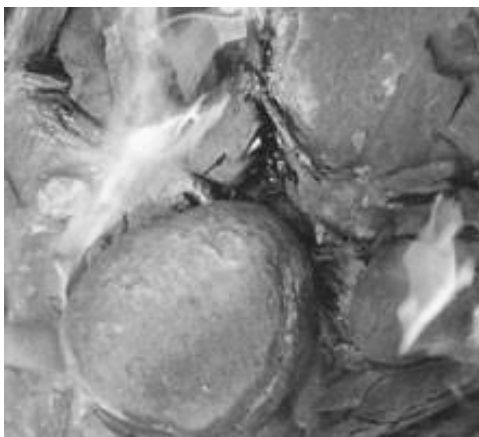


Рисунок 4.6 – Горіння сланцю

В кінці XVII ст. британський уряд дав патент Мартіну Ілу, який знайшов спосіб видобувати велику кількість дьогтю, смоли з своєрідних каменів – горючих сланців. Вже тоді люди навчились робити з них сланцеву смолу – рідину, близьку за властивостями до нафти. При нагріванні сланців до 500°C органічна речовина розкладається та утворює маслянисту пару. Після конденсації вона дає в'язку смолу, горючий газ та вуглистый залишок. З сланцевої смоли виробляють висококалорійне паливо, масло для просочення деревини, клей, миючі засоби, парафін, пластмаси і гуму, бітум. Основна частина сланців використовується для спалювання на теплових електростанціях. Залишки, які утворюються при спалюванні сланців, застосовуються при виробництві цементу, шиферу.

Основні ресурси розвіданих сланців (близько 430-450 трлн. т) зосереджені в США (штати Колорадо, Юта, Вайомінг). Великі поклади горючих сланців є в Бразилії, КНР. На початку 60-х років минулого століття в Україні було відкрито одне з найбільших у світі родовище горючих сланців – Бовтишське (Кіровоградська область). Запаси цього родовища складають близько 3,8 млрд. т горючих сланців, потужність пластів яких досягає 400 м. У зв'язку з тим, що в якості паливно-енергетичної продукції в період відкриття цього родовища панувала дешева західносибірська нафта, офіційно Бовтишське родовище горючих сланців було зарезервоване, а з часом, фактично забуте.

Вартість отримання 1 тонни сланцевої смоли з врахуванням на видобуток та переробку сланців становить 200-250 доларів США, що значно перевищує вартість нафти. Проте, при комплексному використанні всіх продуктів переробки (газу, мінеральної частини) позитивний економічний ефект може бути підвищеним.

4.7 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Як і за якими ознаками класифікують нафту?
2. У чому відмінність між фонтанним і глибинно-насосним способом видобутку нафти? Який із цих способів більш продуктивний і дешевий?
3. У чому полягає відмінність бензину від дизельного палива?
4. Що таке октанове число і цетанове число?
5. Які процеси відбуваються по прямій (фракційній) перегонці нафти?
6. Як облаштована ректифікаційна колона?
7. Що таке крекінг нафтопродуктів, у чому відмінність термічного крекінгу від каталітичного?
8. Які основні профілі нафтопереробних заводів?
9. Які основні шляхи підвищення ефективності нафтовиробництва?
10. В чому суть технології видобування природного газу?
11. Перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу.

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

5.1 Загальна характеристика виробництва електроенергії

Всі технологічні процеси є споживачами енергії. Електроенергія – основний вид енергії для сучасного виробництва. Вона визначає продуктивність праці та умови побуту людей. В Україні у 2019 році вироблено 68078 млрд. кВт/год електроенергії. При цьому, 36,5% електроенергії було вироблено тепловими електростанціями, 54,2% атомними, 5,7% гідроелектростанціями.

Достатня кількість електроенергії стимулює розвиток виробництва електросталі, алюмінію та інших кольорових металів, мінеральних добрив, в яких частка енергетичних витрат у собівартості готової продукції значно більша порівняно з традиційними галузями промисловості. Для комунальних потреб використовується до 1000 кВт/год на одного міського жителя. Для сільських жителів цей показник ще нижчий і становить 500 кВт/год. Розміщення електростанцій визначається наявними паливними ресурсами та розміщенням споживачів електроенергії.

Електростанції за використанням джерела енергії поділяються на 4 види (рис. 5.1):

- теплові електростанції, що працюють на твердому, рідкому і газоподібному паливі (ТЕС);
- гідралічні, що використовують відповідно гідроресурси (ГЕС);
- атомні, які використовують як паливо збагачений уран, або інші радіоактивні елементи;
- електростанції, що використовують нетрадиційні джерела енергії (вітрові, сонячні, геотермальні, приливні та відливні).



Рисунок 5.1 – Класифікація електроенергетики

5.2 Теплові електростанції

Робота теплових електростанцій базується на використанні теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива. У якості палива на теплових електростанціях використовують низькосортне кам'яне вугілля, мазут, природний газ. Утворене тепло нагріває воду та перетворює її в пару, яка подається під тиском до газових турбін. Електричний струм виробляється генератором, ротор якого обертається паровою турбіною.

Основу теплоенергетики складають ДРЕС (державні районні електростанції) (рис. 5.2) потужністю до 3,6 млн. кВт. Такі станції виробляють електроенергію, якою забезпечують великий регіон країни. ДРЕС розміщують переважно у районах видобутку палива, оскільки перевозити паливо у декілька разів дорожче, ніж передавати електроенергію. Великі теплові електростанції побудовані на Донбасі, у Придніпров'ї, у західних областях, а також поблизу Харкова, Києва, Вінниці.



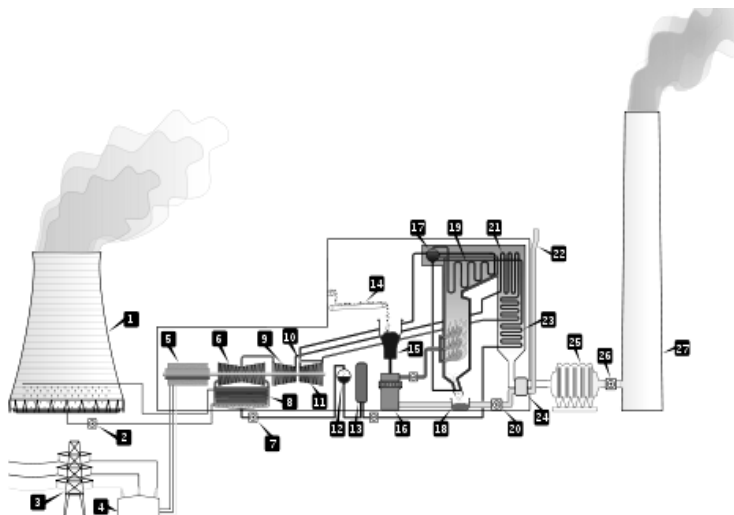
Рисунок 5.2 – Сучасна ДРЕС

ДРЕС є складним енергетичним комплексом, до складу якого входять:

- котельна установка;
- паротурбінна установка;
- паливне господарство;
- система золо- і шлаковидалення, очистки димових газів;
- електрична частина;
- система хімічного очищення і підготовки води.

На рис. 5.3 наведена схема вугільної теплової електростанції. Попередньо вугілля розмелюють до пиловидного стану, що забезпечує його ефективне спалювання та полегшене видалення золи. Паливо у пиловидному стані вдувають у топку парогенератора, де воно згорає у факелі. За годину спалюють до 100 т вугілля. У котел насосом під великим тиском підводиться живляча вода, яка протікає по трубній системі, розміщеній всередині котла. В

трубній системі парогенератора утворюється водяний перегрітий пар з температурою 560 °С під тиском 13-24 МПа, який обертає турбіну. ККД теплової електростанції складає 35-40%. Відпрацьований пар поступає в конденсатор, де він охолоджується, конденсується і створює розрідження в турбіні, а вода повторно надходить у котел.



- 1 – градирня; 2 – циркуляційний насос; 3 – лінія електропередачі;
 4 – підвищуючий трансформатор; 5 – турбогенератор; 6 – циліндр низького тиску парової турбіни; 7 – конденсатний насос; 8 – конденсатор; 9 – циліндр середнього тиску парової турбіни; 10 – стопорний клапан; 11 – циліндр високого тиску парової турбіни; 12 – деаератор; 13 – регенеративний підігрівач; 14 – транспортер подачі палива; 15 – бункер з вугіллям; 16 – вугільний млин; 17 – барабан котла; 18 – система шлаковидалення; 19 – пароперегрівач; 20 – дуттьовий вентилятор; 21 – проміжний пароперегрівач; 22 – забірник повітря; 23 – економайзер; 24 – регенеративний перегрівач повітря; 25 – фільтр; 26 – димосос; 27 – димова труба

Рисунок 5.3 – Схема вугільної теплової електростанції

Для охолодження великих об'ємів води на електростанціях застосовують градирні. Вода в градирні збігає каплями, назустріч яким піднімаються потоки повітря. Процес охолодження в градирнях проходить шляхом випаровування частини води. В градирнях випаровування 1 % води забезпечує зниження температури води на 6°С.

ДРЕС сильно порушують екологію за рахунок виділення в атмосферу великої кількості продуктів згоряння та спалювання кисню.

Значна кількість електроенергії виробляється на теплоелектроцентралях (ТЕЦ), на яких тепло пару, що відводиться від турбін, використовується для опалення підприємств та житлових будинків. Турбіни ТЕЦ включають переважно у піковому режимі. ТЕЦ будують на відстані не більшій 10-15 км від споживачів. Їх ККД сягає 70%. Перевага ДРЕС перед ТЕЦ у тому, що це електростанції надзвичайно великої потужності, де завдяки концентрації виробництва досягаються низькі експлуатаційні витрати, а в кінцевому результаті нижча вартість отриманої електроенергії.

Проблеми роботи теплових електростанцій пов'язані з тим, що вони є великими забруднювачами атмосфери. Викиди, які утворюються при їх роботі, становлять близько 30% всіх твердих часток, що надходять в атмосферу внаслідок господарської діяльності людини. При спалюванні низькосортного вугілля з домішками сірки утворюється сірчистий газ, який, зєднуючись з водяним паром у повітрі, спричиняє кислотні дощі. В цілому, загальний технічний стан теплоенергетики України незадовільний – впродовж десятиліть не проводилася модернізація теплоенергетичного господарства, понад 70 % обладнання виробило свій ресурс.

5.3 Атомні електростанції

В Україні експлуатується 4 АЕС (Запорізька, Рівненська (рис. 5.4), Південноукраїнська, Хмельницька). У ядерному реакторі проходить керована ядерна реакція.



Рисунок 5.4 – Загальний вид Рівненської АЕС

Для виробництва пару, який обертає турбіну використовують тепло, що виділяється при ланцюговій реакції поділу ядер урану. На атомній електростанції з двоконтурним водо-водяним енергетичним реактором тепло з активної зони реактора відводиться водою першого контуру, яка

знаходиться під тиском 160 атм. Вода першого контуру, яка має високу радіоактивність, віддає у теплообмінному парогенераторі тепло воді другого контуру. У другому контурі утворюється пар під тиском 60 атм, який обертає парову турбину (рис. 5.5).

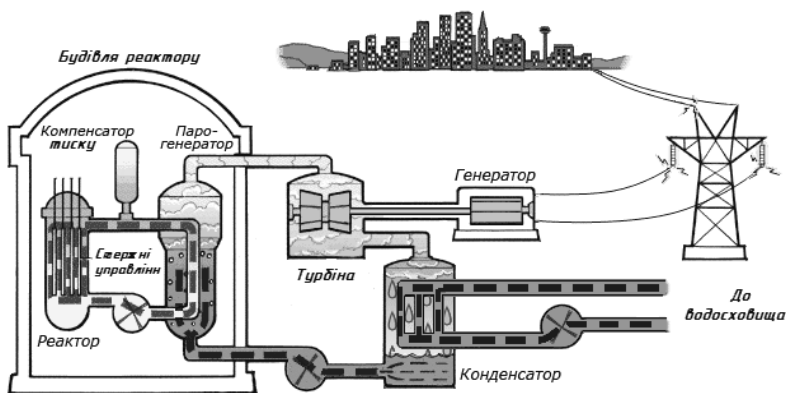


Рисунок 5.5 – Схема роботи атомної електростанції

Паливом для АЕС є уран, збагачений до 2-4% ізотопом U^{235} (у природному урані його вміст складає 0,7%).

Цикл виробництва уранового палива включає наступні етапи:

- добування уранової руди;
- виробництво з руди природного урану;
- збагачення урану ізотопом U^{235} ;
- виготовлення тепловиділяючих елементів (ТВЕЛ) – трубок з легуваної сталі чи цирконію, які заповнені урановим паливом.

Україна має великі запаси уранових руд, проте не виробляє ТВЕЛ. Важливо створити підприємства, які вироблятимуть з уранових руд готове паливо для АЕС.

На сьогодні у світі діє 436 ядерний реактор у 32 країнах світу. Світовими лідерами у виробництві ядерної електроенергії (станом на 2012 рік) є: США (769 млрд кВт·год), Франція (405 млрд кВт·год), Росія (166 млрд кВт·год), Китай (98 млрд кВт·год).

Розповсюдження АЕС пов'язане з:

- недостатком органічного палива;
- ядерне паливо має високу енергемісткість порівняно з іншими енергоресурсами, витрати на транспортування ядерного палива, на відміну від традиційного, є незначними;
- наявність значних запасів уранових руд. Для виробництва 1 млн. кВт електроенергії необхідно 3 кг збагаченого урану;
- при правильній експлуатації екологічна чистота АЕС значно вища порівняно з ТЕЦ. Значно більший питомий (на одиницю виробленої

електроенергії) викид радіоактивних речовин дає вугільна станція, оскільки у вугіллі завжди містяться природні радіоактивні речовини.

Головний недолік АЕС – важкі наслідки аварій, для попередження виникнення яких, АЕС обладнуються складними системами безпеки.

Складними є питання захоронення і утилізації відходів АЕС. Вони зберігають підвищений рівень радіоактивного випромінювання впродовж сотень років, а тому потребують спеціальних сховищ, які поглинають радіацію. Найкращі умови для їх захоронення існують у відпрацьованих соляних шахтах, де підтримується стала температура та добра вентиляція. Проблема зберігання відходів ядерного палива є актуальною для України. Затрати на вивезення та захоронення Україною відпрацьованого палива становлять понад 100 млн доларів щороку.

5.4 Гідроелектростанції

Гідроенергетика посідає відносно незначне місце в електроенергетиці України – близько 9 % потужностей і 5,7 % виробництва енергії.

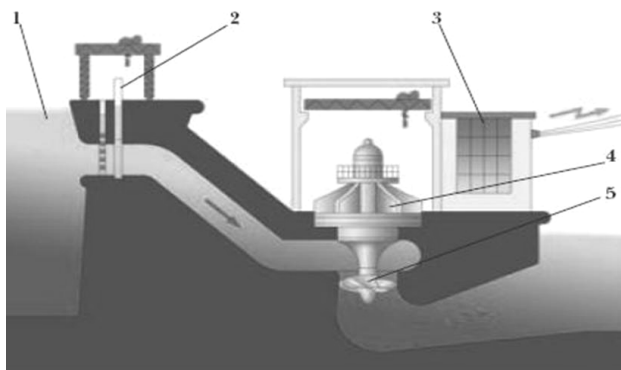
Вода за допомогою побудованої греблі накопичується у водосховищі. Через регулюючі затвори вода подається до гідравлічної турбіни, яка обертає вал генератора. ГЕС працюють переважно у піковому режимі. Оскільки пікова електроенергія коштує дорожче у 3...5 раз, ніж базова. Основу гідроенергетики України складає каскад 6 ГЕС на Дніпрі: Дніпрогес (рис. 5.6), Каховська, Дніпродзержинська, Кременчуцька, Київська, Канівська. Вони виробляють дешеву електроенергію, для їх обслуговування не потрібно багато персоналу.



Рисунок 5.6 – Загальний вид Дніпрогес

Потужність ГЕС визначається напором і витратами води. Найкращі умови для будівництва ГЕС мають гірські річки та річки з високими берегами. Таких умов на рівнинних річках України немає. Перепад рівнів води біля Києва та у Чорному морі складає 110 м. Тому біля всіх гідроелектростанцій виникли штучні моря. Це знижує економічну й екологічну доцільність ГЕС Дніпровського каскаду. Водоймища затопили значні площі родючих земель, погіршилася якість води, підвищився рівень

грунтових вод. З усього каскаду тільки Дніпрогес має найменше водосховище, яке затопило пороги, зробивши ріку судноплавною. Схему роботи гідроелектростанції наведено на рис. 5.7.



1 – водосховище; 2 – затвор; 3 – транспортна підстанція з розподільним пристроєм; 4 – гідрогенератор; 5 – гідравлічна турбіна

Рисунок 5.7 – Схема роботи гідроелектростанції

Лідером по виробництві гідроенергії на душу населення є Ісландія. Цей показник також високий в Норвегії (доля ГЕС в сумарному виробництві — 98 %), Канаді і Швеції.

5.5 Нетрадиційні способи виробництва електроенергії

Крім непоновлюваних джерел енергії (корисних копалин) існують також поновлювані ресурси, які мають у цей час ще порівняно невелике застосування. Це енергія вітру, морських припливів, термальна і геотермальна енергія.

Вітер, як носій кінетичної енергії, використовується людиною вже багато століть (вітрильний флот, вітряні млини). Потреби електроенергії Одеської та Херсонської областей можна задовольнити, використавши постійні потужні вітри на узбережжі Чорного моря.

Основні проблеми:

- вітрові агрегати дуже дорогі;
- їх треба споруджувати на відстані від промислових та житлових об'єктів, рекреаційних та заповідних зон тощо.

Вітрові електростанції виробляють електроенергію за рахунок енергії вітру. Також створені й застосовуються вітродвигуни для сільськогосподарських робіт, підйому та перекачування води.

Геотермальна енергія – це запаси теплоти, наявної в глибинах землі. Особливий практичний інтерес представляють гарячі джерела води й пари

(гейзери). Вони використовуються, як для опалення, проведення високотемпературних процесів, так і для виробництва електроенергії. Енергія рік широко використовується у виробництві електроенергії в країнах, багатих гідроресурсами. Наприклад, у Норвегії гідроелектроенергія становить 99,7% в енергетичному балансі, а у Франції й Італії вона відповідно дорівнює 50 і 58%.

Енергія морських припливів є різновидом гідроенергії водного потоку. Морські припливи мають величезну енергію, що залежить від висоти приливної хвилі, яка може сягати понад 10 м. Світовий технічний потенціал морських припливів становить близько 500 млн. т умовного палива в рік. Зроблено перші кроки на шляху до практичного використання цього джерела енергії.

5.6 Передача електроенергії

Для зменшення втрат електроенергію передають через лінії електропередач під напругою 400-750 кВ. На підстанціях перед передачею споживачам напругу знижують поступово до 35 кВ, 6 кВ, 380 В, 220 В.

Для споживання електроенергії характерні не тільки сезонні, а й добові коливання. Для ритмічного забезпечення споживачів електроенергією електростанції об'єднують в енергосистеми. Енергосистеми дають змогу маневрувати у виробництві електроенергії, як у часі, так і в просторі. Енергосистеми роблять можливим в разі потреби перекидати електроенергію із заходу на схід і з півночі на південь континентів. Державна об'єднана енергосистема України пов'язана з енергосистемами сусідніх з Україною держав.

5.7 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань.

1. Що таке енергетика, енергоенергетика та її роль в народному господарстві?
2. Загальна характеристика виробництва електроенергії.
3. Які основні види електростанцій Ви знаєте?
4. Основні складові частини теплової електростанції?
5. В чому суть технології виробництва електроенергії ТЕС?
6. В чому суть технології виробництва електроенергії ГЕС?
7. В чому суть технології виробництва електроенергії АЕС?
8. Які Ви знаєте нетрадиційні способи виробництва електроенергії?
9. Які перспективи розвитку сучасної електроенергетики?
10. Які основні фактори визначають прибутковість електроенергетичних підприємств?

РОЗДІЛ 6 МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ

6.1 Металургія – як галузь технологій. Загальні поняття та особливості металургійного комплексу

Серед сучасних конструкційних металів провідне місце займають чорні та кольорові метали. Чорні метали – це метали на основі заліза, марганцю, хрому. Найбільша доля виробництва припадає на сплави заліза – чавуни та сталі. Усі інші метали і сплави відносять до групи кольорових.

Металургія – це галузь промисловості, яка пов'язана з одержанням металів з руд. Металургійні процеси базуються на використанні законів фізичної хімії, фізики, теплотехніки, електротехніки, електроніки, кібернетики тощо.

Пірометалургійний (від грецького «піро» – вогонь і металургія) **спосіб** виробництва металів і сплавів ґрунтується на використанні теплової енергії, яка виділяється у процесі згоряння палива або протікання хімічних реакцій у сировині. Наприклад, під час згоряння палива у доменній печі виділяється теплова енергія і утворюється СО. Теплову енергію використовують для розігрівання і розплавлення сировини, а СО – для відновлення металів з їх сполук (оксидів). Пірометалургійним способом отримують чавуни у доменних печах, сталі у мартенівських печах тощо.

У процесі **електрометалургійного способу** метали та сплави отримують у дугових, індукційних та інших типах електричних печей або електролізом з розплавів і водяних розчинів хімічних сполук (наприклад, добування алюмінію з глинозему Al_2O_3). В електричних печах досягається нагрівання сировини до вищих температур, ніж у пірометалургійних процесах, відбувається прискорене плавлення сировини.

Гідрометалургійний спосіб включає різні способи вилучення металів із руд, концентратів та відходів різних виробництв за допомогою розчинів (найчастіше водних) хімічних реагентів з подальшим виділенням металів або їхніх сполук з цих розчинів. З утворених розчинів при подальших операціях електролізом отримують метали. Вилучення може здійснюватись, як на поверхні землі, так і в надрах землі шляхом закачування розчинників у свердловини. Цей спосіб використовують у виробництві і рафінуванні кольорових металів: міді, цинку, нікелю, кобальту, хрому, срібла, золота, урану тощо.

Хіміко-металургійний спосіб об'єднує хімічні та пірометалургійні процеси. Прикладом такого способу є виробництво титану, коли з титанової руди отримують чотирехлористий титан (TiCl_4), який відновлюють за допомогою магнію (Mg) з подальшою плавкою в електродугових печах.

Суть плазмової металургії полягає в тому, що за температури понад 10000°C оксиди металу переходять у стан плазмового газу з певним ступенем іонізації. Оскільки енергія іонізації атомів металів менша від енергії іонізації

атомів кисню, то в такій плазмі атоми металу іонізуються, а атоми кисню залишаються нейтральними. З отриманої суміші за допомогою магнітного поля вилучають іони металу. У плазмових печах отримують вольфрам, молібден, синтезують карбіди титану тощо. Цей спосіб використовують для отримання чистих металів і сплавів.

Порошкова металургія поєднує процеси виготовлення порошків металів і неметалевих сполук, яким пресуванням надають задані форми і розміри виробів, з подальшим спіканням.

Металургійний комплекс – сукупність галузей добувної і обробної промисловості, підприємства якої видобувають руди чорних і кольорових металів, виробляють чавун, сталь, прокат, труби, феросплави, кольорові метали, кокс, вогнетривкі вироби, нерудну сировину для металургії.

У нинішніх економічних умовах найбільшого промислового застосування набули сплави заліза. До них належать: чавун, сталь і феросплави (сплави заліза з підвищеним вмістом інших елементів). Їх ще називають чорними металами. Вони є головними конструкційними матеріалами в машинобудуванні.

Метали в рудах перебувають переважно в хімічно зв'язаному стані. Їх відновлюють і рафінують здебільшого при високих температурах у металургійних агрегатах. Продукцією металургійної промисловості є напівфабрикати, заготовки або готові вироби.

6.2 Технологія виробництва чорних металів

Технологічна схема чорної металургії включає в себе наступні виробництва:

а) **доменне виробництво** – перша ланка технологічного циклу металургійного заводу, його мета – переробка залізної руди в чавун;

б) **сталеплавильне виробництво** – переробка чавуну та скрапу (металобрухт) у сталь;

в) **прокатне виробництво** – переробка сталейних злитків в прокат (лист, круг, труби, рейки).

Чавун – це сплав заліза з вуглецем, кількість якого знаходиться в межах від 2,14 до 6,67%. Чавун отримують в плавильних агрегатах – доменних печах. Вироблений чавун використовують як сировину для виробництва сталі або у вигляді чушок (злитків) для виготовлення методами ливарного виробництва чавунних заготовок.

Чавун виплавляють із залізних руд пірометалургійним способом у доменних печах з використанням для цього коксу і флюсів.

До основних залізних руд належать гематит Fe_2O_3 (містить 50–66 % заліза), магнітний залізняк Fe_3O_4 (містить 50...70 % заліза), бурий залізняк $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (містить 30...50 % заліза), шпатовий залізняк FeCO_3 (містить 30...40 % заліза). Марганцеві руди містять у своєму складі MnO_3 , MnO_2 , Mn_2O_3 . З метою підвищення продуктивності у доменному процесі

використовують такі напівфабрикати, як офлюсований агломерат і офлюсовані сировинні матеріали для виплавлення чорних металів.

Чавун одержують у доменних печах відновленням заліза з руди. В процесі доменної плавки відновлене залізо насичується вуглецем і перетворюється у чавун. Сировинний матеріал для отримання чавуну носить назву шихта, до складу якої входять залізна руда, паливо, флюси. Рудою *називають гірські породи*, які містять у собі метали в кількості, що забезпечує їх економічно доцільну переробку.

Залізна руда складається з рудної речовини і порожньої породи. Рудною речовиною переважно є окисли заліза. Порожня порода складається з кварциту SiO_2 , піщанику, глинозему Al_2O_3 з домішками сірки, фосфору, миш'яку тощо.

Переробка у доменних печах бідних руд є нерентабельною, тому однією з операцій їх підготовки перед плавкою є збагачення. Перед використанням залізну руду підготовлюють за наступною технологією:

- дроблення до крупності 25...80 мм;

- збагачення – технологічний процес підвищення концентрації в руді корисного елемента, шляхом видалення з її складу пустої породи. Всі способи збагачення залізних руд засновані на наявності відмінності фізичних властивостей рудної частини і пустої породи: за зовнішнім виглядом, щільністю, змочуваністю, магнітною сприйнятливістю тощо;

- окускування – перетворення дрібних частинок рудних концентратів в крупніші куски.

Агломерація – це термічний спосіб окускування дрібних матеріалів, що здійснюється шляхом спільного спалювання суміші дрібного палива, флюсу та рудного матеріалу.

Поширеним способом окускування є отримання обкотишів (кульок діаметром 15...20 мм) відпалюванням змішаних з добавками глини тонкоподрібнених руд (<0,1 мм).

Паливо у доменному виробництві виконує наступні функції:

- а) забезпечує проведення металургійних процесів у доменній печі при підвищених температурах;

- б) виконує роль відновника заліза з оксидів руди.

Паливо для виробництва чавуну повинно мати високу теплотворну здатність, міцність, пористість, невелику зольність і мінімальний вміст сірки. Цим вимогам відповідає кокс. **Кокс** – це продукт сухої перегонки кам'яного вугілля при температурі 1000...1150°C без доступу повітря. У собівартості виробництва чавуну затрати на кокс складають до 50%.

Пуста порода і зола коксу складаються, в основному, з кремнезему (SiO_2) і глинозему (Al_2O_3), які мають високу температуру плавлення. Для зниження температури плавлення пустої породи і золи в доменну піч вводять флюси – мінеральні речовини, які сплавляються з порожньою породою руди і

золою, утворюючи шлак. Роль флюсу при отриманні чавуну переважно виконує вапняк.

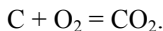
Виплавка чавуну здійснюється в доменній печі (рис. 6.1), що представляє шахтну піч безперервної дії. Доменна піч являє собою металургійний агрегат із зовнішнім кожухом з листової сталі, в якому зсередини знаходиться шар футеровки з вогнетривкового матеріалу. Висота доменних печей досягає 30 м, а внутрішній діаметр у найширшій частині – до 13 м.



Рисунок 6.1 – Сучасна доменна піч

Шихту завантажують через верхню частину доменної печі (колошник). Спочатку засипають шар коксу, потім шар суміші руди з коксом і флюсами, потім знову шар коксу. По ходу плавки завантажена шихта опускається вниз. Навзустріч шихті знизу підіймаються розжарені гази.

Гаряче повітря, що вдувається в піч крізь фурми, спричиняє горіння коксу за реакцією.

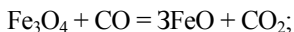


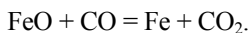
Температура біля фурм зростає до 1700...1800 °С. При цій температурі за наявності надлишку вуглецю вуглекислий газ CO_2 нестійкий і переходить в чадний газ



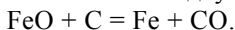
Відновниками заліза служать оксид вуглецю CO і вуглець коксу. Відновлення твердим вуглецем називається прямим, а газами – непрямым.

Реакції непрямого відновлення починаються при температурі 570 °С і закінчуються при 950 °С:



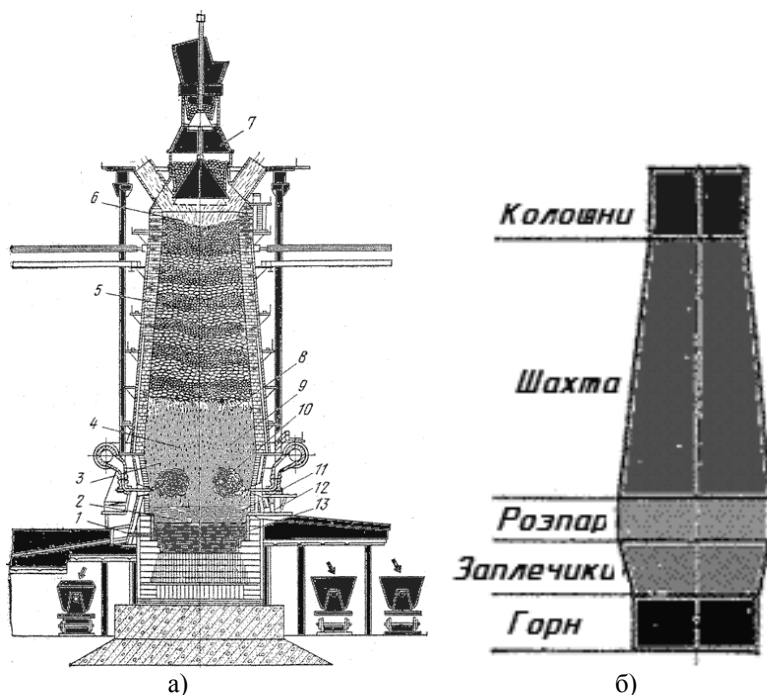


Реакція прямого відновлення заліза відбувається при 950...1000 °С:



Залізо, що утворилося при відновленні руди, знаходиться в твердому стані у вигляді губчатої маси. Внаслідок науглецювання при контакті з розжареним коксом температура плавлення заліза знижується, воно швидко переходить у рідкий стан і краплями стікає в гори доменної печі. При переміщенні капель металу відбувається додаткове насичення заліза вуглецем і вміст його в металі збільшується. Таким чином, в доменній печі неможливо одержати залізо без розчиненого в ньому вуглецю, а продуктом доменної плавки завжди буде чавун.

Доменна піч складається зі сталевого кожуха, футерованого всередині вогнетривкою цеглою (рис. 6.2).



- а) 1 – чавунна лютка; 2 – гори; 3 – запличики; 4 – розпар; 5 – шахта;
 б) 6 – колошник; 7 – засипний апарат; 8 – горизонт утворення чавуну;
 9 – горизонт утворення шлаку; 10 – зона горіння коксу; 11 – шар шлаку;
 12 – шлакова лютка; 13 – розплавлений чавун

Рисунок 6.2 – Розріз (а) і профіль робочого простору доменної печі (б)

Внутрішній обрис робочого простору печі являє собою поєднання циліндрів і зрізаних конусів. Верхня циліндрична частина – колошник, який містить пристрій для завантаження шихтових матеріалів. Нижче колошника розміщується найбільша конусна частина – шахта, в якій розміщується основна маса шихтових матеріалів. Нижче шахти розміщується найбільш широка частина доменної печі – розпар, ще нижче розташовані заплечики і горн. Такий профіль печі забезпечує поступове опускання шихти униз і її ефективний контакт з пічними газами, яке забезпечує горіння палива. Горіння коксу підтримується вдунням у нижню частину домни (горн) попередньо нагрітого до 800...1000°C повітря. У верхній частині горну розташовані фурми, через які у піч вдувається повітря до 0,3 МПа. Витрата повітря на виплавку 1 т чавуну в сучасних доменних печах становить до 3000, а на великих печах – до 7000 м³/хв. Для інтенсифікації процесу виплавки та більш економічної витрати палива повітря нагрівають до 1000-1200°C у повітронагрівачах регенеративного типу. У зоні горіння коксу досягається найвища температура (понад 1500 °C).

На рівні поду (дна) горну є льотки для випуску чавуну, а вище розміщуються льотки для випуску шлаку. Плавка чавуну триває 4-8 годин. Рідкий чавун періодично випускають з горна через чавунну льотку, а шлак через шлакову льотку.

Операції з підготовки шихти, завантаженні її в домну, випуску чавуну і шлаку механізовані. Для безперебійної роботи довкола печі на подвір'ї розташовані обслуговуючі служби: рудний двір, підйомні та завантажувальні механізми, ливарні двори, нагрівачі повітря (каупери), вітродувні машини, машини (гармати) для закриття та відкорковування льоток, а також різноманітні прилади та пристрої для контролю роботи й управління процесами плавки. Доменна піч у період між капітальними ремонтами працює безперервно до 10 років.

6.3 Продукти доменного виробництва

Головними продуктами доменного виробництва є чавун і феросплави, побічними – шлак і колошниковий газ. Залежно від хімічного складу, будови та призначення виплавлені в доменній печі чавуни поділяють на переробні, ливарні та спеціальні. Добова продуктивність доменної печі, в залежності від її корисного об'єму, може становити від 2000 т до 10000 т чавуну на добу.

Переробний чавун – призначений для переробки на сталь. Його поставляють на переробку у сталеплавильні цехи переважно у рідкому стані.

Ливарний чавун розливають на злитки (чушки) вагою 10...20 кг. Чушки з ливарного чавуна призначені для повторного переплаву на машинобудівних заводах, де в ливарних цехах їх розплавляють, і рідким металом заливають у ливарні форми і отримують виливки, що служать заготовками при виготовленні деталей машин.

Феросплави – це сплави заліза із значним вмістом кремнію, марганцю й інших елементів, які необхідні для коригування складу металевих виробів. Їх застосовують для розкислення та легування сталі. До них належать: феросиліцій (9...13 % Si), феромарганець (70...75 % Mn), дзеркальний чавун (10...25 % Mn) тощо. Назва феросплавів визначається їх головними компонентами – феросиліцій (Fe-Si), феромарганець (Fe-Mn), ферохром (Fe-Cr). Найпоширенішим доменним феросплавом є феромарганець. Виплавлення феросплавів у доменній печі вимагає підвищених витрат коксу.

Головну масу серед продуктів доменного виробництва становлять переробні чавуни 85...90 %. На частку ливарних чавунів випадає 5...10 % і феросплавів – 1...2 %.

Доменний газ. У доменному процесі при виплавці 1 т чавуну утворюється близько 3 000 м³ доменного газу. Він містить у собі пил, CO, H₂, N, CO₂ і має високу теплотворну здатність. Після очищення від пилу доменний газ частково використовується у доменному процесі, попередньо пройшовши через повітрянагрівачі регенеративного типу, а також у якості палива для нагрівання коксових батарей та при виготовленні агломерату.

Шлак. Шлак, який утворюється в кількості до 0,6 т на 1 т виплавленого чавуну, з доменної печі жолобом стікає в ківш. Рідкий шлак гранулюють струменем повітря над водяним басейном. Гранульований доменний шлак є цінним будівельним матеріалом. Доменний шлак може використовуватися у якості сировини для одержання шлакопортландцементу, шлаковати, шлакоблоків, наповнювачем у асфальтобетонних покриттях.

6.4 Техніко-економічні показники доменного виробництва

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

- **продуктивність доменної печі** – кількість виплавленого чавуну за певний період часу. Середня продуктивність доменних печей в Україні становить 2500...3000 т/добу. Підвищення продуктивності досягається при використанні високоякісної сировини, застосуванні кисневого дуття, створенні підвищеного тиску в колошниковій зоні, за рахунок підвищення рівня механізації та автоматизації роботи доменної печі;

- **коефіцієнт використання корисного об'єму доменної печі**, що визначається відношенням корисного об'єму печі до середньої виплавки чавуну за добу:

$$K_{\text{ВКО}} = V/P, \quad (6.1)$$

де V – корисний об'єм печі; P – продуктивність печі за добу.

Середнє значення цього коефіцієнта для доменних печей в Україні 0,5...0,8. Корисний об'єм є основною характеристикою доменної печі V (1300...5 000 м³).

– **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.

Основний продукт доменного виробництва – чавун (до 3000 т за добу). Для виплавлення 1 тонни чавуну витрачається 1,2-1,5 т коксу, 1,5 т залізної руди, понад 0,5 т вапняків і 30 м³ води.

Структура собівартості чавуну у відсотковому значенні складається приблизно з таких затрат, як сировина – 42,0; технологічне паливо – 50,0; заробітна плата – 1,5; амортизація – 1,5 та інші витрати – 5,0.

6.5 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань:

1. Що таке чорна і кольорова металургія?
2. Загальні відомості про пірометалургію і гідрометалургію.
3. Охарактеризувати структуру металургійного комбінату чорної металургії.
4. У чому полягає підготовка руд до плавки? Назвіть основні способи підготовки руд.
5. У чому полягає сутність доменного процесу?
6. Які руди та паливо використовуються у доменному виробництві?
7. Яка роль флюсів у доменному виробництві?
8. Які фізико-хімічні процеси відбуваються у доменній печі?
9. Вихідні продукти доменного виробництва. Надати характеристику.
10. Сировинні матеріали для виплавки чорних металів.
11. Технологія виробництва чавуну. Будова, принцип роботи доменної печі.
12. Продукція доменного виробництва.

РОЗДІЛ 7 СПОСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛІ

7.1 Технологія виробництва сталі

Сталь, на відміну від чавуну, є значно поширенішим конструкційним матеріалом, що пов'язано з високим рівнем її механічних та службових властивостей. Сталь, у порівнянні з чавуном, містить менше вуглецю та шкідливих домішок сірки і фосфору. Процес переробки чавуну в сталь полягає у зменшенні в ньому вмісту вуглецю, кремнію, марганцю і фосфору шляхом окиснення і переведення їх у шлак або газу. Видалення надлишку вуглецю досягається за рахунок протікання реакції окислення.

Вихідними матеріалами для виплавки сталі є рідкий переробний чавун, сталений брукхт (скрап) та феросплави. У якості флюсу використовують вапняк, роль окислювача вуглецю виконують добавки залізної руди.

Чорна металургія України використовує три основні способи отримання сталі: конверторний, мартенівський і електропічний спосіб. В конвертерах нагрів відбувається за рахунок тепла, що виділяється при окисненні заліза, вуглецю і інших домішок, в мартенівських печах – за рахунок тепла горіння рідкого (мазут) або газоподібного (природний газ) палива, в електродугових печах – за рахунок підведення електроенергії. Україна за обсягами виробництва сталі досягла високого рівня, але вона відстає від сучасних технологій витоплювання сталі. Занедбана металургійна промисловість України потребує докорінної реконструкції та чималих капіталовкладень.

Процес виробництва сталі в кисневих конвертерах полягає в продуванні рідкого чавуну технічно чистим киснем під тиском 1,6...1,8 МПа. Частина домішок перетворюється на шлак, а решта у пиловидному стані разом з газами видаляються з печі. Реакції окислення протікають інтенсивно з виділенням великої кількості теплоти. У результаті окислення домішок чавуну киснем температура розплавленого металу підвищується до 2000°C, тому процес не потребує додаткового палива і дає можливість переробляти до 30% металевого брукхту.

Кисневий конвертер (рис. 7.1) має корпус 1 грушовидної форми із сталюого листа, який футеровано зсередини вогнетривкою цеглою 2. Конвертери виготовляють об'ємом, розрахованим на переробку 100...350 т рідкого чавуну.

Конвертор спирається на дві цапфи, які підтримують його і дозволяють повертати навколо горизонтальної осі. В робочому стані конвертер займає вертикальне положення.

Подача кисню здійснюється по фурмі, що охолоджується водою. Кисень подається у конвертор під тиском 1...1,5 МПа за допомогою охолоджуваної водою фурми 3, яка вводиться крізь горловину 4 і розміщується над рівнем рідкого металу на відстані 0,7...3 м. Загальна витрата технічного кисню на виплавку 1 т сталі становить 50...60 м³.

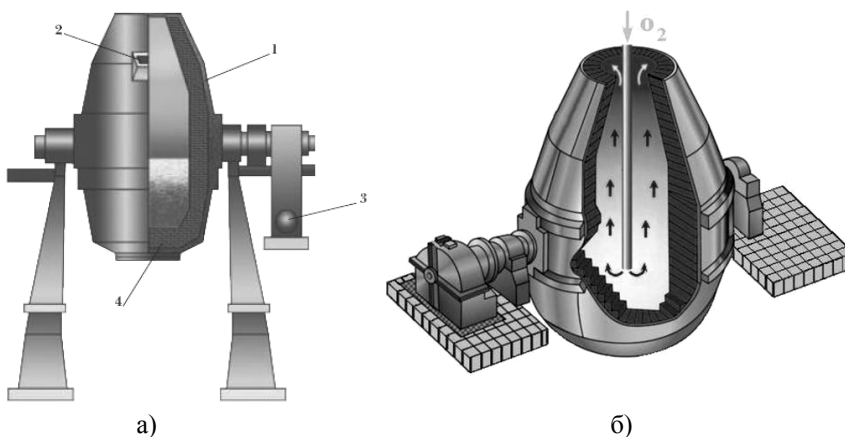
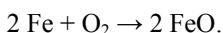


Рисунок 7.1 – Схема будови кисневого конвертера (а) та схема його роботи (б)

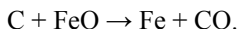
Сировиною для конверторної плавки є рідкий чавун і металобрухт, вапно та феросплави.

Цикл плавки у кисневих конвертерах починають із завантаження металевого брухту у конвертер. Конвертор нахилиють і через горловину завантажують металобрухт, заливають рідкий чавун при температурі 1300...1400 °С. Водночас у конвертер засипають залізну руду та флюси. Потім конвертор повертають в вертикальне положення і продувають через фурми киснем протягом 12...22 хв.

Кисневий струмінь при попаданні в рідкий чавун насамперед окиснює залізо з утворенням його закису:



Закис заліза частково переходить у шлак, а частково розчиняється в рідкому металі, що сприяє окисненню інших складових чавуну: одні з них згорають і утворюють шлак, інші – видаляються у вигляді газів. Вигорання вуглецю починається з перших хвилин продувки:



Водночас з ним окиснюються марганець і кремній. У кисневому конвертері завдяки присутності шлаків з великим вмістом CaO та FeO при перемішуванні металу і шлаку на початку продувки розплаву киснем, коли його температура ще невисока, виникають умови для видалення з чавуну фосфору. Видалення сірки з металу відбувається на протязі всієї плавки. Подачу кисню завершують, коли вміст вуглецю в металі знижується до заданого рівня. Після цього конвертер повертають і випускають сталь у ківш (рис. 7.2 г). При випусканні сталі із конвертера її розкислюють (видаляють

розчинений кисень) (рис. 7.3) в ковші осаджувальним методом добавками феромарганцю, феросиліцію і алюмінію.

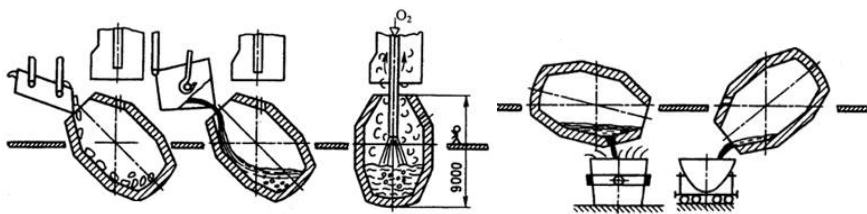


Рисунок 7.2 – Послідовність технологічних операцій при виплавленні сталі у кисневому конвертері

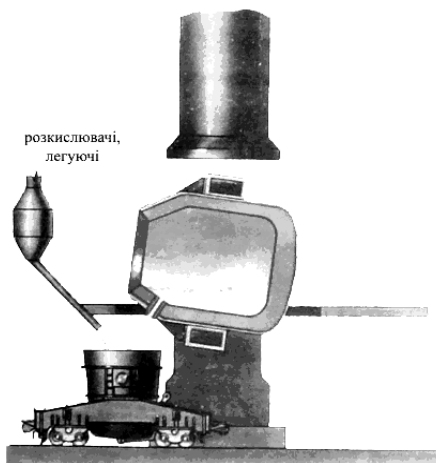


Рисунок 7.3 – Випуск металу та введення розкислювачів

Киснево-конверторний спосіб є найбільш продуктивним. Тривалість плавки у сучасному конвертері складає 30...45 хвилин, у тому числі: завалка брухту та заливка чавуну 5...10 хвилин; продування киснем 12...17 хвилин; відбирання проб, замір температури 4...6 хвилин; зливання металу та шлаку, ремонт футеровки 8...12 хвилин. Продуктивність кисневого конвертера об'ємом 300 т досягає 400...500 т/год.

В Україні частка конвертерної сталі складає 50%. В кисневих конвертерах виплавляють конструкційні сталі звичайної якості з різним вмістом вуглецю, а також низьколеговані (до 2-3% легуючих елементів) сталі. Киснево-конвертерну сталь використовують у суднобудуванні, будівництві мостів, трубопроводів, автомобілебудуванні, для виготовлення рейок тощо.

Переваги киснево-конвертерного виробництва сталі:

- порівняно низькі капіталовкладення на спорудження киснево-конверторних цехів;
- висока продуктивність;
- отримана сталь за якістю не поступається мартенівській;
- є можливість переробляти значну кількість (до 25%) скрапу;
- не потрібне використання палива.

Недоліки:

- значні втрати металу через вигорання заліза при взаємодії зі струменем кисню;
- труднощі, пов'язані з виплавленням сталей, що містять легкоокисидівні елементи;
- процес вимагає використання у якості сировини рідкого чавуну.

7.2 Виробництво сталі в електропечах

Для отримання високоякісних та легованих сортів сталі застосовуються електричні дугові печі ємністю до 250 т (рис. 7.4).

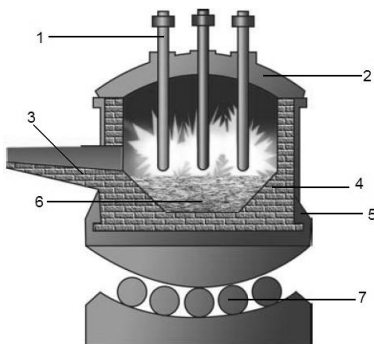


Рисунок 7.4 – Схема електродугової печі: 1– електрод; 2 – склепіння; 3 – жолоб для випуску готового металу; 4 – вогнетривка футеровка; 5 – кожух; 6 – шихта; 7 – механізм нахилу печі

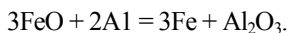
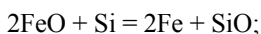
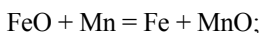
Порівняно з іншими плавильними агрегатами електропечі мають ряд переваг: можливість швидкого нагрівання та підтримання необхідної температури у межах до 2000°C; створення окислювальної, відновлювальної або нейтральної атмосфери та можливість створення вакууму. Джерелом тепла в таких печах є електрична дуга, яка виникає між електродами і шихтою.

Для роботи електродугових печей застосовується 3-и фазний змінний струм. Нагрівання і розплавлення шихти здійснюється за рахунок тепла, від трьох електричних дуг, які утворюються в плавильному просторі печі між вертикально введеними графітовими електродами і металевою шихтою. Дугова піч складається із сталюгого кожуха циліндричної форми; знімного

аркового склепіння з отворами для електродів; механізму для вертикального переміщення електродів; механізму нахилу печі, що дозволяє повертати піч при випуску сталі. Для завантаження печі, електроди піднімають, а склепіння відводять в сторону. Плавка триває близько 2...4 години. Використання електричної енергії дозволяє розплавити шихту практично будь-якого складу, точно регулювати температуру металу і його хімічний склад. Це дає змогу виплавляти в електричних печах сталь та інші сплави з мінімальною кількістю шкідливих домішок, з оптимальним вмістом компонентів, що забезпечує отримання високоякісної продукції з комплексом спеціальних властивостей. Недоліками плавки в електросталеплавильних печах є високі витрати електроенергії (до 800 кВт.год на 1 т. сталі) і, відповідно, вища собівартість електросталі у порівнянні з конвертерною сталлю сильне місцеве перегрівання металу під електродами; складність перемішування і усереднювання хімічного складу металу; значна кількість диму, ультрафіолетового випромінювання і шуму під час роботи велике споживання електричної енергії.

Наявний у металі вуглець і оксид заліза сприяють утворенню CO, внаслідок чого в злитку залишається безліч порожнин, заповнених CO. Сталь з такими порожнинами називають киплячою. Щоб зменшити небезпеку виникнення такого дефекту, у якості заключної операції при сталеварінні проводять розкислення, тобто відновлення FeO за допомогою марганцю, кремнію і алюмінію. Повністю розкислені сталі називають спокійними, а частково розкислені – напівспокійними.

Розкислення здійснюють у ковші під час випуску сталі з сталеплавильної печі в такій послідовності: спочатку феромарганцем, потім феросиліцієм і наприкінці – алюмінієм:



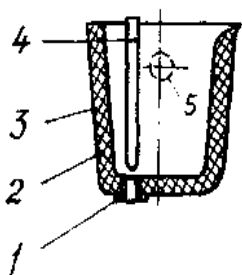
Утворені оксиди марганцю, кремнію й алюмінію впливають на поверхню металу і переходять в шлак.

7.3 Розливання сталей

Рідка сталь випускається з сталеплавильної печі у виконанні з листової сталі футерований вогнетривкою цеглою розливний ківш (рис. 7.5, 7.6). У дні ковша є отвір, який закривається вогнетривкою пробкою (стопором), закріпленим на стрижні. Ківш переносять до місця розливання і сталь виливається через отвір у днищі. Ківш вміщує від 5 до 250 т сталі.



Рисунок 7.5 – Випуск сталі з електродугової печі



1 – випускна вогнетривка втулка; 2 – вогнетривка футеровка;
3 – сталевий кожух; 4 – стопор; 5 – цапфа

Рисунок 7.6 – Стопорний розливний ковш та процес розливання сталі

З ковша сталь розливають у виливниці – товстостінні чавунні форми, в яких відбувається кристалізація сталевого злитка (рис. 7.7). Поперечний перетин виливниці може мати форму квадрата, прямокутника, багатокутника або круга. Маса утвореного злитка може складати від 1 до 12 т. Злитки служать сировиною для прокатного виробництва. З метою полегшення виймання злитку, внутрішню поверхню виливниці роблять конусною.

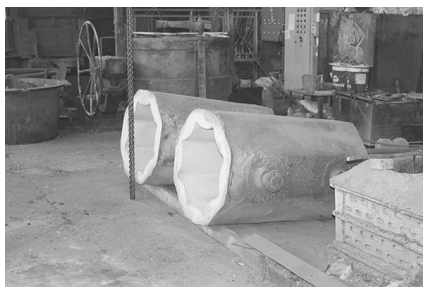
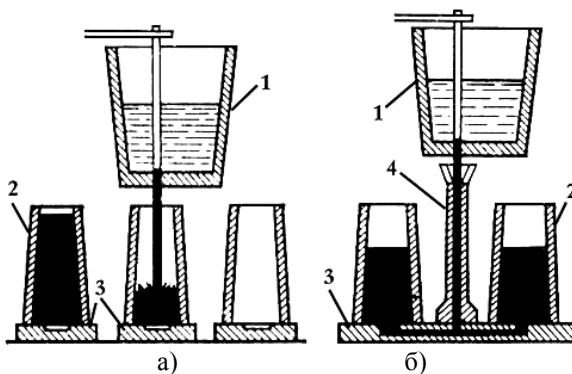


Рисунок 7.7 – Виливниці

Є два способи розливання сталі у виливниці: згори і сифонне знизу (рис. 7.8).



1 – стопорний ковш; 2 – виливниця; 3 – піддон
Рисунок 7.8 – Схеми розливання сталі згори (а);
сифонним способом (б)

Під час розливання згори з ковша рідким металом наповнюють окремо кожен виливницю, що встановлена на чавунній плиті – піддоні. Наповнивши виливницю, отвір ковша закривають стопором. Основними перевагами розливки сталі згори є простота підготовки піддонів і малі втрати металу. Проте в цьому випадку за рахунок розбризкування рідкого металу на стінки отримують неякісну поверхню злитку, а також характерна низька продуктивність розливання (кожен злиток розливається послідовно). Розливання згори застосовують переважно при отриманні відносно великих злитків.

Під час сифонного розливання сталь із ковша потрапляє у чашу центрального вертикального канала і звідти по каналах піддона в усі виливниці одночасно. Кількість виливниць може бути від 2 до 60. Розливання сифоном забезпечує хорошу якість поверхні злитків, його продуктивність значно вища, ніж при розливанні згори. Проте при цьому ускладнюється процес підготовки виливниць до розливання. Втрати металу

на ливникову систему сягають до 2,5 %. Цей спосіб розливання застосовується для злитків невеликої ваги. Сифонним розливанням отримують дрібні й середні злитки. Скорочується час розливання сталі на один злиток порівняно з розливанням згори. Якість поверхні злитка краща через відсутність на його поверхні бризок металу.

На теперішній час широко використовується безперервне розливання сталі (рис. 7.9). Із ковша рідка сталь безперервно надходить у мідний кристалізатор, який інтенсивно охолоджується водою. Перед заливкою металу в кристалізатор вводять металеву плиту, яка замінює дно кристалізатора. Нижня частина плити затиснута між тяговими валками. На ній починає кристалізуватися рідкий метал. У кристалізаторі формується злиток. Затверділий метал безперервно витягується роликами із кристалізатора, охолоджується і розрізається на куски.



1 – ківш; 2 – розподільний пристрій; 3 – кристалізатор;
4 – охолоджувач; 6 – обертаючі ролики; 7 – газовий різак

Рисунок 7.9 – Безперервне розливання сталі

Особливістю безперервного розливання сталі є компенсація її усадки за рахунок постійного живлення рідким металом через незатверділу відкриту поверхню, куди безперервно затікає рідкий метал, що надходить у зону кристалізації.

Переваги методу безперервного розливання сталі:

- внаслідок відсутності усадкової порожнини відходи металу зменшуються до 2...4 % від маси рідкої сталі;
- відпадає потреба у використанні великої кількості виливниць, піддонів та інших пристроїв;
- структура злитка щільна, дрібнозерниста і хімічно однорідна завдяки високій швидкості охолодження;
- поверхня злитка має високу якість;
- покращуються умови праці;
- можливість механізації і автоматизації процесу.

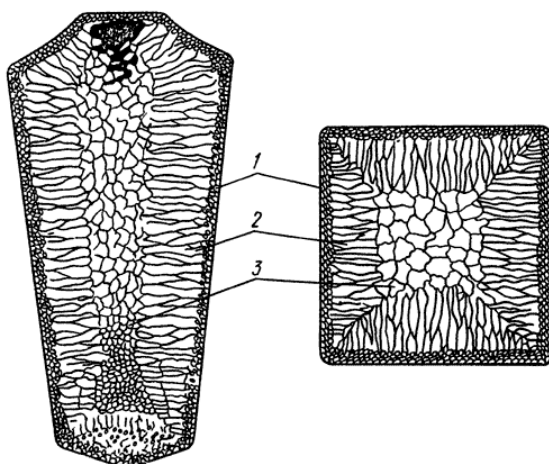
На сьогодні основна частина виробленої у світі сталі розливається на установках безперервного розливання.

Приблизно 90% всієї виплавленої на металургійних комбінатах сталі проходить переробку у прокатних цехах у прокат. У 2019 році на Україні обсяг виробництва основних видів металургійної продукції склав: чавуну – 20,06 млн. т., сталі – 20,85 млн. т. У 2019 р. світове виробництво чавуну досягло 1360 млн. т і 1870 млн. т сталі.

В цілому на сьогодні підприємства чорної металургії України переважно оснащені старим, зношеним обладнанням, існує значна технологічна відсталість у порівнянні з розвиненими країнами. На обладнанні з терміном служби вище нормативного виробляється 50 % усієї металопродукції.

7.4 Будова сталевого злитка

Злиток спокійної сталі є неоднорідним за своїм об'ємом, оскільки залита у виливницю сталь охолоджується нерівномірно (рис. 7.10).



- 1 – зона дрібнозернистої будови; 2 – зона стовпчастих кристалів;
3 – зона великих рівновісних кристалів

Рисунок 7.10 – Будова злитка (схема)

В місцях дотику рідкого металу до холодної поверхні виливниці він переохолоджується, що спричиняє виникнення безліч центрів кристалізації. З цих центрів формується тонка поверхнева зона дрібних рівновісних кристалів. Далі охолодження помітно сповільнюється. Оскільки потік тепла назовні перпендикулярний до стінки виливниці, то створюються умови для

росту стовпчастих кристалів в напрямку, протилежному напрямку відведення тепла.

Формування зони стовпчастих кристалів сповільнює охолодження в центральній частині злитка, де формується зона великих, неорієнтованих кристалів. Після повної кристалізації поверхневого шару злитка і подальшого поступового зменшення об'єму металу, що перебуває всередині, утворюється усадкова порожнина. Дефектами сталевих злитків є усадкова порожнина, ліквіація, газові бульбашки та неметалеві включення.

Газові бульбашки виділяються завдяки зменшенню розчинності газів в металі під час охолодження. При вальцюванні газові бульбашки заварюються. Оскільки при подальшій обробці тиском концентрована усадкова порожнина у спокійної сталі не заварюється, попередньо верхню частину злитка відрізують і потім переплавляють у сталеплавильних печах. З нею у відходи потрапляє 12...20 % металу.

Характерною особливістю злитків із киплячої сталі є відсутність у верхній частині усадкової порожнини, оскільки газові бульбашки CO, що виділяються по об'єму злитка при кристалізації, компенсують усадку.

Ліквіацію називається нерівномірний розподіл хімічних елементів у злитку. Найбільш схильні до ліквіації у центрі злитка сірка, фосфор і вуглець. Ліквіація може істотно впливати на механічні властивості сталі.

До неметалевих включень належать силікати, сульфідів та оксиди металів. Вони утворюються в процесі розкислення, а також потрапляють у метал із футеровок. Неметалеві включення погіршують механічні властивості сталі.

У подальшому гарячі злитки направляють у прокатний цех для виготовлення прокату. Лише 10% злитків охолоджують і направляють на машинобудівні заводи, де з них в ковальських цехах кують заготовки крупногабаритних деталей, або переплавляють для виготовлення сталевих лиття.

7.5 Класифікація сталей та принципи її маркування

Вуглецеві сталі поділяються на низько-, середньо- і високовуглецеві, а леговані – на низько-, середньо- і високолеговані. Вміст вуглецю та легуючих елементів визначає їх властивості. За якістю сталі класифікують, в залежності від вмісту в них шкідливих домішок, на сталі звичайної якості, якісні та високоякісні.

За призначенням вуглецеві сталі розподіляють на конструкційні та інструментальні, а леговані – на конструкційні, інструментальні та спеціальні.

До конструкційних сталей відносяться низько- і середньовуглецеві сталі, до інструментальних – високовуглецеві. Інструментальні сталі використовують для виготовлення різальних і вимірних інструментів, штампів, пресформ та ін.

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

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

- якісні сталі: 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 розкислення, після позначення марки сталі додають літери: кп – кипляча, нс – напівспокійна, сп – спокійна.

Інструментальні вуглецеві сталі містять 0,65–1,35 % вуглецю. Їх маркують наступним чином:

- 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).

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 знаходиться в межах 1–1,5 %.

Деякі сталі спеціального призначення мають особливе маркування, наприклад: Р – швидкорізальна сталь, Ш – шарикопідшипникова та ін.

До найбільш поширених марок легованих сталей відносяться:

- 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 мають вищу вартість, оскільки процес їх одержання складніший. Тому у машинобудуванні найбільш ефективним є використання низьколегованих сталей, застосування яких забезпечує зниження витрат металу на 18...20 %.

7.6 Технології виробництва кольорових металів

Розглядаючи виробництво алюмінію, необхідно звернути увагу на те, що до алюмінієвих руд належать боксити, нефеліни, апатити, алуніти, а алюміній знаходиться в них у вигляді глинозему Al_2O_3 або гідроксидів $\text{Al}(\text{OH})_3$ та $\text{AlO}(\text{OH})$.

Технологічний процес виробництва алюмінію складається з трьох етапів:

- одержання глинозему з алюмінієвих руд;
- електроліз розплавленого глинозему;
- одержання первинного алюмінію та його рафінування.

На першому етапі для одержання глинозему застосовують технологію вилугування. Для цього подрібнений боксит піддають дії концентрованого розчину лугу NaOH :

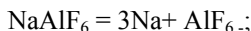


При цьому добре розчинний алюмінат натрію NaAlO_2 переходить у розчин, а домішки (оксиди заліза, титану тощо) випадають в осад. Потім алюмінат натрію NaAlO_2 розкладають і одержують гідроксид алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_3$, при прожарюванні якого утворюється глинозем:



На другому етапі утворений глинозем розчиняють у кріоліті – фториді алюмінію і натрію Na_3AlF_6 , і піддають електролізу в електролізерах, де при проходженні струму (4,0-4,5 В, 75-150 кА) електроліт нагрівається до температури 950 °С і частково у вигляді кірки відкладається на стінках електролізера та навкруги анодів. На неї періодично насипають чергову порцію глинозему. При цьому катіон Al_{3+} розряджається на катоді – дні ванни і утворює рідкий алюміній, а аніон O_{2-} – на аноді.

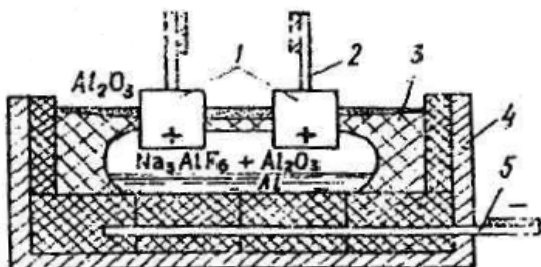
Дисоціація кріоліту і глинозему проходить за такими реакціями:



При цьому вуглець аноду окислюється до CO і CO_2 . Рідкий алюміній раз на 1-2 доби зливають за допомогою сифона або вакуум-ковша. Продуктивність електролізера – близько 350 кг алюмінію на добу. Щоб добути 1 т алюмінію, треба витратити 15-17 тис. кВт/год. електроенергії.

Схема електролізера для виробництва алюмінію, зображена на рис. 7.11.

На третьому етапі відбувається процес одержання первинного алюмінію та його рафінування. Рафінування алюмінію полягає в продуванні рідкого металу хлором протягом 10-15 хв. Утворений при цьому пароподібний хлористий алюміній $AlCl_3$ адсорбується на поверхні неметалевих домішок, і вони спливають у вигляді шлаку. Хлор також сприяє видаленню розчинених газів (O_2 , CO_2).



1 – окис алюмінію (Al_2O_3); 2 – криолітоглиноземний розплав; 3 – рідкий алюміній; 4 – ванна зі сталевих листів; 5 – шамот; 6 – струмопровідна шина; 7 – вугільні подові блоки; 8 – аноди

Рисунок 7.11 – Схема електролізера для виробництва алюмінію

Після рафінування та відстоювання протягом 30-45 хв. алюміній досягає чистоти 99,5...99,85 %. При більш високих вимогах до алюмінію з чистоти його піддають ще й електролітичному рафінуванню. Такий алюміній має чистоту до 99,99 %.

7.7 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Основні поняття і особливості чорної металургії.
2. Принципова сутність технології виробництва чавунів. Шихтові компоненти, їх підготовка і використання.
3. Яким є процес виплавлення чавунів в доменних печах?
4. Що є продуктами доменного виробництва? Їх властивості та використання.
5. Загальні поняття про властивості, виплавлення та використання сталей.
6. Сутність і перспективи технології виплавлення сталей в конверторах.
7. Сутність і перспективи технології виплавлення сталей в електропечах.
8. Охарактеризуйте промислові способи розливання сталей.
9. Яким чином класифікують різноманітність сталей?
10. За якими особливостями і як маркують сталі?

РОЗДІЛ 8 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

8.1 Основні поняття та класифікація

Рівень економічного розвитку держав значною мірою визначається ростом обсягу виробництва металів, розширенням асортименту виробів з металів і сплавів та підвищенням їх якісних показників, що значною мірою залежить від ефективності технологій обробки металів тиском.

Спосіб, при якому відбувається зміна форми тіла за допомогою інструмента, що діє з зусиллям на металеві заготовки, називають обробкою металів тиском (ОМТ). ОМТ – сукупність технологічних процесів, внаслідок яких відбувається пластичне деформування або поділ металу на частини без утворення стружки. Метою ОМТ є якомога більше наблизити форму і розміри заготовки до форми і розмірів майбутньої деталі, внаслідок чого відходи металу в стружку під час подальшого виготовлення деталі різанням істотно зменшуються. ОМТ застосовують для обробки до 90% сталей та 55% кольорових металів і сплавів. При цьому забезпечується не тільки надання злитку або заготовці необхідної форми і розмірів, але й досягається істотне поліпшення механічних властивостей металу.

Гаряча ОМТ має ряд позитивних якостей:

- метал розподіляється більш рівномірно, ніж до обробки;
- зменшуються розміри зерен, що призводить до поліпшення механічних властивостей;
- метал стає щільнішим.

Після обробки тиском сталь набуває волокнисту будову. Механічні властивості такої сталі вздовж волокон вищі, ніж властивості сталі уперек волокон.

До технологічних видів обробки металів тиском у пластичному стані відносять: прокатку, волочіння, пресування, кування, штампування.

Серед методів обробки тиском прокатка займає одне із головних місць, оскільки даним способом отримують вироби, які використовують в будівництві й машинобудуванні (рейки, кутики тощо). Прокаткою одержують також різноманітні види заготовок, які є вихідним матеріалом для інших способів обробки. Так, гарячокатана і холоднокатана листова сталь в значній кількості використовуються в якості заготовок для листового штампування. При цьому прокатці піддається 75...80% усього виплавленого металу. При куванні в штампах, як вихідний продукт, використовують переважно катані заготовки.

При ОМТ відбувається зміна форми заготовки за рахунок переміщення частинок металу, що є перевагою перед обробкою різанням, де йде незворотнє відділення частинок металу. При пластичних деформаціях атоми, що змістилися під дією зовнішніх зусиль, після зняття зовнішніх сил не повертаються у своє початкове положення. Тому зміна форми і розмірів заготовки зберігається після припинення дії зовнішніх сил.

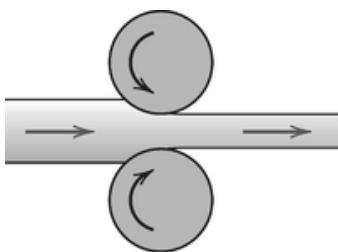
При гарячій обробці (для сталі температура нагріву знаходиться в межах 1280...800°C) забезпечується підвищена пластичність нагрітого металу. У порівнянні з холодним деформуванням, в 10 раз зменшуються зусилля деформації. Після гарячого деформування метал стає більш щільним, що забезпечує покращення його властивостей. Нагрівання заготовок до температур гарячого деформування супроводжується інтенсивним окисленням і утворенням окалини на поверхні заготовки, яке знижує якість поверхні і точність розмірів та погіршує умови праці.

Холодне деформування відбувається при температурах, нижчих від температури рекристалізації, воно супроводжується видовженням зерен (волокнистість), збільшенням дефектів кристалічної решітки, що підвищує міцність та твердість металу (явище нагартування). Нагартування металу не завжди буває корисним, бо твердий і міцний метал складніше обробляти при проведенні подальших технологічних операцій. Для полегшення подальшої обробки металу наклеп усувають шляхом відпалювання при температурах вище температури рекристалізації ($0,4T_{пл}$).

Процеси обробки металів тиском за призначенням підрозділяють на дві групи:

- для отримання заготовок постійного поперечного перерізу по довжині (прутків, дроту, стрічок, листів) – прокатка, пресування і волочіння;
- для отримання деталей або заготовок, що мають наближені до готових деталей форми і розміри – кування і штампування.

Прокатне виробництво є третім (заключним) етапом металургійного виробництва, при якому металургійні злитки переробляють у готові вироби – прокат різних форм і розмірів (рис. 8.1). Після розливання металів і сплавів у виливниці чи на машинах безперервного розливання, отримані заготовки надходять на вальцювання. При прокатуванні заготовка деформується між двома валками, що обертаються назустріч один одному. Прокатування належить до найпродуктивніших видів обробки завдяки безперервному процесу і великій швидкості руху заготовки між валками.



а)



б)

Рисунок 8.1 – Схема прокатки (а), прокатний стан (б)

Силою тертя, що виникає між металом і валками, метал захоплюється і протягується між ними, при цьому він деформується і набуває необхідної форми. При прокатуванні збільшується довжина заготовки і зменшується її товщина, поліпшуються механічні властивості металу. Продукт прокатки називається прокатом. Він характеризується геометричною формою поперечного перерізу – профілем. Довжина прутків прокату складає 6-12 м. У стандартах на прокат визначені його геометричні параметри: площа поперечного перетину, розміри, та допустимі відхилення від номінальних розмірів, масу одного погонного метра довжини профілю. Сукупність профілів прокату, одержуваних шляхом прокатки носить назву сортамент прокату.

Сортамент прокату поділяють на сортовий прокат (рис. 8.2), листовий, труби і спеціальні види прокату. Серед сортаменту прокату частка сортового прокату займає понад 50%. Сортний прокат поділяють на круг, квадрат, штабу, рейки, кутник, швелери (вироби коробчатого П-подібного перерізу), смугу, двотаврові балки, катанка, шестигранні профілі (застосовується для виготовлення кріпильних виробів – болтів, гайок тощо).

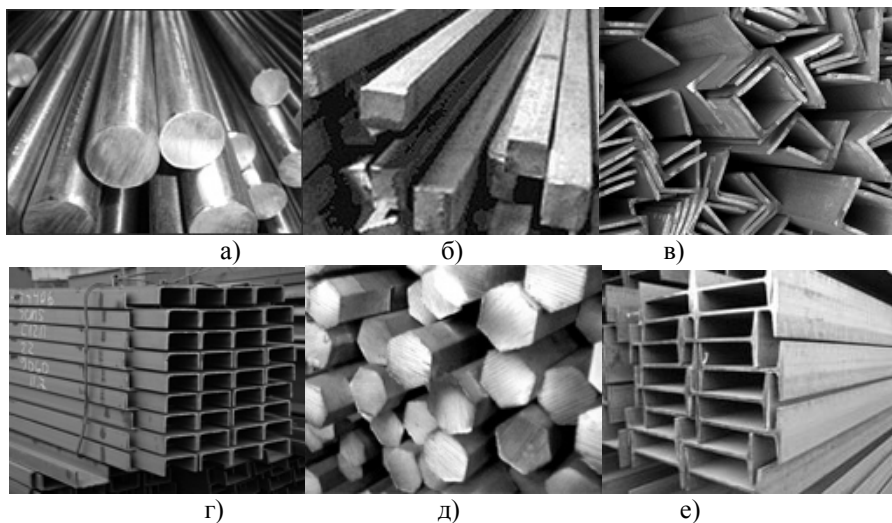


Рисунок 8.2 – Сортний прокат: круг (а), квадрат (б), кутник (в), швелер (г), шестигранник (д), двотаврові балки (е)

Катанка – гарячекатаний дріт круглого перерізу діаметром від 5 до 10 мм, змотаний у бунти (рис. 8.3). Катанка використовується у якості заготовок для виробництва дроту, пружин, арматури для залізобетону, зварювального дроту.



Рисунок 8.3 – Катанка

Листова сталь в залежності від товщини ділиться на товстолистову (товщиною більше 4 мм) і тонколистову – листи товщиною до 4 мм (покрівельна сталь, автомобільна, трансформаторна, електротехнічна). Жерсть – листовий метал, товщиною 0,08...0,32 мм. Найбільш розповсюдженим її видом є біла жерсть, поверхня якої покрита оловом. Профнастил – це профільований листовий стінновий або покрівельний матеріал для зовнішніх обгороджувальних, стін і дахів (рис. 8.4).

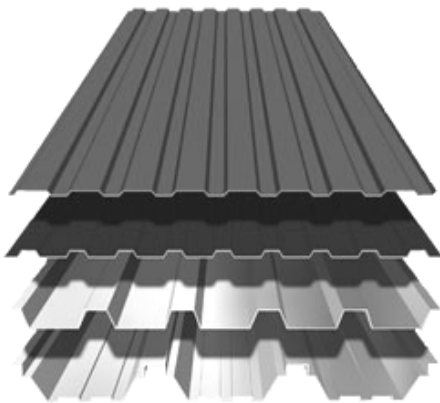


Рисунок 8.4 – Профнастил

До спеціальних видів прокату відносять профілі перемінного поперечного перерізу по довжині, наприклад, арматурна сталь (рис. 8.5), зубчасті колеса, вагонні колеса, гнуті профілі (рис. 8.6), кулі сталі.



Рисунок 8.5 – Арматурна сталь



Рисунок 8.6 – Гнутий профіль

Гнуті профілі отримують шляхом холодного гнуття сталюого листа або стрічки. Ефективно використовувати гнуті профілі в будівельних конструкціях у вигляді швелерів та прямокутних профілів.

Труби поділяються на шовні електрозварні труби та безшовні труби. Крім круглих труб роблять також профільні труби та зі змінними розмірами перетину по довжині.

Інструментом при прокатці є валки, які при виробництві листових заготовок (лист, стрічки) мають гладку циліндричну поверхню, при виробництві полоси – ступінчасту, для виробництва сортового прокату використовують рівчаків (калібровані) валки (рис. 8.7). За допомогою гладких валків шляхом багаторазового прокатування заготовки отримують листовий прокат (листи, штаби, стрічки) товщиною від 100 до 0,1 мм.

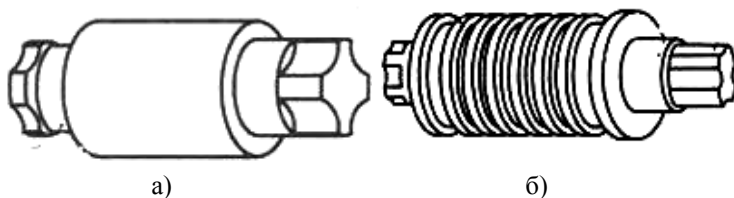


Рисунок 8.7 – Прокатні валки: гладкі (а), рівнякові (б)

Елементами валка є робоча частина (бочка), дві цапфи (опори для підшипників) і дві тріфи для з'єднання валка з приводом та передачі на валок крутного моменту. У каліброваних валків, які використовують для прокатування сортового металу, бочки мають виточені кільцеві заглибини спеціального профілю – рівняки. Просвіт, який утворений сукупністю двох рівняків, називають калібром. Контур калібру геометрично близький до поперечного перерізу прокатуваного металу.

Обладнанням для прокатки є прокатні стани (рис. 8.8), які складаються з однієї або кількох робочих клітей, шестеренної клітей, редуктора і електродвигуна. Кожна кліть має привід (електродвигун і редуктор) та робочу кліть, яка складається з комплекту валків, установлених на станині та механізму зміни відстані між валками. На прокатних станах заготовки пропускають крізь ряд калібрів, що поступово формують заданий профіль (не більше 20 %). Форма чистового калібру точно відповідає формі готового прокату.

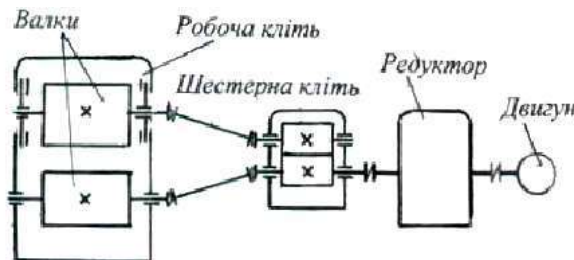


Рисунок 8.8 – Схема прокатного стану

Послідовність виготовлення прокату:

- 1) зачищення поверхні злитку;
- 2) нагрівання злитків до температури 1200°C;
- 3) обрізання нагрітих злитків;
- 4) прокатування заготовок на напівфабрикати на потужних обжимних станах. Види одержуваних напівфабрикатів: сляби – переріз прямокутник (65...300×600...1600 мм), блюми – переріз квадрат (від 60×60 до 350×350 мм), довжина 6-12 м, маса 7-25 т.

5) Прокатування напівфабрикатів на сортових або листопрокатних станах.

8.2 Технологія волочіння

Волочіння – це протягування прокату або пресованих заготовок крізь звужуваний отвір в матриці (волоці), при цьому збільшується їх довжина і зменшується поперечний переріз (рис. 8.9).

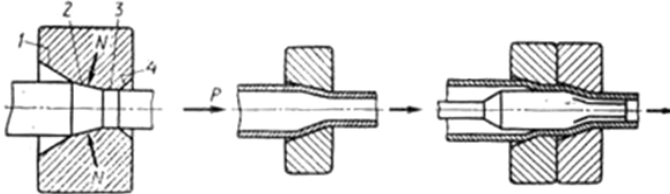


Рисунок 8.9 – Схеми волочіння

Волочіння, в основному, використовують для зміни розмірів сортового прокату (тонкий дріт 0,01 мм, калібрований прокат тощо). Волочіння надає виробам гладкої поверхні і точних розмірів. Для отримання профілів необхідних розмірів, волочіння виконується за кілька проходів. Продукцією волочіння є дріт всіх видів, прутки, труби різноманітного перетину та ін. (рис. 8.10).

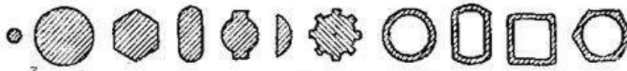


Рисунок 8.10 – Сортамент профілів отриманих волочіння

При проведенні волочіння за один прохід площу заготовки зменшують на 10...19% для чорних металів і до 36% для кольорових металів (з $\varnothing$ 5 мм на 0,5 мм – 20 проходів). Волочіння виконують в холодному стані із змащуванням поверхні заготовки графітом або маслом. Дріт в результаті волочіння нагартується, тому після кожного циклу проводять рекристалізаційний відпал.

Волочіння проводять на волочильних станах, які складаються з волоки і тянучого пристрою. Ланцюгові стани використовують для волочіння прутків і труб. Барабанні стани з безперервною подачею заготовки призначені для волочіння дроту.

8.3 Технологія пресування

Пресування – полягає у видавлюванні металу із закритого об'єму крізь отвір у матриці. Профіль утворених виробів відповідає формі поперечного перерізу отвору у матриці. Матрицю можна замінювати і виготовляти невеликі партії заготовок. Вихідною заготовкою для пресування

є відрізки прокатних заготовок. Усі метали і сплави пресують в гарячому стані.

Обладнанням для пресування є потужні гідравлічні преси.

Залежно від схеми докладання зусиль розрізняють наступні види пресування:

- пряме пресування (напрямок руху матеріалу збігається з напрямком руху прес-шайби) (рис.8.10а);
- зворотнє пресування (матеріал пересувається назустріч руху матриці, яка виконує також функції прес-шайби) (рис. 8.10б).

У ході прямого пресування нагріту заготовку 1 закладають у контейнер 2, куди вкладають прес-шайбу 3. Пуансон 4 тисне на прес-шайбу, внаслідок чого метал заготовки витискається через отвір матриці 5 у вигляді прутка (виробу) 6.

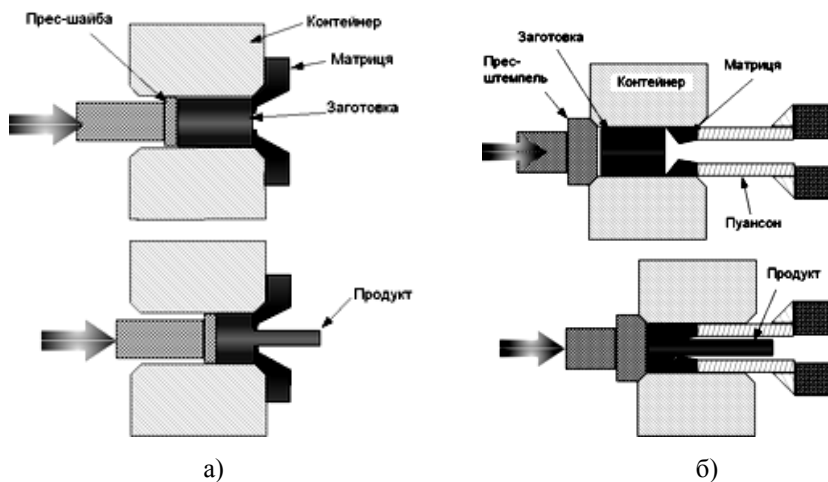


Рисунок 8.10 – Схема прямого (а) та зворотнього пресування (б)

Для виготовлення трубчастих вирібів до прес-шайби прикріплюють сталеву голку. Під час робочого руху прес-шайби метал заготовки витісняється у провіт між матрицею і голкою, утворюючи пустотілий виріб.

Способом пресування виробляють труби із зовнішнім діаметром 200-400 мм і товщиною стінки 1,5...12 мм, пустотілі та суцільні вироби, прутки, дріт, кутики, швелери, профілі складної форми, які неможливо виготовити іншим способом (рис. 8.11). Пресуванню піддають переважно мідні, алюмінієві, магнієві, титанові сплави. Знос інструменту особливо великий при пресуванні сталей та інших сплавів, які важко деформуються, через високий опір деформації і високих температур гарячої обробки.

При пресуванні весь метал не може бути видавлений з контейнера, і в ньому є залишок, який після закінчення процесу відрізається від отриманого

профілю. Маса прес-залишку може складати до 40% від маси вихідної заготовки.

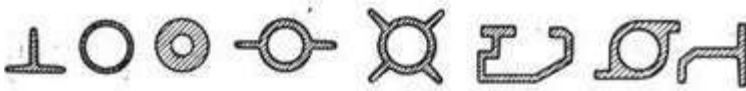


Рисунок 8.11 – Профілі, що отримуються пресуванням

До переваг методу пресування відноситься:

- 1) більш висока точність виготовлення профілів, чим при прокатці;
- 2) висока продуктивність;
- 3) можливість одержання профілів складної форми.

Деталь – виріб, який призначений для виготовлення машин і механізмів шляхом збирання. Деталі, як правило, виготовляють з одного шматка металу.

Процес виготовлення деталей машин переважно передбачає використання заготовки, яка за формою і розмірами наближається до необхідних параметрів. Заготовки виготовляють методами обробки тиском, литтям, зварюванням. Заготовки підлягають механічній обробці, в процесі якої з поверхні знімається шар стружки і утворюється деталь. Заготовки відрізняються від деталей наявністю:

- **припусків** – шару металу товщиною 2-10 мм на поверхнях, з яких при механічній обробці буде зрізатися шар металу (з припуском зрізається зона поверхневих дефектів);

- **напусків** – спрощення конструкції заготовки у порівнянні з конструкцією майбутньої деталі з метою спрощення технології.

8.4 Технологія кування та його операції. Кувальні молоти та преси.

Кування – вид обробки металів тиском, при якому нагріту заготовку деформують універсальним інструментом (бойками молота) шляхом багаторазової послідовної дії на окремі ділянки. Формоутворення при куванні відбувається за рахунок пластичного перерозподілу металу в сторони.

Куванням заготовці надають форму, що наближається до форми готового виробу та покращують механічні властивості матеріалу заготовки.

Нагріту заготовку розміщують на нижньому бойку молоту і послідовно деформують окремі ділянки заготовки верхнім бойком. Вихідними заготовками для кування є злитки, сортовий прокат. Заготовки, отримані куванням, називають поковками. Вони мають різні форми, розміри і масу (0,1 кг – 300 т) – від дрібних до дуже великих (рис. 8.12) (турбінні диски, вали гідрогенераторів, деталі гідротурбін, колінчасті вали судових двигунів, валки прокатних станів тощо).



Рисунок 8.12 – Кування великої заготовки

Процес кування складається з чергування у певній послідовності основних і допоміжних операцій. До основних операцій кування відносяться: осаджування, протягування, прошивання, відрубування, вигинання, скручування. Кожна основна ковальська операція визначається характером деформування і інструментом, який застосовується.

Процес кування починається з нагрівання заготовок для підвищення пластичності металу, що дозволяє використовувати кувальне обладнання меншої потужності. Складні поковки виготовляють, послідовно виконуючи елементарні операції кування.

До основних операцій кування належать:

1. Рубання – поділ заготовки на частини, відокремлення надлишку металу (рис. 8.13). Для рубання застосовують ковальські сокири, зубила.

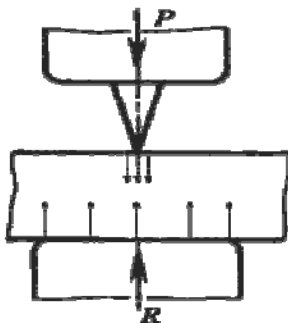


Рисунок 8.13 – Схема рубання

2. Осаджування – зменшення висоти заготовки за рахунок збільшення площі поперечного перерізу – операція зменшення висоти заготовки при збільшенні площі її поперечного перерізу (рис. 8.14а,з). Осаджування застосовують: для одержання поковок з великими поперечними розмірами при відносно малій висоті (заготовки зубчастих колес, дисків тощо), а також, як попередню операцію перед прошиванням при виготовленні пустотілих поковок (кілець, барабанів), та для поліпшення механічних властивостей виробу. Різновидом осадки є *висаджування* (рис. 8.14 б,в), при якому метал осаджується лише на частині довжини заготовки;

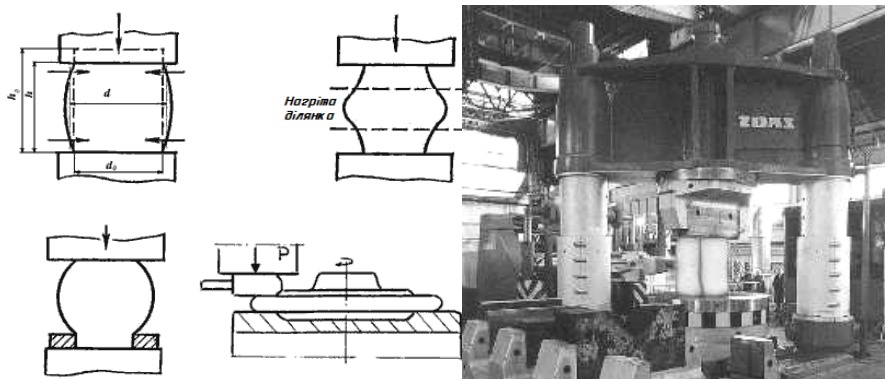


Рисунок 8.14 – Схеми операцій осаджування (а,з) та висаджування (б,в)

3. Протягування – збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення площі поперечного перерізу (рис. 8.15). Операція полягає в завданні послідовних ударів і переміщенні заготовки. Після кожного обтискання заготовка просувається та перевіряється.

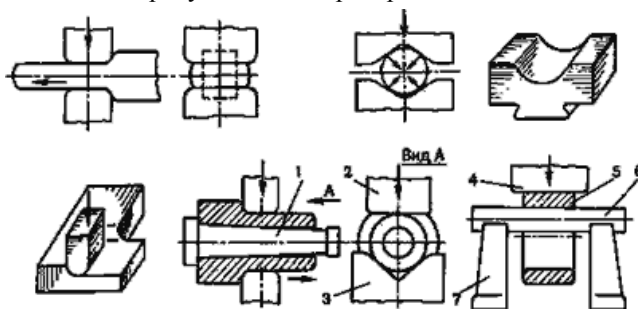


Рисунок 8.15 – Схеми протягування і його різновиди

4. Прошивання отворів – це утворення отворів за рахунок витискання металу заготовки при вдавлюванні інструменту. Прошиванням можна отримати наскрізний отвір чи поглиблення (глухе прошивання). При

наскрізному прошиванні порівняно тонких поковок застосовують підкладні кільця (рис. 8.16, б). Товстіші поковки прошиваються з двох сторін без підкладного кільця (рис. 8.16, а). Діаметр прошивання вибирають рівним $1/2 - 1/3$ від зовнішнього діаметра заготовки; при більшому діаметрі прошивання заготовка значно спотворюється.

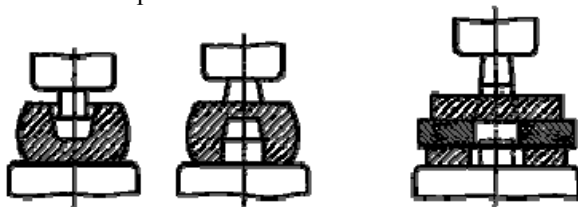


Рисунок 8.16 – Схеми прошивання отворів

5. Скручування – операція, за допомогою якої частина заготовки повертається навколо поздовжньої осі. Скручування застосовують при виготовленні колін колінчастих валів, свердел тощо. При скручуванні одну частину заготовки затискають між бойками, іншу розвертають за допомогою різних пристроїв – воротків, ключів, лебідок.

Кування підрозділяють на ручне і машинне. Машинне кування ведуть на молотах з використанням ковальських інструментів. Молоти – машини динамічної ударної дії. Тривалість деформації на них складає тисячні частки секунди. Метал деформується за рахунок кінетичної енергії, накопиченої падаючими частинами молота, до моменту їх зіткнення із заготовкою. Найбільш поширені пароповітряні молоти (рис. 8.17) з масою падаючих частин 1...8 т.

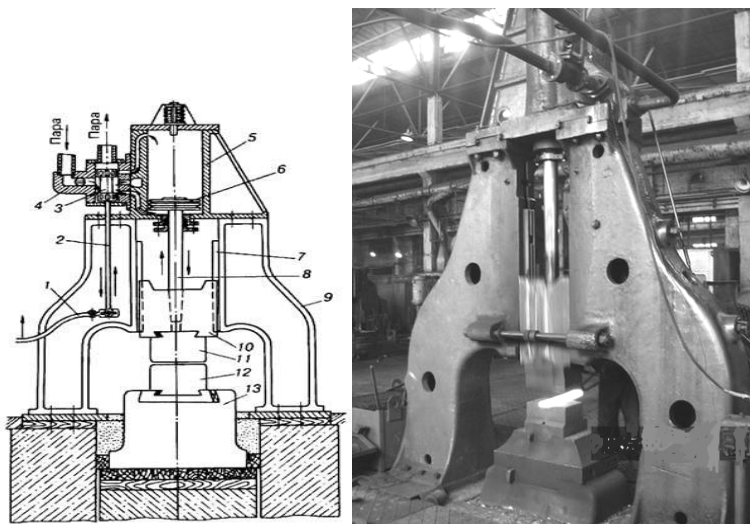


Рисунок 8.17 – Пароповітряний кувальний молот

У пароповітряному молоті піднімання та опускання падаючих частин (баби) 10 із закріпленням на ній верхнім бойком 11 по напрямних 7 відбувається при надходженні стисненого повітря в робочий циліндр 5. Подача повітря регулюється золотниковим пристроєм 4. При зміщенні золотника 3 за допомогою важеля 1 і тяги 2 вгору чи вниз стиснене повітря потрапляє у верхню або нижню порожнину циліндра 5 і переміщує поршень 6, який з'єднаний штоком 8 із бабою 10. Нижній боек 12 нерухомо закріплений на масивному сталевому фундаменті – шаботі 13. Частина енергії удару втрачається на пружні деформації інструменту і коливання шабота. Від маси шабота залежить повнота перетворення кінетичної енергії падаючих частин в енергію деформації заготовки. Чим більша маса шабота, тим вище ККД. Маса шабота повинна не менше, ніж у 15 разів перевищувати масу падаючих частин молота.

Ручне кування виконують в кузнях на наковальні за допомогою ручного молота. Цей вид обробки переважно застосовується при виконанні ремонтних робіт.

До переваг кування відноситься:

- відпадає потреба у використанні спеціального інструменту;
- універсальність способу по відношенню до форми, розмірів, маси поковки;
- непотрібне потужне обладнання, так як одномоментно деформується лише невелика ділянка заготовки.

До недоліків кування відноситься:

- низька продуктивність і трудомісткість процесу, високі вимоги до кваліфікації робітників;
- низька точність отримуваних поковок;
- поковки вимагають значної послідувочої механічної обробки

У процесі виготовлення поковок у відходи переходить 25...30% маси заготовки, із них 2...3% складає окалина, яка утворилася за одне нагрівання заготовки.

Кування застосовують в індивідуальному, дрібносерійному та ремонтному виробництві, для одержання одиничних заготовок. Це єдино можливий спосіб отримання заготовок великої маси.

8.5 Технологія гарячого об'ємного штампування

Вид обробки металів тиском, при якій пластична деформація нагрітої заготовки відбувається одночасно по всьому об'єму в порожнині штампів називають **гарячим об'ємним штампуванням** (рис. 8.18). Штамповану заготовку називають поковкою.

Штамп – індивідуальний стальний інструмент з порожниною (рівняком), яка за конфігурацією відповідає конфігурації поковки. Штамп складається з двох частин – верхньої рухомої та нижньої нерухомої. Верхня частина закріплюється на рухомій частині машини, нижня – на нерухомій. У

порожнину нижньої частини штампа встановлюють нагріту заготовку, метал якої пластично перерозподіляється під тиском верхньої частини штампа і повністю заповнює об'єм рівчака. В якості заготовок для гарячого штампування застосовують мірні заготовки з розрізаного прокату.

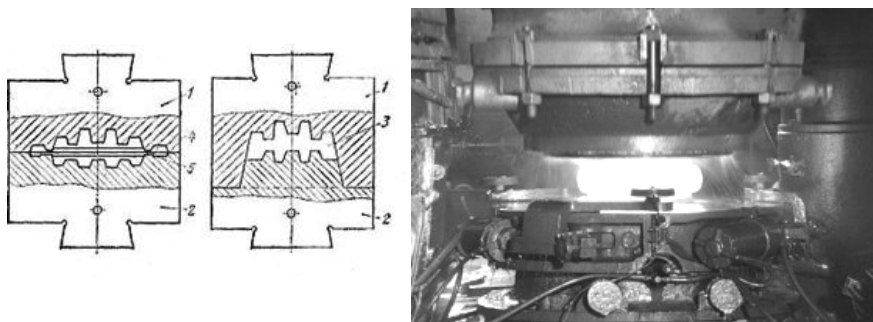
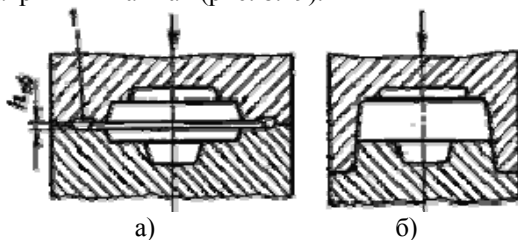


Рисунок 8.18 – Схема гарячого об'ємного штампування

Переміщення металу заготовки обмежується поверхнями рівчаків, таким чином, що в кінцевий момент штампування утворюється замкнута порожнина з конфігурацією поковки. Найбільш широке поширення отримало гаряче об'ємне штампування (ГОШ), яке ведуть в інтервалі температур, що забезпечують високу пластичність металу, що деформується.

Залежно від типу використовуваного штампа виділяють штампування у відкритих і закритих штампах (рис. 8.19).



а) б)

1 – облойна канавка

Рисунок 8.19 – Схеми штампування у відкритих (а) і закритих (б) штампах

Штампування у відкритих штампах характеризується наявністю додаткової порожнини по периметру рівчака між рухомою і нерухомою частинами штампа. Проміжок, в який витісняється частина металу називають облоєм. У кінцевий момент деформації в облой витискаються надлишки металу, що знаходяться в рівчаку – це дозволяє знизити вимоги до точності заготовок за масою.

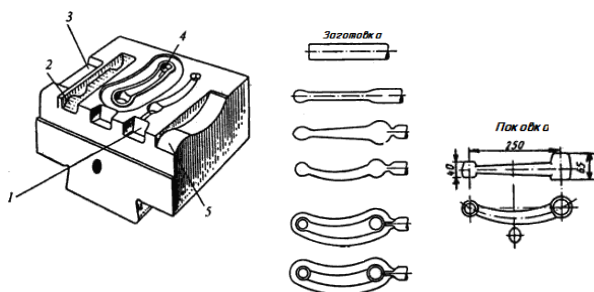
Для штампування в закритих штампах характерним є те, що порожнина штампа в процес деформації залишається закритою. Проміжок

між рухомою і нерухомою частинами штампа постійний і невеликий, тому утворення облою не відбувається. При штампуванні в закритих штампах необхідно дотримуватися рівності мас заготовки і поковки, інакше при нестачі металу не заповнюються кути заготовки в порожнині штампа, а при надлишку розмір поковки по висоті буде більшим заданої величини.

До переваг штампування у закритих штампах відноситься:

- високий коефіцієнт використання металу (зменшення втрат металу через відсутність облою);
- поковки мають більш сприятливу структуру, оскільки волокна обтікають контур поковки, а не перерізуються в місці виходу металу в облої;
- метал деформується в умовах усебічного стискання, що дозволяє отримувати великі ступені деформації і штампувати малопластичні сплави.

Поковки простої форми штамнують в однорівчачових штампах. Складні поковки з різкими змінами перерізу по довжині виготовляють в багаторівчачових штампах з послідовним деформуванням заготовки в кількох рівчачах з поступовим наближенням до кінцевої форми поковки (рис. 8.20).



1 – чорновий рівчак; 2 – підкатний рівчак; 3 – протяжний рівчак; 4 – чистовий рівчак, 5 – згинальний рівчак.

Рисунок 8.20 – Стадії отримання складної поковки в декількох рівчачах

Рівчачи в багаторівчачових штампах поділяють на заготівельні і штампувальні. Заготівельні рівчачи служать для поступового наближення форми заготовки до кінцевої форми. У них відбувається перерозподіл металу заготовки з метою надання їй форми, що забезпечує подальше деформування у штампувальних рівчачах з незначними відходами металу. Штампувальні рівчачи поділяються на чорнові (попередні) і чистові, які мають облоїну канавку.

У якості обладнання для штампування використовують пароповітряні молоти, а також кривошипні, фрикційні і гідравлічні преси, кувальні машини.

Прес – машина статичної (неударної) дії для обробки матеріалів тиском. Для пресів характерним є поступове наростання робочого тиску і

жорстке з'єднання робочого органу з приводом. Поковки, отримані на пресах, в порівнянні з поковками, отриманими на молотах, характеризуються високою точністю, яка досягається за рахунок зменшення відхилень номінальних розмірів, зниження величини припусків на механічну обробку, зниження величини штампувальних ухилів. Наявність постійного ходу робочих органів кривошипних пресів призводить до більшої точності поковок за висотою. Продуктивність праці при штампуванні на пресах підвищується в середньому в 1,4 разу за рахунок одноразовості і підвищення потужності деформуючих дій. В результаті собівартість поковок знижується на 10-30 %.

Процесу штампування на пресах також властиві недоліки:

- окалини вдавлюється в тіло поковки, для попередження цього необхідно проводити малоокислювальне або безокислювальне нагрівання або повне очищення поверхні заготовок від окалини;

- через нижчу швидкість деформації час контакту металу з інструментом більший, ніж на молотах, тому має місце переохолодження поверхні заготовки, що призводить до гіршого заповнення порожнини штампа.

До переваг гарячого об'ємного штампування відноситься:

- висока продуктивність, оскільки поковка утворюється за 1-3 удари;
- відсутні вимоги до високої кваліфікації робітників;
- висока точність отриманих поковок;
- штампуванням можна отримувати складні за формою вироби, які неможливо отримати операціями вільного кування.

До недоліків гарячого об'ємного штампування відноситься:

- висока вартість виготовлення штампа та низька його стійкість;
- штамп придатний тільки для виготовлення конкретної поковки;
- необхідно застосовувати потужне штампувальне обладнання зусиллям до 20000 т., оскільки метал деформується одночасно по всьому об'єму заготовки;
- обмеження маси поковок.

Застосування гарячого об'ємного штампування виправдане при серійному і масовому виробництві для виготовлення заготовок масою до 60 кг.

Одним з прогресивних методів отримання точних, невеликих за розмірами заготовок із сталі і кольорових металів є **холодне штампування**. Залежно від характеру деформації і конструкції штампів холодне штампування ділять на об'ємне і листове.

Холодне об'ємне штампування використовується для виконання операцій висадки (болти, гайки, гвинти), видавлювання, калібрування і забезпечує високу точність і малу шорсткість поверхні деталей при малих відходах металу, низькій трудомісткості та низькій собівартості виготовлення виробів (рис. 8.21).

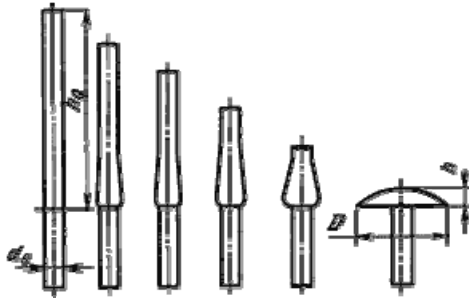


Рисунок 8.21 – Послідовність переходів при виготовленні деталей методом холодного об'ємного штампування

Заготовками для холодного об'ємного штампування є прутки круглого прокату. Процеси холодного об'ємного штампування часто здійснюють за декілька технологічних переходів, поступово наближаючи форму і розміри заготовок до форми і розмірів готових деталей, здійснюючи проміжне відпалювання для зняття наклепу і відновлення пластичних властивостей металу.

8.6 Технологія холодного листового штампування

Холодне листове штампування (ХЛШ) – штампування листових заготовок без нагрівання (рис. 8.22). Для процесу штампування використовуються преси – машини, що дозволяють деформувати матеріали за допомогою механічної дії. При товщині листа більше 10 мм може бути використане гаряче листове штампування.

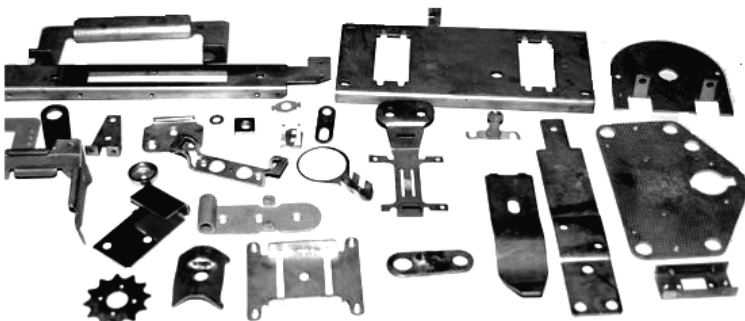


Рисунок 8.22 – Деталі, які виготовлені методом холодного листового штампування
До операцій холодного листового штампування відносять:

1. *Розділювальні операції* – відокремлення частини матеріалу від листа, стрічки або штаби за заданим контуром, які поділяються на:

- відрізання – відокремлення на гільотинних ножицях від вихідної заготовки частини матеріалу по незамкненому контуру;

- вирізання – відокремлення від заготовки частини матеріалу деталі по замкнутому зовнішньому контуру;

- пробивання – отримання отвору в заготовці шляхом відокремлення матеріалу по замкнутому контуру (відокремлений матеріал йде у відходи).

2. *Формозмінні операції*, коли утворюють об'ємну конфігурацію деталі, шляхом проведення місцевих деформацій листової заготовки, які поділяються на:

- гнуття – операція, що змінює кривизну заготовки без зміни її лінійних розмірів;

- витягування – виготовлення з листової заготовки порожнистої просторової деталі (рис. 8.22);

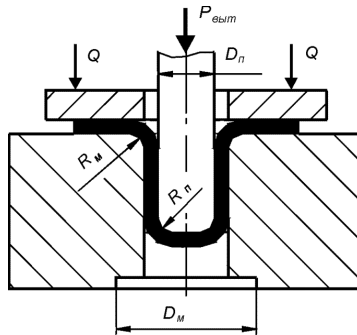


Рисунок 8.22 – Схема витяжки листової заготовки

- обтискання – зменшення діаметра порожнистої заготовки заштовхуванням її частини у профільний отвір верхньої частини матриці.

3. *Штампо-складальні операції*, що використовуються для з'єднання кількох деталей в один вузол запресуванням, клепанням, гнуттям тощо.

До переваг холодного листового штампування відносяться:

- висока точність розмірів і якість поверхні, що дозволяє відмовитися від подальшої механічної обробки виробів або звести її до мінімуму;

- висока продуктивність праці (до 4000 штук за годину) і ощадлива витрата матеріалу;

- можливість нескладної механізації та автоматизації виготовлення штамповок;

- міцні і жорсткі, але легкі за масою деталі.

- низькі вимоги до кваліфікації робітників.

До недоліків холодного листового штампування відноситься висока вартість виготовлення високоточних штампів.

В автомобілебудуванні до 60% деталей, в приладобудуванні – 75%, при виробництві товарів широкого вжитку – 98% виготовляють методом холодного листового штампування.

8.7 Питання для самоперевірки та закріплення набутих знань

1. Назвати основні способи обробки металів тиском.
2. Пояснити різницю між холодною і гарячою обробкою металів тиском.
3. Пояснити, у чому полягає наклеп металу, і як він впливає на структуру і механічні властивості металів.
4. Як впливає на пластичність металу хімічний склад, структура, швидкість і ступінь деформації?
5. Пояснити призначення нагрівання металу перед обробкою і тиском.
6. Які дефекти виникають при нагріванні металу? Способи їх усунення.
7. Коротко охарактеризувати загальну схему технологічного процесу прокатування.
8. Яка технологія прокатування арматурної та листової сталі?

РОЗДІЛ 9 ТЕХНОЛОГІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

9.1 Загальна характеристика ливарного виробництва

Широке розповсюдження ливарного виробництва пояснюється його перевагами по відношенню до інших способів виготовлення заготовок (кування, штампування). Литтям можна виготовити заготовки масою від декількох грамів до сотень тонн з товщиною стінки 0,5...500 мм і більше, з розмірами від декількох міліметрів до десятків метрів самої складної форми, яку неможливо виготовити іншими методами. В сучасному ливарному виробництві приблизно 80% виливків за масою виготовляють із чавуну, 15% – із сталі і 5% – із сплавів кольорових металів.

Ливарне виробництво є універсальним способом виготовлення заготовок завдяки:

- можливості виготовлення складних за формою виливків масою від кількох грамів до сотень тонн;
- максимальному наближенню виливка по формі і розмірам до готової деталі, що значно скорочує витрати металу і об'єм механічної обробки;
- можливості виготовлення виливків з різних металів і сплавів (чавуну, сталі, міді, алюмінію, їх сплавів), із пластмас, кераміки, скла, гуми та інших матеріалів;
- низькій вартості та низькій трудомісткості виробництва.

Близько 40% заготовок для машин (за масою) виготовляють цим способом. Для окремих машин цей показник вищий (для тракторів – 60%, металорізальних верстатів – 80...85%). Значний обсяг литих виробів, особливо з кольорових сплавів, споживають авіація, оборонна промисловість, приладобудування. Методом лиття також отримують водопровідні і каналізаційні труби, ванни, радіатори, опалювальні казани, грубу арматуру та ін.

9.2 Технологія виготовлення виливків

Способи лиття поділяються на дві групи: лиття у разові піщані форми та спеціальні способи лиття. Близько 80% виливків виготовляють способом лиття у разові піщані форми.

9.2.1 Лиття у разові піщані форми.

Піщані форми виготовляють із формувальної піщано-глиняної суміші, яка має наступні властивості:

- пластичність (добре формуватися);
- міцність (не руйнуватися під дією рідкого металу);
- піддатливість (не перешкоджати усадці виливка при охолодженні);
- вогнетривкість (протистояти місцевому перегріванню);
- газопроникність (пропускати газу).

До складу цієї суміші входять:

- кварцовий пісок (90%) – наповнювач,

- глина (6...7%) – скріплююча речовина, яка забезпечує міцність формувальної суміші;
- вода (3...4%) – надає глині клейкі скріплюючі властивості;
- спеціальні добавки (протипригарні, пороутворюючі – кам'яновугільний пил, гудрон; зв'язуючі – смоли, рідке скло та ін.).

При застосуванні цього способу для кожного виливка виготовляють окрему ливарну форму (рис. 9.1), яка служить лише один раз для однієї заливки рідкого металу. Формувальна суміш використовується багаторазово. Після охолодження і кристалізації виливка проводять руйнування ливарної форми і відділення виливка. Формувальна суміш охолоджується, оновлюється додаванням піску, глини і води та інтенсивно перемішується у бігунах катками. У складі формувальної суміші міститься понад 90% оборотної суміші.

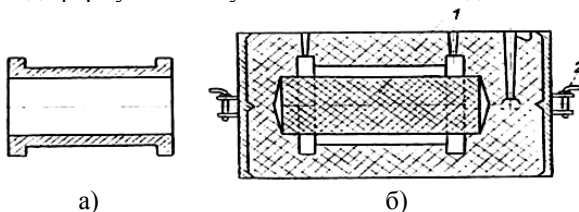


Рисунок 9.1 – Ескіз виливка (а) і форма для його виготовлення (б)

Виготовляють піщані ливарні форми з двох половин.

Робочу порожнину форми утворюють за допомогою моделі (аналога виливка) у процесі ущільнення формувальної суміші. **Модель** – пристосування, за допомогою якого у ливарній формі створюється порожнина для формування зовнішнього контуру майбутнього виливка. В залежності від обсягів виробництва модель виготовляють з дерева або металу. Модель має наступні відміни від виливка:

- є роз'ємною (складається з двох половин);
- всередині моделі відсутні отвори, які наявні всередині виливка;
- у тих місцях, де з виливку виходять отвори, на моделі знаходяться виступи (стержневі знаки);
- для компенсації усадки рідкого металу при охолодженні розміри моделі на 1...2 % більші від розмірів виливка.

Отвори у виливках утворюють за допомогою вставних елементів – стрижнів. Стрижні виготовляють у спеціальних формах – стрижневих ящиках. Стрижні виготовляють шляхом ущільнення суміші, до складу якої входить кварцовий пісок та скріплювачі (наприклад, рідке скло). Після теплового сушіння стрижні отримують більш високу міцність, ніж у випадку застосування формувальної суміші.

Виготовлення піщаної ливарної форми проводять у наступній послідовності (рис. 9.2).

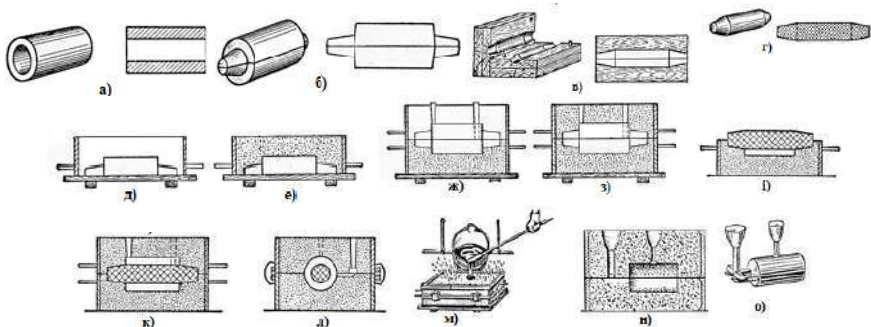


Рисунок 9.2 – Послідовність виготовлення ливарної форми

На підмодельну плиту встановлюють нижню половину моделі і нижню опоку (опока – металева рамка, в якій виготовляється ливарна форма). Опоку заповнюють формовою сумішшю і утрамбовують.

Далі нижню півформу перевертають і на розміщену в ній нижню половину моделі накладають її другу (верхню) половину. Потім порожню верхню опоку встановлюють на нижню і заповнюють її формувальною сумішшю. Після ущільнення формувальною сумішшю у верхній півформі, верхню півформу знімають, перевертають. Після виймання з півформ частин моделі, у нижню півформу встановлюють стрижень, після чого на нижню півформу встановлюють верхню півформу і отримують готову до заливання рідкого металу ливарну форму.

Розрізняють ручне і машинне формування. Ручне формування трудомістке і вимагає багато часу. Більше 90% разових форм виготовляють машинним формуванням. При машинному формуванні процеси заповнення і ущільнення формувальної суміші та виймання моделі з форми механізовано. Машинне формування застосовують у серійному і масовому виробництві. Воно забезпечує кращу якість виливків, поліпшення умов праці, підвищення продуктивності, не вимагає високої кваліфікації робітників.

Технологічний процес виготовлення виливків у піщаних формах включає наступні операції:

- виготовлення модельного комплекту (модель і стрижневий ящик);
- приготування формувальних і стрижневих сумішей перемішуванням компонентів у бігунах;
- виготовлення стрижнів;
- виготовлення верхньої і нижньої півформ шляхом ущільнення формувальної суміші в опоках;
- збирання ливарних форм із півформ та стрижнів. Правильне положення опок у процесі збирання форми фіксується штирями;
- плавка ливарного сплаву;
- заливка розплавленого металу у форми;
- охолодження металу у формі, утворення виливків (0,5...10 год.);

- вибивання виливків з форми та відділення формувальної суміші (вибивні решітки, вібраційні столи). Суть процесу вибивання полягає в руйнуванні форми. Формувальна суміш просипається через вібруючу решітку, попадає на конвейер і транспортується для повторного використання.

- обрубкування виливків – відділення ливникової системи. Обрубкування є трудомісткою операцією, яка важко піддається механізації. Її виконують за допомогою молотків, пневматичних зубил, пилок, пресів.

- очищення поверхні виливків від пригорілої формувальної суміші (галтовочні барабани, дробеметні камери).

Останні три операції відносяться до шкідливих для здоров'я працівників і складають до 40% трудомісткості виготовлення виливків.

Більшість технологічних операцій у ливарному виробництві є трудомісткими, здійснюються при підвищених температурах з виділенням газів і пилу, що вміщує мікроскопічні частинки кварцу. Для зниження трудомісткості і поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці в ливарних цехах застосовують засоби механізації і автоматизації технологічних процесів і транспортних операцій. Машинне виготовлення форм полегшує працю формувальників, підвищує продуктивність праці і точність виливків, порівняно з ручним формуванням, зменшує припуски на подальшу механічну обробку.

Техніко-економічні показники лиття у піщані форми.

Переваги:

- простота технології, такий процес не складно організувати на будь-якому підприємстві;

- дешевизна і недефіцитність використовуваних матеріалів;

- простота автоматизації процесу.

Недоліки:

- невисока точність виливків, що пов'язано з невисокою міцністю формувальних сумішей;

- низька якість поверхні виливків, що пов'язано з пригоранням до поверхні формувальної суміші;

- незадовільні санітарно-гігієнічні умови праці – переважно з причини значного пиловиділення.

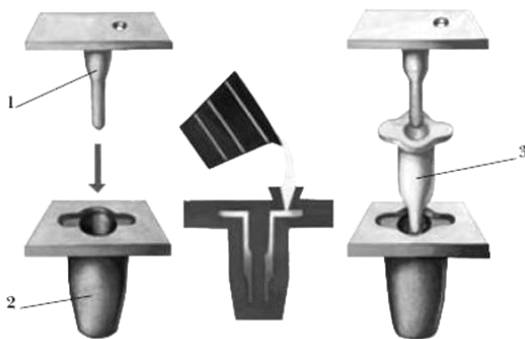
9.3 Спеціальні способи лиття

У ливарному виробництві широко застосовується ряд спеціальних способів лиття: в металеві форми (кокілі), лиття під тиском, відцентрове лиття, лиття в оболонкові форми, по витоплюваних моделях тощо. Спеціальні способи лиття забезпечують підвищення точності та чистоти поверхні виливків за рахунок виготовлення ливарних форм з матеріалів більш міцних, у порівнянні з піщаною формувальною сумішшю.

В результаті застосування спеціальних способів лиття зменшуються обсяги, а в деяких випадках повністю виключається потреба у проведенні механічної обробки. Крім того, ці способи дозволяють простіше механізувати і автоматизувати технологічні процеси та забезпечити підвищення продуктивності праці.

9.3.1 Лиття у кокіль.

Кокіль – це металева багаторазова форма з чавуну чи сталі, в яку заливають метал під дією гідростатичного тиску. Кокіль складається з двох половин. Перед заливанням кокілю підігрівають до 300°C , поверхню кокілю покривають захисним жаростійким покриттям, яке забезпечує збільшення терміну служби кокілю та попереджає приварювання металу до стінок кокілю. Попереднє підігрівання зменшує схильність кокіля до розтріскування в процесі експлуатації і полегшує заповнення форми металом. Для утворення у виливках отворів використовують стержні (металеві або із стрижневої суміші) (рис. 9.3). Утворення та охолодження виливка у кокілі триває 1..5 хв. Після затвердіння виливок виймають з кокіля витрушуванням або за допомогою виштовхувача.



1 – стрижень; 2 – кокіль; 3 – виливок

Рисунок 9.3 – Схема лиття у кокіль

Переваги:

- кокіль використовується багаторазово (до 10000 тис. заливок), стійкість кокілів залежить від матеріалу і розмірів виливків і самого кокілю;
- не використовується формувальна суміш, опоки, моделі, зменшуються площі ливарного цеху;
- процес лиття просто автоматизується;
- одержують більш точні за розмірами виливки;
- покращуються умови праці;
- за рахунок прискореного охолодження металу у кокілі підвищуються властивості матеріалу виливка.

Недоліки:

- висока вартість кокіля, обмежена довговічність;
- в результаті прискороного охолодження метал погано заповнює тонкостінні виливки. Швидке охолодження металу ускладнює отримання тонкостінних виливків складної форми, викликає небезпеку появи у чавунних виливках твердих важкооброблюваних поверхонь;
- кокіль має низьку газопроникність і піддатливість, що призводить до утворення тріщин, газових раковин.

У кокілях переважно виготовляють прості за формою виливки із легкоплавких алюмінієвих та магнієвих сплавів.

9.3.2 Лиття під тиском.

При цьому способі лиття розплавлений метал заповнює металеву прес-форму під тиском поршня (рис. 9.4). Розплав подається порціями у камеру пресування. При русі поршень тисне на розплав (до 200 МПа), який через живильний канал заповнює порожнину прес-форми. Виливок для кристалізації і охолодження металу витримують у прес-формі біля 30 секунд. Далі рухома частина прес-форми відводиться і виливок видавлюється з прес-форми. Для отримання отворів і внутрішніх порожнин використовують металеві стрижні. Прес-форму перед початком роботи підігрівають і змащують жаростійким мастилом.

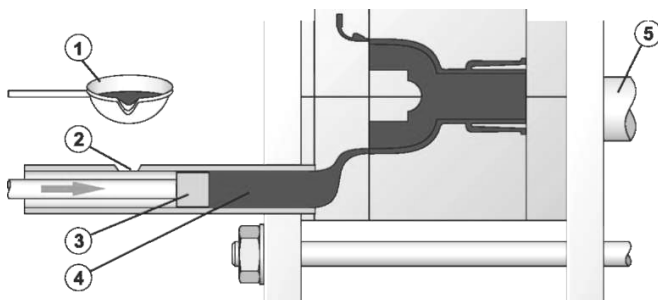


Рисунок 9.4 – Схема лиття під тиском

При литті під тиском одержують тонкостінні виливки складної конфігурації, високої точності, з малою шорсткістю поверхні. Цим способом можна одержувати виливки з різью, отворами до 2мм, написами. Процес високопродуктивний (продуктивність сучасних машин при роботі в автоматичному режимі сягає 3000 виливків за годину).

Лиття під тиском застосовують переважно для сплавів легкоплавких металів (алюмінієвих, цинкових, магнієвих), рідше – для мідних, не використовують для сталі та чавуну. Процес дорогий, тому що прес-форми виготовляють із дорогих легованих сталей (їх вартість у 3...5 раз вища за вартість кокіля). Маса виливків не перевищує 50 кг. Стійкість прес-форм у

залежності від розмірів і форми виливків складає при литті цинкових сплавів 300...500 тис., алюмінієвих – 30...50 тис., мідних – 5...20 тис. заливок.

В умовах масового виробництва застосування лиття під тиском дозволяє знизити трудомісткість виготовлення виливків в 10...12 раз, а трудомісткість механічної обробки – в 5...8 раз. За рахунок високої точності виготовлення і забезпечення підвищених властивостей виливків, досягається економія до 30...50 % металу в порівнянні з литтям у піщані разові форми. Створюється можливість повної автоматизації процесу.

9.3.3 Відцентрове лиття.

При відцентровому литті рідкий метал заливають у металеві форми, які обертаються. При цьому розплав під дією відцентрових сил відтісняється до стінок ливарної форми. Зовнішня поверхня виливка формується стінками форми-виливниці, а внутрішня утворюється під дією відцентрових сил і сил тяжіння.

Виникаючі при обертанні рідкого сплаву в виливниках, відцентрові сили сприяють кращому заповненню ливарних форм розплавленим металом, забезпечують утворенню більш щільної структури та сприяють витісненню на внутрішню поверхню більш легких складових – шлакових і газових включень.

За конструкцією машини для відцентрового лиття поділяються на машини з горизонтальною та вертикальною осями обертання (рис. 9.5).

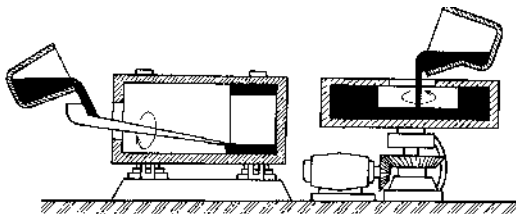


Рисунок 9.5 – Схеми відцентрового лиття (з горизонтальною та вертикальною віссю обертання)

У машинах з горизонтальною віссю обертання металева форма заповнюється рідким сплавом з ковша по жолобу. Розплавлений метал кристалізується у вигляді трубчастої заготовки. Товщина стінки трубчастої заготовки визначається кількістю залитого у форму розплавленого металу.

На машинах з вертикальною віссю обертання отримують пустотілі заготовки у вигляді кільця. Їх внутрішня поверхня не є строго циліндричною, оскільки під впливом сил гравітації товщина стінок у нижній частині утворюється дещо більшою, ніж вгорі. З цієї причини обмежують висоту литих заготовок, які отримують на машинах з вертикальною віссю обертання.

Переваги відцентрового лиття порівняно з литтям в одноразові піщано-глинисті форми:

- зникає потреба в застосуванні стержнів для виливків з циліндричним отвором;
 - відсутність потреби у застосуванні ливникової системи;
 - можливість отримання виливків з розплавлених металів з низькою рідкотекучістю;
 - технологічна простота процесу.
- Недоліки:
- складно виготовляти якісні виливки із сплавів, схильних до ліквації;
 - вільна поверхня характеризується порівняно низькою точністю розмірів.

9.3.4 Лиття по витоплюваних моделях.

Лиття в форми, одержані по витоплюваних моделях – один з найбільш давніх способів виготовлення виливків. Він широко застосовується для відливання скульптур, пам'ятників, прикрас, предметів домашнього вжитку і знарядь праці.

У промисловості цей спосіб використовується для виготовлення точних деталей складної форми.

Технологічний процес виробництва виливків по витоплюваних моделях складається з таких основних операцій:

- виготовлення різних металевих прес-форм, конфігурація порожнини яких відтворюватиме виливок. Розміри порожнини прес-форм відрізняються від розмірів виливка на сумарну усадку модельної суміші та усадку металу;
- виготовлення моделей виливка і ливникової системи з легкоплавкої парафіно-стеаринової суміші у прес-формах;
- збирання моделей виливка і ливникової системи в один блок;
- виготовлення ливарної форми шляхом нанесенням на поверхню модельного блока вогнетривкої суміші при кількаразовому зануренні у суспензію вогнетривкого матеріалу (кварцовий пісок, електрокорунд), перемішаного з рідкою зв'язувальною речовиною, переважно гідролізованим розчином етилсилікату;
- витоплювання матеріалу моделей із форми та її прожарювання, отримання ливарної форми у вигляді керамічної оболонки;
- розміщення керамічної оболонки у металевому контейнері та закріплення її шляхом засипання сухим піском;
- наповнення розплавленим металом порожнини форми;
- відокремлення виливків від ливникової системи та їх очищення.

Модельну суміш у рідкому або пастоподібному стані запресовують в порожнину прес-форми. Після охолодження прес-форму розкривають і виймають модель. Отримана таким способом модель має гладку поверхню і точні розміри (рис. 9.6). Моделі з'єднують зі спільною ливниковою системою в один блок шляхом спаювання за допомогою нагрітої пластини.

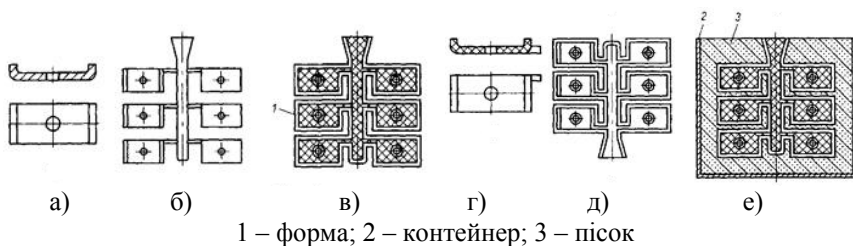


Рисунок 9.6 – Виливочек (а), блок моделей (б), форма з моделями (в), модель виливочка (г), форма (д), форма в контейнері (е)

Вогнетривка суспензія складається приблизно з 35% (за масою) гідролізованого етилсилікату і 65% пилоподібних вогнетривких матеріалів. Етилсилікат – ефір ортокремнієвої кислоти $(C_2H_5O)_4Si$, відіграє роль зв'язуючого завдяки здатності в присутності води виділяти гель – кремнезем у вигляді драглистого осаду, що огортає і скріплює зерна кварцу в монолітну масу.

Після виймання з формувальної суспензійної суміші на поверхні моделей виливків і ливникової системи утворюється тонка липка плівка, її посипають сухим кварцовим піском і висушують на повітрі протягом 2...4 год. Для отримання ливарної форми з потрібною товщиною стінки операцію занурювання, посипання і висушування повторюють 4...6 разів.

Переваги лиття по витоплюваних моделях перед литтям в одноразові піщано-глиняні форми:

- вища якість поверхні й точність розмірів виливків;
- можливість виготовлення тонкостінних виливків складної конфігурації;
- можливість виготовлення виливків із матеріалів, що мають високу температуру плавлення;
- такі операції, як виготовлення моделей, нанесення покриттів, витоплювання моделей з оболонок, сушіння, формування достатньо просто механізуються та автоматизуються.

Недоліки:

- процес виготовлення форми багатоопераційний, трудомісткий тривалий;
- висока вартість виливків;
- значні витрати металу на ливникову систему.

9.3.5 Лиття в оболонкові форми.

Лиття в оболонкові форми широко застосовують для виготовлення деталей двигунів, насосів, вентиляторів, текстильних машин, колінчатих валів тощо. Максимальні габаритні розміри виливків – до 1 м, маса – до 200 кг.

Сутність процесу заснована на властивості термореактивних смол, що входять до складу піщано-смоляних сумішей, швидко і незворотно затвердівати під впливом тепла модельного оснащення, яке нагріте до температури 200...250°C. В якості сполучного матеріалу використовують термореактивні фенолформальдегідні смоли, які тонкою плівкою покривають зерна піску. Після відповідної витримки (близько 20 с) термореактивна смола на поверхні модельного оснащення розігрівается, плавиться і затвердіває, що забезпечує зв'язування окремих зерен піску і утворення оболонки. Після повернення бункера у вихідне положення суміш, яка не встигла прогрітись, зсипається у бункер (рис. 9.7). Оболонка штовхачами відділяється від модельної плити і для остаточного затвердіння на 1...2 хв поміщається в електричну піч з температурою 325...375°C.

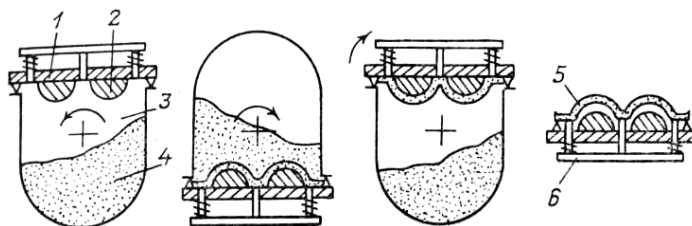


Рисунок 9.7 – Схема виготовлення оболонкових напівформ

Охолоджена оболонка знімається з модельної плити і з'єднується з оболонкою другої напівформи, яка виготовлена аналогічним способом. Зібрані у єдину ливарну форму оболонкові напівформи скріплюють скобами та встановлюють у металевий короб (рис. 9.8).

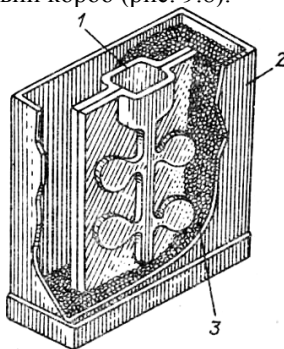
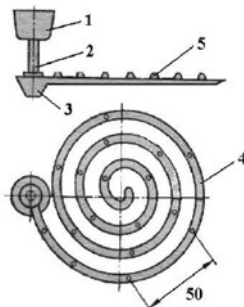


Рисунок 9.8 – Схема установки оболонкової форми під заливку

Для зміцнення ливарну форми, їх засипають металевим дробом і подають на ділянку заливки розплавленого металу.

9.4 Ливарні сплави

Ливарні сплави повинні мати високу рідинотекучість (здатність добре заповнювати порожнину ливарної форми), невелику усадку, малу ліквіацію (неоднорідність хімічного складу в різних частинах відливка). Рідкотекучість залежить від температури заливання та хімічного складу сплаву (рис. 9.10).



1 - чаша, 2 - стояк, 3 - металоприймач, 4 - спіральний канал, 5 - виступи.
Рисунок 9.10 – Схема проби на рідинотекучість

Усадка – це зменшення розмірів виливка під час охолодження від температури заливання до кімнатної (рис. 9.11). На її значення впливають хімічний склад і температура заливання металу в форму.

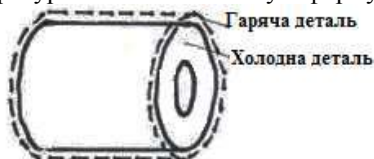


Рисунок 9.11 – Схема усадки виливка

Основну масу виливків виготовляють із чавуну (80%). Сталі мають нижчі ливарні властивості, ніж чавуни. Тому литі сталі використовують для виготовлення товстостінних масивних виливків в транспортному, енергетичному та важкому машинобудуванні. Із кольорових сплавів у ливарному виробництві використовують: латуні (сплав міді і цинку); бронзи (сплав міді і олова); силуміни (сплави алюмінію і кремнію), сплави магнію.

Для плавки ливарних сплавів у ливарних цехах використовують: для чавуну – дугові та індукційні печі, для сталі та кольорових металів – електричні печі.

У якості сировини для виплавки металу використовують злитки та металевий брухт.

9.5 Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Назвіть основні етапи проектування технологічного процесу лиття.
2. Основні правила графічного виконання елементів ливарних форм.
3. Чим відрізняється креслення виливка від деталі?
4. У чому суть кокільного лиття?
5. Які матеріали використовують для виготовлення кокільів?
6. З яких матеріалів та сплавів виготовляють виливки кокільним литтям? Які переваги і недоліки лиття в кокіль?
7. У чому суть технологічного процесу лиття під тиском? Які існують сучасні машини для лиття під тиском?
8. Які переваги лиття під тиском? Яке призначення і види відцентрового лиття?
9. Які переваги і недоліки відцентрового лиття порівняно з литтям в одноразові піщано-глиняні форми?
10. Технологія виготовлення виливків виливанням в оболонкові форми?
11. У чому суть технологічного процесу лиття за витоплюваними моделями?
12. Які переваги та недоліки лиття за витоплюваними моделями, перед литтям в одноразові піщано-глиняні форми?
13. Який метод лиття забезпечує найбільшу точність виливка?
14. Які методи лиття не потребують виготовлення моделей?

РОЗДІЛ 10 ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

10.1 Класифікація процесів зварювання

Зварювання – технологічний процес утворення нероз'ємного з'єднання між матеріалами при їх нагріванні за рахунок утворення міжмолекулярних і міжатомних зв'язків. Для забезпечення зварювання двох заготовок, їх матеріал необхідно зблизити на відстань, меншу, ніж $1 \cdot 10^{-10}$ м до створення можливості утворення міжатомних зв'язків. Перешкодами до утворення нероз'ємних з'єднань між контактуючими металевими заготовками є:

- поверхневі оксидні плівки;
- адгезійні плівки (утворюються за рахунок осідання на поверхні металу водяних, масляних і пилових часток);
- мікронерівності на поверхні заготовок.

Для отримання зварювального з'єднання використовують зовнішню енергію. Такі умови можна створити трьома шляхами:

- нагріванням матеріалу в зоні з'єднання до розплавлення;
- стисненням деталей без нагрівання;
- нагріванням матеріалу до пластичного стану при одночасному стисненні деталей.

Зварювальне з'єднання – ділянка конструкції, в якій окремі її частини поєднанні шляхом місцевого сплавлення або спільного пластичного деформування матеріалів цих елементів, в наслідок чого виникає міцне зчеплення матеріалів, яке засноване на міжатомній взаємодії. До складу зварювального з'єднання входить зварювальний шов, зона термічного впливу і прилеглі до неї ділянки основного металу. **Зварювальний шов** – ділянка зварювального з'єднання, утворена в наслідок кристалізації металу зварювальної ванни. **Зона термічного впливу** – ділянка прилеглого до зварювального шва основного матеріалу, яка не піддалася розплавленню, структура і властивості якої при зварюванні змінюються в наслідок високотемпературного нагріву та пластичної деформації.

В основу класифікації способів зварювання покладено дві ознаки: агрегатний стан матеріалу в зоні зварювання та вид енергії, яка використовується для утворення з'єднання.

За видом енергії, що підводиться до виробу, зварювальні процеси поділяють на:

- термічний клас: види зварювання, здійснювані плавленням з використанням теплової енергії (газополумєнове, електродугове, електронно-променєве, лазерне тощо);
- термомеханічний клас: види зварювання, здійснювані з використанням теплової енергії і тиску (контактне, дифузійне, газопресове, ковальське тощо);

- механічний клас: види зварювання, здійснювані з використанням механічної енергії (холодне зварювання, зварювання тертям, ультразвукове зварювання, зварювання вибухом тощо).

За агрегатним станом матеріалу в зоні зварювання способи поділяються на зварювання плавленням та зварювання тиском.

При зварюванні плавленням характерна відсутність зовнішніх стискуваних зусиль. За рахунок підводу теплової енергії кромки заготовок оплавляються і утворюють спільну зварювальну ванну. При подальшому охолодженні зварювальна ванна кристалізується і перетворюється в зварювальний шов, який з'єднує деталі в одне ціле.

При зварюванні тиском обов'язковим є стискання заготовок. Заготовки нагрівають до пластичного стану і стискають до виникнення спільної пластичної деформації металу обох заготовок в зоні з'єднання. Цим забезпечується руйнування окисних плівок на зварювальних поверхнях і утворення міжатомних зв'язків.

За ступенем автоматизації основні види зварювання поділяються на ручне, напівавтоматичне та автоматичне зварювання.

До основних переваг, які визначають широке розповсюдження зварювання в машинобудуванні відноситься:

- можливість отримання міцних нероз'ємних з'єднань. До 70% світового споживання сталевих прокату йде на виробництво зварних конструкцій і споруд.

- підвищення продуктивності праці. Наприклад, в мостобудуванні і кораблебудуванні заміна клепаних з'єднань на зварні підвищує продуктивність праці у 5...10 разів.

- більш ефективне використання прокату та поковок в збірних конструкціях.

- можливість поверхневого зміцнення деталей машин наплавкою.

У машинобудуванні переважно використовують такі способи:

- ручне дугове зварювання металевим електродом;

- автоматичне дугове зварювання металевим електродом під шаром флюсу;

- електрошлакове зварювання та контактне зварювання – стикове, шовне та точкове.

Перші три способи належать до зварювання плавленням, а останній – до зварювання, що здійснюється деформуванням нагрітого до пластичного стану матеріалу деталей, які підлягають з'єднанню.

10.2 Технологія електродугового зварювання

Дугове зварювання – це основний вид зварювання плавленням, при якому джерелом тепла є електрична дуга. Електрична зварювальна дуга (ЕЗД) – це потужний стабільний електричний розряд в іонізованій атмосфері

газів і парів металу. Головна роль дугового розряду – перетворення електричної енергії в теплоту.

Будова електричної зварювальної дуги (рис. 10.1):

- катодна зона 5 (в зоні досягається температура 2400 °С);
- стовп дуги 6 (довжина від 3 до 6 мм, в стовпі досягається температура 6000 °С);
- анодна зона 7 (в зоні досягається температура 3000 °С).

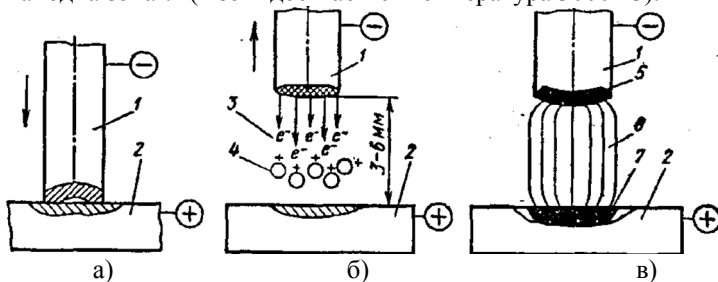


Рисунок 10.1 – Схема процесу запалювання дуги

Параметри електричної зварювальної дуги:

- зварювальний струм $I = 1 \dots 1000 \text{ A}$;
- напруга $U = 10 - 65 \text{ B}$;
- потужність $0,01 \dots 150 \text{ кВт}$.

10.3 Технологія ручного дугового зварювання

Ручне (електро)дугове зварювання – технологічний процес отримання нероз'ємного з'єднання, при якому довжина електричної зварювальної дуги, подача електрода зі швидкістю його розплавлення та переміщення уздовж зварюваних кромek відбувається вручну. Ручне дугове зварювання є поширеним видом електрозварювання, який застосовується для зварювання низьковуглецевих та низьколегованих сталей.

Зварювання можна виконувати плавким металевим електродом, неплавким вугільним, графітовим або вольфрамовим електродами. При зварюванні неплавким електродом у зону дуги для заповнення шва подають додатковий (присадний) метал.

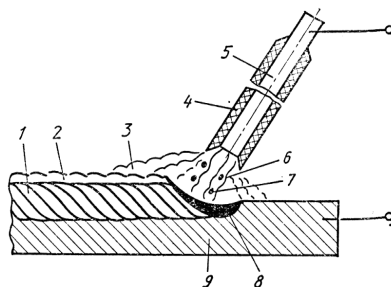
Основним зварювальним матеріалом при ручному дуговому зварюванні є покритий електрод. Електрод представляє собою стержень із зварювального дроту довжиною до 450 мм і діаметром (1...12 мм), покритий обмазкою (шаром із суміші порошку і зв'язуючого). Дуга горить між стержнем електрода і зварюваним виробом. Стержень розплавляється і метал зтікає до металевої ванни. Разом із стержнем плавиться і покриття електроду, утворюючи шлакову ванну на розплавленому металі. У металевій ванні протікають процеси окислення Fe, Si, Mn, Ni та інших елементів, а також розчищення у розплавленому металі з атмосфери кисню, азоту та водню.

Отримання якісного шва досягається за рахунок покриття на електроді, яке виконує такі функції:

- стабілізація горіння дуги (CaCO_3 та інші);
- шлаковий захист металевої ванни від дії атмосфери. Шлак, крім того, уповільнює охолодження шва;
- газовий захист дуги від дії атмосфери;
- легування зварювального шва порошковими добавками (Ni, Mn, Cr).

Подрібнені компоненти, які входять до складу покриття електроду перемішують із зв'язуючою речовиною (рідким склом Na_2SiO_3) і наносять на стрижень. При РДЗ метал шва складається з металу електроду. Для зниження схильності зварювального шва до утворення тріщин, стрижень електроду виготовляють з низьковуглецевої сталі у вигляді дроту із зниженим вмістом шкідливих домішок. Така сталь має підвищену кількість Si і Mn.

При ручному дуговому зварюванні використовується наступне обладнання і пристосування: джерело електричного струму, електродотримач, гнучкі проводи, щиток для захисту обличчя зварювальника. Електрод має вигляд стрижня діаметром 1,5...10 мм закріплюється в ручному електродотримачі (рис. 10.2).



1 – зварювальний шов; 2 – затверділий шлак; 3 – рідкий шлак, який покриває шлакову ванну; 4 – покриття електрода; 5 – металевий стрижень електрода;

6 – краплі розплавленого електродного металу; 7 – краплі розплавленого покриття електрода в зоні горіння дуги; 8 – зварювальна ванна, 9 – заготовка

Рисунок 10.2 – Схема ручного дугового зварювання покритим електродом

При дотику електрода до металевої зварювальної деталі, замикається електричне коло і зона контакту розігрівається до розплавлення. При відведенні електрода від деталі на відстань 3...5 мм відбувається випаровування розплаву та встановлюється стабільний дуговий розряд. Інтенсивне локальне нагрівання викликає розплавлення основного металу (металу деталі) в зоні горіння електричної зварювальної дуги. Одночасно відбувається розплавлення кінця електрода, і метал електрода стікає в розплавлену зварювальну ванну на місці формування зварювального шва.

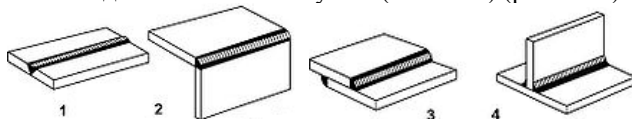
Зварювальник, утримуючи електрод, стежить за тим, щоб дуговий проміжок не змінювався, переміщує електрод уздовж зістикованих країв зварювальних деталей. При переміщенні електрода утворюється розплавлена зварювальна ванна з основного металу і металу електрода, яка через короткий проміжок часу кристалізується. В результаті проходження електричної зварювальної дуги по контуру зварювання утворюється зварювальний шов. При ручному дуговому зварюванні провар основного металу складає 2...3 мм.

Одержання рівномірного з основним металом зварювального шва досягається шляхом застосування наступних прийомів:

- виготовленням стрижня електрода із сталей легованих Mn, Ni, Cr;
- посилення (потовщення) зварювального шва;
- при зварюванні товстих заготовок провар на всю товщину досягається при заздалегідь розроблених кромках ($54...60^0$);
- при зварюванні тонких заготовок проводиться відбортовка;
- витікання розплавленого металу зі зварювальної ванни запобігається встановленням під місце стику деталей шлакових або мідних прокладок.

Зварювальні шви класифікуються за наступними ознаками:

- за положенням у просторі: нижні, горизонтальні, вертикальні, стельові. Найпростіші для виконання є нижні шви, найважчі – стельові;
- за відношенням до діючих зусиль: флангові, торцеві (лобові), комбіновані та косі;
- за довжиною: безперервні, переривчасті;
- за ступенем опуклості: нормальні, опуклі та увігнуті;
- за типом з'єднання: стикові і кутові (валикові) (рис. 10.3).



1 – стикове без розробки кромки, 2 – кутове, 3 – напускне, 4 – таврове

Рисунок 10.3 – Основні типи зварних з'єднань

До переваг ручного дугового зварювання відноситься:

- простота і маневреність зварювального обладнання;
- можливість зварювання різних марок матеріалів в різних просторових положеннях, у важкодоступних місцях, при монтажних роботах на будівництві.

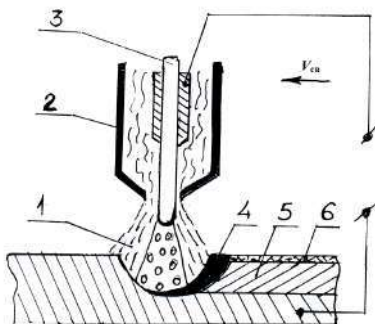
До недоліків ручного дугового зварювання відноситься:

- низька продуктивність, мала глибина проплавлення;
- погані санітарно-гігієнічні умови праці (бризки, ультрафіолетове випромінювання);
- якість зварювального шву залежить від кваліфікації зварювальника;
- пропалювання тонких листових заготовок.

10.4 Технологія дугового зварювання в атмосфері захисних газів

При зварюванні в атмосфері захисних газів повітря від зони горіння дуги, електроду і зварювальної ванни витісняється захисними газами, які подаються через сопло зварювальної головки безпосередньо у зону зварювання або наповнюють ними стаціонарні камери зі зварними виробами.

Залежно від вимог до виробів, матеріалів і умов зварювання здійснюють захист інертними або активними газами. Захисні гази стабілізують горіння дуги та захищають зварювальну ванну від контакту з атмосферою (рис. 10.4).



1 – захисний газ; 2 – сопло пальника; 3 – електродний дріт;
4 – зварювальна ванна; 5 – зварювальний шов; 6 – тонкий шар шлакової кірки

Рисунок 10.4 – Схема зварювання в захисних газах

Інертні гази не вступають у хімічні реакції з матеріалами електрода та зварювальних заготовок. Аргон і гелій використовують переважно для зварювання плавкими та неплавкими електродами легованих, зокрема корозійностійких, сталей, алюмінію, титану, цирконію та інших кольорових металів та їх сплавів.

Активні захисні гази, переважно вуглекислий газ, стабілізують горіння зварювальної дуги, але вступають у хімічні реакції з матеріалами електрода та зварюємих виробів.

До переваг зварювання в захисних газах відноситься:

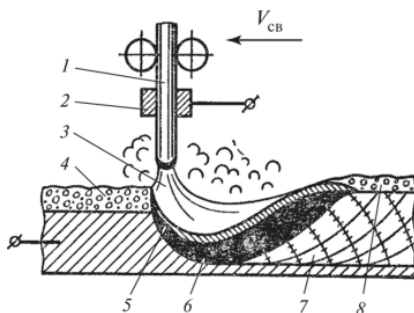
- більш висока продуктивність у порівнянні з РДЗ;
- низька вартість зварювання у вуглекислому газі;
- при зварюванні в інертних газах ефективний захист зварювальної ванни від дії атмосфери, відсутність окислів і шлаку на поверхні шва;
- зварювання металів різної товщини від долі міліметра до десятків міліметрів;
- відсутність необхідності застосування покриттів на електродах;
- широка можливість автоматизації та механізації зварювання.

Напівавтоматичне зварювання плавким електродом в атмосфері вуглекислого газу на сьогодні є найбільш поширеною технологією виготовлення сталевих металоконструкцій, газопроводів, корпусів суден, рам сівалок, кузовів автомобілів з конструкційних вуглецевих і низьколегованих сталей.

10.5 Технологія автоматичного електродугового зварювання під шаром флюсу

Особливістю технології автоматичного дугового зварювання металевим електродом під шаром флюсу є горіння зварювальної дуги під шаром гранульованого флюсу, який покриває зону зварювання. До складу флюсу входять шлакоутворюючі (для захисту шва від впливу зовнішнього середовища), легуючі та розкислювальні компоненти.

Електродом при зварюванні під шаром флюсу служить дріт діаметром 0,8...2 мм, який подається через шар флюсу до місця зварювання з котушки (рис. 10.5).



- 1 – електродний дріт; 2 – струмопровід; 3 – електрична зварювальна дуга;
4 – шар флюсу; 5 – розплавлений шлак; 6 – зварювальна ванна;
7 – зварювальний шов; 8 – затверділий шлак

Рисунок 10.5 – Схема автоматичного дугового зварювання під шаром флюсу

Зварювальна дуга горить під флюсом в газовому пухирі, що утворюється з шарів металу і продуктів розкладення флюсу:



Частина флюсу плавиться і утворює шлак, який ізолює розплавлений метал від атмосфери. Зварювальну дугу, яка горить під шаром флюсу, не видно. Охолодження шву під флюсом проходить більш повільно, що зменшує нахил до утворення тріщин у шві при затвердінні.

Процес зварювання допускає повну автоматизацію і може забезпечувати високу продуктивність при великій товщині зварювальних деталей. Дугове

зварювання під флюсом виконують зварювальними автоматами, зварювальними головками або самохідними тракторами, що переміщуються безпосередньо по виробу. Призначення зварювальних автоматів – подача електродного дроту в дугу і підтримка постійного режиму зварювання протягом усього процесу.

До переваг зварювання під шаром флюсу відноситься:

- продуктивність праці у порівнянні з ручним дуговим зварюванням підвищується у 6...12 разів (відсутня потреба у розробці кромки; прискорене розплавлення металу);
- підвищується якість металу зварювального шва;
- зменшуються витрати електродного металу (флюс захищає від розбризкування металу, відсутні огарки електродів);
- покращуються умови праці (зменшується виділення шкідливих газів, не потрібен захист від розбризкування металу і ультрафіолетового випромінювання).

До недоліків зварювання під шаром флюсу відноситься:

- неможливість візуально контролювати процес утворення зварювального шва.
- зварювання може виконуватися тільки при нижньому положенні шва.

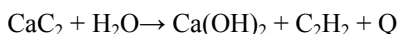
Автоматичне зварювання під флюсом застосовують у серійному та масовому виробництві, для виконання довгих прямолінійних і кільцевих швів на металі товщиною 2-100 мм. Автоматичне зварювання широко застосовують при виготовленні резервуарів для зберігання рідин і газів, труб, корпусів судів, мостових балок та інших виробів.

10.6 Технологія газового зварювання

При газовому зварюванні кромки зварювальних заготовок піддають місцевому нагріву до розплавлення високотемпературним полум'ям. Заповнення зазору між заготовками і підсилення зварювального шва проводиться при розплавленні присадочного дроту діаметром 1-5 мм. Змінюючи теплову потужність полум'я, його положення щодо місця зварювання і швидкість зварювання, зварювальник може регулювати в широких межах швидкість нагріву і охолодження металу, що зварюється. Основним інструментом газового зварювання служить газовий пальник. Пальник для газового зварювання – пристрій з регульованим змішуванням газів для створення спрямованого газового полум'я.

У якості горючого газу використовують ацетилен (C_2H_2) (рис. 10.6).

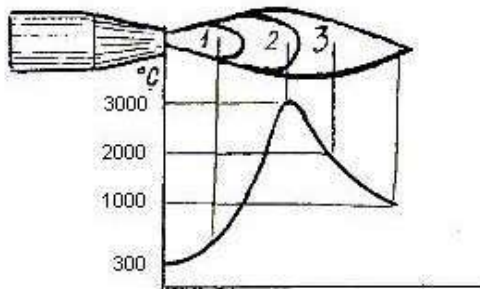
Використання ацетилену пов'язане з виділенням найбільшої кількості тепла порівняно з іншими розповсюдженими горючими газами. Ацетилен одержують в газогенераторах із карбіду кальцію при його взаємодії з водою.



При розкладанні 1 кг CaC_2 утворюється 250-300 літрів C_2H_2 .

Горіння ацетилену (до 3200⁰C) відбувається за рахунок кисню, який надходить з балону. Кисень постачається централізовано у балонах під тиском 150 атм і подається через редуктор, який знижує до 1 атм, до газозварювального пальника.

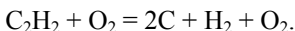
При газовому зварюванні переважно застосовують нормальне полум'я при співвідношенні кисню і ацетилену як (1,1 ... 1,2): 1, яке складається з трьох зон (рис.10.6).



1 – ядро; 2 – зварювальна зона; 3 – факел

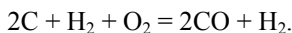
Рисунок 10.6 – Схема ацетиленокисневого полум'я

В першій зоні, яка називається ядром полум'я, проходить екзотермічний розпад ацетилену на його складові елементи:



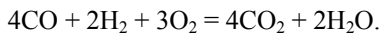
Температура в ядрі полум'я досягає 1000⁰C.

У зварювальній зоні, відбувається неповне згоряння вуглецю за реакцією:



Завдяки відновному характеру другої зони внаслідок присутності в ній оксиду вуглецю і водню, а також високої температури цієї частини полум'я, яка досягає 3150⁰C, метал зварюється другою зоною.

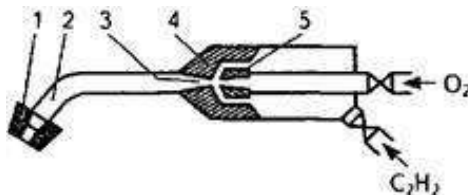
Третя зона називається факелом. В ній за рахунок кисню повітря проходить догоряння оксиду вуглецю і водню за рівнянням:



Температура третьої зони складає 1200⁰C.

При зварюванні зварювальник тримає пальник в правій руці, якщо ж потрібно додавання присадочного металу, то зварювальник тримає присадний пруток в лівій руці. Присадний пруток розташовується під кутом 45⁰ до поверхні металу, причому кінець його повинен бути занурений у ванну розплавленого металу.

Кисень подається в центральний канал пальника, де струмінь розширюється, виникає розрідження, що забезпечує засмоктування ацетилену. Гази змішуються в камері, після чого виходять назовні з наконечника (рис. 10.7).



- 1 – мундштук; 2 – наконечник; 3 – камера змішування;
4 – камера розрідження; 5 – інжектор

Рисунок 10.7 – Схема інжекторно-зварювального ацетиленового пальника

До переваг газового зварювання відноситься:

- поступовий прогрів металу, зменшується небезпека пропалювання листів;

- не потрібна електроенергія.

До недоліків газового зварювання відноситься:

- низька продуктивність при зварюванні металу більше 5 мм;

- при повільному нагріванні вироби суттєво деформуються.

Основні області раціонального застосування газового зварювання:

- зварювання сталі малої товщини 0,2...3 мм;

- зварювання кольорових металів з низькою температурою плавлення (мідні сплави);

- зварювання крихких металів для яких необхідне повільне нагрівання (чавун, інструментальна сталь);

- зварювання в польових умовах та при виконанні ремонтних робіт завдяки мобільності зварювального обладнання та відсутності потреби в використанні електричної енергії.

10.7 Технологія термомеханічного зварювання

Основним способом зварювання термомеханічного класу є електричне контактне зварювання. До 30% зварних з'єднань одержують цим способом.

Електроконтактне зварювання реалізується за рахунок короточасного пропускання електричного струму через місце контакту заготовок і подальшої пластичної деформації розігрітої ділянки контакту заготовок. Для цього до стиснених деталей через мідні електроди підводять електричний струм ($I = 1000 \dots 100000$ А, $U = 1 \dots 12$ В), протягом 0,001...2 сек.

Місце контакту заготовок характеризується підвищеним електричним опором, що забезпечує концентроване виділення тепла, метал прогрівається

до пластичного стану. Нагрівання здійснюється теплом, яке виділяється під час проходження електричного струму через з'єднувані деталі, що знаходяться у контакті. За законом Джоуля-Ленца, кількість теплової енергії, яка виділяється у зоні зварювання, визначається за формулою:

$$Q = I^2 R t, \quad (10.1)$$

де Q – кількість тепла, Дж;

I – сила зварювального струму, А;

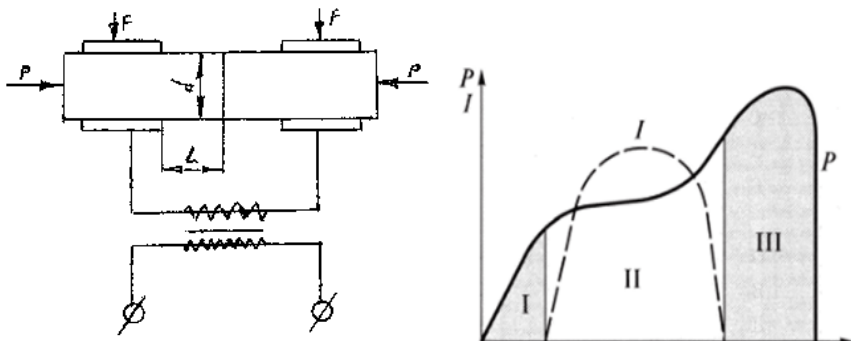
R – опір у зоні зварювання, Ом;

t – час проходження зварювального струму, с.

При подальшому стисканні між заготовками утворюється щільний контакт і зближення поверхонь з плавленням металу в зоні зварювання і утворенням литої структури (литого ядра).

Розрізняють три основні види електричного контактного зварювання – **стикове, точкове і роликове (шовне)**.

За допомогою стикового зварювання (рис. 10.8) з'єднують пруті, профільний прокат, труби по всій площі їх торців. Деталі затискають в електродах-лещатах, потім притискають одну до одної з'єднувальними поверхнями, і пропускають зварювальний струм, що індукуюється у вторинній обмотці зварювального трансформатора.



P – осьове зусилля; I – сила струму; t – час; I – попереднє притискання заготовок; II – розігрівання торців; III – проковка (притискання заготовок і витримка)

Рисунок 10.8 – Схема (а) та циклограма (б) стикового зварювання

Розрізняють стикове зварювання опором і оплавленням. При зварюванні опором деталі притискають із великим зусиллям (2...5 кгс/мм²). Зварювальний струм нагріває деталі до температури 0,8...0,9 від температури плавлення. У стику відбувається пластична деформація, з'єднання утворюється без розплавлення металу. Цим способом не завжди вдається

забезпечити рівномірне нагрівання деталей великого перетину по всій площі і досить повно виділити зі стику деталей окисні плівки. Тому стикове зварювання опором застосовують тільки для з'єднання деталей малого перетину (до 200...300 мм²): дровів, труб, прутів з низьковуглецевих сталей.

Етапи контактного зварювання опором:

1. Прикладання зусилля до зварювальних деталей.
2. Вмикання зварювального струму, розігрівання зони контакту деталей.
3. Вимикання електричного струму і підвищення зусилля осадки.

При зварюванні оплавленням деталі притискають одна до одної дуже малим зусиллям при ввімкненому зварювальному трансформаторі. Окремі контакти поверхонь миттєво оплавляються, виникають нові контакти, які теж оплавляються. Під дією електродинамічних сил рідкі прошарки металу оплавлених контактів разом з окислами і забрудненнями викидаються зі стику деталей. Поверхні поступово оплавляються, після чого зусилля стискування різко збільшують – відбувається осадження металу. При цьому протягом 0,1 с через стик ще пропускають струм. Рідкий метал разом із залишковими окислами, витісняється із зони стику в ґрат – з'єднання утворюється між твердими, але пластичними поверхнями. При зварюванні оплавленням хімічно активні зони металів у місцях з'єднання захищають інертними газами.

При точковому зварюванні деталі затискають між електродами і зварюють окремими точками (рис. 10.9). Сумарна товщина зварювальних деталей не повинна перевищувати 10...12 мм. Даний спосіб застосовується для зварювання сталі, алюмінієвих і мідних сплавів. При даному методі крайки призначених для з'єднання металевих листів, накладають один на одний з напуском, щоб можна було стиснути їх двома електродними стрижнями на час проходження потужного імпульсу струму. Місце контакту двох щільно стиснених поверхонь сильно нагрівається струмом, і в цьому місці вони сплавляються, утворюючи точкове з'єднання. Одночасно можна зварити одну, дві або кілька точок. Їхнє положення визначається розташуванням електродів точкової машини.

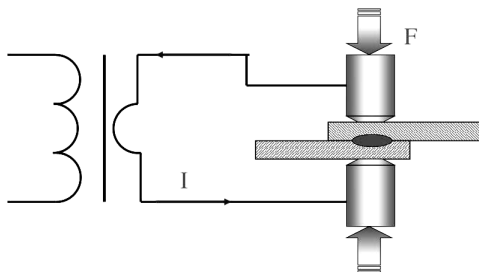
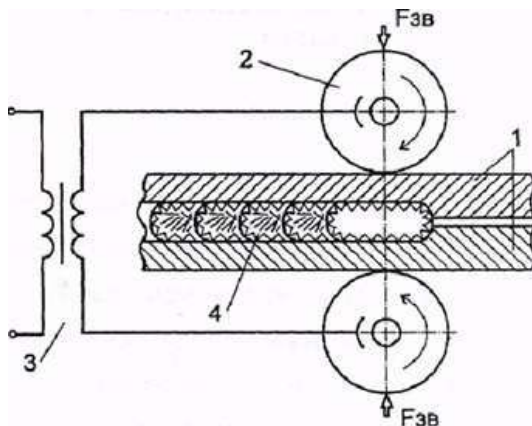


Рисунок 10.9 – Схема точкового зварювання

При шовному зварюванні (рис. 10.10) деталі з'єднують міцним герметичним швом, що складається з ряду точок, в яких кожна наступна

точка частково перекриває попередню. При шовному зварюванні деталі затискаються між мідними електродами-роliками, які в процесі зварювання обертаються, переміщуючи зварювані деталі. Імпульси зварювального струму здійснюють один за одним через установлену паузу.



1 – заготовки для зварювання; 2 – роliкові електроди; 3 – зварювальний трансформатор; 4 – зварне з'єднання

Рисунок 10.10 – Схема шовного зварювання

Переваги електричного контактного зварювання перед іншими способами:

- висока продуктивність (час зварювання однієї точки або стику становить 0,02...1,0 с);
- малі витрати допоміжних матеріалів (води, повітря);
- висока якість і надійність зварювальних з'єднань при невеликому числі параметрів, за якими потрібно слідкувати, що знижує вимоги до кваліфікації зварника;
- екологічно чистий процес, що легко піддається механізації і автоматизації.

Недоліками електричного контактного зварювання є:

- відносна складність устаткування;
- труднощі неруйнівного контролю зварювальних з'єднань;
- велике споживання електричної енергії.

10.8 Технологія зварювання тертям

Зварювання тертям – це різновид зварювання тиском, за якого нагрівання здійснюється тертям, що викликається відносним переміщенням зварювальних частин і інструменту (рис. 10.11). Дві заготовки, що підлягають зварюванню, встановлюють співвісно в затискачах машини. Коли температура нагрівання торця досягне 1300 і 1400 °С, обертання миттєво відключають і стискають деталі в осьовому напрямку зусиллям до 200-300 МПа. Частоту обертання деталі при зварюванні приймають у межах 2000-3000 хв⁻¹. При видавлюванні пластичного металу з стику в радіальних напрямках оксидні плівки, що покривають торцеві поверхні, видаляються з зони стику. Зварювання тертям застосовують для з'єднання частин валів та інших круглих стержнів, труб, хвостовиків різального інструменту.

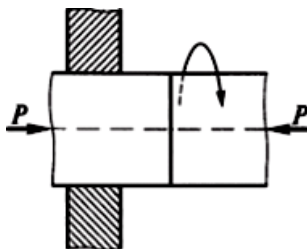


Рисунок 10.11 – Схема ротаційного зварювання тертям

До енергетичних і технологічних переваг зварювання тертям відносяться:

- високий ККД процесу внаслідок локального генерування теплоти і малого об'єму металу, що нагрівається;
- нижчі (в 5...10 разів) витрати енергії, ніж при контактному стиковому зварюванні;
- висока продуктивність процесу (в залежності від виду матеріалу і розмірів перетину заготовок тривалість циклу їх нагрівання становить 2...30 с);
- наявність в металі зварювального шва та прилеглих до нього зон таких же показників міцності і пластичності, як у матеріалі заготовок;
- відсутність залежності якості зварювального шва від чистоти поверхні торців зварювальних заготовок;
- можливість зварювання як однойменних, так і різнойменних металів (наприклад, алюмінію зі сталлю, міді зі сталлю, титану з алюмінієм, міді з алюмінієм);
- простота механізації і автоматизації процесу зварювання (основні технологічні параметри процесу легко програмуються).

До недоліків можна віднести те, що зварювання тертям не є універсальним процесом. З його допомогою можуть здійснюватися з'єднання лише таких заготовок, з яких хоча б одна є тілом обертання (круглий стрижень або труба), вісь якої збігається з віссю обертання.

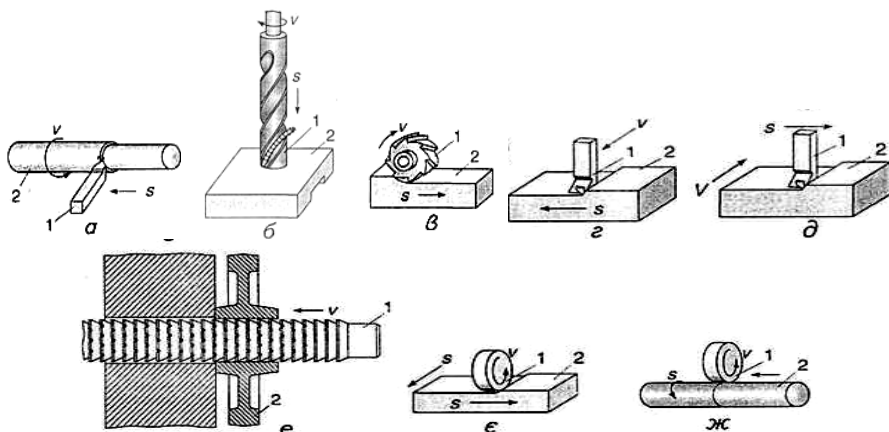
10.9 Питання для самоперевірки та закріплення набутих знань

1. Ручне дугове зварювання.
2. Технологія автоматичного дугового зварювання.
3. Технологія зварювання під шаром флюсу.
4. Технологія зварювання плавкими електродами
5. Технологія зварювання неплавким електродами.
6. Технологія зварювання в захисних газах.
7. Технологія газового зварювання.
8. Технологія електроконтактного зварювання.
9. Види електроконтактного зварювання (точкове, стикове та шовне).
10. У чому полягає сутність газового зварювання?
11. Які горючі гази застосовуються при газовому зварюванні? Чому ацетилен є найкращим для газового зварювання?
12. Що собою представляє ацетиленове зварювальне полум'я? Яка його будова?
13. Які існують способи отримання ацетилену з карбїду кальцію? Яке застосовується для цього обладнання? Поясніти принцип роботи ацетиленового генератора.
14. Для чого служать газові пальники? Яке їхнє улаштування?
15. Яка область застосування газового зварювання?

РОЗДАЛ 11 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

11.1 Фізико-механічні основи обробки металів різанням. Класифікація рухів в металорізальних верстатах

Обробка матеріалів різанням – технологічний процес надання заготовці необхідної форми за допомогою різального інструмента (рис. 11.1). Обробка різанням полягає в знятті з поверхні заготовок спеціально передбаченого шару металу – припуску на обробку. Обробка різанням є складним і дорогим процесом, який відрізняється великою трудомісткістю і значними втратами металу – до 25 %. Обробка металів різанням – це заключна операція деталей машин. В результаті видалення припуску заготовка набуває більш правильну форму, точні розміри і необхідну чистоту поверхні, тобто перетворюється в деталь.



а – точення *б* – свердління; *в* – фрезерування; *г* – поперечне стругання;

д – поздовжнє стругання; *е* – протягування;

є – плоске шліфування; *ж* – кругле шліфування;

1 – різальний інструмент; 2 – заготовка

Рисунок 11.1 – Види обробки різанням

Важливим критерієм оцінки ефективності обробки металів різанням є продуктивність використовуваних металорізальних верстатів, їх точність, надійність і універсальність. Продуктивність оцінюється здатністю верстата забезпечити обробку певної кількості деталей за одиницю часу.

Види обробки металів різанням розрізняють залежно від конструкції металорізального верстата, виду різального інструмента та від характеру відносних рухів інструмента і заготовки.

За технологічними ознаками (залежно від характеру обробки) верстати поділяють на групи: токарні; свердлильні й розточувальні; шліфувальні, фрезерні тощо. Щоб виконати обробку поверхні заготовки і одержати деталь заданої форми, необхідно закріпити на верстаті заготовку і різальний інструмент та переміщувати їх в процесі обробки один відносно одного. Усі види руху при обробці різанням поділяються на три групи: робочі рухи, установчі, допоміжні. Рухами різання називають такі рухи, які забезпечують знімання з заготовки шару металу або викликають зміну стану обробленої поверхні заготовки.

Для виконання обробки різанням на верстаті обов'язково мають виконуватись два робочі рухи:

- головний рух різання забезпечує безпосереднє знімання стружки. Він визначає швидкість врізання леза інструменту в оброблюваний матеріал і відділення від нього стружки;

- рух подачі забезпечує безперервне врізання інструменту у нові шари металу заготовки. Залежно від напрямку руху відносно заготовки подача може бути поздовжньою, поперечною, похилою, вертикальною, тангенціальною, круговою тощо.

Головний рух найчастіше буває обертальним (токарні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні верстати), поступальним (протяжні верстати) або зворотно-поступальним (довбальні та стругальні верстати). Він може надаватися заготовці (токарні, поздовжньо-стругальні верстати), інструменту (свердлильні, фрезерні, шліфувальні, поперечно-стругальні верстати) або і заготовці, і інструменту одночасно (наприклад, при свердлінні дрібних отворів або нарізанні різі на токарних верстатах).

Рух подачі у більшості видів обробки є поступальним. Він може надаватися як інструменту (токарні, свердлильні верстати), так і заготовці (фрезерні, довбальні, стругальні, плоскошліфувальні верстати). В деяких випадках рух подачі може надаватися одночасно як інструменту, так і заготовці. Наприклад, при круглому шліфуванні валів рухами подачі є поздовжнє пересування шліфувального круга (інструмента) і обертання заготовки. Останній рух називається коловою подачею. У верстатах з обертальним головним рухом рух подачі безперервний, отже і процес різання також безперервний. У верстатах із зворотно-поступальним головним рухом, де робочий рух чергується з холостим, рух подачі здійснюється перед початком кожного робочого ходу, таким чином, процес різання є переривчастим. В металообробці швидкість головного руху позначають латинською літерою v , величину подачі – s .

Рухи, які забезпечують задане розміщення інструмента відносно заготовки перед початком обробки, називають установчими.

Схеми обробки заготовки наведено на рис. 11.2.

Під схемою обробки розуміють умовне зображення оброблюваної заготовки, її установки й закріплення на верстаті з позначенням положення

різального інструменту відносно заготовки й рухів різання. Інструмент показують у положенні, що відповідає закінченню обробки поверхні заготовки. Оброблену поверхню виділяють потовщеними лініями. На схемах обробки показують характер рухів різання та їх технологічне призначення, використовуючи умовні позначення: поздовжню подачу S_{np} , поперечну – S_t , установочний рух – St . В процесі різання розрізняють оброблювану поверхню, оброблену і поверхню різання.

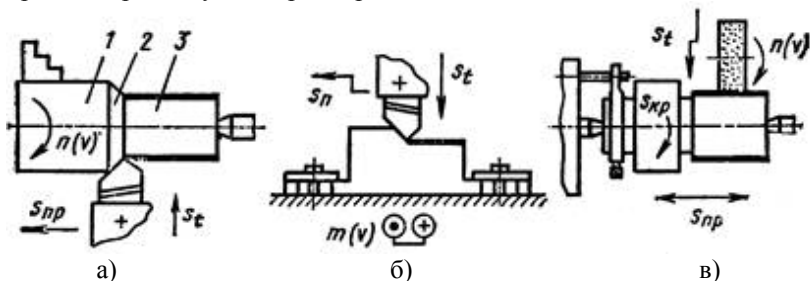


Рисунок 11.2 – Схеми обробок заготовок точінням (а), струганням (б), шліфуванням (в)

Режими різання.

Основними елементами режиму різання є швидкість різання, подача і глибина різання. Швидкістю різання v називають відстань, яку проходить точка різальної кромки інструмента відносно заготовки за одиницю часу. Швидкість різання має розмірність м/хв або м/с. Якщо головний рух обертальний, то швидкість різання визначається за формулою:

$$V = Dn/1000, \text{ м/хв}, \quad (11.1)$$

де D – діаметр органу, який здійснює головний рух, мм;

n – частота обертання цього органу за хвилину.

Якщо головний рух зворотно-поступальний, а швидкості робочого і холостого ходів різні, то швидкість різання

$$v = Lm(k1)/100, \text{ м/хв}, \quad (11.2)$$

де L – довжина ходу інструмента чи заготовки (при поздовжньому струганні), мм;

m – число подвійних ходів інструмента чи заготовки за хвилину;

k – коефіцієнт, який показує відношення швидкостей робочого і холостого ходів. Якщо ці швидкості однакові, то остання формула матиме вигляд:

$$v = 2Lm/100. \quad (11.3)$$

Подачею s називають шлях точки різальної кромки інструмента відносно заготовки в напрямі руху подачі за один оберт чи за один хід

заготовки або інструмента. Подача в залежності від технологічного способу обробки має розмірність: мм/об. – для точіння і свердління; мм/подвійний хід – для довбання, стругання та шліфування; мм/зуб. – для фрезерування.

11.2 Класифікація та нумерація металорізальних верстатів

Сучасні металорізальні верстати – це різноманітні та досконалі робочі машини, на яких здійснюється обробка заготовок з метою надання їм необхідних розмірів, форми і якості поверхонь. Використовуючи механічні, електричні та гідравлічні методи здійснення рухів і керування робочим циклом, обробкою на металорізальних верстатах вирішуються найскладніші технологічні задачі з виготовлення деталей будь-яких розмірів, маси, форми, точності, із будь-яких матеріалів практично для кожної галузі машинобудування.

В основу системи класифікації металорізальних верстатів покладено технологічний метод обробки заготовок у відповідності з такими ознаками, як вид різального інструмента, характер оброблюваної заготовки та схема обробки. За цією системою металорізальні верстати поділені на дев'ять груп:

- 1 – токарні верстати;
- 2 – свердлильні й розточувальні;
- 3 – шліфувальні;
- 4 – комбіновані;
- 5 – верстати для обробки зубчастих коліс і нарізання різьб;
- 6 – фрезерні;
- 7 – стругальні, довбальні та протяжні;
- 8 – розрізні;
- 9 – різні верстати та пристрої, що не ввійшли до жодної з перелічених груп (балансувальні, ділильні, для виготовлення пилок тощо).

В кожній групі верстати об'єднані за спільністю технологічного методу обробки або близькі за призначенням (наприклад, свердлильні та розточувальні). Кожна група верстатів поділяється на дев'ять типів за технологічним призначенням, конструктивними особливостями, кількістю головних робочих органів, ступенем універсальності тощо. В середині кожного типу верстати різняться своїми характерними, притаманними кожному типу розмірами. У відповідності з прийнятою системою класифікації кожній моделі верстата присвоюють певний номер, що складається з трьох або чотирьох цифр і літер.

Перша цифра вказує на групу верстата, друга – на тип у цій групі. Третя або третя та четверта цифри показують умовний розмір верстата: для токарних верстатів – це висота центрів над станиною в сантиметрах або дециметрах, для свердлильних – максимальний діаметр отвору, який можна просвердлити на цьому верстаті, для фрезерних – умовний розмір стола

тощо. Літера, що стоїть після першої або другої цифри, вказує на модернізацію (поліпшення) основної базової моделі верстата, а літера, що стоїть у кінці номера, означає модифікацію (видозміну) базової моделі. Приклади нумерації верстатів: 162 – це верстат токарної групи (1), токарно-гвинторізальний (6), висота центрів 2дм (200 мм); 1А62, 1К62 – це токарно-гвинторізальні верстати, основна базова модель яких (162) пройшла послідовну модернізацію (літери А і К) із поліпшенням конструкції, зокрема, із підвищенням потужності та діапазону частот обертання шпинделя; номер 2135 означає, що це верстат належить свердлильній групі (2), вертикально-свердлильний (1), із найбільшим діаметром свердління 35 мм. За рівнем спеціалізації розрізняють верстати універсальні, призначені для виконання різноманітних робіт із використанням заготовок багатьох найменувань в умовах одиничного, дрібносерійного та ремонтного виробництв; спеціалізовані, на яких обробляють деталі одного найменування, але різних розмірів, наприклад, колінчасті вали; спеціальні, на яких виконують певний вид робіт на одній певній деталі в масовому виробництві. За ступенем точності верстати поділяють на п'ять класів: Н – нормальної точності, П – підвищеної, В – високої, А – особливо високої точності, С – особливо точні верстати. За ступенем автоматизації розрізняють верстати з ручним керуванням, напівавтомати, автомати та верстати з програмним керуванням. **Автоматами** називають верстати, на яких після їх включення всі операції здійснюються автоматично без участі оператора за циклом, що періодично повторюється. **Напівавтоматами** називають верстати, в яких весь цикл обробки заготовки та зупинки верстата після її закінчення виконується автоматично, а установка, зняття заготовок та пуск верстата виконується вручну. До циклу входить встановлення й закріплення заготовки на верстаті, обробка її поверхонь, знімання обробленої деталі, подача і закріплення наступної заготовки.

Металорізальні верстати поділяють на універсальні і спеціальні. Універсальні призначені для виконання різноманітних операцій при виготовленні деталей, різних за розмірами і формою, спеціалізовані – для обробки однотипних деталей різних розмірів; спеціальні – для виготовлення деталей одного типорозміру.

Сучасне виробництво вимагає поєднання одночасного виконання кількох операцій, легко переналагоджуватися, швидко окуплюватися. У найбільшій мірі цим вимогам відповідає агрегатоване обладнання – це верстати створені поєднанням одночасної роботи стандартних збиральних одиниць (свердлильних, фрезерних головок). Заготовку закріплюють на столі верстата і обробляють з трьох сторін одночасно кількома інструментами.

Гнучкі оброблюючі центри створюються на основі верстатів з числовим програмним керуванням. Верстати з ЧПК працюють в автоматичному режимі, використовуючи різні види інструментів. Переналадка верстата на обробку іншої деталі виконується шляхом зміни

комп'ютерної програми. Це дозволяє автоматизувати обробку в умовах дрібносерійного та індивідуального виробництва. Сучасні керуючі програми дозволяють з'єднати робоче місце конструктора з верстатом, що скорочує час виготовлення зразка.

Металорізальні верстати із системами числового програмного керування (ЧПК) мають високий рівень автоматизації, включаючи автоматичну заміну різальних інструментів і заготовок, зміну режимів різання, отримання заданих розмірів поверхонь деталей. Їх застосовують як для виконання простих операцій (свердління отворів, обточування валів тощо), так і для обробки складних фасонних поверхонь.

11.3 Обробка на токарних верстатах

Верстати токарної групи використовують для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних, фасонних поверхонь обертання, а також для обробки площин, перпендикулярних до осі обертання заготовки, на них нарізають зовнішні і внутрішні різі.

У верстатів токарної групи використовується два види руху: обертальний рух заготовки (рух різання) і поступальний рух інструмента (рух подачі), що забезпечують безперервність процесу різання (рис. 11.3).

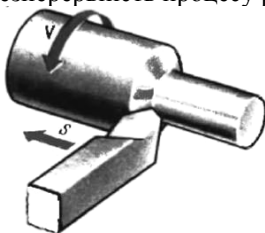


Рисунок 11.3 – Процес різання при токарній обробці

Для верстатів токарної групи основним інструментом є різець (рис. 11.4).

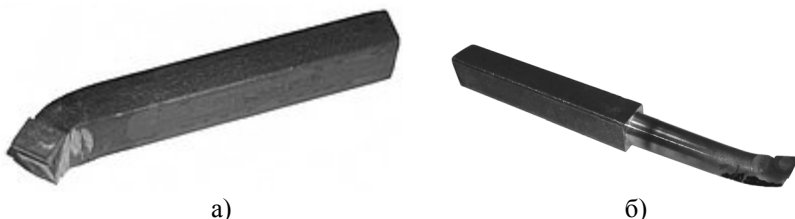
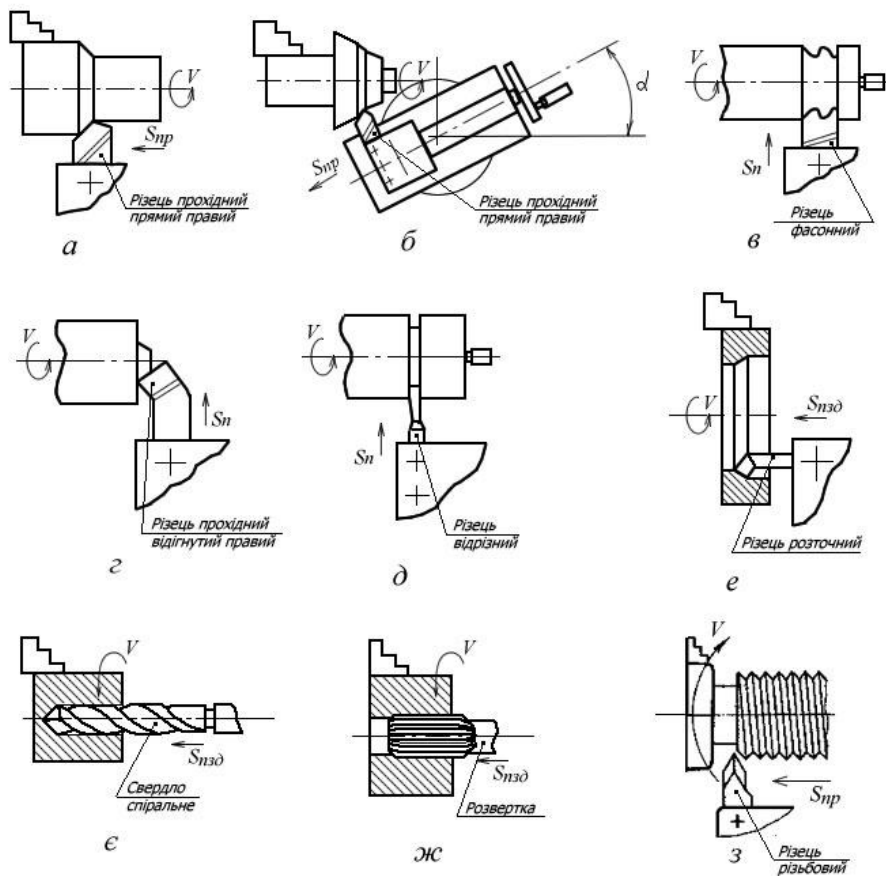


Рисунок 11.4 – Прохідний (а) та розточний (б) різці

На токарно-гвинторізальних верстатах різцем наносять нарізи на циліндричних і конічних поверхнях, а також спіральні канавки на торцевих

поверхнях заготовок. Схеми обробки на токарних верстатах наведені на рис. 11.5.



- а – точіння циліндричної поверхні; б – точіння конічної поверхні;
 в – точіння фасонної поверхні; г – підрізання торця;
 д – відрізання готової деталі; е – розточування отвору;
 є – свердління осьового отвору; ж – розвертування осьового отвору;
 з – нарізання різи

Рисунок 11.5 – Схеми обробки на токарних верстатах

Для нанесення різей застосовують плашки і мітчики, а для оброблення отворів – свердла, зенкери, розвертки. Отвори розточуються різцями при необхідності додержання точної співвісності отворів.

11.4 Обробка на свердлильних верстатах

Свердління – найпоширеніший спосіб виготовлення отворів у суцільному матеріалі з використанням свердла. Збільшення вже існуючих отворів свердлом називають розсвердлюванням. Підвищенню якості обробки сприяє, в основному, збільшення кількості зубців та оптимальне заточення інструменту. Отвори високої якості отримують послідовною обробкою: свердлінням, зенкеруванням, розвертуванням (рис. 11.6).

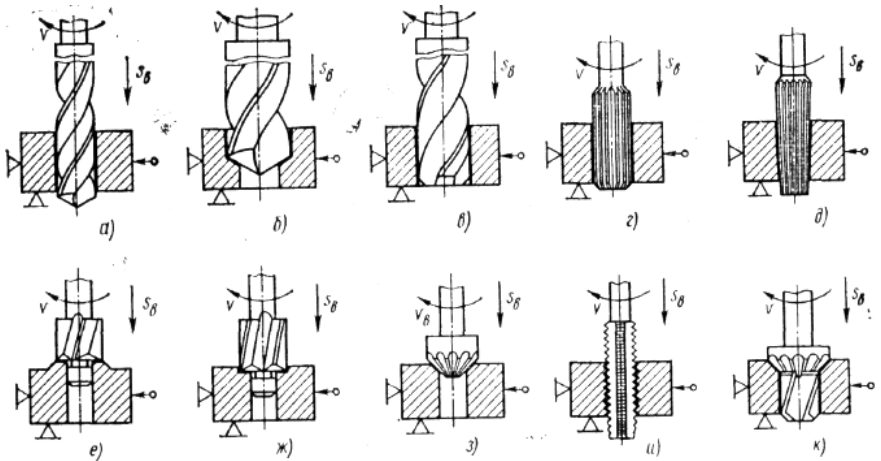


Рисунок 11.6 – Схеми свердління (а), розсвердлювання (б), зенкерування (в), розвертування (г, д); цекування (е, ж); зенкування (з); нарізання різі (и); комбіноване зенкерування – зенкування (к)

Обробка циліндричних литих, штампованих або попередньо просвердлених отворів зенкером для надання їм необхідної геометричної форми, розмірів і шорсткості поверхні називають **зенкеруванням**. Зенкер, що використовується для цього, має конструктивні елементи, подібні до свердла. На відміну від свердла зенкер не має поперечного леза та має три або чотири різальних леза. Отвори розточуються різцями при необхідності додержання точної співвісності отворів.

Обробка отворів з метою отримання точних розмірів і малої шорсткості називають **розвертуванням**. Робоча частина розвертки має 6-12 ріжучих лез, що забезпечує рівномірне зрізання тонкого шару металу. Робоча частина розвертки, має заборний конус і калібруючу частину, далі за нею

розміщується ділянка зі зворотним конусом для зменшення тертя при обробці довгих отворів.

Зенкування – це утворення циліндричних або конічних заглиблень у попередньо зроблених отворах під головки болтів, гвинтів тощо. Здійснюють зенкування за допомогою циліндричних або конічних зенкерів (зенковок).

Цекування – це обробка торцевих плоских поверхонь під гайки, шайби і кільця з використанням ножів (пластин) або торцевих зенкерів.

11.5 Обробка на фрезерних верстатах

Фрезерування – це процес обробки металу різанням, під час якого багатолезовий інструмент (фреза) здійснює головний обертальний рух, а заготовка – поступальний рух подачі. Фрезерування – один з найпродуктивніших і найпоширеніших методів обробки різанням. На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні й похилі площини, фасонні поверхні; фрезерують пази і шпоночні канавки, зубці прямозубчастих й гвинтових зубчастих коліс; набором фрез обробляють складні поверхні, виконують нарізи (рис.11.7).

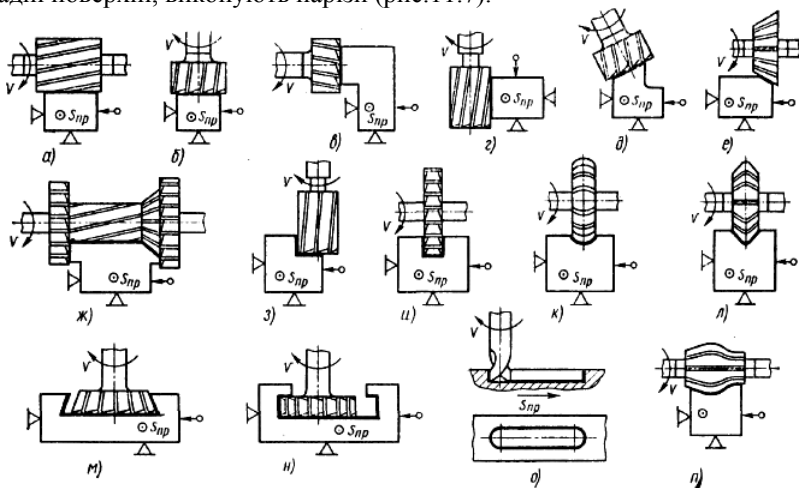


Рисунок 11.7 – Фрезерні роботи: *а* – обробка горизонтальної поверхні циліндричною фрезою; *б* – обробка горизонтальної поверхні торцевою фрезою; *в* – обробка вертикальної поверхні торцевою фрезою; *г* – обробка вертикальної поверхні кінцевою фрезою; *д* – обробка похилої поверхні торцевою фрезою; *е* – обробка похилої поверхні дисковою кутовою фрезою; *ж* – фрезерування набором фрез; *з* – фрезерування уступу кінцевою фрезою; *и* – обробка прямокутного пазу дисковою фрезою; *к, л* – фрезерування фасонних канавок дисковими фрезами; *м* – обробка пазу типу ластівчиного хвоста пазовою фрезою;

n – обробка Т – подібного пазу пазовою фрезою; *o* – обробка шпонкового пазу шпонковою фрезою; *n* – фрезерування фасонних поверхнь фасонними фрезами відповідного профілю

Фреза – це інструмент у формі тіла обертання, на поверхні якого розміщені різальні зубці (рис. 11.8).



Рисунок 11.8 – Циліндрична фреза

Залежно від форми і призначення фрези поділяють на: циліндричні; торцеві; дискові; кінцеві, кутові тощо. Циліндричні фрези мають зубці тільки на циліндричній поверхні. Застосовуються вони для обробки площин. Торцеві фрези також застосовують для обробки площин. Вони оснащені зубцями на торці й на боковій поверхні. Кінцеві фрези застосовують для виготовлення прямолінійних пазів, канавок, для обробки площин.

Найбільш продуктивною є обробка площин торцевими фрезами, оснащеними пластинками з твердих сплавів.

Дискові фрези – це дискові фрези малої товщини. Вони призначені для розрізання металу і прорізування вузьких канавок (наприклад, на головках гвинтів).

Існує багато типів фрезерних верстатів: консольно-фрезерні, поздовжньо-фрезерні та інші. Консольно-фрезерні підрозділяють на горизонтально-фрезерні (рис. 11.9), універсально-фрезерні, вертикально-фрезерні (рис. 11.10), широкоуніверсальні.

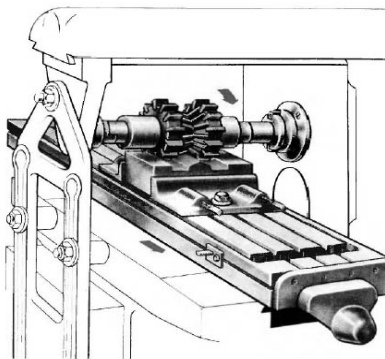


Рисунок 11.9 – Обробка заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті



Рисунок 11.10 – Вертикально-фрезерний верстат

В горизонтально-фрезерному верстаті шпиндельний вал розташований горизонтально, а в вертикально-фрезерному – вертикально.

11.6 Шліфування

Шліфування – це процес обробки поверхні металу абразивним інструментом, який складається із зерен абразивного матеріалу, скріплених між собою зв'язуючою речовиною (шліфувальними кругами, брусками, шкуркою) (рис. 11.11).

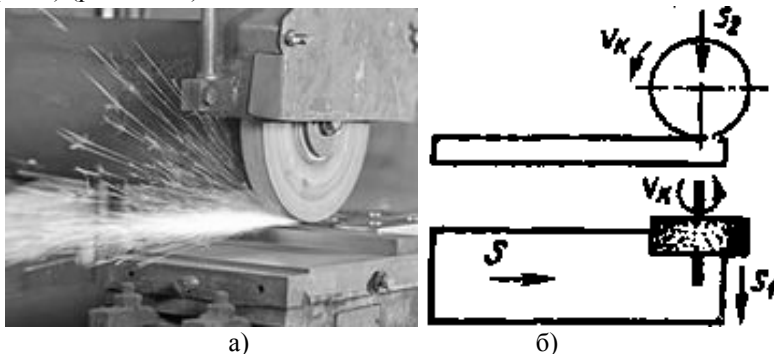


Рисунок 11.11 – Загальний вигляд плоского шліфування (а);
схема плоского шліфування (б)

Під час шліфування плоских поверхонь різальний інструмент (шліфувальний круг) здійснює обертальний (головний рух), а заготовка – поступальний (рух подачі). Якщо шліфують циліндричні поверхні, то

заготовка й інструмент можуть одночасно рухатись і поступально й обертально. Шліфування є основним методом одержання виробів високої точності з незначною шорсткістю поверхні та застосовується переважно для завершальної чистової обробки.

11.7 Збирання машин

Машини складаються з окремих деталей. Збирання – процес з'єднання, установки та фіксації деталей у виріб. Збирання – заключна стадія технологічного процесу виготовлення складних виробів. Трудомісткість збирання складає 20...50% від загальної трудомісткості машини.

Розділяють наступні види збирання:

- збирання за принципом повної взаємозамінності, коли будь-яку деталь у процесі збирання можливо замінити іншою, без будь-якої підгонки і переробки (використовується у масовому виробництві);
- збирання за принципом обмеженої взаємозамінності (серійне виробництво);
- збирання за принципом індивідуальної підгонки (одиничне виробництво).

Існують наступні організаційні методи збирання:

- поточне збирання з безперервним або періодичним переміщенням деталей або збиральних одиниць;
- поточне стаціонарне збирання з послідовним переміщенням бригад по спеціальних робочих місцях;
- концентроване стаціонарне збирання для малих обсягів виробництва, яке виконується від початку до кінця однією комплексною бригадою на одному робочому місці без переміщення виробу.

Перед збиранням з машини виділяють збиральні одиниці та збиральні групи, які можливо збирати незалежно та ізольовано одна від однієї. Потім їх об'єднують на операціях монтажу машини, у збиральному комплекті виділяють базову деталь, на яку послідовно встановлюють деталі та збиральні одиниці (станки, рами, кузова, корпуси коробок).

Технологічний процес збирання складається із з'єднання деталей та збиральних одиниць шляхом приведення їх до взаємного контакту, перевірка точності відносного положення, регулювання з метою отримання заданої точності, закріплення встановлених деталей. Для збирання характерні наступні параметри.

Темп збирання – період між виходом із збирання двох суміжних готових виробів.

Цикл збирання – час від моменту надходження деталі на збирання до випуску зібраного виробу.

11.8 Інструментальні матеріали

Різальні інструменти працюють в умовах високого тиску, температури й тертя. З метою забезпечення ефективної обробки ріжучу частину інструментів виготовляють з інструментальних сталей або твердих сплавів. Матеріал робочої частини інструменту повинен мати високу твердість і високі допустимі напруження на згинання, розтягнення, стиснення, кручення. Твердість матеріалу робочої частини інструменту повинна значно перевищувати твердість матеріалу заготовки. Інструментальні матеріали повинні мати високу теплостійкість, тобто зберігати високу твердість при значних температурах нагрівання. Однією з найважливіших характеристик матеріалу робочої частини інструменту є зносостійкість. Чим вища зносостійкість, тим повільніше спрацюється інструмент і тим меншою буде різниця розмірів деталей, які послідовно оброблюються одним і тим же інструментом. Інструментальні матеріали поділяються на:

- інструментальні сталі;
- тверді сплави;
- мінералокерамічні матеріали;
- абразивні матеріали.

Інструментальні сталі. Вуглецеві інструментальні сталі вміщують 0,9...1,3% С. Для виготовлення інструментів застосовують якісні сталі У10А, У11А, У12А. Після термічної обробки сталі мають твердість HRC 60...62, теплостійкість 200°C. Допустима швидкість різання інструментом з таких сталей не перевищує 15...18 м/хв. Вони мають обмежене застосування. З них виготовляють мітчики, плашки, наждакові полотна.

Леговані інструментальні сталі виготовляють на базі вуглецевих інструментальних сталей, легуючи їх незначними кількостями хрому (Х), вольфраму (В), марганцю (Г), кремнію (С), ванадію (Ф). Після термічної обробки вони мають твердість НЖС 62...64, теплостійкість 250...300°C. Допустимі швидкості різання 15...25 м/хв.

Для виготовлення протяжок, свердел, мітчиків, плашок, розверток використовують сталі 9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9Х5ВФ та ін. Швидкорізальні сталі вміщують 8,5...19% вольфраму, 3,8...4,4% хрому (Х), 2...10% кобальту (К), ванадію (Ф) і молібдену (М). Для виготовлення різальних інструментів використовують сталі Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2 та ін. (літера Р показує, що сталь швидкорізальна, число після неї вказує на вміст вольфраму в процентах).

Різальний інструмент з такої сталі після термічної обробки має твердість НЖС 62...65, теплостійкість 600...630°C, підвищену зносостійкість і може працювати зі швидкостями різання до 80 м/хв. Зі швидкорізальних сталей виготовляють різці, фрези, зенкери, протяжки, розвертки, довбачі, шевери тощо.

Тверді сплави. Тверді сплави – це суміш подрібнених порошків карбідів вольфраму (WC), карбідів титану (TiC) і карбідів танталу (TaC), а також порошку кобальта (Co). Тверді сплави застосовують у вигляді пластинок певної форми й розмірів, виготовлених методом порошкової металургії. Пластинки попередньо пресують, а потім спікають при температурі 1500...1900°C.

Пластинками оснащують різці, свердла, фрези та інші інструменти. Припаюють їх латунними припоями або прикріплюють механічним способом.

Розрізняють тверді сплави:

- вольфрамові – BK2, BK3, BK3M, BK4B, BK6M, BK10 та ін.;

- титано-вольфрамові – T30K4, T15K6, T5K10, T5K12B та ін.;

- титано-тантало-вольфрамові – TT7K12, TT20K9 та ін. В марках твердих сплавів перші літери показують групу, до якої відноситься твердий сплав (BK – вольфрамова, T – титано-вольфрамова, TT – титано-тантало-вольфрамова), цифри у вольфрамовій групі – вміст кобальту, перші цифри в титано-вольфрамовій групі – вміст карбіду титану, а другі цифри – вміст кобальту.

Перші цифри в титано-тантало-вольфрамовій групі – вміст карбідів титану й танталу, а другі цифри – вміст кобальту. Решта у всіх групах – карбіди вольфраму. Літера M в марці сплаву означає, що сплав виготовлений з дрібних порошків, літера B – із крупнозернистого карбіду вольфраму. Пластинки твердого сплаву мають твердість HЯА 86...90, високу зносостійкість і теплостійкість 800...1000°C, що дозволяє вести обробку зі швидкостями різання до 800 м/хв.

11.9 Мінералокераміка

Мінералокераміка – синтетичний матеріал на основі глинозему (AL2O3), з якого методом порошкової металургії пресують і спікають при температурі 1720...1750 С пластинки, які прикріплюють до державок різців чи корпусів інструментів. Високі твердість, теплостійкість (до 1200 °C) і зносостійкість дозволяють працювати зі швидкостями різання до 1000 м/хв. Недоліками мінералокераміки є низька міцність і крихкість, що обмежує її використання. Інструменти, оснащені пластинками з мінералокераміки, можна ефективно використовувати в умовах безударних навантажень при напівчистовій і чистовій обробці деталей зі сталі і кольорових металів. Для підвищення експлуатаційних характеристик інструментів із пластинками з мінералокераміки до неї додають W, Mo, B, Ti, Ni. Такі матеріали називають керметами. Кермети можна ефективно використовувати при обробці деталей з важкооброблюваних матеріалів.

11.10 Абразивні матеріали

Абразивними називаються матеріали, які використовуються для виготовлення абразивного інструмента – шліфувальних кругів, брусків тощо. У промисловості застосовують переважно штучні абразивні матеріали: електрокорунд (Al_2O_3), карборунд SiC, синтетичні алмази, ельбор. Електрокорунд виготовляють із глинозему плавленням в електропечах. Залежно від вмісту в ньому чистого оксиду алюмінію електрокорунд поділяють на електрокорунд нормальний (12А, 13А), білий електрокорунд (22А, 23А), хромистий електрокорунд (37А), монокорунд(43А). Інструмент з електрокорунду використовують, головним чином, для обробки загартованої і термічно необробленої сталі, ковкого чавуну, бронзи та ін. Карборунд (карбід кремнію) теж виготовляють в електропечах із суміші антрациту і кварцового піску. Порівняно з електрокорундом карборунд більш твердий і крихкий. Чорний карбід кремнію (53С, 54С) застосовують для шліфування чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів. Зелений карбід кремнію (63С, 64С) використовують для обробки твердих сплавів. Синтетичні алмази застосовують для остаточного шліфування твердосплавного інструмента й особливо тонкої чистової обробки. Ельбор (кубічний нітрид бору) має більшу теплостійкість, ніж алмаз, і використовується для обробки високотвердих матеріалів і конструкційних сталей.

11.11 Питання для самоперевірки та закріплення набутих знань

1. Як класифікуються рухи в металорізальних верстатах?
2. Що називається схемою обробки?
3. Що відноситься до основних параметрів режиму різання?
4. Які бувають види стружки?
5. Якими явищами супроводжується процес різання?
6. Які вимоги повинні задовольняти інструментальні матеріали?
7. Як класифікують інструментальні матеріали?
8. Як класифікують і маркують інструментальні сталі?
9. Які інструментальні тверді сплави застосовуються в металообробці?
10. Як вони маркуються та які їх властивості?
11. З яких матеріалів виготовляють абразивний інструмент?
12. Як позначають металорізальні верстати?
13. За якими ознаками класифікують металорізальні верстати?
14. Що називається кінематичною парою, кінематичним ланцюгом, кінематичною схемою?

РОЗДІЛ 12 ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ І ПРОДУКЦІЯ ХІМІЧНОЇ ТА НАФТОХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

12.1 Загальні відомості про хімічне виробництво і продукцію неорганічної хімії

Хімічна промисловість дала людству тисячі нових речовин, які в природі не існують, і за допомогою яких людство отримало нові конструкційні матеріали. Це стало поштовхом для розвитку усіх інших галузей виробництва. Продукція сучасного хімічного виробництва забезпечує сучасний автомобільний і авіаційний транспорт (шини, паливо), будівництво (нові будівельні матеріали), легку промисловість (тканини), фармакологію (компоненти ліків), побутові вироби (парфуми, миючі засоби) тощо.

Сировиною для хімічної промисловості є продукція гірничодобувної промисловості, а також сировина біологічного походження (рослини, тварини).

Умовно всю хімічну промисловість, як і хімію, можна поділити на дві частини:

- хімічна промисловість на базі неорганічної сировини;
- хімічна промисловість на базі органічної сировини.

Деякі галузі хімічного виробництва настільки розвинулись, що набули статусу самостійних галузей, наприклад, паливна та нафтопереробна галузі, гумотехнічна галузь, виробництво синтетичних волокон, виробництво мінеральних добрив та інші. У кожній з цих галузей використовується певна характерна сировина, своя техніка і своя технологія, які значно відрізняються. У хімічній промисловості застосовують десятки тисяч різноманітних технологій. Сучасна хімічна промисловість продовжує розвиватись у напрямках збільшення кількості, підвищення якості та розширення асортименту виробів.

Згідно з класифікатором продукти хімічної промисловості поділяються на 7 класів, кожний клас – на підкласи.

Класи продуктів хімічної промисловості:

1. Продукція неорганічної хімії і гірничо-хімічна сировина (мінерали і первісні продукти їх переробки).
2. Полімери (пластмаси, синтетичні каучуки, хімічні волокна).
3. Лако-фарбові матеріали і продукти.
4. Синтетичні барвники і органічні напівпродукти.
5. Продукти органічного синтезу (нафтопродукти, продукти коксо- і лісохімії).
6. Хімічні реактиви і особливо чисті речовини.
7. Медикаменти і хіміко-фармацевтична продукція. З перелічених класів продуктів ми вже частково познайомились з продуктами органічного

сінтезу у паливній промисловості. У цій темі нам належить познайомитись ще з деякими продуктами, що належать до перших двох класів.

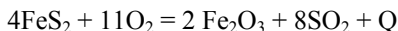
12.2 Виробництво кислот

Хімічна промисловість випускає тисячі хімічних продуктів, один з яких – сірчана кислота H_2SO_4 . У зв'язку з тим, що сірчана кислота значно дешевша інших кислот, її широко використовують, як в хімічній промисловості, так і в металообробній, нафтопереробній, при виробництві мінеральних добрив, синтезі барвників і лікарських речовин, металургії, виробництві солей та кислот та ін.). Сірчана кислота реагує з багатьма органічними сполуками. Цю властивість використовують для очищення бензину і гасу від шкідливих домішок, що утворюють з сірчаною кислотою сполуки, які не розчинюються в нафтопродуктах.

Сірчану кислоту широко використовують в виробництві ряду хімічних волокон, миючих засобів, вибухових речовин, барвників, її використовують для сушки газів, для очищення поверхні металів від окислів металів перед нікелуванням та іншими подібними процесами.

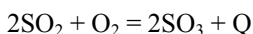
Сировиною для виробництва сірчаної кислоти є сірка, сірковий колчедан та сірководень, спалюючи які одержують оксид сірки (IV) SO_2 . Сировиною служать відходи (оксид сірки) виробництва багатьох відомих металів, коксу (коксовий газ) та інші. Таким чином, поряд з природною сировиною для виробництва сірчаної кислоти можливе використання також сірчановмістних відходів інших виробництв.

Перша стадія виробництва сірчаної кислоти – **отримання окису сірки (IV)**.



Сірчаний колчедан подають стрічковим конвейєром до бункера, а потім до печі, в яку безперервно вдувається повітря. Температура в печі не повинна перевищувати 800°C , так як при більш високій температурі частинки твердого матеріалу починають спікатися і утворюють грудочки. Температуру регулюють, проводячи реакцію з надлишком повітря. Окрім того поміщають в реакційний апарат трубки парового котла. Утворена водяна пара використовується для виробництва електроенергії, або для інших цілей. Сучасні потужні установки обладнані автоматично діючими і записуючими контрольно — вимірювальними апаратами, через які можна отримати всі необхідні дані. Оптимальний режим підтримується на основі даних цих приладів, автоматичними засобами.

Друга стадія – окислення оксиду сірки (IV):



Окислення здійснюється при 400°C . При цьому може окислюватись максимально 99,2% окису сірки (IV), при 600°C – лише 73%. Для збільшення швидкості цієї реакції використовують в якості каталізатора окис ванадію (V).

12.3 Виробництво добрив

Мінеральними добривами називають солі, які містять елементи, необхідні для нормального росту рослин (азот, фосфор, калій) і важливі для життєдіяльності мікроелементи (мідь, бор, марганець і ін.).

Їх поділяють на прості (одинарні, однобічні, однокомпонентні) і комплексні. Прості мінеральні добрива містять тільки один з головних елементів живлення. До них відносяться азотні, фосфорні, калійні добрива і мікродобрива. Комплексні добрива містять не менш двох головних живильних елементів. У свою чергу, комплексні мінеральні добрива поділяють на складні, складні-змішані і змішані. За агрегатним станом усі добрива поділяються на рідинні та тверді.

Сировиною для виробництва мінеральних добрив є природні мінерали (фосфати, солі калію, атмосферний азот тощо), відходи хімічної та металургійної промисловості.

Азотні добрива. Їх виробництво базується на синтезі аміаку з молекулярного азоту і водню. Азот одержують з повітря, а водень із природного газу, нафтових і коксових газів. Азотні добрива являють собою білий чи жовтуватий кристалічний порошок (крім ціанаміду калію і рідких добрив), добре розчинні у воді, поглинаються чи слабо поглинаються ґрунтом. Тому азотні добрива легко вимиваються, що обмежує їх застосування восени, як основне добриво. Більшість з них має високу гігроскопічність і вимагає особливого упакування і збереження. За випуском і використанням в сільському господарстві найголовніші з цієї групи – *аміачна селітра і сечовина*, що складають близько 60% всіх азотних добрив. Азотні добрива використовують під усі сільськогосподарські культури.

Фосфорні добрива. Фосфор – один з найважливіших елементів живлення рослин, тому що входить до складу білків. Якщо азот у ґрунті може поповнюватися фіксацією його з повітря, то фосфати – тільки внесенням у ґрунт у виді добрив. Головні джерела фосфору – фосфорити, апатити, виваніти і відходи металургійної промисловості – томашшлак, фосфат-шлак.

Усі фосфорні добрива – аморфні речовини, білувато-сірого чи жовтуватого кольору.

Основні з них – **суперфосфат і фосфоритне борошно.**

Фосфоритне борошно – тонко розмелений природний фосфорит, з'єднання якого важкодоступні рослинам.

Це добриво застосовують на кислих підзолистих, торф'яних, сірих лісових ґрунтах, а також на деградованих і вилужених чорноземах і червоноземах.

Калійні добрива. Калій – необхідний елемент для рослин. В основному він знаходиться в молодих зростаючих органах, клітинному соку рослин і сприяє швидкому нагромадженню вуглеводів. Багато калійних добрив уявляють собою природні калійні солі, що використовуються в

сільському господарстві в розмеленому виді. Значні розробки їх знаходяться в Західній Україні.

Калійні добрива поділяються на три групи:

1) концентровані, що є продуктами заводської переробки калійних руд – хлористий калій, сірчаноокислий калій, калійно-магнієвий концентрат, сульфат каліюмагнію (калімагнезія);

2) сирі калійні солі, що являють собою розмелені природні калійні руди – каїніт, сильвініт;

3) калійні солі, що одержані змішуванням сирих калійних солей з концентрованими, звичайно з хлористим калієм – 30-ти і 40%-ні калійні солі.

Комплексні добрива поділяють за складом: подвійні (азотно-фосфорні, азотно-калійні, фосфорно-калійні) і потрійні (азотно-фосфорно-калійні); за способом виробництва: складні, складно-змішані (комбіновані) і змішані добрива. До складних добрив промислового виробництва відносять калієву селітру, амофос, діамфос. Їх одержують при хімічній взаємодії вихідних компонентів. Складно-змішані (нітрофос, нітрофоска, нітроамофос, нітроамофоска, фосфорно-калійні, рідкі комплексні й ін.) – у єдиному технологічному процесі з простих чи складних добрив.

Складні і складно-змішані добрива характеризуються високою концентрацією живильних речовин, тому застосування таких добрив забезпечує значне скорочення витрат господарств на їх транспортування, змішування, збереження і внесення. До числа недоліків комплексних добрив відноситься те, що пропорції у вмісті NPK у них варіюють у незначних межах. Тому при внесенні, наприклад, необхідної кількості азоту, інших живильних елементів вноситься менше чи більше, ніж потрібно. У незначній кількості застосовують і багатофункціональні добрива, що містять, крім основних живильних елементів, мікроелементи і біостимулятори, що специфічно впливають на ґрунт і рослини.

12.4 Виробництво пластмас

Пластмасами називають матеріали, основу яких складають синтетичні чи природні високомолекулярні сполуки (високо-полімери), які здатні під впливом нагрівання та тиску формуватися і при охолодженні зберігати заздалегідь придбану форму. Пластмаси є важливим конструкційним матеріалом, вони широко застосовуються в народному господарстві, у тому числі у всіх галузях машинобудування і приладобудування, в будівництві, побуті, тощо. Пластмаси за своїми властивостями дуже різноманітні, в тому числі високоміцні, напівпровідникові, струмопровідні, магнітні, фрікційні, антифрикційні та ін. Ці матеріали замінюють у ряді випадків метали, які здебільшого дорожчають. Крім того, багато пластмас є унікальними за своїми властивостями. В останні роки виробництво пластмас бурхливо розвивається. Вихідним матеріалом при виготовленні пластичних мас, а також плівок, волокон, каучуків, клеїв,

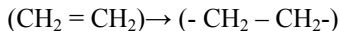
лаків і т.ін. є **полімери** – продукти з'єднання однакових молекул у вигляді повторюваних ланок. Полімери – хімічні з'єднання, макромолекули яких складаються з великої кількості однакових, багаторазово повторюваних груп атомів, з'єднаних між собою в ланцюги. Розмір молекули полімеру визначається *ступенем полімеризації n* , тобто числом ланок у ланцюзі. Якщо $n = 10 \dots 20$, речовина відноситься до масел. Із зростанням n збільшується в'язкість, речовина стає воскоподібною, при $n = 1000$ утворюється твердий полімер.

В залежності від будови макромолекул розрізняють полімери лінійної та сітчастої структури. Полімери з молекулами лінійної структури мають нерозгалужені молекули. Якщо позначити літерою A елементарну ланку такої молекули, ланцюг прийме вигляд $-A-A-A-A-A-$.

Залежно від поведінки при нагріванні полімери поділяються на термопластичні і термореактивні. За походженням полімери діляться на природні – полісахариди (целюлоза, крохмаль, білки, натуральний каучук) і синтетичні (смоли, пластмаси, волокна, каучуки, лаки). Синтетичні полімери отримують полімеризацією або поліконденсацією.

Високомолекулярні речовини лінійної структури при теплозмінах здатні багаторазово розм'ягшуватись та затвердівати. Такі полімери називаються термопластичними. При сітчастій структурі макромолекул полімерів характерним є зв'язок ланцюгів один з одним, що сильно обмежує їх рух і приводить до зміни механічних та хімічних властивостей. Такі полімери називають термореактивними, що при теплозмінах не здатні багаторазово розм'ягшуватись та затвердівати.

Синтез полімерів. Термопластичні полімери отримують шляхом полімеризації органічних речовин при високому тиску. При полімеризації проходить розривання подвійних зв'язків з утворенням мономерних угруповань, які, з'єднуючись між собою, утворюють молекулу полімеру. Наприклад, полімеризація етилену проходить за схемою



Реакція полімеризації реалізується в складних апаратах спеціалізованих хімічних виробництв. Сировиною для синтезу полімерів є продукти переробки кам'яного вугілля, нафти, природного газу. Сировину для виробництва можна поділити на наступні групи: коксо-хімічна (бензол, фенол); нафтохімічна (етилен, ацетилен, ацетон); природний газ – аміак, метанол; мінеральна сировина – хлор, сірчана кислота; рослинна – целюлоза. Синтезовано понад 10 тис. полімерів.

Полімеризація – ланцюговий процес утворення полімеру послідовним преданням молекул мономеру до активних центрів реакційної системи. При полімеризації проходить розривання двійних зв'язків з утворенням мономерних угруповань, які, з'єднуючись між собою, утворюють молекулу полімеру. Наприклад, полімеризація етилену проходить за схемою $(CH_2 =$

$\text{CH}_2) \rightarrow (-\text{CH}_2 - \text{CH}_2-)$ При цьому елементи складу полімерів і мономерів однакові.

Поліконденсація – ступінчастий процес утворення полімеру за одночасної взаємодії всіх молекул реакційної системи. При цьому елементи складу полімерів і мономерів відрізняються. На відміну від полімерізації поліконденсація є ступінчастим процесом, у якому послідовно приєднуються одна молекула до іншої. За агрегатним станом полімери можуть бути рідинними (розчини, емульсії, в'язкі маси) і твердими (гранули, порошки, куски).

Конструкційні матеріали на основі полімерів називаються пластмасами. Пластмаси – композиційні матеріали на основі полімерів, до складу яких входять декілька додаткових компонентів:

- стабілізатори (добавки для сповільнення старіння пластмас);
- пластифікатори (добавки для підвищення пластичності пластмас);
- барвники;
- наповнювачі.

Механічні властивості пластмас в значній мірі залежать від наявності в їх складі наповнювачів. За видом наповнювача пластмаси поділяються на газонаповнені, з порошковими, волокнистими та слоїстими наповнювачами. Найбільш високу міцність мають пластмаси з волокнистими або слоїстими наповнювачами (скловолокно, скляна або бавовняна тканина, папір).

У виробництві пластмас використовуються наповнювачі, які сполуками поділяють на органічні і неорганічні, а за структурою – на волокнисті і зернисті (іноді порошкові). У якості наповнювачів при виробництві пластмас застосовують деревне борошно, целюлозу, деревну шпону (тонкі аркуші), бавовняні очоси, бавовняні тканини, тканини із синтетичних волокон, органічні наповнювачі; азбестове волокно і тканину, скляне волокно, склотканину, коротковолокнистий азбест (як порошковий наповнювач), каолін, слюду, кварцове борошно, тальк, вапно, кізельгур та інші неорганічні наповнювачі. Наповнювачі в складі пластмас поліпшують їх механічні властивості, крім того, вони відносно дешеві, і відповідно знижують вартість виробів. Органічні наповнювачі добре просочуються полімерами. Волокнисті наповнювачі укріплюють вироби на розривання і ударний вигин. Неорганічні порошкові наповнювачі поліпшують водостійкість, теплостійкість і твердість виробів, зменшують їх шпаруватість, гігроскопічність.

Пластифікатори. Пластифікатори, що додаються до термопластичних смол, знижують температуру їх розм'якшення, а це сприяє їх формуванню. Як пластифікатори застосовують найчастіше низькомолекулярні висококиплячі рідини: складні ефіри, хлоровані вуглеводи, тощо. При поглинанні пластифікаторів полімери набухають, при цьому молекулярні шари пластифікатора розташовуються навколо ланцюгових макромолекул і послаблюють зв'язки між ними.

Термопластичні полімери споживач одержує у готовому вигляді у вигляді розфасованих гранул чи порошків. Близько 90 % усього виробництва полімерних матеріалів приходить на декілька різновидів полімерів. Випуск поліетилену та поліпропілену, складає від 35-45 % загальної кількості об'єму виробництва, частка полівінілхлориду – 11-20 %, полістирол – 9-13 %.

За призначенням пластмаси поділяють на силові, удароміцні, антифрикційні, фрикційні, термо-, волого-, хімічностійкі, електроізоляційні, світлотехнічні, декоративні.

За товарною класифікацією пластмаси поділяють на сировинні, плівкові та листові.

Сировинні пластмаси поставляються у вигляді гранул, порошків, волокон, рідких мас для лиття (рис. 12.1). До цієї групи відносяться поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол, фторопласт, епоксидні маси.



Рисунок 12.1 – Сировинні пластмаси

Поліетилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ – продукт полімеризації етилену. Поліетилен – дешевий, нетоксичний матеріал, без запаху, хімічно стійкий, не змочується водою, легко переробляється, добрий діелектрик. Його можна експлуатувати в межах температур від -60 до $+100$ °С. До недоліків належать здатність поліетилену старіти під впливом сонячного світла, горючість і мала міцність. Поліетилен використовують для виготовлення плівок, листів, труб, різних місткостей, ізоляції проводів тощо.

Поліпропілен – у порівнянні з поліетиленом він міцніший, жорсткіший, теплотривкіший, має меншу густину. Поліпропілен прозорий, нетоксичний, хімічно стійкий, має добрі діелектричні властивості, витримує температуру до $120...150$ °С. Недолік поліпропілену – погана морозотривкість (до -15 °С). Використовується для виробництва текстильних і технічних волокон, труб для гарячої води, посуду, корпусів акумуляторів, електроізоляції.

Полівінілхлорид – за обсягами виробництва стоїть на другому місці після поліетилену. Застосовується для виготовлення труб, деталей насосів, йде на виробництво лінолеуму, штучної шкіри, плівок, електроізоляції проводів і кабелів.

Полістирол – твердий, жорсткий, прозорий, хімічнотривкий у розчинах багатьох лугів і кислот. Витримує температуру від -20 до 80 °С.

Завдяки низькій вартості полістиролові пластмаси за обсягами виробництва вийшли на третє місце після поліетилену і полівінілхлориду. Полістирол використовують для виготовлення корпусів телевізорів, деталей холодильників, канцелярських товарів, деталей в електро- і радіотехнічній промисловості.

Пінополістирол – пластик, у якому замкнуті порожнини наповнені газом, внаслідок чого він відзначається низькою густиною, добрими теплоізоляційними властивостями.

Фторопласт – полімер з високою хімічною стійкістю до дії усіх лугів і кислот, має високу термостійкість (до 320 °C), високі діелектричні властивості, низький коефіцієнт тертя. Використовується для виготовлення електроізоляційних плівок, хімічних трубопроводів, хімічного посуду, підшипників ковзання. З фторопласту виготовляють радіотехнічні вироби, хімічно тривкі деталі, підшипники, що не потребують змащування.

Термореактивні пластмаси відрізняються від термопластів вищою теплотривкістю, нерозчинністю і стабільністю властивостей в робочому інтервалі температур. Найпоширенішими синтетичними полімерами для термореактивних пластмас є формальдегідні та епоксидні смоли.

Формальдегідні смоли світлотривкі, добре забарвлюються і зберігаються. Основним споживачем формальдегідних смол є деревообробна промисловість. Термореактивні фенолформальдегідні смоли випускають у вигляді порошку, гранул, чешуї і використовують для виробництва електроізоляційних деталей, працюючих в умовах підвищених температур та вологості, для виготовлення слоїстих пластиків, у якості зв'язуючої речовини при виробництві фанери, дерев'яностружкових та дерев'яноволокнистих плит.

Широке використання знаходять плівкові полімерні матеріали:

- поліетиленова плівка, що використовується для виготовлення транспортних мішків, теплиць, протифільтрувальних екранів при прокладці меліоративних каналів;

- целюлозна плівка (целофан), для якої характерна знижена проникність кисню, жирів та масел. Широко використовується для пакування харчових продуктів;

- полівінілхлоридна плівка використовується як тара для харчових продуктів, пакетів для молока, упаковок для ліків.

Для оздоблювальних та декоративних робіт використовують листові пластмаси:

- текстоліт – слоїстий листовий пресований матеріал, утворений з ряду шарів тканини, просочених термореактивними смолами.

- гетинакс – виготовляється пресуванням шарів паперу, просоченого термореактивною смолою;

- склотекстоліт – слоїстий пресований матеріал, виготовлений із склотканини, просоченої термореактивною смолою. Характеризується

підвищеною теплостійкістю. Використовується для виготовлення друкованих плат (рис. 12.2).

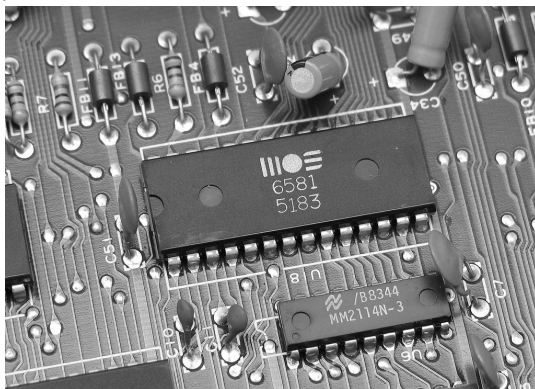


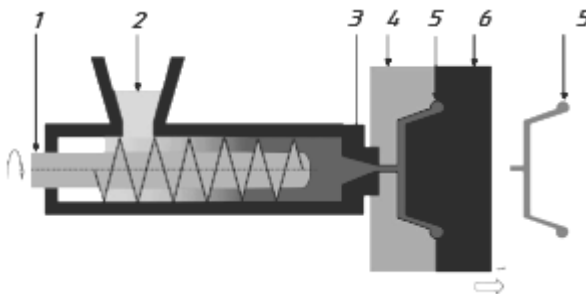
Рисунок 12.2 – Склотекстолітова друкована плата з встановленими електронними компонентами

Пінопласти – газонаповнені пластичні маси, які мають будову отверділих пін. Використовують різні технологічні прийоми спінення: механічне перемішування або барботування в присутності піноутворювачів; введення газоутворювачів (речовин, що розкладаються з виділенням газу); насичення вихідної суміші газом під тиском тощо. Пінопласти промислового призначення випускають, головним чином, на основі полістиролу, полівінілхлориду, поліетилену. У якості газоутворювачів застосовують нітросполуки (карбонат амонію); з легко-киплячих рідин — ізопентан, метиленхлорид, фреони.

Основними методами переробки полімерів є гаряче пресування, лиття під тиском, екструзія, видування, обробка різанням.

Пресування застосовується для переробки, головним чином, термореактивних полімерів. Лиття під тиском найбільш раціональне для термопластичних пластмас. Сировинні полімери засипаються у бункер, і переміщуються в пластикаційний циліндр з електричним обігрівом, де прогрівається і перемішується шнеком, що обертається. Розм'якшена маса при поступальній ході шнека видавлюється у прес-форму, легко проходить через канали ливників і заповнює порожнину металевої форми. Потім форма охолоджується і виріб виймається з неї. Наступна операція – обрізання ливника, який знов іде на переплавку. Пресування застосовується для переробки головним чином термореактивних полімерів.

Лиття під тиском найбільш раціональне для виготовлення виробів з термопластичних пластмас. У якості обладнання використовують термопластавтомати – інжекційно-літєві машини для виготовлення деталей методом лиття під тиском (рис. 12.3).



1 – шнек; 2 – дозувальний пристрій гранулята; 3 – сопло;
4, 6 – дві половини прес-форми; 5 – готовий виливоч

Рисунок 12.3 – Технологічна схема роботи термопластавтомата

При цьому способі розм'якшена пластмаса запресовується в порожнину закритої форми, нагріту до 130...190 °С. Прес-форма являє собою збірний металевий пристрій, всередині якого знаходиться порожнина, яка за формою відповідає формі майбутньої деталі. При змиканні ливарних півформ, всередині них залишається порожнина, яка в точності повторює майбутню деталь. Розм'якшена пластмаса видавлюється через ливникові канали в порожнину закритої форми. Суть процесу полягає в наступному. Матеріал засипається у бункер, і переміщується в пластикаційний циліндр з електричним обігрівом, де прогрівається і перемішується шнеком, що обертається. Пластифікований матеріал при поступальній ході шнека нагнітається в форму. Розм'якшена маса легко проходить через канали ливників і заповнює порожнину форми. Потім форма охолоджується і виріб виймається з неї.

Виготовлення пластмасових пляшок здійснюють у два етапи. Спочатку з полімерного матеріалу виготовляють заготовки у формі трубки прес-форми. Прес-форми мають вигляд мензурки з повністю сформованою шийкою (рис. 12.4). Таку заготовку з розігрітої до температури вище 105°C пластмаси, поміщають всередину прес-форми. Стінки розігрітої прес-форми еластичні і під впливом повітря, що нагнітається, починають роздуватися до контакту з поверхню прес-форми. Після закінчення вдуння повітря заготовка набуває контурів тієї поверхні, яку задає прес-форма (рис. 12.5).



Рисунок 12.4 – Заготовка для виготовлення пляшки

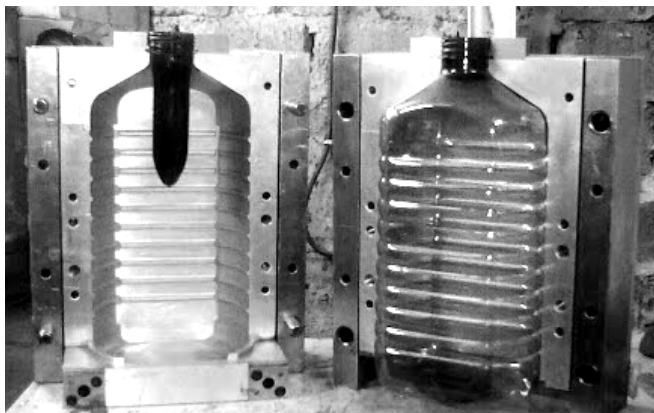
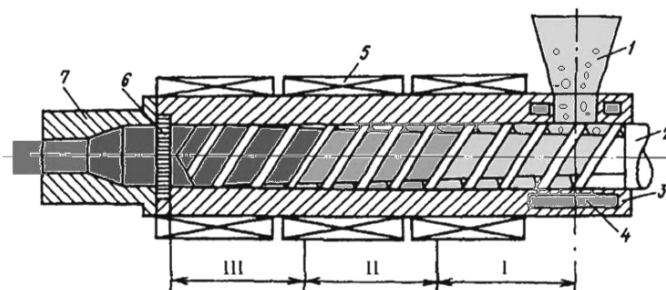


Рисунок 12.5 – Прес-форма для виготовлення пляшок

Метод пресування переважно використовується для виготовлення виробів з термореактивних пластмас. Пресування полягає в тому, що вихідний матеріал у вигляді гранул або волокон укладається у прес-форму, підігріту до температури 130-180 °С. Потім укладена маса стискається пуансоном на гідравлічних пресах зусиллям від 10 до 1000 т. Пластмаса при цьому сплющується і стає однорідним матеріалом, який повністю заповнює порожнину прес-форми, відбувається поліконденсація. Після відходу пуансону готова деталь виштовхується з прес-форми. Ливники у цьому випадку не утворюються, відповідно матеріал використовується більш економно, ніж при виготовленні деталі литтям під тиском.

Екструзія полягає у видавлюванні нагрітого полімеру через отвір у спеціальній насадці (мундштук). Мундштук має отвір, форма якого визначає профіль виробу. Екструзія проводиться з розігрітого до в'язкотекучого стану пластику (рис. 12.6).



- 1 – бункер з гранульованою сировиною; 2 – шнек; 3 – циліндр;
 4 – порожнина для циркуляції охолоджуючої води; 5 – нагрівач;
 6 – решітка з сіткою; 7 – мундштук (формуюча головка);
 I, II, III – технологічні зони

Рисунок 12.6 – Схема екструдера

Метод екструзії застосовують для виготовлення труб, прутів та різноманітних профілів. Методом екструзії з термопластичних полімерів також отримують плівки. Заготовка, що виходить з екструдера, роздувається стиснутим повітрям до необхідної товщини плівки. Охолоджені ролики захоплюють роздуту плівку і складають її в плоский рукав.

12.5 Виробництво хімічних волокон

При виготовленні синтетичних волокон відсутнє прядильне виробництво. Вихідним матеріалом при виготовленні штучних хімічних волокон є целюлоза, яку виготовляють з деревини. Вихідним матеріалом при виготовленні синтетичних волокон є полімерні смоли, що знаходяться у розтопленому стані.

Виробництво будь-яких хімічних волокон можна умовно поділити на чотири стадії. **Перша стадія** полягає в синтезі полімерів. **Друга стадія** – приготування прядильної маси, тобто розчинів або розплавів та їх ретельне очищення від нерозчинюваних часток та бульбашок повітря. На цій стадії відбувається також забарвлення розчинів та розплавів. **Третя стадія** – формування волокна. Це основна і найбільш відповідальна операція, яка відбувається шляхом продавлювання через філь'єру надтонких струмочків прядильної маси. Філь'єра – це металевий диск діаметром 50-75 мм з великою кількістю (до 2000) дрібних отворів. Філь'єри установлюють на прядильній машині. Кожна машина має 60...100 філь'єр. Формування волокна закінчується затвердінням елементарних волокон, при якому зберігається орієнтація мікромолекул.

Часто для підвищення ступеню орієнтації молекул не повністю затверділі волокна піддають витягуванню шляхом багаторазового перемотування при певному натяжінні. Існує два способи формування волокна: мокрий і сухий.

Мокрий спосіб використовується у випадку прядіння волокна із розчину, який подається прядильним насосом, проходить через фільтр, продавлюється через отвори філь'єри і потрапляє в розчин, що знаходиться в осадовій ванні. Далі утворені нитки намотуються на бабину. При сухому формуванні нагрітий прядильний розчин або полімерна смола після проходження через філь'єру попадає у вигляді струмків у шахту прядильної машини, в яку подається нагріте повітря. При температурі 80°C відбувається випаровування розчину, струмочки утворюють пучок волокон, який при виході з шахти з'єднується в нитку, підкручується і намотується на бабину.

Остання, **четверта стадія** – це оздоблення волокна: очищення від домішок і обробка жировими розчинами, щоб надати йому більшої слизкості для полегшення виготовлення тканини на текстильних підприємствах. Завершують виробництво волокон сушінням і намотуванням їх у вигляді ниток на шпулі й котушки.

Широке застосування пластичних мас визначається їх позитивними властивостями:

- низька щільність (вони в середньому в 2 рази легші алюмінію, та в 5...8 разів легше сталі);
- достатньо високі міцність та електроізоляційні властивості, низька теплопровідність, хімічна стійкість;
- більшість полімерів не взаємодіють з водою, кислотами, лугами;
- висока технологічність, завдяки якій з виробничого циклу можна вилучити трудомісткі операції механічної обробки виробів;
- мінімальна енергомісткість обумовлена тим, що температура переробки цих матеріалів складає, як правило, 150...250 °C, що значно нижче ніж у металів;
- можливість при виробництві профілів вести процес на великих швидкостях;
- практично всі процеси переробки легко автоматизуються.

У багатьох випадках пластмаси можуть замінити метали, але прогнози про те, що пластмаси майже повністю витіснять метали, не збулися через їх недоліки:

- невисока міцність, зокрема контактна;
- обмеженість розмірів деталей;
- невисокий температурний режим експлуатації (до 60...100°C);
- порівняно висока вартість багатьох із них.

Низька теплостійкість полімерів (70...250⁰C), низька теплопровідність (в 500...600 нижче металів) та старіння обмежують їх застосування в якості заміників металів.

Пластмаси широко застосовують у машинобудуванні, приладобудуванні, електро і радіотехніці, промисловості, засобах зв'язку, у капітальному будівництві, в легкій, харчовій, хімічній промисловості, у сільському господарстві і в побуті.

12.6 Виробництво виробів з каучуку та гуми

Гума (лат. *rezina* – смола) – продукт переробки каучуку. Широке використання гуми пов'язане з її високою еластичністю, пружністю та здатністю поглинати вібрації, працювати в умовах стирання та розтягування і згинання. Подовження деяких марок гуми при розтягуванні сягає 1000 % (у 10 разів). Еластичність каучуку пояснюється тим, що його макромолекули мають лінійну структуру і в звичайних умовах скручені в спіраль. При розтягуванні молекули розправляються і орієнтуються за напрямком дії сили. Після зняття сили розтягу, молекули скручуються і виріб набуває первісної форми.

У готових виробках гума знаходиться у термореактивному стані. Вона газо- і гідронепроникна, стійка до дії масел, рідкого палива, є діелектриком.

Натуральний каучук виготовляють із латексу – молочного соку дерева гевеї, яке росте в Бразилії, В'єтнамі, Індонезії. На корі гевеї роблять надріз, з якого витікає латекс. Латекс містить 20-35% каучукових речовин. Для виділення каучуку до латексу додають оцет. При цьому відбувається коагуляція – виділення каучуку у вигляді пухкого об'ємистого згустку. Отриманий продукт промивають водою, прокочують на вальцях у листи, сушать.

Різке зростання виробництва та застосування каучука відбулось на початку ХХ ст. розвитком автомобільного транспорту, який став головним споживачем гуми. В 30-х роках ХХ ст. був розроблений метод промислового синтезу каучуку з етилового спирту. Синтетичний каучук – це полімерний матеріал, який отримують із етилового спирту або з нафтопродуктів – етилену, пропилену, бутілену, бензолу. Виробництво синтетичних каучуків складається із двох стадій: отримання мономера і отримання полімеру.

Усі каучуки поділяються на каучуки загального і спеціального призначення. Каучуки у чистому вигляді майже ніде не використовуються. Вони є сировиною для виготовлення гуми. Сирий каучук має низьку міцність, липкий при нагріванні, а на морозі стає твердим. Він розчиняється в органічних розчинниках, зокрема в бензині (каучуковий клей), при температурах вище 120 °С каучук стає рідиною. Для отримання виробів, стійких до перепаду температур каучук необхідно вулканізувати – нагрівати з сіркою. Властивості, виготовленої з каучуку гуми, залежать від кількості введеної сірки.

Вулканізований каучук називають гумою. При 130-160°C молекули каучука зв'язуються між собою атомами сірки. **Вулканізація** – процес утворення містків між лінійними молекулами каучуку. З підвищенням кількості зв'язків між молекулами міцність та твердість матеріалу

підвищується, а його пластичність та еластичність – знижуються. В м'які сорти гуми вводять 2-3% сірки, а в еластичні – до 8%. Якщо кількість сірки перевищує 15 %, то отримують твердий матеріал – ебоніт, який використовується як електроізоляційний матеріал. Крім каучуку до складу гуми входять ряд компонентів: прискорювачі вулканізації, протистаріючі добавки. Наповнювачі підвищують твердість і міцність гумових виробів. До них відносяться сажа, окис цинку, крейда, каолін та ін., а також рукавні тканини, кордові тканини (бавовняні, віскозні, капронові, нейлонові), застосовується також корд зі сталевих дротиків. Для виготовлення м'якої гуми (автомобільні камери, м'ячі й ін.) у каучук вводиться 1...3% сірки; при вмісті сірки 4...7% виходить тверда гума. Протистаріючі добавки (парафін, вазелін і ін.) уповільнюють процес окислювання каучуку, підвищують стійкість і подовжують терміни служби гумових виробів.

Каучук поставляється на підприємства по виробництву гумових виробів у вигляді глиб, рулонів, крошки. Гумові вироби виготовляють із гумових сумішей. Гумові суміші отримують шляхом змішування каучуків з інгредієнтами. У якості інгредієнтів використовують різні наповнювачі, пластифікатори, прискорювачі пластифікації, вулканізатори, прискорювачі вулканізації, фарбники. Окрім каучуку у якості сировини використовують також регенерат – продукт переробки старих гумових виробів і вулканізованих відходів гумового виробництва. Отже, у різних видах гуми знаходиться від 10 до 98 % каучуку. Решту складають інгредієнти, регенерати та армуючі елементи – натуральні або хімічні волокна у вигляді тканин, ниток, шнурів.

Технологія виготовлення гуми складається з чотирьох стадій:

- різання каучуку на шматки і приготування інгредієнтів;
- приготування гумової суміші в герметичних гумозмішувачах і на каландрах (валках);
- формування (на валках для листової гуми, або в пресформах для штучних виробів);
- вулканізація – завершальна і дуже відповідальна операція, яка проводиться в пресах, котлах і автоклавах при температурі 130-160°C і тиску 18-20 МПа. Як вулканізуючу речовину звичайно застосовують сірку. Для вулканізації відформовані напівфабрикати із сирової гуми нагрівають до температури близько 140 °С. При цьому сірка вступає в з'єднання з каучуком і напівфабрикат набуває термореактивних властивостей.

Згідно із загальноприйнятою класифікацією гумотехнічна галузь промисловості випускає такі види гуми:

- загального призначення, температура експлуатації -50...+150°C (шини автомобільні, взуття, ремені, амортизатори);
- термостійкі, температура експлуатації більше 150°C (шини літаків, деталі ракет, електродвигунів);
- морозостійкі – деталі, що постійно працюють при мінусовій температурі;

- оливестійкі – для деталей, які працюють з дотиком до бензину, керосину, нафти та нафтопродуктів;
- хімічностійкі – для деталей, які працюють з дотиком до луг, кислот, солей;

- газонаповнені – для теплоізоляційних деталей;

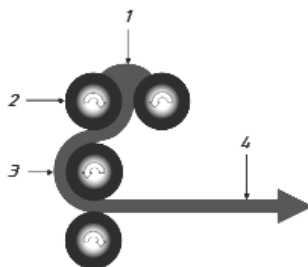
- радіостійкі – рентгенгума;

- діелектричні – ізоляція кабелю, захисні килимки, рукавиці, чоботи.

Той чи інший вид гуми отримують, в основному, за рахунок відповідних інгредієнтів, а також за рахунок технологічних особливостей.

За методами виготовлення гумові вироби поділяються на:

- **неформові** (виготовлені методом ручного клеєння). Метод ручного клеєння полягає в одержанні виробів шляхом склеювання окремих, вирізаних за шаблонами шматків. Для цього гумову суміш із змішувача пропускають через каландри – машини для безперервного формування листа гуми методом пропуску його через зазор між валами, що обертаються. При виході з каландра гума має форму листів (рис. 12.7). Щоб уникнути злипання листів, гуму пересипають тальком.



1 – сира гумова суміш; 2,3 – каландри, 4 – листова гума

Рисунок 12.7 – Схема отримання листової гуми

- **безшовні** (методами екструзії та вмочання). Метод екструзії полягає в тому, що гумова суміш надходить у завантажувальний бункер екструдера (або шприц-машини), підігрівається і подається обертючим черв'ячним валом до мундштука, що має отвір необхідного профілю. Метод вмочання застосовують для одержання таких безшовних виробів, як рукавички, соски та ін. Форму зроблену з дерева, порцеляни, скла, що імітує виріб, опускають у латекс;

- **формові** (виготовлені пресуванням або литтям під тиском). Технологічний процес пресування складається з наступних операцій. Після нагрівання до 150° в прес-форму закладається арматура і заготовка (сира гума). Прес-форма встановлюється на пресі, після чого дається тиск. Прес-форма з арматурою і гумовою заготовкою витримується на пресі впродовж 30...60 хв. Виготовлення виробів литтям під тиском здійснюється на

ливарних машинах аналогічно до процесу екструзії. Гумова суміш із мундштука надходить у прес-форму під тиском, а в ній відбуваються формоутворення виробу з гумової суміші та вулканізація.

Сучасна гумовотехнічна промисловість виготовляє з гуми приблизно 40 тисяч найменувань виробів. Найбільш поширена галузь гумового виробництва – шинне виробництво. 2/3 каучуку витрачається на виготовлення шин. Шинні заводи являють собою величезні промислові підприємства з високим ступенем механізації і автоматизації виробництва. На Україні діють Білоцерківський шинний завод „Росава” та Дніпропетровський шинний завод. Шини виготовляють склеюванням викроєних кусків гуми та тканини на моделі – колодці. Кінцева форма цим виробам надається при пресуванні у нагрітих прес-формах. У прес-формі сира гума спочатку розігрівається і розм'якшується, заповнює робочу порожнину форми, а потім відбувається її вулканізація.

12.7 Питання для самоперевірки та закріплення набутих знань

1. У чому полягають особливості хімічної промисловості, які відрізняють її від інших видів матеріальних виробництв?

2. Які техніко-економічні показники використовуються під час аналізу виробництв у хімічній промисловості?

3. Поясніть залежність швидкості хімічних реакцій від концентрації реагуючих речовин, тиску та температури.

4. Охарактеризувати загальну схему отримання сірчаної кислоти.

5. Охарактеризувати загальну схему отримання азотної кислоти з аміаку та визначити особливості кожної стадії.

6. Екстракційний та електрохімічний методи отримання фосфорної кислоти.

7. Охарактеризувати технологічну схему отримання подвійного суперфосфату поточним методом. Які фізичні процеси при цьому використовуються?

8. Полімери. Де і для чого вони використовуються?

9. У чому полягає сутність полімеризації та поліконденсації?

10. Пластмаси. Позитивні та негативні властивості пластмас. Пластмаси спеціального призначення.

11. Назвати і охарактеризувати основні методи виготовлення деталей з пластмас.

12. Хімічні волокна. Етапи виготовлення хімічних волокон.

13. У чому полягає прядіння сухим і мокрим способами?

14. Каучук. Як він поділяється за походженням?

15. Вихідна сировина для виготовлення натурального і синтетичного каучуків.

16. Технологія виготовлення гумових виробів.

17. У чому полягає процес вулканізації?

18. Нафта. Які продукти виробляють з нафти?

РОЗДІЛ 13 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА ДЕЯКИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

13.1 Загальні відомості про будівельну промисловість

Будівельна галузь є однією з найважливіших галузей народного господарства, від якої залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання в країні.

З розвитком будівельної галузі розвиваються: виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробка і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо.

Будівельні матеріали за видом сировини та способу отримання поділяються на: природні, керамічні, металічні, полімерні, лісоматеріали, скло, бітуми.

За призначенням будівельні матеріали поділяються на: конструкційні, в'язучі, оздоблювальні, теплоізоляційні, для підлог, для скління і т.п.

Промисловість будівельних матеріалів включає виробництво цементу, скла, залізобетону, азбесту, стінових та оздоблювальних матеріалів тощо.

13.2 Види будівельних матеріалів

Кам'яні матеріали відносяться до нерудних корисних копалин і поділяються на 3 групи: вивержені, осадові та метаморфічні.

Вивержені гірські породи утворились з розтопленої магми, що піднялася з глибин землі та поступово затверділа при охолодженні. Різні умови охолодження та склад магми обумовило різноманітну будову та властивості гірських порід. Вивержені породи мають високу міцність, морозостійкість, стійкість до вивітрювання, їх щільність $2500...3200 \text{ кг/м}^3$. Вони добре шліфуються та поліруються, обтесуються, мають високу кислотостійкість та низьку стираємість. Їх застосовують для виготовлення облицювальних плит, бортових каменів (борти тротуарів) тощо.

Уламочні вивержені породи – продукти швидкого охолодження викинутої при виверженні вулканів лави (пемза). Частина уламочних порід зазнала цементування, в результаті чого утворилися вулканічні туфи. Уламочні породи мають низьку щільність ($500...1300 \text{ кг/м}^3$), низьку міцність ($2...20 \text{ МПа}$), низьку теплопровідність, високу морозостійкість, добре розпилюються. Застосовують у вигляді щебеню для приготування легких бетонів, як теплоізоляційні матеріали.

Осадові гірські породи – продукти розпаду первинних гірських порід під дією води, вітру та зміни температури. Вода, попадаючи в тріщини, (руйнувала) подрібнювала монолітні породи. Утворювалися відкладення осадових порід – глина, пісок, гравій. Деякі мінерали та продукти їх руйнування розчинялись у воді, а потім осідали, утворюючи хімічні осади – гіпс, вапняк. Мінеральні частки відмерлих тварин (раковини, корали) при

осіданні у водоймах утворювали органогенні осадові породи – крейду, ракушняк. Породи механічного відкладення – пісок, гравій, пісчаники застосовуються як заповнювачі при виготовленні бетону і для дорожніх покриттів.

Метаморфічні (видозмінні гірські породи) – це вивержені або осадові породи, у яких зміна будови або складу відбулися під впливом високих температур і тиску. Прикладом метаморфічних порід є мармури – видозміннені кристалічні вапняки, які широко застосовуються для облицювальних робіт.

Переважає кількість добутих кам'яних матеріалів (близько 75%) застосовується для виготовлення бетонних конструкцій.

Оскільки нерудні корисні копалини в більшості випадків залягають порівняно неглибоко, промислові родовища таких порід розробляють відкритим способом. Добування рваного (бутового) каміння (рис. 13.1), а також кам'яних шляхово-будівельних матеріалів ведуть бурильно-вибуховим методом. Після вибуху розрихлену породу відправляють на дробильні установки або споживачів.



Рисунок 13.1 – Бутовий камінь

Гравій та щебінь – дрібні шматки кам'яних матеріалів розміром 5-70 мм. Гравій утворився в результаті природного руйнування гірських порід, а щебінь – при штучному механічному подрібненні каменів.

Блоки або штучні камені правильної форми та великих розмірів отримують шляхом вирізання з гірничої породи каменерізальними машинами, або виколкою глибок за допомогою клинів (рис. 13.2).



Рисунок 13.2 – Бетонні блоки та їх виколка з масиву

Кіровогращина має значні поклади кам'яних матеріалів високої якості, які використовуються для поставок на експорт. Відсутність сучасного обладнання для порізки каменів на тонку плитку та для її полірування не дозволяє поставляти на експорт цінну кам'яну плитку, а лише сировину у вигляді кам'яних блоків.

13.3 Технології виробництва керамічних виробів

Кераміка – штучний матеріал, що отримується високотемпературним спіканням глиняних виробів. В результаті спікання вироби переходять у каменеподібний стан і набувають значної твердості та міцності. Керамічні будівельні матеріали – це штучні кам'яні вироби, що отримуються з глиняних мас шляхом формування та послідовного відпалювання.

До переваг кераміки відносять:

- високі водо-, термо-, кислотостійкість;
- витримування більше 100 циклів заморожування, розмерзання;
- висока довговічність, низький рівень затрат при експлуатації;
- великі запаси сировини, простота технології виготовлення, висока міцність та довговічність.

До недоліків належить:

- висока щільність та теплопровідність;
- тривалий технологічний цикл виготовлення виробів (3...5 діб).

В залежності від ступеню водопоглинення керамічні вироби поділяються на:

- щільні з блискучим зламом, з водопоглиненням менше 5%, які не пропускають воду (цегла для вимостки доріг), плитки для підлоги, каналізаційні труби;
- пористі, мають тусклий злам, водопоглинення більше 5% (стінові, покрівельні, облицювальні матеріали).

За конструкційним призначенням керамічні вироби поділяються:

– стінові вироби (цегла 250×120×65 мм). Резервом економії та підвищення якості є виробництво полегшеної цегли з щілинами (зменшуються витрати матеріалів та енергоносіїв);

– вироби для внутрішнього облицювання (плитки);

– для облицювання фасадів будов (лицьова цегла);

– покрівельні вироби – черепиця (самий довговічний покрівельний матеріал);

– санітарно-технічні вироби (унітази, ванни);

– вироби для підземних комунікацій (каналізаційні, дренажні труби);

– заповнювачі для легких бетонів (керамзит – легкий пористий керамічний матеріал, який випускається у вигляді гравію чи піску. Він використовується як заповнювач при виготовленні легких бетонів, а також як теплоізоляційний матеріал);

– кислотостійкі вироби (цегла, плитки);

– вогнетривкі вироби.

Технологічний процес виробництва керамічних виробів:

1) кар’єрні роботи (добування, транспортування, зберігання глини у критих складах);

2) підготовка глиняної маси (подрібнення, просіювання, зволоження, перемішування), формування на пресах виробів з пластичної глиняної маси (пресування, екструзія), висушування відформованих виробів підігрітим повітрям до вологості 5%. При виготовленні керамічних виробів використовують пластичний, напівсухий та сухий способи формування. У ході пластичного формування виробів подрібнені компоненти сировини змішують, звожують і розмішують до вигляду тіста. Для напівсухого формування компоненти сировини підсушують до вологості, що становить 8-16 %, а для сухого – до повного зневоднення вологи. У сучасних способах формування вміст вологи у глиняній масі становить 4...40 %. Вироби формують на формувальних пресах (механічних або гідравлічних). Тонку та спеціальну кераміку формують литтям (глиняну масу заливають у спеціальні форми). Сформовані вироби висушують у камерних, або тунельних сушилах періодичної та безперервної дії;

3) відпалювання виробів у тунельних печах довжиною 60...230 метрів при температурі 900...1250°C. Вздовж печі рухаються вагонетки з виробами. Відпалювання є енергомістким процесом. Затрати на відпалювання складають до 40% від собівартості кераміки – це найважливіша складова технології виготовлення керамічних виробів;

4) обробка виробів (нанесення глазури різних кольорів). Основою глазури є скло, яке у розмолотому стані наноситься на поверхню виробу перед повторним відпалюванням.

13.4 В'яжучі будівельні речовини, технології їх виробництва

В'яжучі матеріали за походженням бувають **мінеральними** і **органічними**. Мінеральні в'яжучі матеріали – це порошкові неорганічні речовини, які у суміші з водою утворюють в'язкопластичне тісто, що з часом затвердіє, втрачаючи пластичність. Сюди належить цемент, вапно, рідинне скло, глина, силікатний клей, замазки. Будівельні мінеральні в'яжучі речовини при змішуванні з водою утворюють клейку пластичну масу, здатну у результаті фізико-хімічних процесів затвердівати та переходити у каменеподібний стан.

Основною в'яжучою речовиною у будівництві є портланд-цемент. Після змішування з водою цемент через певний час затвердіває та переходить у каменеподібний стан.

Цемент виробляють з цементного клінкеру – речовини яка утворюється при спіканні вапняка CaCO_3 та глини. Цемент утворюється при тонкому подрібненні клінкеру. Затрати на сировину становлять 25% собівартості цементу. На виготовлення 1 т цементу витрачається 240 кг твердого палива. До 40% електроенергії, яку витрачають на цементному заводі, йде на розмелювання клінкеру.

Технологічний процес виготовлення портланд-цементу:

- тонке подрібнення сировини та ретельне змішування компонентів (75% вапняку та 25% глини);

- відпалювання сировини в обертових печах довжиною 100...230 м, діаметром 5...7 м, нахилом 3...4°, 1 оберт за хвилину; температура відпалювання 1300...1450°C. У результаті відпалювання утворюються гранули темно-сірого кольору, які розмелюють у млинах до порохоподібного стану.

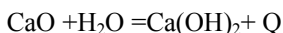
Підготовку сировини до випалювання проводять двома способами: сухим і мокрим. Відповідно способи виробництва портландцементу поділяють на сухий і мокрий. При сухому способі сировину (вапняк та глину) вологістю до 10%, після попереднього подрібнення на вальцях, решетують на решетах і розмелюють у кульових млинах. Отримані порошки ретельно перемішують у змішувачі і після відстоювання у відстійниках для вирівнювання хімічного складу подають у піч для випалювання.

При мокрому способі подрібнену глину (3...5 мм) перемішують із водою в залізобетонних резервуарах для отримання суспензії. Глиняну суспензію та подрібнений вапняк (3...5 мм) подають у трубковий млин, де за допомогою сталевих куль суміш розмелюють і перемішують.

Випалюють вапняково-глиняні суміші в обертових трубчатих печах безперервної дії.

Газоподібні продукти, які утворилися в процесі горіння палива, і випалювальна вапняково-глиняна суміш рухаються назустріч одна одній. Під час зустрічі цих потоків спочатку випаровується волога і висушується сировина. Потім розкладаються гідрати, карбонати і утворюються оксиди. Ці

реакції відбуваються в зоні печі, нагрітій до температури 700...1100°C. Глинисті мінерали розкладаються на оксиди SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , які вступають у реакцію з CaO при температурі 1100...1300°C і утворюються мінерали: 2CaOSiO_2 , $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. При температурі 1300-1450°C утворюється основний в'язучий мінерал цементу – аліт ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). В процесі спікання мінералів утворюється клінкер у вигляді кульок розміром 15 мм, які викочуються з печі в її опущеній частині і надходять до холодильника для охолодження, а звідти – на склад для вилежування протягом двох тижнів. За цей час надлишок вапна (CaO), яке міститься в клінкері, взаємодіє з водою, що входить до складу повітря:



У процесі гасіння виділяється значна кількість теплоти, клінкер стає рихлим, що полегшує його розмелювання в кульових млинах. Готовий портландцемент зсипають у залізобетонні силоси-сховища для охолодження. Готовий цемент фасують у паперові мішки і зберігають у сухих складах. Активність цементу в процесі зберігання зменшується. Так, за три місяці зберігання вона зменшується майже на 20%, за півроку – на 30%, за рік – на 40%.

Основною характеристикою цементу є міцність на стискання стандартного за розмірами бетонного зразка (400, 500, 600 кг/см^2), виготовленого з використанням даної марки цементу, а також швидкість затвердіння (звичайні марки цементу набувають максимальну міцність через 28 діб).

У будівництві використовують наступні терміни:

- суміш в'язучої речовини з водою – тісто,
- при додаванні до тіста піску – розчин;
- при додаванні до розчину щебня або гравію – бетон (штучний кам'яний матеріал). Бетони використовують для спорудження монолітних, збірно-монолітних, збірних бетонних та залізобетонних конструкцій. Монолітні конструкції бетонують в опалубці на місці будівництва, збірні – виготовляють на спеціалізованих підприємствах і монтуються на будівельних майданчиках;
- бетон зі сталюю арматурою – **залізобетон**. Бетон має високу міцність при стиснанні, а арматура сприймає зусилля розтягу. Бетон також захищає арматуру від корозії. Залізобетон має високу міцність, вогнестійкість та довговічність. У процесі виготовлення залізобетонним виробам може бути надана будь-яка конструктивна форма.

Технологія виготовлення залізобетонних виробів включає наступні операції:

- підготовка сталених форм з конфігурацією залізобетонних виробів. Для попередження приставання бетону до стінок форми їх попередньо покривають водно-масляною емульсією;

- виготовлення бетону у бетонозамішуючих установках з дозуванням складових;

- виготовлення арматури. Прутки попередньо очищують від іржі, вирівнюють, ріжуть на стержні необхідної довжини. Окремі стержні з'єднують зварюванням у арматурні сітки та каркаси, які встановлюють у форми;

- формування. У форму з встановленою арматурою подають бетонну суміш, розрівнюють та ущільнюють вібраторами;

- термоволога обробка. З метою прискорення затвердіння бетону відформовані вироби у формах поміщають у пропарювальні камери, де відбувається прогрівання перегрітою парою;

- виймання виробів з форм шляхом розкриття стінок.

До основних видів залізобетонних виробів відносяться елементи фундаментів (блоки, свай), колони багатоповерхових будівель, плити перекриттів, ферми (рис. 13.3).



Рисунок 13.3 – Залізобетонні вироби

Азбоцементні вироби – це штучні будівельні матеріали, виготовлені з тіста на основі цементу та азбестових волокон. Ці вироби мають форму листів шиферу (плоских та хвилястих), труб, плит, фасонних деталей.

Азбест – це мінерал, що має волокнисту будову. Він не горючий, легкий, має низьку тепло- та електропровідність.

Азбоцементні вироби виготовляють у наступній послідовності.

З метою розпушування азбест на 3-5 діб замочують у воді, потім додають 85% цементу та воду і перемішують до утворення однорідної маси. Утворену масу ущільнюють на формовочних машинах у листову форму.

Азбоцементні вироби мають високу міцність, морозостійкість, низьку водопроникність та низьку теплопровідність, легко обробляються. Їх недоліком є низька стійкість до ударів.

13.5 Технологія виробництва скла

Скло – аморфний, твердий, крихкий, прозорий матеріал, утворений в результаті охолодження розплавів склоутворюючих компонентів (неорганічних оксидів). Основними сировинними матеріалами для скла є кварцовий пісок з високим вмістом кремнезему, кальцинована сода, сульфат, поташ, крейда, вапняний камінь, доломіт, доломітові вапняки. Для того, щоб надати склу спеціальних якостей до складу шихти додають окис свинцю, окис цинку, барит або вуглекислий барій, фосфорну кислоту або її солі. Для отримання кольорового скла використовують хімічні з'єднання марганцю, хрому, кобальту тощо. Для освітлення скломаси до шихти додають селітру, кухонну сіль. Для отримання непрозорого, так званого молочного скла, у шихту домішують кріоліт, фтористий натрій. Співвідношення сирих матеріалів для отримання віконного скла при машинному виробництві наступне: пісок – 100 вагових частин, сода – 36, сульфат – 4, крейда – 25 вагових частин.

Сортність скла визначається хімічним складом, методами обробки, наявністю дефектів (пухирців, подряпин, сторонніх включень). Скло має високу стійкість до дії кислот, але руйнується під дією лугів. Недоліком скла є висока крихкість, малий опір згинанню та розтягуванню.

Основні процеси виготовлення скляних виробів складаються з таких операцій:

1. Сирі матеріали подрібнюються, просіюються та змішуються у визначених для кожного сорту скла вагових співвідношеннях.

2. Суміш (шихта) засипається у спеціальні скловарні печі і при температурі близько 1450 °С піддається плавленню.

3. Розплавлена скломаса очищається від сторонніх домішок та набуває необхідної в'язкості.

4. Виготовлення виробів. Виготовлення скла відбувається або за допомогою склоробних машин, або ручним способом.

5. Охолодження виробів. Здійснюється в спеціальних охолоджуючих печах. Завдяки цьому вони стають стійкими до коливань температури і менш крихкими.

Варять скло у безперервно працюючих печах з добовою продуктивністю 50...60 тонн. З однієї сторони печі завантажуються тверда сировина, а з іншої відбирається розплавлена скломаса. Температура варіння скла 1500...1600 °С. У якості джерела тепла використовують електроенергію, природний газ. Для запуску скловарної печі використовується завалка зі скляного бою. Колір скла визначається добавками барвників: окислів міді, хрому, заліза, марганцю та інших металів. При виробництві кристалю (скла з

високим коефіцієнтом переломлення світла) вапно замінюється оксидом свинцю).

Процес скловаріння складається з наступних стадій:

- шлакоутворення,
- склоутворення,
- просвітлення,
- виготовлення виробу і вистигання.

Листове скло виготовляють на склоробних машинах шляхом витягування валками скляної полоси із розплаву лодочковим методом (рис. 13.4).



Рисунок 13.4 – Витягування листового скла з розплавленої маси

Тару (пляшки, банки) отримують роздуванням скломаси у середині металевої форми. Вироби складної форми у серійному виробництві (фари автомобілів) виготовляють методом штампування скломаси. Фігурні вироби із скла отримують у результаті ручного формування. Для зменшення крихкості отримані вироби зі скла переносяться у спеціальні печі для повільного охолодження.

За призначенням скло поділяється на технічне (оптичне, хімічне, автотранспортне, світлотехнічне, електроізоляційне), будівельне, тарне-побутове.

До основних видів скляних виробів відноситься віконне скло неpolіроване безбарвне, що випускається товщиною 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 мм. У залежності від товщини листи мають розміри від 400×400 до 1600×2400 мм. Листове скло упаковують у пірамідальні контейнери та дощаті ящики. Листи в них встановлюють вертикально, торці вирівнюють, вільний простір заповнюють гофрованим картоном або деревяною стружкою. Дрібнорозмірні

скловиробикладають на піддони та в контейнери рядами на торець. На тару наносять попереджувальні написи „крихкі вироби”, „ не кантувати”, „верх”. При транспортуванні запобігають здвиганню та качанню скловиробів. Тару з листовим склом встановлюють на торець по напрямку руху транспорту.

Листові скловироби зберігають в сухих закритих складських приміщеннях, обпертими на гумові, войлочні або дерев'яні прокладки під кутом 10° до вертикалі. При тривалому зберіганні у вологих умовах скло може втратити прозорість.

Рослинні будівельні матеріали. До них належить деревина, солома, очерет тощо. У будівництві, в основному, використовують деревину хвойних порід: сосну, ялину, модрина, ялицю тощо. Із листяних порід використовують дуб, бук, ясен та інші, менш цінні породи дерев. З деревини виготовляють колоди, бруси, дошки тощо. За вмістом вологи деревину поділяють на мокру вологістю 30...40%, щойно зрубану (25-30%), повітряно-суху (15...25%) та кімнатно-суху із вмістом вологи 8-15%. Позитивні якості деревних матеріалів: мала об'ємна вага, добра транспортабельність різними видами транспорту, низька теплопровідність, легкість механічної обробки. Негативні якості: не рівномірність, схильність до загнивання, усихання, розтріскування, згорання та руйнування жуками-короїдами. За стандартом лісові матеріали поділяють на кругляк і пиляний матеріал – бруски та дошки. Дошки поділяються на обрізані, необрізані і горбилі.

Органічні в'язучі матеріали – це бітуми та бітумні матеріали (бітуми з різними наповнювачами, частіш за все – пісок).

Бітум – це побічний продукт при перегонці вугілля і нафти. Використовують бітуми при спорудженні дахів, як захисний шар, що не пропускає вологи. До органічних в'язучих матеріалів відносять також смоляні та дьогтьові матеріали і мастики.

13.6 Питання для самоперевірки та закріплення набутих знань

1. Загальні відомості про будівельну промисловість.
2. Які існують види будівельних матеріалів?
3. Що таке кераміка?
4. Технологічний процес виготовлення керамічних виробів.
5. Мінеральні в'язучі матеріали.
6. Основні процеси виготовлення скляних виробів.
7. Рослинні будівельні матеріали.

РОЗДІЛ 14 ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

14.1 Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції

В залежності від призначення, зерно та насіння поділяють на борошняні, круп'яні, технічні та фуражні культури. Пшеницю та жито використовують, головним чином, для виробництва хлібопекарського борошна, а тверду пшеницю – для макаронного борошна. До круп'яних культур відносять гречку, рис, ячмінь, овес тощо. Насіння олійних культур (соняшник, льон, соя) відносять до технічних культур.

Склад зерна залежить від географічного фактора – найвища якість у продукції, вирощеної у південних та південно-східних регіонах. Основною зерновою продукцією Кіровоградщини є пшениця, яку поділяють за стандартом на продовольчу і насінневу. До продовольчої пшениці ставляться високі вимоги по забезпеченню безпеки для життя та здоров'я населення.

Стандарт на пшеницю використовує терміни: домішки – пошкоджене зерно, мінеральні домішки (пісок, земля); органічні домішки (частинки стебел, колосків, залишки шкідників, насіння дикоростучих не ядовитих рослин), шкідливі домішки (насіння ядовитих рослин та паразитів), зерно вражене грибом.

Пшеницю поділяють на два типи: м'яку (колір зрізу від білого до червоного) та тверду (зріз янтарного кольору) (рис. 14.1). Зерно цих двох видів відрізняється за формою, хімічним складом, біохімічними та технологічними властивостями. Тверді типи використовують як сировину для виробництва макаронів, хліба, крупи.



а)

б)

а – м'яка пшениця; б – тверда пшениця

Рисунок 14.1 – Типи пшениці

М'яка пшениця займає до 90% загального валового збору зерна України.

Згідно з міжнародними стандартами, пшеницю, при заготівлі поділяють на 6 класів у залежності від показників якості:

1. Натура, г/л, не менше 1-760...5-710. Натура зерна – маса зерна, що займає об'єм 1 л. Цей показник залежить від співвідношення ядра та оболонки зерна, а також ступеня наповненості зерна крохмалем, білком. Показник натури зерна для: пшениці – 730...780 г, жита – 680...715 г, ячменю – 570...650 г, вівса – 460...550 г.

2. Зернові домішки пошкодженого зерна та інших сортів, жита, ячменю: 1 клас – 5% ... 6 клас – 15%.

3. Масова частка білка: 1 клас – 14...15% ... 5 клас – 10%.

4. Масова частка клейковини 1 клас – 30%...5 клас – 16%. **Клейковина** – частина білкової фракції зерна, що включає водонерозчинні білки. Сиру клейковину відділяють відмиванням зразка борошна у воді. Клейковина при бродінні й випіканні надає пшеничному тісту добрі формостійкі якості. Чим більше клейковини в зерні, тим воно більш цінне.

5. Скловидність ядра (скловидна, напівскловидна, борошніста). Скловидність зерна є характерною ознакою для одержання круп високої якості. Зерно пшениці високої скловидності містить більше клейковини.

В лабораторіях визначають вміст шкідливих токсичних елементів свинцю, кадмію, миш'яку, ртуті, міді, цинку, пестицидів. В кожній партії визначають стан зерна, запах, колір, типовий склад, натуру, вологість, зернову і сміттєві домішки, зараженість шкідниками, кількість і якість клейковини.

Вологість зерна не повинна перевищувати 14%. Зерно з вологістю 17% при температурі 20°C може зберігатись біля 20 діб, а при вологості 16% і температурі 15°C майже 85 діб. Зерно з вологістю (13...14)% зберігається біля року. Видалення із зерна зайвої вологи сприяє сповільненню всіх обмінних процесів і створює умови для його тривалого зберігання.

Зерно необхідно зберігати не менш року, а з урахуванням резервних фондів – ще більший термін. Для цього треба мати відповідні ємності зерносховищ, які б дозволили не тільки зберігати, а й сортувати, очищати, сушити, знезаражувати, приймати та відпускати зерно споживачам. Ємності для зберігання зерна в Україні складають біля 30 млн.т. (у США – ємності близько 467 млн т при щорічному виробництві зерна 400 млн.т.). В нашій державі понад 700 елеваторів (рис. 14.2). Через недосконалість системи зберігання зерна в Україні біля 20% втрачається, тоді як в країнах з розвинутою інфраструктурою сільського господарства ці втрати не перевищують 3%.



Рисунок 14.2 – Загальний вид сучасних елеваторів

Елеватори – повністю механізовані зерносховища, що призначені для зберігання зерна та здійснення необхідних технологічних операцій. Ємність елеваторів в залежності від призначення змінюється від тисяч до сотень тисяч тон. Елеватори об'єднують комплекс пристроїв та споруджень: робочі будівлі з технологічним та транспортним устаткуванням; силосні корпуси (циліндрична ємність великої висоти для зберігання зерна); пристрої для приймання та відпуску зерна; цех відходів; системи аспірації та відокремлення пилю.

Всі операції пов'язані з переміщенням зерна на елеваторі проходять з використанням вертикальних кошикових транспортерів (норій). Очищення зерна від домішок виконують на основі використання різниці фізичних властивостей зерна та домішок: ширини і товщини – за допомогою решіт отворами; щільності, маси, стану поверхні – на пневматичних сортувальних столах, повітряно-ситових сепараторах і каменевідбірниках; домішок з магнітними властивостями – на магнітних сепараторах.

Кожен елеватор має зерносушарку, на якій висушують зерно до вологості (13...14)%, та систему активного вентилявання зерна, що знаходиться на зберіганні. При активному вентиляванні через засипане у силос зерно пропускають повітря, яке підводять через канали і труби. Повітря може подаватися як атмосферне, так і підігріте. Активне вентилявання пов'язане з великими втратами енергії.

Основним засобом охолодження та зниження, у певних межах, вологості зерна є переміщення (пересипання) зерна із одного силосу в другий через систему машин робочої споруди.

На елеваторі зерно з приймального пристрою вертикальним ковшевим транспортером подається на надсилосний транспортер, з якого воно зсипається у необхідний бункер. Внизу силосів розміщено випускні пристрої та підсилосний транспортер, за допомогою якого зерно вивантажується. Сучасні елеватори оснащені системами диспетчерського автоматизованого управління (ДАУ), які забезпечують централізоване управління (включення - виключення) електродвигунами транспортних, технологічних та

вентилюючих установок, механізмами вибору схеми переміщення зерна, а також розгорнену схему протиаварійного (протипожежного) автоблокування.

На елеваторах висота засипання продовольчого зерна сягає до 30 м. Насіннєве зерно зберігають у засіках висотою до 3 м, або у мішках до восьми рядів у штабелях. Для захисту зернових запасів від шкідників виконують наступні заходи:

1. Карантинні – спрямовані на охорону території країни від проникнення карантинних шкідників, насіння бур'янів, хвороб рослин. Ці заходи проводить Державна служба з карантину рослин.

2. Запобіжні – проводиться на хлібоприймальних підприємствах (вхідний контроль, перешкода проникненню шкідників у сховища);

3. Винишувальні заходи дезінфекції (знищення комах, кліщів) – проводиться шляхом термічної обробки (сушіння, охолодження), хімічної обробки – з допомогою пестицидів (гази, дим, туман); а також проводиться дератизація – знищення гризунів.

14.2 Технологія виробництва рослинної олії

Основною сировиною для виробництва рослинної олії є соняшник, який містить в середньому до 57%, а ядро до 65% олії. Вміст олії у насінні соняшнику суттєво залежить від сорту та умов вирощування. Наприклад, з 100т насіння вихід олії складає у середньому 47 т, шроту – 30 т, плодових оболонок 20 т. Україна виробляє понад 1 млн.т. насіння соняшника, але перспективною технічною сировиною для одержання олії є насіння ріпаку та сої, вироблення яких в Україні щорічно зростає.

Олія містить насичені жирні кислоти і ненасичені кислоти (нестійкі до різної взаємодії, які швидко окислюються та приводять до згіркнення олії).

Олію виробляють пресовим способом (в шроті залишається 7...8% олії), або екстраційним методом з наступною дистиляцією при 200°C).

За ступенем очистки олія поділяється:

- з першим очищенням – через щільну тканину;
- рафіновану (очищення від фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників);
- рафіновано-дезодоровану (очищена від ароматичних та смакових речовин, пестицидів і канцерогенів).

Технологічна схема виробництва олії. Насіння переважної кількості олійних рослин надходить після збирання з вологістю, яка перевищує припустимі значення для збирання і технологічної переробки. Попередньою технічною операцією є відокремлення домішок і сушіння зерна. Найбільш розповсюдженим методом зниження вологості насіння є теплове сушіння.

При відділенні оболонок від ядра олійність перероблюваної сировини підвищується, збільшується продуктивність технологічного устаткування, зростає вихід олії. Відокремлення оболонки від ядра складається із операції

руйнування покривних оболонок насіння – **облущення** і наступного розподілу одержаної суміші (рушанки) на ядро та лушпиння – **відвіювання**.

Олійні плоди та насіння облущують різними методами в залежності від фізико-механічних властивостей оболонки та ядра. Найважливіша вимога до машин для розлущування насіння – руйнування оболонки не повинно супроводжуватись руйнуванням ядра. Руйнування плодів оболонки соняшникового насіння здійснюється відцентровими розлущувальними машинами.

Якість облущеного насіння характеризується вмістом в ньому небажаних фракцій – цілих насінин та частково не розлущеного насіння, розлущеного ядра (січка). Січка легко віддає жир лушпинню навіть під час короткого контакту. Потік повітря, пронизуючи падаючий шар рушанки, виносить легкі частини (лузги). Після аспіраційної війки одержують ядра, недорущ, перевій та лушпиння.

Для вилучення олії із насіння чи ядра необхідно розрушити їх клітинну структуру. Кінцевим результатом операції подрібнення є переведення олії, що міститься в клітинах насіння, до форми, доступної для подальших технологічних дій. Подрібнення ядер здійснюють на вальцових верстатах. Одержаний після подрібнення матеріал називають м'яткою. Робочими органами верстата є п'ять вальців, розміщених один над одним по вертикалі: верхній валок рифлений, інші гладкі.

Вилучення олії з м'ятки здійснюється методами пресування чи екстракцією, або поєднанням цих двох операцій.

Метод пресування. Олія абсорбована у вигляді плівок на поверхні часток подрібнених ядер утримується значними поверхневими силами. Для ефективного відокремлення необхідно цей зв'язок послабити. Для цього використовують гідротермічну (волого-теплову) обробку м'ятки – жаріння (смаження). При зволоженні та наступній тепловій обробці м'ятки олія переходить у відносно вільний стан, а її в'язкість помітно знижується. Потім м'ятку нагрівають до більш високої температури, її вологість при цьому зменшується. Під дією вологи та теплоти (105°C) м'ятка змінює свої фізико-хімічні властивості і перетворюється в мезгу.

Мезга забезпечує ефективне попереднє вичавлювання олії. Для приготування мезги застосовують жаровні.

У залежності від робочого тиску пресування та олійності, утворюємої макухи, преси поділяють на преси попереднього (неглибокого) зняття олії (форпреси) та преси остаточного (глибокого) зняття олії. Форпреси широко застосовуються в технологічних схемах екстракційних заводів. Вони відзначаються досить високою продуктивністю.

Преси глибокого зняття олії мають значно меншу продуктивність 18...30 т/добу, але зате олійність макухи нижче 4...7% – це досягається більш тривалим знаходженням мезги в пресі 220...225 с., внаслідок сповільненого обертання шнека 5...13 об./хв. та невеликої ширини вихідної кільцевої

щілини. Товщина макухи – ракушки, що виходить з преса, знаходиться в межах (3...4) мм. Пресована олія після фільтрування та очищення від домішок може бути використана як готова продукція – нерафінована I та II сортів.

Пресовим способом неможливо досягти повного знежирення мезги. Повне вилучення олії можливе тільки екстракційним способом – остаточне знежирення матеріалу дією органічного розчинника – **екстракції**. Тільки у порівняно невеликих розмірах у дрібних господарствах здійснюється чисто пресове вилучення олії.

Екстрактори працюють за способом занурення матеріалу, який екстрагується, в розчинник і поділяються на: вертикальні, шнекові та баштові.

Форпресову макуху перед надходженням на екстракцію піддають обробці з метою надання їй структури крупки, гранул або пелюстків, які забезпечують максимальне вилучення олії розчинниками. Обробку форпресової макухи в такій послідовності: спочатку йде грубе подрібнення макухи, потім проводять друге, більш тонке подрібнення на вальцових дробарках, що дають крупку макухи. Як розчинник для екстракції олії застосовують бензин і гексан. Бензин і гексан хімічно інертні і не викликають корозії апаратів, але вони пожежо- та вибухобезпечні, тому робота екстракційних цехів суворо регламентується відповідними нормами.

Екстракцію рослинної олії, частіше за все, ведуть способом занурення матеріалу. Перевага екстракції занурюванням полягає у високій швидкості екстракції та незначній тривалості процесу знежирення, простоті конструкції екстракційного апарату, високому коефіцієнтові використання його геометричного об'єму (до 98%). При цьому способі екстракції виключена можливість утворення в апаратах вибухобезпечних сумішей повітря та розчинника.

Місцела, що виходить з електратора, містить 10...35)% олії. Доки концентрація розчинника в місцелі значна, відгонка розчинника зводиться до звичайного процесу випарювання. Для прискорення процесу та зменшення температури застосовують відгонку розчинника під вакуумом.

У виробництві операцію відгонки називають дистиляцією місцели. Шрот, що виходить із екстрактора, містить від 20 до 30 % розчинника. В дистиляторі для остаточного вилучення розчинника (кінцевий дистилятор) засовують розпилення місцели під вакуумом, випаровування і відгонка розчинника з водяною парою. Розпилювання збільшує поверхню випаровування. При такій обробці видаляються останні сліди розчинника і готова олія з дистилятора безперервно відводиться на охолодження. Тривалість дистиляцій 4... 5 хв., температура готової олії 100...110 °С. Розчинник, що виводиться із місцели та шроту, регенерується шляхом конденсації в теплообмінниках-конденсаторах.

В сирих оліях завжди містяться різноманітні домішки (фосфоліпіди, віск, барвники та продукти гідролізу цих речовин (вільні жирні кислоти, дігліцерин тощо). Крім розчинних речовин товарна олія містить і механічно захоплені тверді домішки – частки мезги, макухи або шроту, які знижують якість одержаної продукції.

Очищення масел від супутніх речовин одержало назву **рафінація**. При проведенні рафінації необхідно не тільки вилучити небажані, але й зберегти всі цінні речовини, що містяться в жирі.

Сучасні методи рафінації олії підрозділяють на фізичні (відстоювання, центрифугування, фільтрування, хімічні (гідратація, лужна рафінація) та фізико-хімічні (адсорбційна рафінація, дезодорація). Вибір методу рафінації залежить від складу та кількості домішок та призначення олії. У більшості випадків для повного очищення олії застосовують поєднання декількох засобів.

Вилучення з олії твердих домішок: часток мезги, шроту та макухи проводиться в механізованих відстійниках за допомогою осаджувальних центрифуг безперервної дії, а також фільтруванням на фільтрпресах.

Гідратація (вилучення домішок за допомогою води) дає можливість виділити з олії речовини з гідрофільними властивостями, в першу чергу, фосфоліпіди. Фосфоліпіди є цінними в харчовому та біологічному відношенні сполученнями, які мають антиокислювальні властивості, але при зберіганні олії випадають у вигляді осаду. При гідратації олію обробляють водою, забезпечуючи інтенсивне змішування олії та води. Гідратовану олію для зневоднення відправляють до сушильного апарата, де олію розсіюють за допомогою форсунок у вакуумі. Волога випаровується, а краплини висушеної олії осідають.

Гідратована (соняшникова) олія повинна бути звільнена від воску та воскоподібних речовин, для цього олію охолоджують і відбувається кристалізація розчиненого в олії воску.

Виморожена олія надходить до нижньої частини нейтралізатора безперервної дії, заповненого розчином луку. У розчині луку відбувається нейтралізація вільних жирних кислот.

З поверхні розчину луку олію відводять до сушильного апарату, заздалегідь обробляючи її розчином лимонної кислоти, або промиваючи водою.

Адсорбційна рафінація – (відбілювання олії). Після лужної рафінації колір олії погіршується. Для відбілювання олії використовують відбілюючу бентонітову глину. Активну глину інтенсивно змішують з олією у кількості до (2,0... 2,5)% від її маси. Процес відбілювання олії полягає у створенні суспензії олії та відбілюючої глини, з наступним осіданням глини.

Дезодорація – вилучення речовин, що надають олії специфічного смаку та пахощів. Частково ці сполуки виводяться з олії на попередніх етапах рафінації. В умовах глибокого вакууму, підвищеної температури та

барботування перегрітої водяної пари з олії вилучаються сполуки, які надають олії небажані смак та запах.

14.3 Технологія виробництва цукру

Першою цукроносною рослиною, з якої почалося видобування цукру (цукрозу), була цукрова тростина (рис. 14.1). Ця культура була відома в Індії та Китаї ще у 2-му тис. до н. е. Виробляти цукор з тростини вперше почали, мабуть, в Індії. Звідти цукрова тростина розповсюдилась в Єгипет. Завдяки торговим зв'язкам, а також під час воєн Олександра Македонського (336–323 рр. до н. е.) цукрова тростина розповсюдилась у Сирії, Месопотамії, на півдні Європи і в Середній Азії.



Рисунок 14.1 – Цукрова тростина

Незабаром після відкриття Америки цукрова тростина була завезена на острови Санто-Домінго, Кубу, Гаїті. З неї, як в Америці, так і в Британських колоніях, почали отримувати в значній кількості так званий цукор-сирець.

Кристалічний цукор став відомий на Русі ще в XVI ст. У зв'язку зі збільшенням виробництва цукру споживання його в Європі помітно збільшилося в XVI–XVII ст. Ціни на цукор в той час були надзвичайно високі. Тому цукор був доступний лише для вищої знаті і вживався головним чином у медицині.

Виробництво цукру-сирцю з тростини полягало в наступному. Цукрову тростину подрібнювали, сік віджимали на вальцях, потім його нагрівали і обробляли вапном. Надлишок вапна осаждали золою (поташ), сік фільтрували, випаровували, розливали у бочки, щоб сироп закристалізувався. Для видалення маточного розчину в бочках просвердлювали отвори, патока витікала (її використовували для виробництва рому), а цукор-сирець залишався у бочках.

Отвори закривали і цукор-сирець у бочках вивозили в Європу. Темний цукор-сирець був дуже низької якості: його необхідно було рафінувати. Тому в Європі в місцях споживання цукру почали будувати рафінадні заводи.

Технологія виробництва полягала в розчиненні цукру-сирцю, очищенні сиропу вапном, фільтрації, уварюванні та кристалізації в головних формах.

Цукровий буряк містить цукру від 15 до 22%. Вихід цукру –15 кг на 100 кг буряків. Хімічний склад цукрових буряків залежить від ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки, насіння та інших факторів. Вміст окремих речовин суттєво впливає на вихід і якість цукру. Основною складовою частиною цукрових буряків є сахароза (14...18 %), а інші частини називають нецукрами.

Наявність інвертного цукру в буряках і продуктах його переробки погіршує якість цукру, оскільки сприяє утворенню барвників, ускладнює роботу випарної станції, збільшує втрати сахарози.

Недостиглі буряки містять більше інвертного цукру, ніж стиглі. Серед пектинових речовин особливо небажаною є галактуронова кислота, яка в лужному середовищі утворює колоїдні драглеподібні осад, що погіршують фільтрацію соків. Перехід сапоніну в соки сприяє інтенсивному піноутворенню і сповільнює фільтрування внаслідок утворення з кальцієм колоїдного осаду. Ферменти проявляють активність в умовах низьких температур одержання соку і призводять до потемніння в результаті окислення пірокатехіну і тирозину ферментами з групи пероксидаз.

В Україні цукрові буряки є основною сировиною для виробництва цукру (рис. 14.2). Цьому сприяють кліматичні умови зони помірного клімату та багаті чорноземи.



Рисунок 14.2 – Цукор із цукрового буряка

За хімічним складом соковитий коренеплід цукрових буряків складається із 75 % води і 25 % сухих речовин. Головна складова частина сухих речовин дисахарид – сахароза ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Її вміст у свіжозібраному цукровому буряку становить 16...20 %.

14.3.1 Збирання та зберігання цукрових буряків.

Цукрові буряки збирають бурякозбиральними комбайнами, уникаючи механічних пошкоджень коренеплідів. За фізичним станом коренеплоди не повинні втрачати тургор. В масі допускається (% не більше): цвітушних – 1; під'ялених – 5; сильно механічно ушкоджених – 12; зеленої маси – 3. В партіях буряку не допускається наявність коренеплідів в'ялих або тих, що

підсохли без відновлення тургору (муміфіковані), загнилі, підморожені із скловидними відшаруваннями, почорнілими тканинами.

На автоматизованих лініях спочатку пробу піддають визначенню загальної забрудненості, а потім – цукристості. До загальної забрудненості відносять землю, гичку, черешки листків, бокові корінці і хвостики діаметром менше 1 см, паростки, солому, бур'яни й інші органічні і мінеральні домішки.

Основна маса цукрових буряків зберігається на кагатних полях цукрових заводів. Розміри поля залежать від кількості буряків і висоти кагатів. У середньому на 1 га площі закладають 5...6 тис. т. з допомогою буртоукладачів і формування кагатів висотою 5...6 м, і більше 1 га кагатного поля вкладають 15...21 тис. т. Кагатне поле готують завчасно. Відведену під нього ділянку вирівнюють грейдером, ретельно видаляють всі рослинні рештки, каміння та ін. Після цього ділянку коткують важкими котками і дезінфікують вапном (2 т/га). За два, три дні до закладання буряків поле розбивають під кагати. Ширина проїзду між довгими сторонами кагату 10 м, торцевими – 6 м. Для зменшення впливу прямих сонячних променів кагати за довжиною формують з півдня на північ.

Цукрові буряки поділяють на 3 категорії в залежності від пошкоджень, стиглості: 1 і 2 категорії – це кондиційні буряки з терміном зберігання до 2-х місяців та 3 категорія – некондиційні буряки (ранніх строків збирання до 25-30 вересня), а також пізніх, які не відповідають вимогам стандарту.

Цукрові буряки для тривалого зберігання вкладають у кагати шириною біля основи 18...25 м, висотою 5...6 м і більше. Цукрові буряки середнього строку зберігання – відповідно 12...16 м і 3...4 м. Буряки некондиційні для короткотермінового зберігання вкладають у кагати менших розмірів: ширина біля основи – 8...12 м, висота – 2...3 м. Довжина кагатів встановлюється в залежності від розмірів ділянки, розміщення доріг, вентиляції тощо і може бути 60...120 м. У поперечному розрізі кагат має верхню площадку. Верх кагатів утворює гребінь підйому до середньої поздовжньої лінії (5...8 см на 1 м ширини кагату). Кут нахилу бокових сторін кагату приблизно 40°. Поверхню сформованих кагатів декілька разів обприскують вапном (0,2 кг або 5 л розчину на 1 м²) до утворення стійкого білого покриття. Це сприяє відбиттю сонячних променів, покращанню параметрів середовища і зменшенню в'янення коренеплідів. Повітря в кагати подають центробіжними вентиляторами через заслінки вентиляційних каналів. Примусове вентилявання кагатів слід проводити зволженим повітрям, особливо на початку зберігання, коли спостерігається інтенсивне дихання. Середньодобові втрати буряків при зберіганні в кагатах, вентиляваних вологим повітрям, приблизно в п'ять разів нижчі, ніж в кагатах, що вентиляють незволженим повітрям. Система вентиляції вмикається тоді, коли температура зовнішнього повітря не менш, ніж на 3°C нижча, ніж температура повітря в кагаті, а відносна вологість повітря не нижча 80 %.

Основи виробництва цукру-піску. Виробництво цукру-піску з цукрових буряків за своєю основою є достатньо складним фізико-хімічним процесом. Сахарозу добувають з клітин кореня дифузією, після чого завдяки хімічним і теплофізичним впливам цукор відокремлюють від нецукрів і перетворюють на чистий кристалічний продукт.

Технологічна схема одержання цукру-піску включає такі основні операції:

- очищення буряків від домішок;
- одержання бурякової стружки;
- одержання дифузійного соку;
- очищення дифузійного соку (дефекація, сатурація, сульфитація, фільтрація);
- випарювання соку;
- очищення і уварювання сиропу;
- одержання утфелю (кристалізація);
- центрифугування і пробілювання;
- сушіння цукру-піску.

Загальна схема технологічного процесу на цукровому заводі наведена (рис. 14.4).

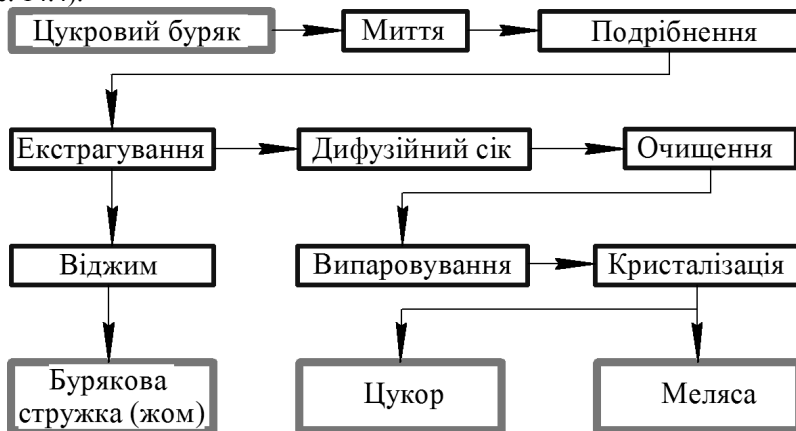


Рисунок 14.3 – Технологічна схема виробництва цукру

Накопичення буряків і доставка на завод. Для створення невеликого запасу буряків (на одну-дві доби) поблизу головного корпусу заводу споруджується заглиблена в землю залізобетонна ємність, яку називають бурячною. Сюди самоскидами привозять буряк. Бурячні розвантажуються струменем води, який виходить із гідранта під тиском 0,1...0,2 МПа. Вода змиває буряки в жолоб гідротранспортера, яким вони подаються на переробку. Замість бурячної може бути сплавний майданчик. Він призначений для приймання і передавання буряку на завод в період його збирання, а також з кагатного поля, не обладнаного гідротранспортерами.

Сплавний майданчик являє собою тверде покриття з нахилом в сторону гідротранспортера, розрахований на дводобовий запас. Для транспортування буряків із бурячної або сплавного майданчика на завод використовують гідротранспортери, які являють собою залізобетонні лотки прямокутного перерізу із закругленими кутами і нахилом в бік заводу. Рівень потоку буряководяної маси підтримується на висоті 40-45 см від дна за рахунок швидкості потоку 1...1,5 м / с та густини буряків.

Очищення буряків від домішок і миття. Буряки, зібрані будь-якими способами, більшою чи меншою мірою забруднені землею, гичкою, рослинними і мінеральними домішками, мають багато уламків. Такі буряки не можна переробляти без очищення. Так, мінеральні домішки (пісок, камені) викликають завчасне зношення обладнання, а гичка й інші рослинні домішки знижують якість дифузійного соку і сприяють збільшенню втрат цукру. Тому буряки ретельно очищають від сторонніх домішок. Для цього використовують комплекс обладнання, який складається з гідротранспортерів, гичкосоломовловлювачів, каменепісковловлювачів, мийних машин. Після проходження коренів через комплекс обладнання для очистки та гідротранспортування, буряки частково відмиваються від землі. Вся бурякомийна маса потрапляє на водовідділювач, де вона звільняється від транспортномийної води, уламків буряків, піску та дрібних компонентів і потрапляє в бурякомийку.

Із мийки коренеплоди надходять на другий водовідділювач, де через форсунки споліскуються хлорованою водою і надходять в буряковий елеватор. Чистий буряк підіймається елеватором і подається на автоматичні ваги.

Одержання бурякової стружки. Вирішальне значення при добуванні цукру має якість бурякової стружки. Вона повинна мати достатньо велику поверхню, бути міцною на розривання, згинання і зминання, добре проникною. Саме тоді дифузія сахарози відбувається повніше і швидше. Форму стружки вибирають залежно від якості буряків і типу дифузійного апарату: у вигляді жолобчастих смужок або пластинок прямокутного перерізу. Жолобчасту стружку під кутом 90° дістають завширшки 4...6 мм і завтовшки 0,7...1,0 мм, а пластинчасту – завширшки 2,5...3,0 мм і завтовшки 1,2...1,5 мм.

Для одержання бурякової стружки застосовують, в основному, центробіжні бурякорізки. Вони складаються з нерухомого вертикального циліндра, в стінках якого є 12 або 16 вирізів. У пази вирізів закладаються рами з ножами. У середині циліндра обертається трилопатевий конічний завиток із швидкістю 100...120 об./хв. Зовні бурякорізка закрита конічним кожухом. У бурякорізці ножі нерухомі. Добута бурякова стружка надходить на грабельний або стрічковий транспорт, який подає її в дифузійний апарат.

Якість бурякової стружки оцінюється числом Сіліна – це довжина 100 г стружки, яка повинна складати 9...15 м, або шведським фактором. Цей

фактор повинен бути не менше 10. Більш тонка стружка швидко забиває сита, а з крупної менше добувається соку, що призводить до зменшення виходу соку. Бурякова стружка далі по стрічковому конвеєру надходить в дифузійне відділення. Процес вилучення цукру базується на дифузії клітинного соку водою із порушених клітин.

Одержання дифузійного соку. Оболонки клітин коренів проникні для цукру та інших водорозчинних речовин. Однак жива протоплазма клітин напівпроникна і майже не пропускає цукор та інші, розчинні у клітинному соку, речовини. Тому відносно максимально добути цукор дифузійним способом можна тільки після нагрівання стружки до 60°C, коли відбувається процес коагуляції білків протоплазми. При цьому білки перетворюються на окремі згустки, грудочки, між якими проходять цукор та інші водорозчинні речовини до стінок клітин і крізь них – у лишній простір.

Цукор із бурякової стружки добувають гарячою водою в дифузійних апаратах безперервної дії. Дифузю соку проводять в апаратах шнекового типу. Стружку прошпарюють (нагрівають) гарячим соком для плазмолізу клітин в спеціальному ошпарювачі. Вона надходить в апарат безперервно, а назустріч її руху подають воду за температури 72...75°C (рН 6,2...6,5), за допомогою якої і проходить знецукрювання. Унаслідок коагуляції білка протоплазми цілісність клітинних стінок порушується, і в них звільняються щілиноподібні отвори.

Нагріта стружка переміщується шнеком з одного кінця апарата в інший, віддає потоку води цукор і розчинні нецукри. У міру руху стружка все більше знецукрюється. Під час виходу з апарата, стружка (яку називають жомом) має вміст цукру 0,20...0,28 % від маси.

Дифузією (екстрагуванням) називають вилучення із складної речовини одного або декількох компонентів за допомогою розчинника (екстрагента), який має вибіркову здатність розчиняти тільки речовини, що піддаються екстрагуванню. Рушійною силою дифузії є різниця концентрацій речовин у розчинах, що стикаються, яка переносить розчинену речовину в бік меншої концентрації.

Існують:

1) вільна дифузія – коли два розчина безпосередньо стикаються один з одним і вільно проникають один в одного;

2) осмос – це мембранна дифузія, коли розчини розділені напівпроникною мембраною, яка пропускає тільки чистий розчинник;

3) діаліз – теж мембранна дифузія, але мембрана, крім розчинника, пропускає ще і частини розчиненої речовини, але до певного розміру, а більш крупні – затримує.

У цукровому виробництві відбуваються всі три види дифузії – вільна дифузія – коли переходить в розчин цукор із зруйнованих клітин, потім осмос – проникнення води в клітинний сік, а після нагрівання стружки і денатурації протоплазми починається основний видобуток цукру – діаліз.

Вилучення соку здійснюється в дифузорах, де з одного боку подається стружка, а назустріч – вода. Для цього використовують безперервно діючі дифузійні установки великої потужності: вертикальні колонні з ошпарювачем (КДА) і похилі двошнекові типу ДДС і А1-ПДС. Стружку спочатку ошпарюють водою $t = 72-75^{\circ}\text{C}$, це температура денатурації протоплазми бурякових клітин, яка є напівпроникною мембраною. Триває процес дифузії 60...90 хв., її продуктами є дифузійний сік з вмістом цукру 15 % по відношенню до маси буряка і жом, який містить клітковину, геміцелюлозу і пектинові речовини. Для живлення дифузійного апарату використовують барометричну, жомотресову і свіжу воду.

Мікробіологічні процеси в дифузійному апараті. Дифузійний сік є сприятливим середовищем для розвитку бактерій, грибків і інших мікроорганізмів. Частина мікроорганізмів руйнують сахарозу, збільшують вміст у соку моносахаридів і продуктів їхнього розпаду, переважно кислот, що дають із кальцієм розчинні солі.

Деякі мікроорганізми, навпаки, синтезують із сахарози полімери глюкози й фруктози – декстран і левулан.

Джерелом інфікування дифузійного апарата є насамперед буряк. В 1 см³ води на поверхні добре вимитого буряка міститься близько 1 млн. різних мікроорганізмів, а на погано відмитому – 10...20 млн. Для зменшення інфікування буряк промивають на водовідокремлювачах, застосовуючи для миття чисту, а якщо можна, і хлоровану воду.

Другим джерелом інфікування є вода, що надходить у дифузійний апарат. Вода з відкритих водойм, особливо при повторному її використанні, дуже інфікована мікробами. Температура її дорівнює 45...50°C, тобто недостатня для її стерилізації. У процесі водопідготовки воду обробляють сірчистим газом, який має сильну бактерицидну дію. Оскільки барометрична вода перед подачею в дифузійний апарат також сульфитується для зниження рН до 6,2...6,5, тому вона вважається стерильною.

Третє джерело інфікування – жомотресова вода. Вводять її в дифузійний апарат тільки після пастеризації (нагрівання до 90°C і витримання у відстійнику). Після такої обробки у воді не можуть бути присутнім життєдіяльні форми мікробів, а лише спорозні.

Для припинення розвитку життєдіяльності мікроорганізмів у дифузійному апараті необхідно підтримувати температуру не нижче 70°C. Про розвиток мікроорганізмів можна судити по зниженню рН соку нижче 6,2...6,5, тому що продуктами їх життєдіяльності є, головним чином, кислоти. Якщо при правильному веденні технологічного і теплового режимів бажаний результат не отриманий, в апарат вводять дезінфікуючі речовини. Найчастіше для цього застосовується формалін. В останній час запропоновано вводити аноліт.

Максимальний розвиток мікроорганізмів звичайно спостерігається на відстані 1/3 довжини дифузійного апарата від хвостової. Формалін вводять

один раз у годину повною дозою (5 л на 1 000 ц переробки), щоб уникнути звикання мікроорганізмів.

Дифузійний сік, крім цукру, містить білки, амінокислоти, органічні кислоти, мінеральні солі, пектинові речовини. Він має темний колір, кислу реакцію, містить шматочки мезги, тому його необхідно очищати. Спочатку відокремлюють мезгу на мезговловлювачах безперервної дії, бо мезга містить протопектин, який в лужному середовищі переходить в розчин і на стадії очищення вапном може утворити желеподібний осад, що ускладнює фільтрацію. Потім здійснюють очищення, яке включає три операції: перша дефекація, перша сатурація, друга дефекація, друга сатурація і сульфатація (обробку SO_3).

Перша дефекація – це обробка 0,25...0,3% вапном до маси буряка, її мета – нейтралізувати вільні кислоти дифузійного соку, осадити значну кількість колоїдних речовин і осадити знецукри. Перша дефекація здійснюється в переддефекаторах. Триває 3...5 хв., рН середовища 11,0...11,5. Під час дефекації аніони кислот, що утворюють із кальцієм нерозчинні солі, випадають в осад, у меншому ступеню, осаджуються аніони інших дикарбонових кислот.

Білки буряка складаються, головним чином, з кислих амінокислот і точка їх еквівалентності перебуває в лужному середовищі, при рН 11. При подальшій дії вапна відбувається лужний гідроліз білка і осад частково розчиняється.

Перша сатурація здійснюється з метою додаткового очищення соку шляхом адсорбції на свіжеутворених кристалах CaCO_3 зважених часток і розкладання сахаратів кальцієм. Сік разом з осадом надходить у сатуратор, де через нього продувають CO_2 . Цей газ одержують на цукрових заводах шляхом спалювання вапняку в печах при високій температурі. 10 % вапна в соку знаходиться в розчині, а 90% у вигляді осаду. При продуванні CO_2 все надлишкове вапно випадає в осад у вигляді CaCO_3 . Перша сатурація здійснюється у протиточному решітчастому сатураторі. Дефекований сік надходить зверху, а газ – знизу, крізь решітки. Процес відбувається при температурі 80...85°C протягом 10 хв.

Перше завдання другої дефекації – додавання до соку великої кількості вапна (2,0...2,5% CaO до маси буряка у вигляді молочка) для одержання, так званого фізично активного вапна, необхідного для проведення процесів адсорбції на другій сатурації і створення гарних умов фільтрації соку і більш повного освітлення дифузійного соку.

Друге завдання основної дефекації – розкладання речовин, нестійких у лужному середовищі.

Моносахариди розкладаються з утворенням органічних кислот, що дають із кальцієм розчинні солі: мурашина, леулінова, цукрова, молочна, і ін. Цей процес закінчується утворенням гумінових кислот. Солі жирних

кислот утворюють осад, які дуже погано відфільтровуються, але, оскільки їх кількість незначна, істотно на процеси виробництва вони не впливають.

Аміди кислот розкладаються з виділенням аміаку з утворенням кальцієвих солей відповідних кислот.

Білкові речовини під дією надлишку вапна розкладаються з утворенням альбумоз, пептонів, амінокислот, амідів кислот та їх кальцієвих солей. Альбумози і пептони не повністю осаджуються вапном і також утворюють осад, які погано фільтруються.

Пектинові речовини. В умовах дефекації відбувається деестерифікація пектинової кислоти, яка при взаємодії з вапном утворює кальцієві солі – пектати.

При подальшій дії лугу пектинова кислота розпадається, з утворенням кальцієві солі галактуронові кислоти. Ці осад також дуже важко фільтруються. Процес дефекації проводять у дефекаційних котлах – вертикальні циліндричні ємності з конічним днищем з мішалкою. Сік подають у нижню частину котла й відбирають у верхній частині через переливну коробку. Осад, які утворилися в нижній частині, періодично спускають через вентиль Ногачевського. Вентиль відрізняється від звичайних тим, що клапан його при відкритті піднімається нагору й піднімає шар осаду, який на ньому лежить. Час перебування соку в котлі – 8...10 хвилин.

Другу сатурацію виконують для того щоб зменшити вміст вапна і солей Са в соку до мінімальної межі. Триває 8...10 хв. Вміст солей Са в соку не повинен перевищувати 0,002% СаО. Друга сатурація відбувається при температурі 101...102°C. Фільтрування здійснюють під тиском 0,3...0,4 МПа і температурі 80...90°C для видалення зважених частинок, що не випали в осад. Кількість осаду в соку II-ї сатурації в 9...10 разів менше, ніж у соку I-ї сатурації; крім того, осад має значно кращі фільтруючі властивості. Фільтрацію соків II-ї сатурації здійснюють на фільтр-пресах або дискових фільтрах. Фільтри не промивають, а осад повертають на першу дефекацію і потім виводять із виробництва разом з осадом I-ї сатурації. Якість фільтрації соку II-ї сатурації має велике значення. Попадання навіть незначного осаду карбонату кальцію на сульфатацію призводить до утворення сульфату кальцію, розчинність якого вище вуглекислого. У результаті збільшується вміст кальцію в соку, який йде на випарювання, і на випарній станції утвориться накип, який важко видаляється. Тому сік II-ї сатурації піддають контрольній фільтрації (додатковій очисній фільтрації).

Контрольну фільтрацію проводять на мішковому фільтрі, що складається із прямокутного корпусу з похилим дном. Фільтрувальні мішки (серветки) виготовлені з фільтр-діагоналі. Тривалість контрольного фільтрування 2...3 години. Мішки з контрольних фільтрів (також як і фільтраційні полотна з усієї іншої фільтраційної апаратури) піддають мийці в спеціальній серветкомийці і використовують повторно. Сатураційний осад змішується з жомовою водою і відкачується насосами на поля фільтрації

(гідравлічне видалення), або використовується для вапнування кислих ґрунтів (сухе видалення пневмотранспортом). Очищений сік направляється на сульфітацію.

Сульфітація – остання стадія очищення соку – обробка SO_2 . Мета – знебарвлення соку, зменшення його в'язкості, а також його знезаражування. SO_2 на цукрових заводах одержують шляхом спалювання сірки в спеціальних печах. В одержаному сульфітаційному газі (сірчистий газ) міститься 10...15% SO_2 . При пропусканні SO_2 крізь сік утворюється сірчиста кислота, яка частково перетворюється у сірчану кислоту. В результаті цього відбувається знебарвлювання соку, а також знижується його лужність. Це значно зменшує в'язкість сиропів і покращує фільтрування. Сірчиста кислота і її солі блокують карбонільні групи глюкози, фруктози, мальтози, чим запобігають утворенню забарвлених речовин в соку. Сульфітація здійснюється в зрошувальних або рідинноструменевих сульфітаторах протягом 5 хв. Витрати сірки 15 кг на 100 т буряка.

Випарювання соку. Очищений сік містить 14...15% сухих речовин, у результаті випарювання вміст сухих речовин у сиропі підвищується приблизно до 65%. У сучасних випарних установках число корпусів, з'єднаних послідовно, коливається від чотирьох до шести. Кожний випарний апарат складається з корпусу, розташованого в ньому поверхню нагрівання, відвіду конденсатів і газів, що не конденсуються (аміачне відтягнення). Інший простір корпусу розділяється на сокову, яка заповнена киплячою рідиною, і надсокову, у якому перебуває сокова пара.

Сік, що надходить на випарювання, є насиченим розчином важко розчинних солей кальцію. У міру згущення ці солі випадають із розчину в осад. На початку випарювання бікарбонати інтенсивно розкладаються (якщо вони присутні) і утворюється вуглекислий кальцій. У процесі випарювання концентрація карбонат-іона збільшується, що також призводить до утворення осаду карбонату кальцію. У результаті розкладання оксамитової кислоти утворюється нерозчинний оксалат кальцію.

Розчинність багатьох солей з підвищенням концентрації сахарози зменшується, і вони випадають в осад. Нерозчинні солі кальцію частково випадають у процесі випарювання на поверхні нагрівання, внаслідок чого погіршується теплопередача й знижується продуктивність випарної установки. Звичайно на початку випарювання випадає головним чином карбонат кальцію, а потім солі органічних кислот і наприкінці – гіпс.

У цілому в процесі випарювання спостерігається:

- підвищення забарвлення соку внаслідок перетворень вуглеводів;
- зниження лужності внаслідок утворення кислот при розкладанні цукрів і дезамінування амідів і підвищення лужності внаслідок розкладання бікарбонатів;
- утворення накипу в результаті випадіння на поверхні нагрівання важко розчинних солей.

Очистку сиропу здійснюють змішуванням з клеровкою (розчином) жовтих цукрів, додаванням кізельгуру (0,1...0,15%), сульфитацією до pH =7,5 і фільтруванням підігрітого соку.

Уварювання сиропу здійснюють у вакуум-апаратах періодичної дії при температурі 75...80°C до концентрації сухих речовин 92,5...93,5 %в 4 стадії:

- згущення сиропу до перенасичення розчину;
- заводка пудри цукру для утворення центрів кристалізації сахарози;
- нарощування кристалів цукру;
- остаточне згущення і спуск утфеля.

У цукровий розчин додають тонкоподрібнену цукрову пудру, яка стає затравкою для виникнення в розчині центрів кристалізації. Потім в апарат додають підігрітий на 2...3°C вище температури маси в апараті сироп. При попаданні сиропу в апарат з пониженим тиском він бурхливо закипає і тим самим перемішує масу і вирівнює концентрацію. Призначення додавання сиропу – розведення маси і надання розчину метастабільного стану, при якому відбувалося б нарощування кристалів і не було б утворення нових центрів кристалізації.

Продукт, після уварювання сиропу, називають **утфелем**. Одержаний, утфель розділяють у швидкісних центрифугах на товарний цукор-пісок і міжкристалевий розчин (відтік), який знецукрюють на наступних етапах кристалізації. На кристалах залишається тонка плівка, яка надає цукру жовтуватого кольору. Тому цукор промивають (пробілюють) нагрітою до 90...100 °C невеликою кількістю води, внаслідок чого утворюється другий відтік. З автоматизованих центрифуг одержують цукор-пісок вологістю близько 0,8...1,2%, який грудкується, а під час транспортування легко пошкоджується. Тому його сушать до вологості 0,14%, охолоджують, звільняють від феромагнітних домішок, у сортувальній машині відділяють грудки і розсіюють на фракції (рис. 14.4).



Рисунок 14.4 – Відділення грудок і розсіювання на фракції у сортувальній машині

Щоб мати більше якісного цукру, жовтий цукор повертають у виробництво, розчиняючи його в соку II сатурації. Цей процес і називається **клеруванням**. Розчинений у соку жовтий цукор домішують до випарного сиропу, який надходить на сульфитацію.

Відтік II утфелю називають **кормовою патокою або мелясою**.

Вихід чистого цукру на сучасних заводах залежить від цукристості сировини і становить 10...14 % від маси перероблених буряків.

Цукор зберігають в чистих, сухих, опалюваних або неопалюваних складах з якомога рівномірною температурою. Щоб цукор не зволожувався, відносна вологість повітря в складах повинна бути нижча 70 %. Мішки з цукромкладають у штабелі на настили з брусків або дощок, залишаючи вздовж стін і між штабелями проходи завширшки 0,7 м.

Відходи цукрового виробництва і їх використання. Жом. Вихід жому становить 90 % від маси перероблених буряків. У свіжому жомі міститься 93 % води, 6...7 % сухих речовин, до складу яких входить 2,5 % клітковини, 0,6 % азотних речовин, 2,6 % пектинових речовин, 0,2 % золи, 0,2 % сахарози. Жом – цінний корм для худоби і може використовуватись у свіжому, кислому і сухому вигляді. Перевезення сирого жому внаслідок великого вмісту води нерентабельне, тому його використовують в господарствах, розміщених поряд з цукровими заводами. Щоб сирий жом не псувався, його силосують. Для підвищення кормової цінності і транспортабельності жом сушать в барабанних сушарках після попереднього видалення половини води пресуванням. Вихід сухого жому становить 8 % від маси сирого. Такий жом містить близько 90 % сухих речовин, добре зберігається, а за поживністю близький до вівса. Його використовують як один із компонентів при виробництві деяких комбікормів. Із жому одержують також буряковий пектин, який використовують в харчовій та кондитерській промисловості.

Кормова патока або меляса має об'єм 3,5...5 % від маси перероблених буряків і містить 50 % цукру. Переважну більшість меляси використовують для виробництва етилового спирту. Її застосовують для здобрювання грубих кормів і приготування комбікормів. Меляса є сировиною для виробництва хлібопекарських дріжджів, гліцерину, молочної, лимонної, глютамінової кислот, які йдуть на приготування ліків.

Дефекат. Становить 5...6 % від маси перероблених буряків. Він містить близько 80 % CaCO_3 , солі фосфорної кислоти і азотистих речовин. Використовується як вапняне добриво для кислих ґрунтів.

Виробництво цукру-рафінаду. Мета рафінування – максимальне видалення домішок і одержання фактично чистої сахарози.

Згідно із стандартом цукорпісок I-го сорту повинен мати не менше 99,75 % сахарози і не більше 0,25 % нецукристих речовин, у тому числі редукуючих речовин – не більше 0,15 %.

Цукор-рафінад містить не менше 99,9 % сахарози. Його виробляють на спеціальних заводах або у рафінадному цеху цукрового заводу. Цукор-рафінад буває литим і пресованим.

Пресований – у формі паралелепіпедів, кусочками, литий – у вигляді довільної форми. Найбільш міцний литий цукор виробляють у формі цукрових голів.

Цукровий пісок розчиняють у воді. Сироп фільтрують і піддають обробці активованим вугіллям або іншими сорбційними засобами для видалення барвників. Оброблений таким чином сироп надходить у вакуум-апарати для уварювання I рафінадного утфелю. Під час уварювання до утфелю додають невелику кількість ультрамарину (0,0008 % від маси цукру) для маскування жовтого відтінку кристалів цукру. Процес уварювання, кристалізації аналогічний одержанню цукру-піску.

Рафінадний утфель відбілюють, а потім, так звану рафінадну кашку (з вологістю до 3 %) пресують і одержують вологий рафінад певної форми.

Щоб приготувати рафінад у вигляді голів, утфель заливають у конічні форми, охолоджують до температури 45°C. При цьому в порах між кристалами залишається маточний розчин, якому дають витекти крізь отвір у нижній частині (носику форми). Для пробілювання у форми зверху заливають цукор вищої очистки. Сирий пресований рафінад сушать у сушарках підігрітим повітрям до вологості 0,3...0,4 %. Після сушіння бруски рафінаду охолоджують і розколюють на куски на спеціальному колольному верстаті, а потім упаковують. Після відбілювання I рафінадного утфелю на центрифугах дістають два відтіки: зелену і білу патоку. Білу патоку повертають для варіння I рафінадного утфелю. Зелену патоку після знебарвлення активованим вугіллям піддають уварюванню і кристалізують. Одержують II рафінадний утфель, з якого виробляють рафінадну кашку. Зелена патока утфелю II рафінаду є сировиною для III рафінаду. Типовою технологічною схемою передбачається робота з трьома рафінадними утфелями.

14.4. Питання для самопідготовки та закріплення набутих знань

1. Призначення сільськогосподарської продукції.
2. Зерно – головний продукт харчування. Типи та класи зерна в залежності від показників якості.
3. Очищення зерна від домішок та його зберігання.
4. Технологія виробництва олії.
5. Пресовий та екстракційний способи очищення олії.
6. Сучасні методи рафінації олії.
7. Технологія виробництва цукру.
8. Який вміст сахарози та нецукрів у цукрових буряках?
9. За якими показниками оцінюють якість цукрових буряків?

10. Які основні фактори впливають на якість цукрових буряків під час зберігання?

11. Яка будова кагатів для зберігання цукрових буряків та умови їх зберігання?

12. У чому особливості зберігання маточників цукрових буряків?

13. Які основні технологічні операції виробництва цукру-піску?

14. Яке призначення дефекації та сатурації соку?

15. Які відходи одержують у бурякоцукровому виробництві і як їх застосування?

16. Як одержують цукор-рафінад?

ЛІТЕРАТУРА

1. Остапчук М.В., Рибак А.І. Системи технологій (за видами діяльності): Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2003. – 888 с.
2. О.В. Дичковська. Системи технологій галузей народного господарства. – Київ: – 1995. – 300 с.
3. О.Ф. Оснач. Товарознавство. – Київ: 2004. – 219 с.
4. Попович В.В., Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
5. Сологуб М.А. Технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник для вузів. – К.: Вища школа, 2002. – 379 с.
6. Технологія основних виробництв. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спец. 6.070801 "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування", Надворний Б.Є., Кропівна А.В., Молокост Л.А. – Кіровоград: КНТУ, 2010 – 50 с.
7. Система технологій : метод. вказ. до вивч. курсу та лаб. робіт з елементами кредитно-модульної системи організації навч. процесу : для студ. спец. : 051, 071, 072, 075, 073, 281, 076, економічних факультетів / [уклад. : В. М. Кропівний, А.В. Кропівна, А. В. Кузик, Л. А. Молокост]. - Кривий Ріг: ЦНТУ, 2017. - 63 с.
8. Товарознавство : метод. вказ. до вивчення курсу з елементами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та до виконання курсової роботи / [уклад. А. В. Кропівна] ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2017, – 51 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів. Методичні вказівки до лабораторних робіт. – Укл. О.С.Висоцький, В.М. Кропівний, Б.Є. Надворний, Л.А. Молокост Кіровоград. КНТУ. 2006 – 42 с.
10. В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. Загальна хімічна технологія. – Львів: 2005. – 552 с.
11. Мельник С.Р., Мельник Ю.Р., Піх З.Г. Проектування та розрахунок технологічних процесів органічного синтезу. Навчальний посібник. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. — 448 с.
12. М.М. Братчик. Основи промислової нафтохімії. – Львів: 2008. – 604 с.
13. Збожна О.М. Основи технології : Навч. посібник. Тернопіль: Карт-бланш. 2002. 486 с.
14. Системы технологий: Учебное пособ. / Под ред. Проф. П.Д. Дудка. – Х.: ООО «Издательство «Бурун Книга», 2003 – 336 с.
15. Братичак М. Технологія нафти та газу. Навч. посібник. – К.: ЦУЛ, 2000. – 186 с.
16. Бурцев В.М. Технология машиностроения: В 2-х т. – М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2001. – 564 с.

17. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы, Учебник. – К.: Высшая школа, 1989. – 185 с.
18. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов. Учебник. – СПб.: Политехника, 2000. – 382 с.
19. Технологія конструкційних матеріалів (За редакцією М.А. Сологуба), Київ: «Вища школа», 2002. – С. 241-260.
20. Технология конструкционных материалов (Под ред. А.М.Дальского). – М.: Машиностроение, 1985. – С.357-359.
21. А.М. Гинберг „Технология важнейших отраслей промышленности». – Миск: В.ш. – 1985. – 496 с.
22. Технология конструкционных материалов. Под общей редакцией О.М. Дальского. – М.: Машиностроение 1990. – 352 с.
23. П.Д.Дудко, В.С.Пономаренко, А.М.Тимошин. и др. Системы технологий: Учеб.пособие. – Харьков, 2003. – 322 с.
24. В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. Загальна хімічна технологія. – Львів: 2005. – 552 с.
25. М.М. Братчик. Основи промислової нафтохімії. – Львів. 2008. – 604 с.
26. В.Л.Яровенко, В.А. Маринченко, В.А.Смірнов. Технология спирта. Москва: «Колос». – 1999. – 464 с.
27. Г.Б.Варламов, Г.М. Любчик, В.А.Маляренко. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – Київ: 2003. – 232 с.
28. А.Р. Сапронов. Технология сахара. – М.: 1983. – 242 с.
29. Л.П. Клименко. Техноекологія. – Одеса: 2000. – 542 с.
30. О.М. Бокрис. Химия окружающей среды М. 1982. – 672 с.
31. І.І.Назаренко, О.В. Тіманська. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. Конструкції та основи експлуатації. – Київ: Вища школа. – 2004. – 590 с.
32. П.А. Горбатов, Г.В. Петрушкин, Н.М. Лисенко и др. Горные машины для подземной добычи угля. – Донецк: 2006. – 669 с.
33. И.В. Бахталовський, В.П. Барыбин, Н.С. Гаврилов. Механическое оборудование керамических заводов. – М.: Машиностроение, 1982.– 432 с.
34. Банит Ф.Г., Крижановский Г.С., Якубович Б.И.. Эксплуатация, ремонт и монтаж оборудования промышленности строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1971. – 368 с.
35. Константопуло Г.С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов. – М.: Высшая школа. – 1988. – 432 с.
36. С.Г. Силенюк, А.А.Борщевский. М.Н. Горбовец и др. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
37. І.І. Назаренко. Машини для виробництва будівельних матеріалів. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.

38. Э.А.Сухарев. Теория эксплуатационной надежности машин. – Ровно: РГТУ, 2000. – 164 с.
39. Ю.Ф. Чубук, И.И. Назаренко, В.Н. Гарнец. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей. – К.: Вища школа. – 1986. – 168 с.
40. І.В. Сирохман. І.М.Задорожний. Товарознавство продовольчих товарів. Підручник. – Київ: Лібра, 2003. – 368 с.
41. Краткий справочник. Под ред. В.М. Раскатова. – М.: Машиностроение, 1981. – 511 с.
42. Технология металлов и материаловедение. Под редакцией Л.Ф.Усовой, М.: Металлургия, 1987. – 800 с.
43. Металлургия стали. Кудрин В.А. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1989. – 500 с.
44. Н.Н.Севрюков, Б.А. Кузьмин. общая металлургия. М.: Металлургия. – 1976. – 568 с.
45. Технология пластических масс. Под ред.В.В.Кошака. – М.: Химия, 1985.– 560 с.
46. Е.И. Семенов. Ковка и объемная штамповка. М.: Высшая школа. – 1972. – 352 с.
47. Специальные виды литья. Степанов Ю.А. и др. М.: Машиностроение. – 1970 – 224 с.
48. Механическое оборудование предприятий по производству вяжущих строительных материалов. Ю.А.Лоскутов, В.М. Максимов и др. М.: Машиностроение. – 1986. – 376 с.
49. Технологія металів та інших конструкційних матеріалів/ За ред. Г.О.Прейса. – Київ: Вища школа. – 1975. – 460 с.
50. Юркевич В.В. Технология производства химических волокон. – М.: Химия. – 1987. – 370 с.
51. Основы химической технологии / Под ред. М.П.Мухленова. М.: Высшая школа. –1991. – 590 с.
52. Бенедикт М., Питфорд Т. Техническая технология ядерных материалов. Пер. с англ. М.: Издательство гл.управл. по использованию атомной энергии. – 1960. – 528 с.
53. Формовочные материалы и технология литейной формы : [справочник] / Под. общ. ред. С.С. Жуковского. – М.: Машиностроение. – 1993. – 432с.
54. Специальные способы литья: [справочник] / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н.Бабич, О.Н. Плющин. – М. : Машиностроение. – 1991. – 436 с.
55. Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин. Технология литейного производства (Специальные виды литья). – М.: Машиностроение. – 1983. - 283с.

ГЛОСАРІЙ

Абразивна обробка – механічна обробка виробів з металу, деревини, пластмаси, скла, шкіри та інших матеріалів абразивним інструментом.

Абсорбційна колона – теплообмінний апарат для розділення газових сумішей шляхом вибіркового вбирання їх окремих компонентів рідким абсорбентом. Застосовується для осушування і очищення природних газів під час виробництва сірчаної кислоти, хлору, аміаку та ін.

Абсорбція – вибіркове поглинання речовини з газового чи рідкого середовища усім об'ємом твердого тіла чи рідини.

Автоматична лінія – це система автоматично діючих станків, пов'язаних транспортними засобами, що мають єдиний керуючий пристрій.

Агломерація – процес спікання руд дрібних фракцій з подрібненим твердим паливом (кокс, вугілля) в агломераційній машині.

Адсорбція – поглинання поверхнею деталі активних атомів.

Азбоцемент – цемент, зміцнений азбестовим волокном. Він легкий, вогнестійкий, атмосферостійкий, легко формується. Його міцність вища порівняно з бетоном.

Антифрикційні пластмаси – пластмаси, які використовують для виготовлення підшипників ковзання.

Бетон – це штучний кам'яний матеріал, який отримують у результаті формування і твердіння бетонної суміші. Суміш містить у собі мінеральний в'язучий матеріал (цемент – 16 %), заповнювач (пісок, щебінь, гравій – 75 %) і воду (9 %).

Бронза – сплав міді з оловом у різних співвідношеннях (мідь переважає), потім сплави міді, олова і цинку, а також з деякими іншими металами або металоїдами (свинцем, марганцем, фосфором, кремнієм та ін. у невеликих кількостях).

Вальцювання (прокатка) – такий вид обробки металів тиском, коли заготівка силами тертя втягується у проміжок між: обертальними валками, які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу і збільшуючи довжину.

Вапно (оксид кальцію – CaO) – в'язуча мінеральна кристалічна тугоплавка речовина.

Верстати – машини, призначені для оброблення різанням заготовок, виготовлених з конструкційних матеріалів, з метою надання їм певної форми, розмірів і шорсткості поверхні.

Виливниці – чавунні або сталеві форми, що мають квадратний, прямокутний або круглий поперечний переріз, їх заповнюють сталлю зверху або знизу.

Вогнетривкі матеріали – матеріали, що мають вогнетривкість вище 1580°C і відповідають таким вимогам, як вогнетривкість, висока міцність на стискання та згинання, термостійкість, газонепроникність, шлакостійкість, сталість об'єму.

Волочіння – спосіб обробки металів тиском, що полягає у протягуванні вальцьованих або пресованих заготовок крізь отвір, поперечний переріз якого менший за поперечний переріз заготовки, а конфігурація отвору формує заданий профіль виробу.

Вуглецева сталь – будівельна сталь звичайної якості.

Вузол – складова частина виробу, який отримують з'єднуванням деталей.

Вулканізація – процес перетворення сирого каучуку на гуму шляхом нагрівання його із сіркою.

Газифікація – штучне перетворення твердого або рідкого палива на газу.

Геотермальна енергія – це запаси теплоти, наявної в глибинах землі. Особливий практичний інтерес представляють гарячі джерела води й пари (гейзери).

Гідроенергетика – це основні маневрені потужності енергосистеми України.

Глинозем, або оксид алюмінію – основний вихідний матеріал для виробництва алюмінію.

Гума – матеріал, необхідний для виробництва різноманітних виробів – від автомобільних шин до хірургічних рукавичок.

Десорбція – процес видалення адсорбованої (адсорбату) або абсорбованої (абсорбату) речовини з поверхні адсорбенту або з об'єму абсорбенту. Протилежне – сорбція, адсорбція або абсорбція.

Деталь – виріб, виготовлений без застосування складальних операцій.

Дифузія – проникнення активних атомів у поверхневий шар деталі.

Доменна піч – це шахтна піч для виробництва чавуну. Висота печі значно перевищує діаметр поперечного перерізу.

Доменний процес – це технологічний процес виробництва чавуну, який містить у собі горіння палива, відновлення заліза та його навуглецювання

Допуск – відхилення кількісної характеристики будь-якого параметра (наприклад, розмірів деталей машин і механізмів, фізико-хімічних властивостей матеріалів), що допускаються від його номінального (розрахункового) значення відповідно до заданого квалітету точності. У машинобудуванні допуски забезпечують взаємозамінність деталей і вузлів.

Електроліз – хімічні процеси, що відбуваються при пропусканні постійного електричного струму на електродах, розташованих у розчинах, розплавах або твердих електролітах. Позитивно заряджені іони (катіони) рухаються до катода та відновлюються на ньому, а негативно заряджені (аніони) – до анода, де відбувається їх окислення.

Електростанція – це сукупність установок, обладнання та апаратури, які використовуються безпосередньо для виробництва електроенергії, а

також необхідні для цього споруди та будівлі, розташовані на певній території.

Ендотермічна реакція – хімічна реакція, яка відбувається з поглинанням енергії (теплоти) із середовища.

Жароміцність – це здатність зберігати достатню міцність при високих температурах.

Жаростійкість сталі – здатність сталі чинити опір газовій корозії при підвищених температурах.

Заготовки – напівфабрикати, за формою і розмірами близькі до деталі.

Збагачення – це виробничий процес, спрямований на підвищення концентрації корисного елемента в руді.

Зварне з'єднання – ділянка конструкції, в якій окремі її частини поєднанні шляхом місцевого сплавлення або спільного пластичного деформування матеріалів цих елементів, у наслідок чого виникає міцне зчеплення матеріалів, яке засноване на міжатомній взаємодії. До складу зварного з'єднання входить зварний шов, зона термічного впливу і прилеглі до неї ділянки основного металу.

Зварний шов – ділянка зварного з'єднання, утворена внаслідок кристалізації металу зварної ванни.

Зварювання – технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань внаслідок міжатомної взаємодії, що відбувається при місцевому сплавленні або спільному пластичному деформуванні з'єднуваних частин.

Зона термічного впливу – ділянка прилеглого до зварного шва основного матеріалу, яка не піддалася розплавленню, структура і властивості якої при зварюванні змінюються внаслідок нагріву та пластичної деформації. випалюванням аж до спеченого стану суміші вапняку (75...78 %) і глини (22...25 %) або їх природної суміші – мергелів.

Карбон – хімічний символ С, (лат. *Carboneum*), хімічний елемент з атомним номером 6, який належить до 14-ї групи (за старою класифікацією головної підгрупи IV групи), 2-го періоду періодичної системи хімічних елементів, та є представником поліатомних неметалів.

Карбонізація – процес поглинання вуглекислого газу оксидами та гідроксидами металів з утворенням карбонатів. Такий процес відбувається, зокрема, при твердінні вапна.

Кар'єром називають сукупність відкритих виробок, обладнаних для видобування корисних копалин.

Каталіз – зміна швидкості хімічної реакції під дією деяких речовин (каталізаторів), які беруть участь у ній, але не входять до складу кінцевих продуктів. Для каталізу є характерним зниження енергії активації, що призводить до різкого прискорення швидкості реакції та можливості проведення процесів при більш низьких температурах.

Каталізатор – речовина, яка змінює швидкість хімічних реакцій, а сама після реакції залишається хімічно незмінною і в тій же кількості, що й до реакції. Каталізatori, що прискорюють реакції (в сотні та навіть тисячі разів), називаються позитивними. Ті ж, що уповільнюють реакції – негативними (інгібітор).

Керамзит – легкий пористий керамічний матеріал чарункової будови із закритими порами. Основне призначення – заповнювач для легких бетонів.

Кераміка – вироби і матеріали, що одержують спіканням глин і їх сумішей з мінеральними добавками, а також окислів та їх сполук.

Клінкер цементний – напівпродукт, який отримують при спіканні тонко розмеленої суміші вапняку та глини.

Конвертер – агрегат для виготовлення сталі з розплавленого чавуну.

Конструкційна сталь – сталь, яка має покращені властивості; застосовується в авіації, верстатобудуванні, автомобілебудуванні та ін.

Корисна висота – це відстань від чавунної льотки до рівня опускання конуса завантажувального апарата.

Корисний об'єм – це об'єм, який заповнюють матеріали після чергового завантаження колоші (включаючи рідинний метал і шлак, які знаходяться в печі).

Корозія – процес руйнування металів і сплавів при їх взаємодії з навколишнім середовищем, яке називають агресивним.

Кремній і марганець у межах (0,5...0,7 %) істотного впливу на властивість сталі не роблять.

Легована сталь – сталь, яку отримують з додаванням хрому, нікелю, марганцю.

Легування – процес насичення сталі легуючими елементами з метою поліпшення її властивостей.

Ливарне виробництво – процес виготовлення фасонних відливків під час заповнення рідкими металами і сплавами спеціальних фасонних форм, в яких метал твердне.

Мартенівське виробництво – це процес виробництва сталі в мартенівських печах шляхом окислювальної плавки матеріалів, які містять залізо.

Машина – механізм або поєднання механізмів, які здійснюють певні рухи для перетворення одного виду енергії на інший або виконання певного технологічного процесу (операції).

Металургійний комплекс – сукупність галузей добувної і обробної промисловості, підприємства якої видобувають руди чорних і кольорових металів, виробляють чавун, сталь, прокат, труби, електроферосплави, кольорові метали, кокс, вогнетриви, нерудну сировину для металургії та оброблюють метал.

Металургія – це галузь промисловості, яка забезпечує видобування металів з руд або речовин, які містять метали, надання металевим сплавам необхідних властивостей.

Механічні властивості – характеризують зміну форми, розмірів і суцільність матеріалу під дією механічних навантажень, які створюються в результаті дії природних або штучних факторів. Виділяють такі механічні властивості: пружність, пластичність, міцність, розмокання, твердість.

Монтажні роботи – це індустріальний механізований комплексний процес зведення будинків і споруд з готових бетонних, залізобетонних, азбестоцементних, дерев'яних, металевих конструкцій, блоків або об'ємних елементів

Нафта – горюча корисна копалина, складна суміш вуглеводнів різних класів з невеликою кількістю органічних кисневих, сірчистих і азотних сполук, що являє собою густу маслянисту рідину від темно-бурого до чорного кольору. Елементарний склад, %: вуглець 80...88, водень 11...14,5, сірка 0,01...5, кисень 0,05...0,7, азот 0,01...0,6, густина – 760...990 кг/м³, теплота згоряння – 43,7...46,2 МДж/кг.

Нерудна сировина (або неметалічна) – сировина, яку використовують у виробництві хімічних, будівельних і інших неметалевих матеріалів і не є джерелом одержання металів.

Обробка різанням – процес, при якому із заготовки (відливка, поковки) зрізують шар металу з метою надання деталі певної геометричної форми, точності розмірів і шорсткості поверхонь.

Перліт – евтектоїдна суміш двох фаз – фериту і цементиту, містить 1/8 цементиту і тому має підвищену міцність і твердість порівняно з феритом. Тому доевтектоїдні сталі більш пластичні, ніж заевтектоїдні.

Питома витрата палива – показник доменної печі, який характеризує економічність її роботи та визначає кількість палива, витраченого на виплавлення 1 т чавуну.

Піроліз – розщеплення складних органічних сполук на більш прості при високій температурі. Характерні реакції при піролізі – розщеплення вуглець-вуглецевих зв'язків, дегідрогенізація, полімеризація, ізомеризація, конденсація. До піролізу належать коксування, крекінг тощо.

Пірометалургія – сукупність процесів добування та очистки металів і сплавів, які протікають при високих температурах (наприклад, виплавка чавуну, сталі, свинцю, міді, цинку та ін.).

Пластичні маси (пластики) – це матеріали, що вміщують, як основний компонент, полімер, який за певної температури і тиску набуває пластичності, а потім твердіє, зберігаючи форму при експлуатації.

Полімеризація – метод синтезу полімерних матеріалів, основою якого є сполучення кількох або багатьох молекул мономерів і однієї складної молекули – полімеру, що не супроводжується виділенням побічних низькомолекулярних продуктів (наприклад, синтез поліетилену).

Порошкова металургія – це галузь промисловості, система технологічних процесів якої спрямована на виробництво порошкових металів і неметалевих сполук, з яких пресуванням (для надання форми і розмірів) з подальшим спіканням виготовляють заготовки, деталі тощо.

Портландцемент – порошок помеленого цементного клінкеру, який отримують випалюванням аж до спеченого стану суміші вапняку (75...78 %) і глини (22...25 %) або їх природної суміші – мергелів.

Продуктивність – показник, що характеризує якість продукції, виготовленої за одиницю часу.

Промисловий робот – це автоматично-функціонуюча машина (автомат), призначена для відтворення деяких рухових і розумових функцій людини при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій без безпосередньої участі людини.

Просіювання (ситова класифікація) – процес поділу сипучих матеріалів на фракції (класи) за крупністю зерен (шматочків) шляхом просіювання через одне або декілька сит.

Протягування – спосіб обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготовки за допомогою протяжки. Головним рухом є поздовжнє переміщення інструмента, а рух подачі відсутній.

Реакція гідролізу – реакція обмінного розпаду між водою різними сполуками: солями, вуглеводами, білками тощо.

Робочий хід – закінчена частина операції, безпосередньо пов'язана із зміною форми, розмірів, структури, властивостей, стану чи положення в просторі предмета праці.

Розкислення сталі – виведення кисню зі сталі та відновлення заліза з оксиду.

Розточування – операція металообробки, яка полягає у збільшенні діаметра вже існуючих отворів.

Руда – природне мінеральне утворення, яке містить який-небудь метал або декілька металів у таких концентраціях і формах знаходження (як крупність, характер сполук та ін.), що забезпечують технічну можливість та економічну доцільність їх добування.

Рудною мінеральною сировиною називають гірські породи або мінеральні агрегати, що містять метали, які можуть бути економічно вигідно видобуті в технічно чистому виді.

Саман (тюрк. – солома) – це стіновий будівельний матеріал, його виготовляють із суміші глини, соломи, піску та інших речовин.

Сировина – речовина природного і синтетичного походження, використовувани у виробництві промислової продукції.

Сірка – шкідлива домішка, утворює з залізом хімічну сполуку FeS (сірчисте залізо). Сірчисте залізо у сталях утворює із залізом евтектику з температурою плавлення 1258 К, яка обумовлює червоноламкість матеріалу при обробці тиском з підігріванням. Вказана евтектика при термічній обробці

розплавляється, у результаті чого між зернами втрачається зв'язок з утворенням тріщин. Крім цього, сірка зменшує пластичність і міцність сталі, стійкість до зношування та корозійну стійкість.

Складання машин – технологічний процес поєднання, координування і фіксації деталей у вузли, а вузлів у машину.

Скрап – це відходи, отримані в процесі штампування, різання, браку ливарного виробництва тощо.

Собівартість – сукупність матеріальних і трудових затрат підприємства у грошовому виразі, необхідних для виготовлення і реалізації продукції.

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

Спеціальна сталь – сталь, яка має властивості жаростійкості, кислотостійкості, високу міцність і корозійну стійкість.

Сплави – металічні, макроскопічні однорідні системи, що утворилися внаслідок твердіння розплавлених рідких систем і складаються з двох або більшої кількості металів (рідше металів і неметалів) з характерними металічними властивостями. У широкому розумінні сплавами називають будь-які однорідні системи, які одержують сплавленням металів, неметалів, оксидів, органічних речовин та ін.

Сталь – сплав заліза з вуглецем, кремнієм, марганцем, сіркою і фосфором, де частка вуглецю становить менше 2,14 %.

Стійкість інструмента – час його роботи від загострення до загострення при певному режимі різання.

Стругання – спосіб обробки плоских поверхонь заготовки за допомогою різця. Головним рухом за цього способу є зворотно-поступальне переміщення інструмента або заготовки.

Ступінь автоматизації машини – відношення автоматизованих циклів роботи машини до загальної кількості робочих циклів. Від ступеня автоматизації залежить продуктивність машини, її економічність.

Термопласти – полімери, здатні багаторазово розм'якшуватися при нагріванні та тверднути при охолодженні.

Технологічність конструкції – відповідність конструкції машини вимогам економічної технології її виготовлення. Окремі елементи машини повинні мати такі форми і розміри, щоб одночасно задовольняти вимоги міцності, стійкості, надійності та низької собівартості.

Фаянс – керамічний матеріал, схожий на порцеляну, покритий тонкою склоподібною плівкою – поливою. В основному складається із SiO_2 , Al_2O_3 і K_2O .

Ферит – залізо з об'ємноцентрованою кристалічною ґраткою і сплави на його основі є фазою м'якою і пластичною.

Феросплави – сплави заліза з іншими елементами. Їх виплавляють з комплексних залізних руд в електродугових і доменних печах.

Флюси – матеріали, які застосовуються в металургійних процесах з метою утворення або регулювання складу шлаку, захисту розплавлених металів від взаємодії з навколишнім середовищем, а також для з'єднання оксидів і сполук шкідливих домішок.

Формування – технологічна операція утворення виробу (заготівки) заданої форми, розмірів і щільності.

Фосфор – хімічний елемент підгрупи п'ятої групи) третього періоду періодичної системи елементів; неметал; атомний номер 15. Ат. маса 30,97376. Один з найпоширеніших елементів земної кори: 0,08...0,09% її маси. У вільному стані не зустрічається через високу хімічну активність. У природі відомий один стабільний ізотоп – ^{31}P , надає сталі холодноламкості (крихкість при понижених температурах). Це пояснюється тим, що фосфор спричиняє сильну внутрішньокристалічну ліквідацію.

Фрезерування – спосіб обробки плоских і криволінійних поверхонь заготівки за допомогою фрези. Головним рухом є обертання інструмента, а рухом подання – поступальне переміщення заготівки.

Хвости – фракції, що складаються з мінералів, не використовуваних у даному виробництві, тобто порожня порода

Холодноламкість – цездатність металів і сплавів проявляти крихкість, при низьких температурах, що посилюється зі зниженням температури.

Целюлоза – природний полімер, який виготовляють з деревинної або рослинної сировини.

Цементит – карбід заліза, хімічна сполука з формулою Fe_3C , навпаки, надає сталі твердості та крихкості.

Чавун – це сплав заліза з вуглецем, кількість якого знаходиться в межах від 2,14 до 6,67%.

Чорні метали – промислові назви заліза та сплавів на його основі (сталь, чавун і феросплави). Мають найбільш широке застосування як конструкційні матеріали в машинобудуванні, транспорті та інших галузях народного господарства.

Шамот – вогнетривка глина або каолін, випалена до втрати пластичності, видалення хімічно зв'язаної води і має певний ступінь спікання. Іноді шамотом називають суміш піщано-глинистих і високовогнетривких матеріалів (шамот, азбест тощо) зі сполучниками, що використовуються для виготовлення вогнетривів

Шихта – суміш сирих матеріалів, а в деяких випадках (наприклад, при виплавці чавуну в доменній печі) і палива, які підлягають переробці в металургійних, хімічних та інших агрегатах. Шихту завантажують або у вигляді рівномірної суміші, яку підготували заздалегідь поза агрегатом, або порціями чи шарами, які складаються з окремих її складових.

Шлак – це речовина, що утворюється з пустої породи, рудних матеріалів і флюсу в процесі переробки залізної руди у доменних печах.

Шліфування – спосіб обробки поверхонь заготовки за допомогою шліфувальних кругів з метою досягнення точніших розмірів і зменшення шорсткості поверхні. Головним рухом у ході шліфування є обертання інструмента.

Шорсткість – сукупність почергових виступів (гребенів) і западин на поверхнях виробів.

Штапування – процес обробки матеріалів тиском – пластичне деформування заготовки в штампах.

Науково-методичне видання

КРОПІВНИЙ Володимир Миколайович,
КРОПІВНА Альона Володимирівна,
МОЛОКОСТ Людмила Анатоліївна,
БОСІЙ Микола Вікторович,
КУЗИК Олександр Володимирович

ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Навчальний посібник

За редакцією професора Кропівного В.М.

Технічний редактор Лисенко В.Ф.

Формат 60х84 1/16. Ум. друк. арк 11,4. Тираж 300. Зам. 152.

Видавництво ТОВ «КОД»
25009, м. Кропивницький, вул. Соборна, 7а, тел./факс (0522) 322-326
Свідоцтво державного комітету інформаційної політики:
серія ДК № 995 від 24.07.2002 року.

Виготовлювач СПД ФО Лисенко В. Ф.
25029, м. Кропивницький, вул. Пацаєва, 14, корп. 1, кв. 101. Тел.: (0522) 322-326
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3904 від 22.10.2010
kod@kod.kr.ua