


ОСНОВИ МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ:

**методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт**

Запоріжжя 2026



УДК 669(072)
072

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 5 від «27» лютого 2026 р.)

Укладачі:

Штода М. М., канд. техн. наук, доцент,
Малій Х. В., канд. техн. наук., доцент,

072 Основи металургійних технологій : методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт / уклад.: М. М. Штода,
Х. В. Малій. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 42 с.

У методичних рекомендаціях наведено вимоги та правила оформлення лабораторних робіт з дисципліни «Основи металургійних технологій». Подано тематику лабораторних робіт, теоретичні відомості та методичні пояснення щодо порядку їх виконання. Захист лабораторних робіт здійснюється у формі усного виступу під час лабораторних занять. Рекомендації призначені для здобувачів передвищої освіти за освітньо-професійним ступенем фахового молодшого бакалавра за спеціальністю G10 «Металургія».

УДК 669(072)



ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 Сталеплавильні агрегати: будова та принцип роботи	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 Параметри процесу безперервного розливання сталі.....	14
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 Параметри деформації в процесі прокатки	20
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ	29
ПОДАННЯ НА ПЕРЕВІРКУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ.....	32
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	33
Додаток А. Приклад оформлення титульного листа індивідуального завдання	35
Додаток Б. Приклади оформлення бібліографічних посилань.....	36



Вступ

Лабораторні роботи є важливою складовою навчального процесу та формою поточного контролю результатів навчання здобувачів освіти. Вони спрямовані на поглиблення, узагальнення й закріплення теоретичних знань, отриманих під час вивчення дисципліни «Основи металургійного виробництва», а також на формування практичних навичок застосування цих знань у процесі аналізу металургійних технологій.

Виконання лабораторних робіт забезпечує набуття здобувачами освіти умінь працювати з технічною та нормативною документацією, аналізувати технологічні процеси металургійного виробництва, узагальнювати результати досліджень і робити обґрунтовані висновки. Лабораторні заняття сприяють розвитку професійного мислення, технічної грамотності та навичок самостійної роботи.

Методичні вказівки визначають мету, зміст, порядок виконання лабораторних робіт, вимоги до оформлення результатів та критерії їх оцінювання. Дотримання наведених рекомендацій забезпечує єдиний підхід до виконання лабораторних робіт і сприяє підвищенню якості засвоєння навчального матеріалу з дисципліни.

Оцінювання результатів виконання кожної лабораторної роботи студентами здійснюється за 5-ти бальною шкалою за такими критеріями:

1. виконання індивідуального завдання лабораторної роботи – 1 бал;
2. рівень практичних навичок та самостійність – 1 балів;
3. ведення звітної документації – 1 бал;
4. підсумковий звіт та його захист – 2 бали.

Остаточна оцінка формується за сумою всіх набраних балів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Сталеплавильні агрегати: будова та принцип роботи

Мета: Ознайомитися та засвоїти основні види та конструкції сталеплавильних агрегатів та принцип їх роботи.

1. Загальні положення

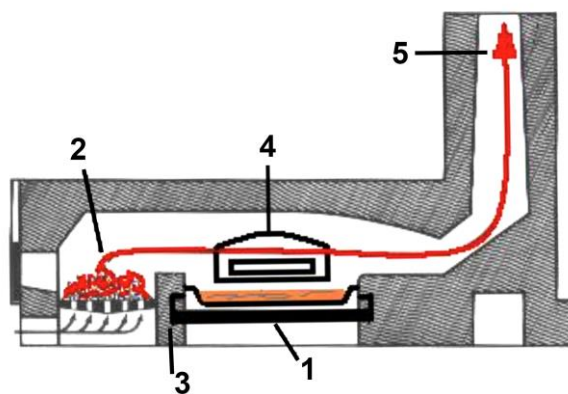
Сталь являє собою сплав заліза з вуглецем при вмісті вуглецю до 2,0%. Крім вуглецю сталь завжди містить у невеликих кількостях постійні домішки: марганець до 0,8%, кремній до 0,4%, фосфор до 0,07%, сірку до 0,06%, що зв'язано з особливостями технології її виплавки.

До XVII в. потреби в ковкому залізі і сталі постійно зростали. Разом з тим різко зріс попит і на деревинне вугілля. У 1709 р. Абрахаму Дербі з англійського міста Колбрукдейл вперше вдалося застосувати в доменній печі кам'яновугільний кокс. Однак для переробки чавуну в сталь як і раніше було необхідне деревинне вугілля. Проблему вирішив англієць Генрі Корт у 1784 р. Винайдений ним новий спосіб пудлінгування (від англ. *puddle* — місить, перемішувати) означав великий крок уперед, і це можна вважати початком розвитку сучасної металургії сталі.

Основною особливістю пудлінгової печі (рис. 1.1) є те, що паливо не стикається з підлягаючим переробці чавуном, а кам'яне вугілля згоряє в топці, відділені від горна порогом. Пудлінгування — це рафінування чавуну в полум'яній печі.



а)




б)

1 – пудлінговий горн; 2 – коксове топлення; 3 – топковий поріг; 4 – бічне вікно; 5 – димар

Рисунок 1.1 – Макет (а) та схема (б) пудлінгової пічі

Процес починається з завантаження шматків чавуну масою 10-30 кг (усього обробляється близько 150 кг). Приблизно через 45 хв. чавун розплавляється. Пудлінговщик залізною штангою добре перемішує



чавун. Пісок, який додається, вступає в реакцію з футеровкою печі, утворюється шлак, який окисляє вуглець у чавуні. У період кипіння ванна сильно вирує. Пудлінговщик ломом багато разів перевертає масу і нарешті розділяє її на три-п'ять частин — криць, що потім розрізають і двічі прокатують, накладаючи по чотири смуги одна на іншу. Для процесу пудлінгування характерні саме ці операції прокатки криць, які потрібні не скільки для придання форми заготовці, скільки для того щоб зварити зерна і грудки заліза. У результаті виходило так називане зварювальне залізо.

Одна пудлінгована піч за добу давала 3500 кг грубозернистого кричного заліза або 1600 кг дрібнозернистого заліза або 1600 кг дрібнозернистого заліза — пудлінгової сталі.

В епоху промислової революції потреба в залізі настільки сильно зросла, що її не міг задовольнити і пудлінговий процес.


Засновником сталеплавильного виробництва варто вважати Генрі Бессемера (1813-1898 р.). У 1856 р. він вперше одержав ковке залізо, вірніше сталь, шляхом продувки повітрям 5 кг сирого чавуна, розплавленого в тиглі з вогнетривкою глини. При цьому температура зростає настільки, що ванна залишається рідкою. Основним недоліком цього процесу було істотне погіршення якості сталі при великій кількості фосфору в чавуні. У результаті головною проблемою стало очищення чавуну від фосфору. Серед багатьох металургів, що намагалися вирішити цю проблему, першим досяг успіху Сідней Джілкріст Томас (1850-1885 р.).

В основі процесів лежить той самий принцип: чавун, з якого одержують сталь, очищають, продуваючи через нього повітря. Судина, де протікає реакція — конвертер — має грушоподібну форму з відкритою горловиною вгорі; він укріплений на горизонтальній осі, що дозволяє його нахилити. Конвертери Бессемера і Томаса по зовнішньому вигляду однакові. Головне розходження полягає у тому, що бесемерівський конвертер зсередини викладений кислотою вогнетривкою футеровкою і з ньому не можна видалити фосфор у багатого ним чавуну в основний шлак. Томасівський конвертер має основну футеровку, тому тут, додаючи вапно, можна одержати основний шлак, що добре витягає й утримує фосфор з чавуна, але не руйнує основної футеровки.

Конвертер (будь то бесемерівський чи томасівський) дозволяє за 20 хв. перетворити в сталь до 20 т чавуна.

Бесемерівський і томасівський конвертери були необхідні для масового виробництва сталі загального призначення. Але техніка не стояла на місці.

8 квітня 1864 р. на одному з заводів Південної Франції П'єру Мартену (1884-1916 р.) вперше вдалося зварити гарну сталь у регенеративній печі (з попереднім підігрівом повітря за рахунок тепла газів, що відходять,). Побудованої при участі Вільгельма Сіменса.



Шихта складалася з чавуну, виплавленого з червоного залізняку з острова Ельба, заготовки пудлінгового заліза і сталевих брухтів.

В даний час бесемерівський і томасівський конвертери не мають практичного значення.

Виплавка сталі в мартенівських печах

Мартенівський процес протікає на поду робочого простору відбивної печі за рахунок тепла, одержуваного від факела, і полягає у переробці чавуну і сталевих брухтів, які закладаються в робочий простір печі (рис. 1.2). Переважна частина тепла надходить до мартенівської ванни з робочого простору печі в результаті тепловіддачі від факела та елементів кладки. Але, через те, що для виплавки сталі необхідно підтримувати температуру до 1700°C, у робочому просторі її отримують шляхом спалювання в струмені повітря газоподібного або рідкого палива. Це дозволяє компенсувати недолік теплової енергії хімічних реакцій і фізичного тепла шихтових матеріалів.

Основний вид теплопередачі в робочому просторі мартена є випромінювання від факела. Кладка частково поглинає теплову енергію та інтенсивно відбиває її від склепіння печі на поверхню нагріву. У потоці нагрітого повітря відбувається згорання палива, що подається через головку. Відходячі димові гази нагрівають насадку регенератора, яка в свою чергу нагріває холодне повітря, що подається у піч. А реверсивний напрямок повітряних потоків, що створюється перекидними клапанами, забезпечує регенерацію тепла. Надлишковий вміст кисню обумовлює в мартені окисну газову атмосферу, завдяки чому метал протягом плавки піддається прямому і непрямому впливу окислювального середовища. Після утворення шлакового шару на поверхні розплаву тепло передається металу через нього.

Принцип роботи мартенівської печі

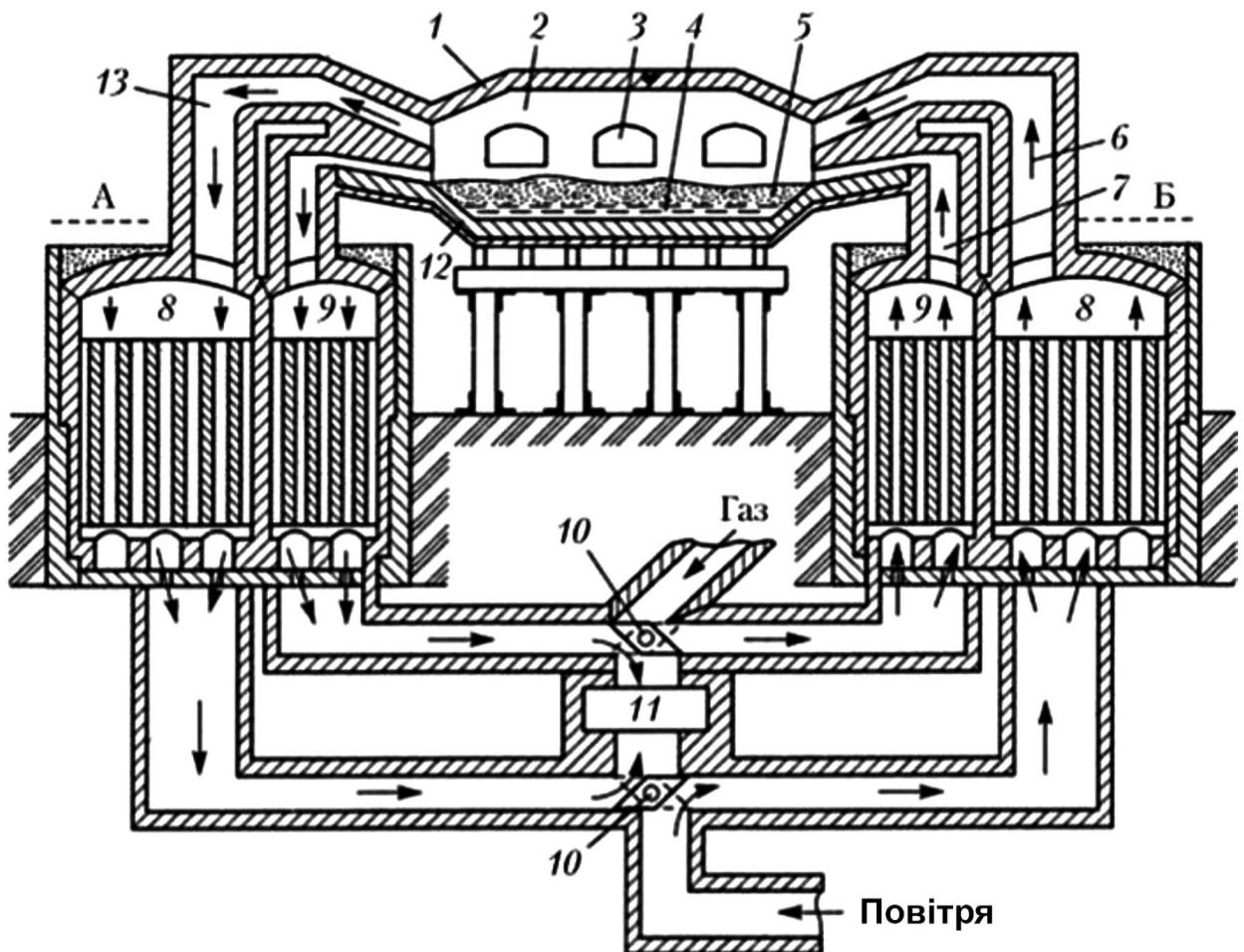
1. **Завантаження шихти:** Шихта (суміш вихідних матеріалів) складається з чавуну, сталевих брухтів та залізної руди, а також добавок, таких як вапно, яке ускладнює утворення шлаку. Вона завантажується в спеціальний відсік печі.

2. **Спалювання палива:** Для нагрівання використовується природний газ або мазут, який подається в топку печі. При спалюванні палива утворюється висока температура, яка передається шихті.

3. **Принцип рекуперації тепла :** Мартенівська піч використовує рекуператори — пристрої, що утилізують теплоту відхідних газів для попереднього підігріву повітря і палива перед їх подачею в піч. Це дозволяє значно економити енергію та отримувати температуру горіння.

4. **Процес плавлення:** Шихта починає плавитися під дією високих температур, що сягають 1600-1700°C. Під час плавлення відбувається окислення домішок, таких як вуглець, кремній, марганець, фосфор та

сірка. Вони перетворюються на шлак, який збирається на поверхні розплаву і видаляється.



- А-Б – рівень робочого майданчика
 1 – склепіння печі; 2 – робочий простір печі; 3 – завалочні вікна;
 4 – метал; 5 – шлак; 6,7 – повітряні і газові канали в головці печі;
 8, 9 – повітряні і газові регенератори; 10 – перекидні пристрої;
 11 – димохід; 12 – під печі; 13 – головка печі;


Рисунок 1.2 – Схема мартенівської печі

5. Дегазація та очищення сталі: У процесі плавлення відбувається видалення газів та інших домішок. Додаткові реагенти можуть вводитися для поліпшення якості сталі, наприклад, для зниження вмісту вуглецю або сірки.

6. Злив готової сталі: Після завершення процесу сталь зливається з печі для подальшого лиття або прокатки.

Виплавка сталі в кисневому конверторі

Сталь готується у спеціальній ємності – конвертері (від лат. *convertere* – змінювати, перетворювати). Це сталева посудина



грушоподібної форми, зсередини викладена вогнетривкою цеглою. Її місткість – від 50 до 400 т.

Конвертер – досить рухлива посудина. Вона може повертатися навколо горизонтальної осі на 360 градусів. Для завантаження інгредієнтів конвертер нахиляють, через горловину засипають брухт і заливають гарячий (1250–1400 °С) чавун. Потім конвертер повертають у вертикальний стан, вводять водоохолоджувану фурму і через неї подають кисень.

Струмінь кисню перемішує та окиснює рідкий метал. Під час хімічної реакції виділяється тепло, що підігріває вміст конвертера до потрібної температури. Паливо для нагрівання не використовують. Домішки кремнію і марганцю сполучаються з киснем і згорають. Коли температура підвищується, згорає і зайвий вуглець. Залізо інтенсивно окислюється. Оксид заліза розчиняється у шлаку і металі, збагачуючи метал киснем.

Плавка триває пів години – годину. Щойно вміст вуглецю доходить до потрібного рівня, продування завершують. Конвертер знову нахиляють і через лютку випускають сталь у ківш. Потім нахиляють в інший бік і через горловину зливають шлак у спеціальну чашу, встановлену в шлаковозі під конвертером.

Принцип роботи кисневого конвертера (рис. 1.3).

1. **Завантаження чавуну і металевого лому:** У конвертер завантажуються рідкий чавун, який нагрітий до високої дуже температури. До нього додається металевий лом для охолодження та регулювання температури, останній процес займає велику кількість тепла.

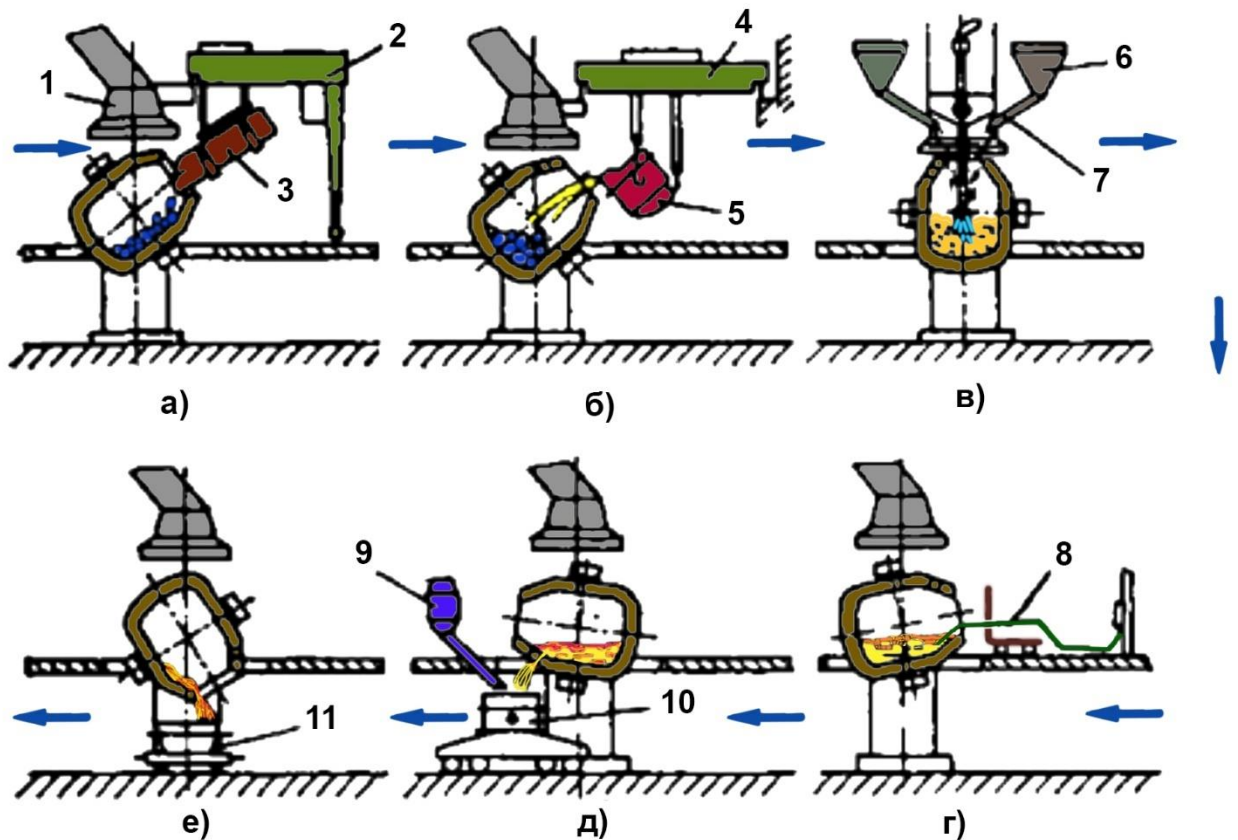
2. **Подача кисню:** У центрі верхньої частини конвертера знаходиться спеціальна трубка – **фурма**, через яку під великим тиском (до 10–15 атмосфер) подається чиста кисень. Фурма опускається ближче до поверхні металевого металу.

3. **Окислення домішок:** Кисень реагує з домішками в чавуні (вуглець, сірка, фосфор) і окислює їх. Під час реакції виділяється велика кількість тепла, яка підтримує процес плавлення без додаткового зовнішнього нагрівання.

4. **Утворення шлаку:** Продукти окислення зростаються на поверхню у вигляді шлаку. Вапно, додане в конвертер, реагує з оксидами та готове сформувати шлаковий шар, який спливає на поверхню розплавленого металу.

5. **Контроль складу сталі:** під час процесу виконуються аналізи відповідності сталі, що дозволяє точно регулювати вміст вуглецю та інших елементів у кінцевому продукті.

6. **Злив готової сталі:** Після завершення виробництва киснем сталь зливається з конвертера через спеціальний відвір у нижній частині або через боковий випуск. Шлак, що утворився на поверхні, видаляється окремо.



- а) завантаження лому; б) заливання чавуну; в) початок продувки; г) вимірювання температури; д) злив металу; е) злив шлаку
- 1 – газовідвід; 2 – напівпортальна завантажувальна машина; 3 – совок;
 4 – мостовий кран; 5 – заливальний ківш; 6 – бункер; 7 – течка;
 8 – термopара; 9 – бункер для феросплавів; 10 – сталерозливний ківш;
 11 – шлакова чаша (ківш)

Рисунок 1.3 – Технологічні операції конвертерної плавки

Виплавка сталі в дугових електропечах

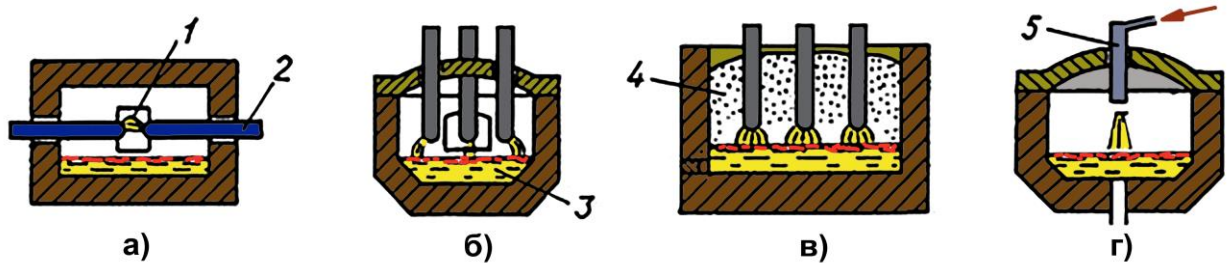
Електродугова піч або дугова піч — промислова електрична піч, де метали або інші матеріали плавлять теплом електричної дуги.

Схеми дугових печей:

За непрямого нагрівання (рис. 1.4, а) електричні дуги 1 горять між електродами 2 на деякій відстані від металу, а за прямого (рис. 1.4, б) — між електродами і металом 3, що нагрівається, і він є однією з ділянок електричного ланцюга. Для виробництва сталі в промислових умовах переважно використовують печі прямого нагріву.

У печах змішаного нагріву (рис. 1.4, в) дуги горять під шаром твердої шихти 4, що оточує електроди. Шихта нагрівається теплом, що виділяється в дузі і безпосередньо в самій шихті за проходження через неї електричного струму. Застосовуються такі печі переважно для виробництва феросплавів і чавуну.

В установках плазмового нагріву (рис. 1.4, г) тепло переноситься іонізованим потоком газу (аргон), що подається під тиском в плазмотрон 5. У такому випадку можливе нагрівання до 20000°C . Плазмові печі використовують для виплавки спеціальних сталей, сплавів і чистих металів.



а – непрямого нагріву; б – прямого нагріву (ДСП); в – змішаного нагріву; г – плазмового нагріву

1 – дуга; 2 – електроди; 3 – метал; 4 – шихта; 5 – плазмотрон

Рисунок 1.3 – Схеми дугових електропечей

Принцип роботи дугової електричної печі.

1. **Завантаження шихти:** Основний матеріал для дугової печі — металобрухт, але також може використовуватися чавун та інші домішки. Шихта завантажується в піч росту через люк, який закривається після завантаження.

2. **Подача електричного струму:** У верхній частині печі розміщені великі електроди (зазвичай графітові), через які подається потужний електричний струм. Коли електроди опускаються до металу, між ними і металом виникає електрична дуга. Ця дуга створює температуру, достатню для плавлення металу (близько 3000°C).

3. **Процес плавлення:** Електрична дуга плавить метал, під час чого утворюється розплавлена стальна ванна. У процесі плавлення можуть додаватися інші легуючі елементи (наприклад, хром, нікель) для отримання сталі з певними властивостями.

4. **Додавання шлакоутворюючих матеріалів:** Вапно та інші речовини додаються для утворення шлаку, який видаляє небажані домішки з розплавленого металу (наприклад, сірку та фосфор). Шлак спливає на поверхню і може бути видалений.

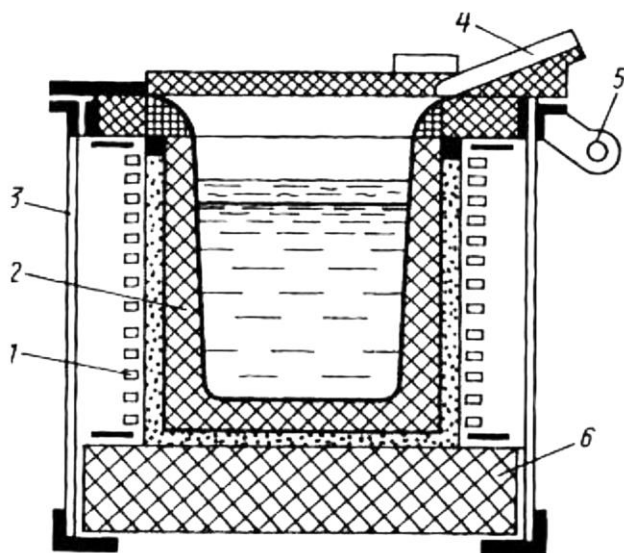
5. **Дегазація та очищення:** Під час плавлення можна використовувати технологію вакуумної дегазації або інертних газів для видалення газів (таких як водень і азот), що покращує якість сталі.

6. **Злив сталі:** Після досягнення необхідного складу і температури, сталь зливається з печі в спеціальний ківш для подальшого лиття або обробки.

Виплавка сталі в індукційній печі

В індукційних печах (рис. 1.5) місткістю звичайно від десятків кілограмів до 30 т виплавляють найбільш високоякісні (корозійностійкі, жароміцні та ін.) сталі і сплави.

Плавку металів проводять у тиглі, виготовленому з основних або кислих вогнетривких матеріалів.



а)

б)

а – схема; б – загальний вигляд

1 – індуктор; 2 – тигель; 3 – каркас; 4 – зливний носок; 5 – вісь повороту печі; 6 – плита


Рисунок 1.5 – Індукційна тигельна піч

Навколо тигля розташовується спіральний багатоквітковий індуктор, виготовлений з мідної трубки, у якій циркулює холодна вода.

По характеру струму розрізняють високочастотні печі (10-1000 кГц), печі на підвищеній частоті (500-10000 кГц) і печі на промисловій частоті (50-60 Гц).

При пропусканні струму крізь обмотку індуктору в металі утворюються могутні вихрові струми, які забезпечують нагрівання і плавлення металу. Шихтові матеріали завантажують зверху.

Перевагою індукційних печей у порівнянні з дуговими є висока продуктивність, можливість виплавки сталей з дуже низьким вмістом вуглецю (немає насичення вуглецем від електродів), дуже малий чад елементів, які швидко окислюються (наприклад вуглецю), і висока чистота відносно неметалічних включеннях.



Недоліками індукційних печей є їхня мала місткість, висока вартість електрообладнання, низька стійкість основних тиглів (10-100 плавок).

ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ

Порядок виконання роботи

Завдання роботи: проаналізувати переваги та недоліки основних сталеплавильних агрегатів.

1. Ознайомитися із загальними положеннями лабораторної роботи № 1 «Сталеплавильні агрегати: будова та принцип роботи».

2. Визначити основні типи сталеплавильних агрегатів, що застосовуються для виплавки сталей звичайної якості на сучасних металургійних підприємствах.

3. На основі літературних джерел відкритого доступу встановити сфери застосування визначених сталеплавильних агрегатів та проаналізувати їх основні переваги й недоліки.

4. Оформити результати проведеного аналізу у вигляді звіту до лабораторної роботи № 1 відповідно до встановлених вимог.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називають сталлю і який максимальний вміст вуглецю вона може мати?

2. Який сталеплавильний процес вважають початком розвитку сучасної металургії сталі?

3. Для чого в сталеплавильних процесах утворюється шлак?

4. Яке призначення конвертера під час виплавки сталі?

5. Які матеріали використовують як шихту в дуговій електропечі?

6. Назвіть одну перевагу та один недолік індукційної печі.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Параметри процесу безперервного розливання сталі

Мета: Ознайомитися та навчитися визначати основні параметри процесу безперервного розливання сталі.

1. Загальні положення

Якість металу для розливання на машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) є критично важливою, оскільки від цього залежить ефективність процесу та якість готової продукції. Основні вимоги до якості металу для МБЛЗ:

1. Хімічний склад: метал повинен мати контрольований хімічний склад, щоб уникнути утворення дефектів, таких як тріщини, пористість або неоднорідність структури (наприклад, вуглець, сірка, фосфор та інші домішки мають бути в межах допустимих норм).
2. Чистота металу: метал повинен бути максимально очищеним від неметалевих включень, таких як оксиди, сульфідні та нітриди; це зменшує ризик утворення внутрішніх дефектів.
3. Температура розливання: метал повинен мати відповідну температуру, щоб забезпечити плавний розлив без передчасного затвердіння або перегріву, що може призвести до структурних дефектів.
4. Рідинотекучість: висока рідинотекучість металу забезпечує рівномірне наповнення кристалізатора і зменшує ризик утворення пустот і поверхневих дефектів.
5. Однорідність розплаву: необхідно забезпечити рівномірний розподіл температури та хімічного складу металу в ковші, щоб уникнути сегрегації під час затвердіння.
6. Газовий склад: концентрація розчинених газів, таких як кисень, азот або водень, повинна бути мінімальною; це знижує ймовірність утворення газових пор.
7. Стійкість до утворення тріщин: метал має мати низьку схильність до утворення гарячих тріщин під час охолодження в зоні кристалізації.

До параметрів, які є важливими при розливанні сталі на МБЛЗ, відносять:

- характеристика сталі певної марки;
- температура у сталерозливному, проміжному ковшах та кристалізаторі МБЛЗ;
- швидкісний режим та інші.

Розплав, який використовують при розливанні на МБЛЗ, повинен бути високої якості, тобто вміст в них сірки і фосфору має бути в межах мінімальних значень для конкретної марки сталі. Зазвичай цю інформацію можна переглянути в довідниках або за результатами хімічного аналізу перед розливанням металу.

При безперервному розливанні сталі дуже важлива підтримка оптимального рівня температури металу, що розливається. Рівень температури металу значно впливає на якість безперервного лиття та може стати причиною порушення стабільності розливки заготовок.

Як було вище зазначено, неконтрольоване підвищення температури на ліквідусом (деформована пряма на фазовій діаграмі, що визначає температуру, вище якої речовина, зокрема сплав, перебуває повністю в рідкому стані) є причиною структурних дефектів. Надмірна температура також може стати причиною проривів у заготовці та формуванню на поверхні заготовки тріщин. Аби уникнути таких дефектів, при збільшеній температурі металу корегують швидкість розливки.

Необхідна температура металу в проміжному ковші розраховується виходячи з температури ліквідусу для кожної марки сталі.

Для визначення температури ліквідусу (t_L) сталей використовують два простих методи – або по діаграмі стану системи Fe - C , або в наближенні адитивного впливу домішок, що містяться в сталі, на температуру плавлення чистого заліза:

$$t_L = 1534 - (K_1 \times [\%C] + K_2 \times ([\%Mn] + [\%Si] + [\%P] + [\%S] + [\%Cr] + [\%Ni] + [\%Cu] + \%...))$$

де K_1 і K_2 – коефіцієнти для різних хімічних елементів у сталі;

$[\%C]$, $[\%Mn]$, $[\%Si]$, $[\%P]$, $[\%S]$, $[\%Cr]$; $[\%Ni]$; $[\%Cu]$ – вміст хімічних елементів у сталі.

Значення коефіцієнтів для різних хімічних елементів у сталі, що дозволяють розрахувати температури ліквідусу представлені в таблицях:

Коефіцієнт K_1 при різному вмісті вуглецю в сталі для розрахунку температури ліквідусу:

Вміст вуглецю в сталі, %	0,06 ... 0,10	0,11 ... 0,50	0,51 ... 0,60
K_1	86	88	86

Коефіцієнти K_2 різних хімічних елементів у сталі для розрахунку температури ліквідусу:

Хімічний елемент	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
K_2	5	8	30	25	1,5	4,0

Хімічний елемент	H	N	O	As	Sn	Cu
K ₂	1300	90	80	14	10	5

Хімічний елемент	Co	Nb	Mo	Al	Cu	V
K ₂	2,25*	7,9*	1,2	3,4	5,0	2

Температура металу в сталерозливному ковші, проміжному ковші та кристалізаторі є критично важливою при безперервному литті заготовок, оскільки вони впливають на якість продукції, стабільність процесу та тривалість роботи обладнання. Для досягнення стабільності на практиці використовують датчики температури, системи автоматичного контролю та математичне моделювання теплових процесів. При теоретичних розрахунках рекомендовано враховувати:

- втрату тепла переливанні металу з ковша в ківш та в кристалізатор - 25 ... 35 °С (конкретне значення залежить від різних факторів, наприклад, виду футерування, кількості плавок та інше);
- перепад температур в кристалізаторі треба регулюванні і діапазоні 10 ... 15 °С.

Рівномірна температура на кожному етапі запобігає дефектам, таким як внутрішня пористість або неоднорідність структури, сприяє плавному розливу, що мінімізує зупинки обладнання.

Швидкість розливання металу в машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) є ключовим параметром, що впливає на якість продукції та ефективність процесу. Вона залежить від ряду факторів: типу і розмір заготовки, фізико-хімічних властивостей металу, процесу затвердіння, стану обладнання, системи охолодження та інше.

Швидкість розливання можна розрахувати:

$$v = k^v(1 + b / a),$$

де k^v – коефіцієнт, що залежить від марки сталі і призначення готової продукції;

a – товщина заготовки, м;

b – ширина заготовки, м.

При розливанні сталі на прямокутні заготовки з великим відношенням сторін (сляби) $k^v = 0,18 \dots 0,30$; при розливанні сталі на квадратні чи близькі до них типи заготовок (блюми) $k^v = 0,11 \dots 0,14$;

При розливанні сталі на блюми з вуглецевої і легованої сталі варто вибирати коефіцієнт із мінімальним значенням, звичайної якості – максимальне значення.

ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ

Порядок виконання роботи

Завдання роботи: розрахувати значення параметрів безперервного лиття сталі.

1. Ознайомитися із загальними положеннями лабораторної роботи № 2 «Параметри процесу безперервного розливання сталі».

2. Відповідно до варіанту за списком у журналі, що відповідають вихідним даним (табл. 2.1), розрахувати значення параметрів безперервного лиття: температуру ліквідусу сталі, температуру сталі у кристалізаторі, температуру сталі у проміжному ковші МБЛЗ, температура сталі у сталерозливному ковші, мінімальну, максимальну та середню швидкість безперервного розливання сталі на заготовки заданого перерізу.

3. Оформити результати проведеного аналізу у вигляді звіту до лабораторної роботи № 1 відповідно до встановлених вимог.

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Вихідні дані:

- склад сталі: 0,30% C; 0,22% Si; 0,73% Mn; 1,03% Cr; 0,21% Mo.
- поперечний переріз безперервно литої заготовки 116×116 мм².

Розв'язок

1. Розрахунок температури ліквідусу.

$$t_L = 1534 - (88 \times 0,30 + 8 \times 0,22 + 5 \times 0,73 + 1,5 \times 1,03 + 1,2 \times 0,21) = \\ = 1534 - 33,6 \approx 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Встановлення значення температури сталі у кристалізаторі, проміжному та сталерозливному ковшах.

- температура сталі у кристалізаторі

$$t_{\text{кр-р}} = t_L + 10 \dots 15 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де 10 ... 15 °C – рекомендований діапазон втрат тепла в кристалізаторі.

$$t_{\text{кр-р}} = 1500 + 10 \dots 15 = 1510 \dots 1515 \text{ } ^\circ\text{C}.$$


Для подальших розрахунків рекомендується приймати середню температуру. Таким чином, приймаємо $t_{\text{кр-р}} = 1513 \text{ } ^\circ\text{C}$.

- температура сталі у проміжному ковші МБЛЗ

$$t_{\text{п/к}} = t_{\text{кр-р}} + 25 \dots 35 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де 25 ... 35 °C – рекомендований діапазон втрат тепла в проміжному ковші.

$$t_{\text{п/к}} = 1513 + 25 \dots 35 = 1538 \dots 1548 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



Для подальших розрахунків приймаємо температуру сталі в проміжному ковші $t_{п/к} = 1543$ °С.

- температура сталі у сталерозливному ковші

$$t_{c/к} = t_{п/к} + 25 \dots 35 \text{ °С},$$

де 25 ... 35 °С – рекомендований діапазон втрат тепла в сталерозливному ковші.

$$t_{c/к} = 1543 + 25 \dots 35 = 1568 \dots 1578 \text{ °С}.$$

Для подальших розрахунків приймаємо температуру сталі у сталерозливному ковші 1573 °С.

Загальний перегрів сталі складе: $1573 - 1500 = 73$ °С.

3. Розрахунок мінімальної, максимальної та середньої швидкості безперервного розливання сталі.

- мінімальна швидкість розливання сталі

$$v_{min} = 0,11 (1 + 0,116 / 0,116) = 1,9 \text{ м/хв.},$$

де 0,11 – мінімальне рекомендоване значення коефіцієнту k^v для заготовок квадратного перерізу.

- максимальна швидкість розливання сталі

$$v_{max} = 0,14 (1 + 0,116 / 0,116) = 2,41 \text{ м/хв.},$$

де 0,14 – максимальне рекомендоване значення коефіцієнту k^v для заготовок квадратного перерізу.

- середня швидкість розливання сталі

$$v_{сер} = (1,9 + 2,41) / 2 = 2,16 \text{ м/хв.}$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які основні вимоги висуваються до якості сталі, що розливається на машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ)?

2. Яку роль відіграє температура сталі під час безперервного розливання та які наслідки має її відхилення від оптимальних значень?

3. Що називають температурою ліквідусу сталі та для чого її визначають при безперервному литті?

4. Які параметри необхідно враховувати під час розрахунку температури сталі у сталерозливному ковші, проміжному ковші та кристалізаторі?

5. Від яких факторів залежить швидкість безперервного розливання сталі на МБЛЗ?

6. Як впливає форма та розміри безперервно литої заготовки на вибір швидкості розливання сталі?

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для лабораторної роботи №2

№ вар.	Склад сталі, %	Розміри заготовки, мм
1	1,3% C; 0,15% Cr; 0,1% Mo; 0,25% V; 0,45% Si; 0,40% Mn; 0,5% Ni; 0,025% P	250×250
2	0,55% C; 3,25% Cr; 1,4 % Mo; 0,25% V; 0,35% Si; 0,70% Mn	320×320
3	2,47% C; 4,2% Cr; 3,8 % Mo; 9,0% V; 2,0% Co; 0,55% Si; 0,40% Mn	150×950
4	0,35% C; 0,66% Si; 0,94% Mn; 21% Ni; 25% Cr	300×300
5	0,5% C; 8,5% Cr; 1,3 % Mo; 0,36% V; 0,95% Co; 0,74% Ni	200×1000
6	0,9% C; 2,25% Cr; 1,3 % Mo; 9,10% V; 0,5% Mn	170×170
7	0,95% C; 1,3% Cr; 0,25 % Mo; 0,25% Si; 0,40% Mn; 4,0% Ni	220×1500
8	1,0% C; 4,0% Cr; 5,5 % Mo; 1,5% V; 0,8% Si	125×125
9	0,12% C; 0,95% Si; 0,65% Mn; 0,65% Ni; 0,75% Cr; 0,025% S; 0,025% P; 0,6% Cu	400×400
10	1,6% C; 11,5% Cr; 0,6 % Mo; 0,3% V; 0,35% Si; 0,30% Mn	300×1600
11	0,07% C; 0,025% Si; 0,32% Mn; 0,02% S; 0,02% P; 0,05% Al	135×1000
12	0,43% C; 0,27% Si; 0,62% Mn; 0,23% Cr; 0,024% S; 0,022% P; 0,22% Cu	140×140
13	1,25% C; 0,37% Si; 0,33% Mn; 0,28% Ni; 0,57% Cr; 0,12% Mo; 0,13% V	150×1400
14	2,45% C; 4,25% Cr; 3,8 % Mo; 9,0% V; 2,0% Co; 0,55% Si; 0,40% Mn	150×150
15	0,51% C; 8,5% Cr; 1,3 % Mo; 0,36% V; 0,95% Co; 0,74% Ni	150×220
16	1,64% C; 11,5% Cr; 0,6 % Mo; 0,3% V; 0,35% Si; 0,30% Mn	180×180
17	0,11% C; 0,95% Si; 0,65% Mn; 0,65% Ni; 0,75% Cr; 0,023% S; 0,025% P; 0,6% Cu	310×400
18	0,54% C; 3,25% Cr; 1,4 % Mo; 0,25% V; 0,35% Si; 0,70% Mn	240×1200
19	1,1% C; 4,0% Cr; 5,5 % Mo; 1,5% V; 0,8% Si	160×160
20	0,95% C; 2,23% Cr; 1,3 % Mo; 9,10% V; 0,5% Mn	250×1500
21	0,36% C; 0,66% Si; 0,92% Mn; 21% Ni; 25% Cr	130×130
22	0,96% C; 1,3% Cr; 0,25 % Mo; 0,25% Si; 0,40% Mn; 4,0% Ni	200×200
23	1,31% C; 0,15% Cr; 0,11% Mo; 0,25% V; 0,45% Si; 0,40% Mn; 0,5% Ni; 0,025% P	180×1500
24	1,25% C; 0,37% Si; 0,35% Mn; 0,24% Ni; 0,57% Cr; 0,13% Mo; 0,13% V	180×190
25	0,06% C; 0,025% Si; 0,32% Mn; 0,02% S; 0,02% P; 0,05% Al	120×1100
26	0,41% C; 0,22% Si; 0,72% Mn; 0,24% Cr; 0,024% S; 0,021% P; 0,23% Cu	210×1300

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

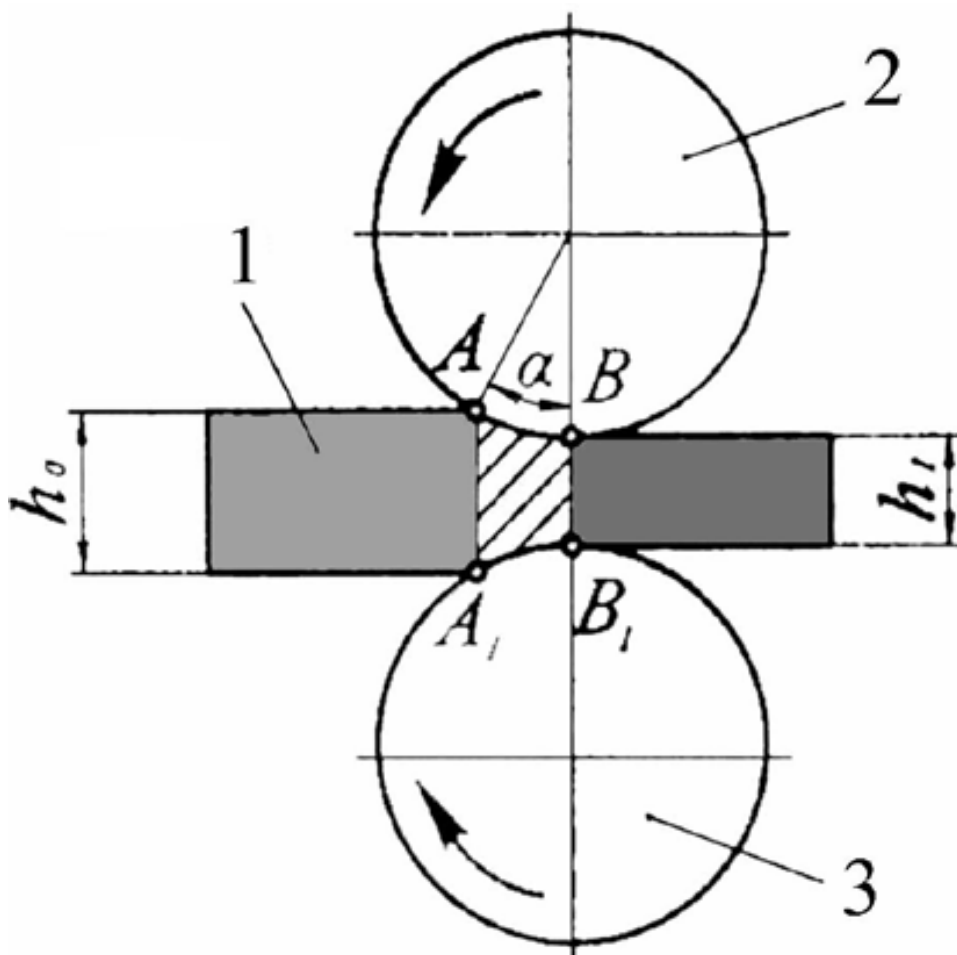
Параметри деформації в процесі прокатки

Мета: Ознайомитися та навчитися визначати основні деформаційні параметри процесу прокатки.

1. Загальні положення

Поздовжня прокатка є одним з найпоширеніших видів прокатування, під час якого заготовка деформується між двома валками, що обертаються в різних напрямках, і рухається перпендикулярно до осей валків.

Метал деформується валками на невеликій ділянці – *осередку деформації* (рис. 3.1), яка розміщена між площинами AA_1 і BB_1 , валками та бічними гранями заготовки.




1 – заготовка; 2, 3 – валки

h_0 – початкова висота заготовки; h_1 – кінцева висота заготовки;

α – кут захвату; ABB_1A_1 – зона деформування

Рисунок 3.1 – Схема осередку деформації при двовалковій поздовжній прокатці



Центральний кут α , що відповідає дузі контакту АВ валка з заготовкою (рис. 3.1), називається *кутом захвату*.

Фронт заштрихованої зони (рис. 3.1) деформування поступово переміщується вздовж заготовки справа наліво, внаслідок чого зменшується її висота від h_0 до h_k , збільшується довжина від l_0 до l_k і дещо зростає ширина від b_0 до b_k . Оскільки об'єм металу до і після прокатування не змінюється, то $b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_1 \cdot h_1 \cdot l_1$, звідси:

$$\frac{l_1}{l_0} = \frac{b_0 \cdot h_0}{b_1 \cdot h_1} = \frac{S_0}{S_1},$$

де S_0 – площа поперечного перерізу заготовки до прокатки;

S_1 - площа поперечного перерізу заготовки після прокатки.

При повздовжній прокатці зазор між валками встановлюється менший за товщину заготовки. Таким чином, повздовжня прокатка викликає у заготовки зменшення товщини H , збільшення довжини L і ширини B .

Зміну початкових розмірів заготовки прийнято позначати через коефіцієнти деформації:

- коефіцієнт обтиснення

$$\eta = \frac{h_0}{h_1}.$$

- коефіцієнт розширення

$$\beta = \frac{b_1}{b_0}.$$

- коефіцієнт витяжки

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0}.$$

Коефіцієнт витяжки λ показує, у скільки разів збільшується довжина заготовки або зменшується площа поперечного перерізу за одноразове її пропускання між валками. Величина витяжки при прокатці зазвичай знаходиться в межах від 1,1 до 2,5 залежно від природи матеріалу, його температури, товщини та інших факторів процесу прокатки.

Коефіцієнти деформації пов'язані між собою законом постійності об'єму металу при пластичній деформації:

$$b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_1 \cdot h_1 \cdot l_1.$$

Звідси випливає, що

- коефіцієнт обтиснення пропорційний коефіцієнтам витяжки та розширення:

$$\eta = \frac{h_0}{h_1} = \frac{b_1 \cdot l_1}{b_0 \cdot l_0} = \beta \cdot \lambda.$$

- коефіцієнт розширення пропорційний коефіцієнту обтиснення і зворотно пропорційний витяжці

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{h_0 \cdot l_0}{h_1 \cdot l_1} = \frac{\eta}{\lambda}.$$

- коефіцієнт витяжки пропорційний коефіцієнту обтиснення і зворотно пропорційний коефіцієнту розширення і показує, у скільки разів зменшується переріз заготовки після її проходження через валки

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} = \frac{h_0 \cdot b_0}{h_1 \cdot b_1} = \frac{\eta}{\beta}.$$

В прокатці також використовуються відносні коефіцієнти деформації:

- відносне обтиснення (ступінь деформації)

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0}.$$

- відносне розширення

$$\delta = \frac{b_1 - b_0}{b_0}.$$

- відносна витяжка

$$\nu = \frac{l_1 - l_0}{l_0}.$$

ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ

Порядок виконання роботи

Завдання роботи: за вихідними даними, наведеними в таблиці 3.1, відповідно до варіанту за списком у журналі, розрахувати коефіцієнти деформації при поздовжньому прокатуванні для кожного проходу. Визначити кінцеві показники деформації, отримані в результаті декількох проходів, вважаючи, що заготовка зазнала кінцевої деформації ніби за один прохід.

1. Ознайомитися із загальними положеннями лабораторної роботи № 3 «Параметри деформації в процесі прокатки».

2. Відповідно до варіанту за списком у журналі, що відповідають вихідним даним (табл. 3.1), розрахувати значення параметрів осередку деформації при поздовжній прокатці для кожного проходу. Визначити кінцеві показники деформації, отримані в результаті декількох проходів, вважаючи, що заготовка зазнала кінцевої деформації ніби за один прохід.

3. Оформити результати проведеного аналізу у вигляді звіту до лабораторної роботи № 1 відповідно до встановлених вимог.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для лабораторної роботи №3

№ вар.	Початкові розміри, мм		Номер проходу				
			1	2	3	4	5
1	H	690	670	652	637	624	614
	B	420	423	425,5	428	432	435
	L	1500					
2	H	720	702	687	674	664	658
	B	460	462,5	467	469	472,5	474
	L	1500					
3	H	660	648	638	631	626	622
	B	400	401,2	402,4	403,6	404,8	406
	L	2000					
4	H	750	738	729	722	717	713
	B	480	484	488	489,5	491	492,5
	L	2000					
5	H	700	685	673	663	656	652
	B	430	432,3	435	437,3	439,2	440,5
	L	1000					
6	H	680	670	662	656	652	6
	B	410	411,3	413	414,9	415,2	
	L	1000					
7	H	670	662	656	652	650	7
	B	400	401,6	402,2	403,8	404,4	
	L	1500					
8	H	690	676	664	654	647	8
	B	420	422	424,2	427,5	429,2	
	L	1500					

№ вар.	Початкові розміри, мм		Номер проходу				
			1	2	3	4	5
9	H	750	725	702	683	668	
	B	420	423,5	429	432,5	435	
	L	2000					
10	H	720	698	678	661	647	
	B	460	463,5	469,3	473,5	476,5	
	L	2000					
11	H						
	B	510	514,3	518,8	525,0	528,9	
	L	1200					
12	H	590	579	563	535	514	
	B	500	505,3	511,7	517,4	523,6	
	L	1600					
13	H	580	571	548	534	518	
	B	520	523,1	528,7	534,6	538,1	
	L	1500					
14	H	650	624	603	579	564	
	B	530	534,1	537,5	544,7	549,3	
	L	2200					
15	H	620	611	603	579	562	
	B	560	562,6	564,3	569,8	575,7	
	L	2100					
16	H	490	473	458	435	426	
	B	320	423,4	426,5	429,1	434,5	
	L	1100					

Пародовження табл. 3.1

№ вар.	Початкові розміри, мм		Номер проходу				
			1	2	3	4	5
17	H	520	504	486	477	462	451
	B	560	563,5	569,4	573,2	576,8	582,4
	L	1500					
18	H	460	451	439	431	424	412
	B	400	403,2	408,4	413,6	417,8	419,4
	L	1800					
19	H	550	537	525	521	515	503
	B	480	484,1	488,5	491,5	494,3	497,8
	L	1400					
20	H	500	585	573	563	556	552
	B	420	422,9	425,4	427,9	432,2	437,6
	L	1300					
21	H	585	572	565	556	542	527
	B	410	413,2	417,3	424,4	428,2	434,7
	L	1200					
22	H	570	564	555	551	548	539
	B	400	402,1	404,2	404,8	405,4	406,3
	L	1300					
23	H	590	586	572	559	547	533
	B	420	422,5	425,7	433,6	437,1	441,3
	L	1000					

№ вар.	Початкові розміри, мм		Номер проходу				
			1	2	3	4	5
24	H	550	534	513	497	488	
	B	420	426,1	429,4	434,7	439,3	
	L	2400					
25	H	520	498	478	461	447	
	B	460	462,8	467,3	473,5	477,7	
	L	2300					
26	H						
	B	410	413,5	416,7	423,1	425,3	
	L	2200					
27	H	390	376	368	355	341	
	B	410	414,3	416,7	418,6	420,7	
	L	2600					
28	H	480	469	458	436	422	
	B	320	324,2	326,9	331,3	335,1	
	L	2500					
29	H	450	434	415	397	376	
	B	330	332,1	334,5	337,7	339,3	
	L	1200					
30	H	320	312	301	384	367	
	B	460	463,3	465,7	469,8	473,7	
	L	1100					

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Вихідні дані:

Початкові розміри, мм		Кількість проходів				
		1	2	3	4	5
H	740	730	720	710	700	690
B	250	251,5	253	254,5	256	257,5
L	1000					

Розв'язок

1. Користуючись законом сталості об'єму металу при пластичній деформації знайдемо величину довжини заготовки після кожного проходу:

$$b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_1 \cdot h_1 \cdot l_1.$$

Звідки, для першого проходу

$$l_1 = (b_0 \cdot h_0 \cdot l_0) / (b_1 \cdot h_1).$$

$$l_1 = (740 \cdot 250 \cdot 1000) / (730 \cdot 251,5) = 1007,6 \text{ мм.}$$

Для другого проходу

$$l_2 = (730 \cdot 251,5 \cdot 1007,6) / (720 \cdot 253) = 1017,2 \text{ мм.}$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

2. Визначимо абсолютну деформацію по висоті, ширині та довжині заготовки для кожного проходу.

Абсолютне обтиснення для першого проходу:

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1.$$

$$\Delta h_1 = 740 - 730 = 10 \text{ мм.}$$

Для другого проходу

$$\Delta h_2 = 730 - 720 = 10 \text{ мм.}$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

Абсолютне розширення для першого проходу:

$$\Delta b_1 = b_1 - b_0.$$

$$\Delta b_1 = 251,5 - 250 = 1,5 \text{ мм.}$$

Для другого проходу

$$\Delta b_2 = 253 - 251,5 = 1,5 \text{ мм.}$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

Абсолютна витяжка для першого проходу:

$$\Delta l_1 = l_1 - l_0.$$

$$\Delta l_1 = 1007,6 - 1000 = 7,6 \text{ мм.}$$

Для другого проходу

$$\Delta l_2 = 1007,6 - 1017,2 = 9,6 \text{ мм}.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

2. Визначимо відносну деформацію по висоті, ширині та довжині заготовки для кожного проходів.

Відносне обтиснення

$$\varepsilon_1 = \frac{740 - 730}{740} = 0,014.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

Відносне розширення

$$\delta_1 = \frac{251,5 - 250}{250} = 0,006.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

Відносне подовження

$$\nu_1 = \frac{1007,6 - 1000}{1000} = 0,008.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

3. Визначимо коефіцієнти деформації по висоті, ширині та довжині заготовки для кожного проходів.

Коефіцієнт висотної деформації

$$\eta_1 = \frac{740}{730} = 1,014.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

Коефіцієнт розширення

$$\beta_1 = \frac{251,5}{250} = 1,006.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

Коефіцієнт витяжки

$$\lambda_1 = \frac{1007,6}{1000} = 1,008.$$

Аналогічно для інших проходів. Результати заносимо до табл. 3.2.

4. Визначимо кінцеві показники деформації маючи на увазі, що заготовка одержала кінцеву деформацію ніби за один прохід.

Сумарне обтиснення:

$$\Delta h_\Sigma = h_0 - h_5.$$

$$\Delta h_\Sigma = 740 - 707 = 33 \text{ мм}.$$

Сумарне розширення:

$$\Delta b_\Sigma = b_5 - b_0.$$

$$\Delta b_\Sigma = 254,3 - 250 = 4,3 \text{ мм}.$$

Сумарна абсолютна витяжка:

$$\Delta l_\Sigma = l_5 - l_0.$$

$$\Delta l_\Sigma = 1029 - 1000 = 29 \text{ мм}.$$

Сумарна ступінь деформації:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{h_0 - h_5}{h_0}.$$
$$\varepsilon_1 = \frac{740 - 707}{740} = 0,045.$$

Сумарне відносне розширення:

$$\delta_{\Sigma} = \frac{b_5 - b_0}{b_0}.$$
$$\delta_{\Sigma} = \frac{254,1 - 250}{250} = 0,017.$$

Сумарне відносне подовження:

$$\nu_{\Sigma} = \frac{l_5 - l_0}{l_0}.$$
$$\nu_{\Sigma} = \frac{1029 - 1000}{1000} = 0,029.$$

Сумарний коефіцієнт висотної деформації

$$\eta_{\Sigma} = \frac{h_0}{h_5}.$$
$$\eta_{\Sigma} = \frac{740}{707} = 1,047.$$

Сумарний коефіцієнт розширення

$$\beta_{\Sigma} = \frac{b_5}{b_0}.$$
$$\beta_{\Sigma} = \frac{254,3}{250} = 1,017.$$

Сумарний коефіцієнт подовження

$$\lambda_{\Sigma} = \frac{l_5}{l_0}.$$
$$\lambda_{\Sigma} = \frac{1029}{1000} = 1,029.$$

Вносимо отримані результати до табл. 3.2.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає суть поздовжньої прокатки та як рухається заготовка відносно валків?
2. Що називають осередком деформації при поздовжній прокатці та де він розташований?
3. Що таке кут захвату валків і яке його значення для процесу прокатування?

4. Як змінюються основні розміри заготовки (товщина, ширина, довжина) під час поздовжньої прокатки?

5. Які коефіцієнти деформації використовують при поздовжній прокатці та що вони характеризують?

6. В чому проявляється закон постійності об'єму металу і як він пов'язує коефіцієнти деформації?

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку показників осередку деформації

Початкові розміри		Кількість проходів					Сумарні показники
		1	2	3	4	5	
H, мм	740	730	722	715	710	707	
B, мм	250	251,5	251,9	252,5	253,3	254,3	
L, мм	1000	1007,6	1017,2	1024,7	1028,7	1029	
Δh , мм		10,000	8,000	7,000	5,000	3,000	33
Δb , мм		1,500	0,400	0,600	0,800	1,000	4,3
Δl , мм		7,653	9,547	7,518	3,957	0,303	29
ε		0,014	0,011	0,010	0,007	0,004	0,045
δ		0,006	0,002	0,002	0,003	0,004	0,017
ν		0,008	0,009	0,007	0,004	0,000	0,029
η		1,014	1,011	1,010	1,007	1,004	1,047
β		1,006	1,002	1,002	1,003	1,004	1,017
λ		1,008	1,009	1,007	1,004	1,000	1,029

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Виконана лабораторна робота може бути подана на вибір здобувача у вигляді текстового файлу у форматі .doc (.docx) та/або презентації у форматі .ppt (.pptx) і прикріплена до відповідної активності в системі Moodle у форматі .pdf.

Лабораторна робота виконується українською мовою з дотриманням норм наукового стилю, який передбачає:

- формально-логічний спосіб подання матеріалу, аргументовані міркування, що сприяють доведенню істинності положень і обґрунтуванню основних висновків дослідження;
- змістову завершеність, цілісність та логічну зв'язність викладу;
- об'єктивність, цілеспрямованість і відсутність емоційного забарвлення тексту;
- використання спеціалізованої термінології та посилання на літературні джерела (наукові статті, підручники, довідкові та нормативні видання) у разі їх застосування;
- подання матеріалу від третьої особи або від першої особи множини, з перевагою безособової форми викладу інформації.

Структура лабораторної роботи повинна включати:

- – титульний аркуш (Додаток А);
- – основну частину;
- – список використаних джерел.

У разі подання роботи у вигляді текстового файлу текст лабораторної роботи повинен бути виконаний у вигляді комп'ютерного набору на одному боці аркуша білого паперу формату А4 (210 × 297 мм).

Текст лабораторної роботи розміщується на аркуші книжкової або альбомної орієнтації з такими полями: ліве – 30 мм, праве – 10 мм, верхнє – 20 мм, нижнє – 20 мм.

Для великих таблиць і рисунків допускається альбомна орієнтація сторінок, на яких вони розміщені. Текст роботи оформлюється шрифтом Arial, кеглем 14, з міжрядковим інтервалом 1,5. Для таблиць допускається використання шрифту Arial, кеглем 12.

Заголовки пунктів у разі їх виділення слід починати з абзацного відступу і друкувати малими літерами, крім першої великої, без підкреслення та без крапки в кінці.

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовках не допускається. Відстань між заголовком і попереднім текстом повинна становити два рядки, між заголовком і наступним текстом – один рядок.

Не допускається розміщувати назву пункту в нижній частині сторінки, якщо після неї подано лише один рядок тексту. Пункти роботи нумеруються арабськими цифрами без крапки після номера.

Абзацний відступ для основного тексту **лабораторної роботи** повинен бути однаковим упродовж усього тексту і дорівнювати 1,25 см з вирівнюванням по ширині.

Сторінки роботи нумеруються арабськими цифрами з наскрізною нумерацією по всьому тексту. Номер сторінки розміщується у правому верхньому куті без крапки в кінці. Титульний аркуш та зміст входять до загальної нумерації, але номер сторінки на них не проставляється.

Ілюстрації та таблиці, подані на окремих сторінках, також включаються до загальної нумерації.

Ілюстрації (рисунок, графік, схема, діаграма) слід розміщувати одразу після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. Розміщення ілюстрацій та таблиць до першого згадування у тексті не допускається. У тексті лабораторної роботи мають бути обов'язкові посилання на всі ілюстрації та таблиці.


Цифрові дані зазвичай подаються у вигляді таблиць. Таблиці розміщують безпосередньо після тексту, де вони вперше згадуються, або на наступній сторінці. У тексті мають бути відповідні посилання на всі таблиці. Назва таблиці складається зі слова «Таблиця», її порядкового номера та заголовка, який стисло відображає зміст поданих у ній даних. Повна назва таблиці зазначається один раз над таблицею зліва, з абзацним відступом. Якщо таблиця переноситься на наступну сторінку, над її продовженням з абзацного відступу пишуть: «Продовження таблиці Х» або «Кінець таблиці Х», де Х – номер таблиці. Таблиці нумеруються арабськими цифрами послідовно в межах усієї лабораторної роботи.

Таблиця 3 – Залежність коефіцієнта f_0 від температури і швидкості відносного ковзання

Тем-ра розкату, °С	Значення коефіцієнта f_0 при швидкості ковзання $v_{ск}$, м/с							
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	3,0
700	0,46	0,43	0,41	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26
800	0,49	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26
900	0,49	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26

Формули та рівняння розміщують одразу після тексту, у якому вони згадуються, по центру сторінки. Перед і після кожної формули або рівняння необхідно залишати принаймні один вільний рядок. Усі формули та рівняння нумеруються послідовно протягом усієї лабораторної роботи. Номер формули або рівняння вказують у круглих дужках, розташовуючи його на рівні формули в крайньому правому положенні рядка.

Розшифровку значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, наводять безпосередньо під нею в тій



самій послідовності, у якій вони зустрічаються у формулі. Пояснення кожного символу або коефіцієнта слід починати з нового рядка, причому перший рядок розшифровки починається словом «де» без двокрапки та без абзацного відступу.

Перенесення формул або рівнянь на наступний рядок допускається лише на знаках математичних операцій, при цьому знак операції необхідно повторювати на початку нового рядка.

Посилання в тексті лабораторної роботи на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад: «... у роботах [1–7] ...».

Оформлення списку використаних джерел доцільно здійснювати відповідно до Національного стандарту України ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».

Зразки такого оформлення наведені в додатку Б.

ПОДАННЯ НА ПЕРЕВІРКУ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Лабораторні роботи на виробництві за дисципліною «Основи металургійних технологій» надає студентам можливість застосувати здобуті теоретичні знання в реальних умовах виробництва, виконуючи кейсові завдання студенти отримують навички використання отриманих знань на практиці, що дозволяє швидко адаптуватися до умов першого робочого місця.

Під час лабораторних робіт, що проводяться безпосередньо на виробництві, студенти отримують дані із сучасних технологічних та цифрових приладів контролю, що використовуються на реальних робочих місцях. Вони виконують експерименти для визначення основних технологічних параметрів металургійних процесів. Отримані дані вимірювань надалі обробляються та аналізуються за допомогою MS Excel та/або спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, для моделювання чи АСУТП).

Такий практичний досвід сприяє розвитку інженерної грамотності, формуванню навичок, необхідних для роботи на ключових інженерних посадах металургійних виробництв та ефективної командної взаємодії, що значно підвищує конкурентоспроможність майбутнього фахівця-металурга на ринку праці.

Оцінювання результатів виконання кожної лабораторної роботи студентами здійснюється за 5-ти бальною шкалою за такими критеріями:

1. виконання індивідуального завдання лабораторної роботи – 1 бал;
2. рівень практичних навичок та самостійність – 1 балів;
3. ведення звітної документації – 1 бал;
4. підсумковий звіт та його захист – 2 бали.

Остаточна оцінка формується за сумою всіх набраних балів.

Порядок оскарження результатів:

- у разі незгоди з результатом оцінювання студент може звернутися до викладача протягом 3 днів з моменту оголошення результатів;
- викладач розглядає звернення студента та приймає рішення щодо перегляду результату оцінювання звіту за результатом виконання лабораторної роботи.

Звіт з кожної лабораторної роботи завантажується у вигляді файлу з розширенням .docx або .pdf, або .jpg, або .png, або .txt (за наявності розробленого розрахункового модуля у MS Excel у форматах .xls, .xlsx завантажується додатково).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи металургії: виробництво чавуну: підручник / О.М. Смірнов, А.Ю. Семенко, Ю.П. Скоробагатько, М.С. Горюк. Одеса: Олді+, 2023. 192 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/630>
2. Bizhanov A., Chizhikova V. Agglomeration in Metallurgy. Springer Nature. 2019. 454 p. URL: <https://read.kortext.com/reader/epub/812125>.
3. Металургія сталі. Конвертерне виробництво: теорія, технологія, якість металу, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія / О.Г. Величко та ін. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-VAL», 2015. 434 с.
4. Максименко О. П., Штода М. М., Нікулін О. В. Основи калібровки прокатних валків : навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2023. 156 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/570>
5. Смірнов О. М., Куберський С. В., Штепан Є. В. Безперервне розливання сталі : підручник. Алчевськ : ДонДТУ, 2011. 518 с.
6. Позапічне оброблення сталі: способи, процеси, технології : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / В. О. Шаповалов, Ф. К. Біктагіров, В. Г. Могилатенко; за ред. І. В. Кривцуна. Київ : Хімджест, 2023. 360 с. URL: <https://patonpublishinghouse.com/books/Shapovalov2023.pdf>.
7. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головка О. М. Теорія процесів обробки металів тиском : підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 370 с.
8. Сігарьов Є. М., Кашеєв М. А., Крячко Г. Ю. Основи металургії чавуну і сталі: навч. посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2022. 274 с.
9. Основи металургійних технологій: методичні рекомендації до виконання практичних робіт / уклад.: Є. В. Синегін, Х. В. Малій. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 37 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/items/e9f99a7a-9680-4458-970a-b927db1b05d8>
10. Технологія основних виробництв: навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В. М. Кропивний та ін. Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД», 2021. 196 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/3bea26cc-3c45-4d19-89b6-7a1df14d052d/content>.
11. Технології позапічної десульфурзації сталі : монографія / С.В. Журавльова, О.М. Стоянов, К.Г. Нізяєв, Х.В. Малій, Є.В. Синегін, В.С. Мамешин. Дніпро: Середняк Т. К., 2024. 150 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/server/api/core/bitstreams/1f4b42a3-704a-4ae5-8a74-680813923663/content/>

- 
12. Wusatowski Z. Fundamentals of Rolling. Elsevier Science & Technology, 2013. 716 p. URL: [https://read.kortext.com/library/institution/subjects/K\(book:194361\)](https://read.kortext.com/library/institution/subjects/K(book:194361))
 13. Gong Pan, Li Maojun, Han Guangchao, Wang Xin Physical Metallurgy of Metals and Alloys. Basel: MDPI, 2023. 324 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-7805-7>.
 14. Cavaliere P. Advances in Ironmaking and Steelmaking Processes. Basel : MDPI, 2023. 220 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-7549-0>.
 15. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/>
 16. Fundamentals of Metallurgy*: steeluniversity. URL: <https://steeluniversity.org/courses/met0101ta-fundamentals-of-metallurgy/>
 17. Introduction to Steel*: steeluniversity. URL: <https://steeluniversity.org/courses/met01002-introduction-to-steel/>
 1. Sinter Making Process*: steeluniversity. URL: <https://steeluniversity.org/courses/met0115ta-sinter-making-process/>
 2. Blast Furnace Steelmaking*: steeluniversity. URL: <https://steeluniversity.org/courses/man01032-blast-furnace-steelmaking/>
 3. Hot Rolling Fundamentals*: steeluniversity. URL: <https://steeluniversity.org/courses/met0123ta-hot-rolling-fundamentals/>
 4. Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/>
 5. World Steel Association : веб-сайт. URL: <https://worldsteel.org/>



Додаток А

Приклад оформлення титульного листа індивідуального завдання

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Звіт з лабораторної роботи №_
<Назва лабораторної роботи>

з навчальної дисципліни
«ОСНОВИ МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

Здобувача групи Ме-ХХ-1ф

Прізвище Ім'я По батькові

Керівник:

доц., к.т.н. Максим ШТОДА

Запоріжжя, 202_

Додаток Б

Приклади оформлення бібліографічних посилань

Хар-ка джерела	Приклад оформлення
Книги: Один автор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дичківська О. О. Інноваційний менеджмент: конспект лекцій. Київ : ДІА, 2018. 82 с. 2. Бондаренко В. Г. Історія України. Львів, 2017. 153 с. 3. Лазор О. Я. Державне управління у сфері реалізації екологічної політики в Україні: організаційно-правові засади: монографія. Львів : Ліга-Прес, 2003. 542 с. 4. Ваш О. М. Етика : навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗНУ, 2018. 104 с. 5. Гурманова Л. І. Релігієзнавство: навч. посіб. 2-ге вид., переробл. та допов. Київ : ЦУЛ, 2017. 193 с.
Два автори	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мартиненко З. Е., Макар І. В. Управління підприємством: теоретико-методичні засади: монографія. Харків: Щедра садиба плюс, 2017. 296 с. 2. Палеха В. І., Карпова П. В. Менеджмент організацій: навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 120 с. 3. Білоус С. І., Корнійчук В. П. Філософія освіти: навч.-метод. посіб. Переяслав-Хмельницький, 2016. 176 с. 4. Мороз І. С., Василенко Н. Ю. Маркетинг: конспект лекцій. Київ : Молодь, 2016. 102 с. 5. Вердіна С. А., Волков А. А. Контролінг: навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 131 с. 6. Вердіна С. А., Волков А. А. Контролінг: навч. посіб. Вид. 3-тє., переробл. та допов. Херсон, 2017. 212 с.
Три автори	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тарнавська Г. Я., Марценюк Н. С., Герасимова Т. М. Фінанси: навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2017. 412 с. 2. Пустовенко В. В., Максименко І. Л., Яким А.С. Безпека життєдіяльності: монографія. Харків : ХНПУ, 2017. 348 с.
Чотири автори	<ol style="list-style-type: none"> 1. Інновації: навч. посіб. / Гуревич Д. Т., Чекан О. С., Грибан О. М., Макарова В. В. Запоріжжя: ЗНУ, 2016. 389 с. 2. Вища математика: конспект лекцій / Ткачук Т.С. та ін. Київ, 2015. 82 с.
П'ять і більше авторів	<ol style="list-style-type: none"> 1. Операційний менеджмент: підручник / С. М. Поплавська та ін. Київ: ЦУЛ, 2011. 267 с. 2. Охорона праці: навч. посіб. / О. І. Подольська та ін. 2-ге вид. Київ: ЦУЛ, 2017. 264 с. 3. Науково-практичний коментар Цивільного кодексу України: станом на 10 жовт. 2017 р. / К. І. Мягченко та ін.; за заг. ред. І. М. Ливанова. Київ : ЦУЛ, 2017. 428 с.
Автор(и) та редактор(и)/упорядники	<ol style="list-style-type: none"> 1. Веретенко В. В. Міжнародний маркетинг: монографія / за заг. наук. ред. В. М. Марценюка. Київ, 2015. 374 с. 2. Бутенко М. П., Качур В. П., Петренко С. В. Психологія: навч. посіб. / за ред. М. П. Дутко. Київ: ЦУЛ, 2017. 332 с.

Без автора	<ol style="list-style-type: none"> 1. 30 років історичному факультету: історія та сьогодення (1986-2016): ювіл. вип. / під заг. ред. В. В. Черепані. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 340 с. 2. Етнографія : конспект лекцій / за заг. ред. В. І. Гарапка; уклад. А. І. Гарапка. Київ: ЦУЛ, 2018. 320 с. 3. Міжнародні відносини: монографія / за ред. М. А. Березовського. Київ: ЦУЛ, 2016. 162 с. 4. Міжнародні економічні відносини: навч. посіб. / за ред.: П. О. Бедрія, О. О. Петренка. Одеса: ОНУ, 2015. 306 с. 5. Науково-практичний коментар Цивільного кодексу України / за заг. ред. Т. А. Тарнавського. Київ: ЦУЛ, 2016. 186 с. 6. Підготовка фахівців у ВНЗ в умовах реформування вищої освіти: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Мукачево, 4-5 жовт. 2018 р. Мукачево: МДУ, 2018. 226 с. 7. Освіта в Україні: виклики модернізації: зб. наук. пр. / редкол.: П. М. Марценюк (відп. ред.) та ін. Київ: Ін-т всесвітньої історії НАН України, 2017. 319 с. 8. Товарознавство / упоряд. В. Олексик. Київ, 2014. 804 с.
Багатотомні видання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Енциклопедія рослин / редкол.: І. М. Деркач та ін. Київ : ЦУЛ, 2016. Т. 8. 812 с. 2. Безруков В. Д. Поезія: у 2 т. / ред. вид.: Л. Р. Мороз, А. Р. Мягченко; авт. вступ. ст. А. В. Сипіна. Київ; Мелітополь: НПУ ім. М. Драгоманова; МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. Т. 2. 206 с. 3. Новицький О. М. Твори: о 4 т. / ред. вид.: Н. Г. Мозгова, А. Г. Волков; авт. вступ. ст. Н. Г. Мозгова. Київ; Мелітополь: НПУ ім. М. Драгоманова; МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. Т. 1. 382 с. 4. Бюджетна система України: історія, стан та перспективи: у 3 т. / Акад. прав. наук України. Львів: Право, 2012. Т. 2 : Бюджетний менеджмент / заг. ред. Ю. П. Бубряка. 476 с. 5. Кучеренко Н. П. Казначейська справа : в 6 т. Київ: Право, 2016. Т. 3: Контроль у системі Державного казначейства. 432 с. 6. Дендрофлора України. В 12 т. Т. 2. Дикорослі та культивовані дерева і кущі. Вип. 1. Покритонасінні / Л.І. Перхоменко. Київ: Наукова думка, 2012. 200 с.
Автореферати дисертацій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Петров О. Г. Музикотерапія : автореф. дис. ... канд. псих. наук : 12.00.06. Київ, 2009. 40 с.
Дисертації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Петрук Л. А. Дослідження статичного деформування складених тіл: дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.02.04. Львів, 2004. 140 с. 2. Винниченко О. М. Контроль соціально-економічного розвитку промислових підприємств: дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.04. Київ, 2018. 344 с.
Законодавчі та нормативні документи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Конституція України: офіц. текст. Київ: КМ, 2015. 98 с. 2. Конституція України: станом на 1 жовтня 2017 р. / Верховна Рада України. Київ : Право, 2017. 93 с. 3. Про вищу освіту: Закон України від 05.09.2016 р. № 2145-VIII. Голос України. 2016. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22.

Законодавчі та нормативні документи	<p>4. Податковий кодекс України: Закон України від 19.05.2011 р. № 3393-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 48-49. Ст. 536.</p> <p>5. Про освіту: Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 28.09.2018. URL:http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18 (дата звернення: 15.11.2018).</p> <p>6. Питання соціального забезпечення: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2017 р. № 1060. Офіційний вісник України. 2018. № 5. С. 430–443.</p> <p>7. Про інформування громадськості з питань євроатлантичної інтеграції України на 2019-2020 роки: Указ Президента України від 21.02.2018 р. № 43/2018. Урядовий кур'єр. 2018. 23 лют. (№ 35). С. 10.</p> <p>8. Про затвердження Вимог до оформлення кандидатської дисертації: наказ Міністерства освіти і науки від 12.01.2018 р. № 50. Офіційний вісник України. 2018. № 25. С. 139–141.</p> <p>9. Інструкція щодо порядку оформлення і ведення особових справ отримувачів усіх видів соціальної допомоги: затв. наказом М-ва. праці та соц. політики від 19.09.2006 р. № 156. Баланс-бюджет. 2006. 19 верес. (№ 18). С. 15–16.</p>
Архівні документи	<p>1. Лист Голови Спілки «Первоцвіт» Г. Ф. Петренка на ім'я Голови Ради Міністрів УРСР В. А. Поповича щодо реєстрації Статуту Спілки та сторінки Статуту. 14 грудня 1989 р. ЦДАГО України (Центр. держ. архів громад. об'єднань України). Ф. 1. Оп. 32. Спр. 2612. Арк. 63, 64 зв., 71.</p>
Патенти	<p>1. Зернозбиральний комбайн: пат. 25742 Україна: МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.</p> <p>2. Спосіб лікування гіперактивності у дітей: пат. 76509 Україна. № 2004042416; заявл. 01.04.2004; опубл. 01.08.2006, Бюл. № 8 (кн. 1). 120 с.</p>
Препринти	<p>1. Марченко М. І., Кополович А. Д., Яким Б. М. Про точність визначення радіоактивних відходів гамма-методами. Чорнобиль : Ін-т з проблем безпеки АЕС НАН України, 2006. 7, [1] с. (Препринт. НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС; 06-1).</p> <p>2. Федорченко Б. А., Смотрич В. Н. Радіаційне пошкодження матеріалів нейтронами джерела ННЦ ХФТІ/ANL USA з підкритичним складанням, що керується прискорювачем електронів. Харків: ННЦ ХФТІ, 2006. 19 с.: Іл., табл. (Препринт. НАН України, Нац. наук. центр «Харк. фіз.-техн. ін-т»; ХФТІ2006-4).</p>
Стандарти	<p>1. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація).</p> <p>2. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація та документація).</p>

Стандарти	<ol style="list-style-type: none"> 3. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація). 4. ДСТУ ISO 6107-1:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 1 (ISO 6107-1:1996, IDT). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 181 с. 5. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація та документація).
Каталоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прокопенко І. П. Каталог рослин для робіт з екодизайну / Донець. ботан. садок НАН України. Донецьк: Лебідь, 2005. 228 с. 2. Історична спадщина України : кат. вист. / Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка; уклад.: Л. І. Петров, О. В. Олійник. Харків, 2000. 64 с. 3. Пам'ятки історії та мистецтва Закарпатської області: кат.-довід. / авт.-упоряд.: М. Петрик та ін.; Упр. культури Закарпат. облдержадмін., Закарпат. іст. музей. Ужгород, 2003. 160 с.
Бібліографічні покажчики	<ol style="list-style-type: none"> 1. Боротьба з злочинністю: нагальна проблема сучасності: бібліогр. покажч. Вип. 3 / уклад.: О. В. Куріпта, відп. за вип. Н. М. Щур; Запорізький національний університет. Запоріжжя, 2017. 60 с. 2. Іван Марченко : біобібліогр. покажч. / уклад. В. Петрик. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 356 с. (Українська біобібліографія ; ч. 9).
<p>Аналітичний бібліографічний запис Складова частина видання (глави, розділу, статті) розділовий знак «дві навскісні риски» («//») можна замінювати крапкою, а відомості про документ (його назву), виділяти шрифтом (наприклад, <i>курсивом</i>).</p>	
Частина видання: книги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Петренко М. А. Міжнародне право та роль Конституційного Суду України // Максим Петренко: право як буття вченого: зб. наук. пр. до 60-річчя проф. М. А. Петренко / упоряд. та відп. ред. Ю. О. Волошин. К., 2009. С. 477-493. 2. Якса А. П. Економічна політика держави. Двадцять п'ять років з економічним правом : вибрані праці. Харків, 2017. С. 205–212. 3. Корнійчук Т. О. Методи активізації навчально-пізнавальної діяльності. Педагогіка : навч. посіб. / за заг. ред. Т. О. Корнійчука. Київ, 2017. С. 195–197.
Частина видання матеріалів конференцій (тези доповіді)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Максименко Д. В. Методи оперативної діагностики виробничої діяльності підприємства // Зростання ролі бухгалтерського обліку в сучасній економіці : збірник тез та доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 21 лютого 2013 р.) / відпов. за випуск Мельничук Б.В. Київ, 2013. С.331–335.

Продовження Додатку Б

<p>Частина видання матеріалів конференцій (тези доповіді)</p>	<p>2. Лалак Н. В. Шляхи підвищення мотивації молодших школярів до навчання // Анотовані результати науково-дослідної роботи інституту педагогіки за 2011 рік : збірник тез повідомлень. Київ, 2012. С.202–203.</p> <p>3. Цехмістров І. І., Перець І.П. Про бюджет. Дослідження проблем в Україні очима молодих вчених: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 3-4 берез. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С. 50–53.</p>
<p>Частина довідкового видання</p>	<p>1. Павлик І. М. Право інтелектуальної власності. Великий енциклопедичний юридичний словник / ред. Ю. С. Шемшученко. Київ, 2007. С. 683.</p> <p>2. Дичківська І.М. Інноваційні педагогічні технології. Основи педагогіки освіти: словник термінів / за ред.: Т. О. Дмитрука, В. К. Колпакова. Київ, 2014. С. 54–55.</p>
<p>Частина видання: продовжуваного видання</p>	<p>1. Куцінко Т. О. Адміністративне законодавство України: реалії та перспективи формулювання // Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. Запоріжжя, 2017. № 1. С. 36–46.</p> <p>2. Безруков С. А., Хмельов А. А. Дослідження циліндричних оболонки. Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. Запоріжжя, 2015. № 3. С. 153–159.</p> <p>3. Хорошилова С. А., Малафіїк Л. О., Хмельов А. А. Моделювання складеної конструкції за допомогою матриць типу Гріна. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Дніпропетровськ, 2012. Вип. 19. С. 212– 218.</p>
<p>Частина видання: періодичного видання (журналу, газети)</p>	<p>1. Кучеренко О. О. Конституційні права людини і громадянина // Часопис Київського університету права. 2007. № 4. С. 88–92.</p> <p>2. Коваль Л., Коваль П. Переваги дистанційної роботи. Урядовий кур'єр. 2017. 1 листоп. (№ 205). С. 5.</p> <p>3. Bletska D. I., Glukhov K. E., Frolova V. V. Electronic structure of 2H-SnSe₂. Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics. 2017. Vol. 18, No 2. P. 109–118.</p>

<p>Електронні ресурси</p>	<p>4. Україна очима дітей: фотовиставка. URL: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/photogallery/gallery?galleryId=15725757& (дата звернення: 15.11.2017).</p> <p>5. Хміль А. А. Функції державної служби за законодавством України // Юридичний науковий електронний журнал. 2017. № 5. С. 115–118. URL: http://lsei.org.ua/5_2017/32.pdf.</p> <p>6. Хміль І. О. Шляхи подолання правового нігілізму в Україні. Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. Запоріжжя, 2016. № 3. – С. 20–27. – URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Fakhovivydannya/vznu/juridichni/VestUr20_15v3/5.pdf. (дата звернення: 15.11.2017).</p> <p>7. Куцкір Я. С., Махно Б. А., Борислав С. Г. Трансформація науково- педагогічної системи України протягом 90-х років ХХ століття: період переходу до ринку. Наука та інновації. 2016. Т. 12, № 6. С. 6–14. DOI: https://doi.org/10.15407/scin12.06.006.</p>
----------------------------------	--



Навчально-методичне видання

Штода Максим Миколайович

Малій Христина Василівна

ОСНОВИ МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ:

**методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції