МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і
торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

О.В. Омельченко, Л.О. Цвіркун

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство

Ступінь: бакалавр

Кривий Ріг
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і
торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

О.В. Омельченко, Л.О. Цвіркун

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство

Ступінь: бакалавр

Затверджено на засіданні
кафедри загальноінженерних дисциплін та
обладнання
Протокол № 6
від «18» листопада 2021 р.

Рекомендовано навчально-методичною
радою ДонНУЕТ
Протокол № 5
від «25» листопада 2021 р.

Кривий Ріг
2021

УДК 620.22+62.11
О 46

Омельченко О.В., Цвіркун Л.О.

О 46 Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство : метод. рекомендації до вивч. дисц. / М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, Каф. загальноінженерних дисциплін та обладнання ; О.В. Омельченко, Л.О. Цвіркун. – Кривий Ріг : [ДонНУЕТ], 2021. – 58 с.

Методичні рекомендації розроблені для надання допомоги студентам у процесі вивчення дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство». Методичні рекомендації містять перелік питань для підготовки до підсумкового контролю та перелік основної та додаткової літератури.

© Омельченко О.В., Цвіркун Л.О., 2021
© Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП……5

ЧАСТИНА 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»……..……..……..6

ЧАСТИНА 2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ…….…….....12

Змістовий модуль 1. Технологічні матеріали та їхні характеристики…..13

Змістовий модуль 2. Методи формоутворення заготовок і деталей…....33

ЧАСТИНА 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ……..……..44

Змістовий модуль 1. Технологічні матеріали та їхні характеристики.….45

Змістовий модуль 2. Методи формоутворення заготовок і деталей…….51

ВСТУП

Основною метою вивчення дисципліни є формування системи знань основних способів виробництва матеріалів їх властивостей, маркування з метою виготовлення виробів різного призначення, практичних навичок у процесі вибору матеріалів і сучасних методів формоутворення заготовок і деталей.

Головне завдання навчальної дисципліни полягає в теоретичній і практичній підготовці здобувачів ВО до професійної діяльності, **формування вмінь та навичок**: оволодіння сучасними способами отримання чорних і кольорових металів задля правильного підбору і використання цих матеріалів в різних галузях промисловості; застосовування знань основних властивостей матеріалів, методів їх випробовування; ознайомлення з технологію ливарного виробництва, процесами обробки металів тиском.

Предмет: вивчення основних властивостей технології конструкційних матеріалів.

1. Опис дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни
Обов'язкова *(для студентів спеціальності "назва спеціальності")* / вибіркова дисципліна	**Обов'язкова для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»**
Семестр *(осінній / весняний)*	**осінній**
Кількість кредитів	**5**
Загальна кількість годин	**150**
Кількість модулів	**1**
Лекції, годин	**48**
Практичні / семінарські, годин	**32**
Лабораторні, годин	**-**
Самостійна робота, годин	**70**
Тижневих годин для денної форми навчання:	
аудиторних	**5**
самостійної роботи студента	**4**
Вид контролю	**екзамен**

2. Програма дисципліни

Мета: формування системи знань основних способів виробництва матеріалів їх властивостей, маркування з метою виготовлення виробів різного призначення, практичних навичок у процесі вибору матеріалів і сучасних методів формоутворення заготовок і деталей.

Завдання дисципліни полягає в теоретичній і практичній підготовці здобувачів ВО до професійної діяльності, **формування вмінь та навичок:** оволодіння сучасними способами отримання чорних і кольорових металів задля правильного підбору і використання цих матеріалів в різних галузях промисловості; застосовування знань основних властивостей матеріалів, методів їх випробовування; ознайомлення з технологію ливарного виробництва, процесами обробки металів тиском.

Предмет: вивчення основних властивостей технології конструкційних матеріалів.

Зміст дисципліни розкривається в темах:

1. Основні властивості матеріалів. Атомно-кристалічна будова металів і сплавів.
2. Методи визначення механічних і фізичних властивостей матеріалів. Механічні випробування. Методи дослідження властивостей матеріалів.
3. Теорія сплавів. Діаграми стану сплавів.
4. Кольорові метали і сплави. Властивості кольорових металів і сплавів та області їх застосування.

5. Будування залізовуглецевих сплавів. Діаграма стану залізо-вуглець. Чавуни та сталі.
6. Конструкційні та інструментальні сталі. Чавуни.
7. Основи теорії термічної обробки сталі.
8. Неметалеві матеріали.
9. Технологія ливарного виробництва. Технологія виготовлення моделей та виливків.
10. Лиття в металеві форми (кокілі).
11. Лиття під тиском та інші способи лиття.
12. Технологія обробки тиском.

Опанування дисципліни дозволяє забезпечити:

1) формування:

загальних програмних компетентностей:

здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

здатність працювати в команді;

навички міжособистісної взаємодії;

здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня;

здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

фахових програмних компетентностей:

здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності;

здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки;

здатність використовувати стандартні методики планування експериментальних досліджень, здійснювати обробку та узагальнення результатів експерименту.

2) досягнення **програмних результатів навчання:**

розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»;

застосовувати нормативні документи і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань;

використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень при вирішенні професійних завдань.

застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень;

розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя;

аналізувати розвиток науки і техніки.

3) набуття **результатів навчання** (згідно Дублінських дескрипторів):

- знання:

основних властивостей матеріалів, атомно-кристалічної будови металів і сплавів;

методів визначення механічних і фізичних властивостей матеріалів, методів дослідження властивостей матеріалів;

теорії сплавів, діаграми стану сплавів;

кольорових металів і сплавів, властивостей кольорових металів і сплавів та області їх застосування;

будування залізовуглецевих сплавів, діаграми стану залізо-вуглець;

конструкційних та інструментальних сталей;

теорії термічної обробки сталі;

технології ливарного виробництва;

технології обробки тиском.

- уміння/навички:

методи вимірювання твердості та ударної в'язкості;

будувати діаграми стану сплавів;

будувати діаграми стану $Fe\text{-}Fe_3C$;

здійснити опис конструкційної деталі, обрати марку сталі, побудувати діаграму $Fe\text{-}Fe_3C$;

аналізувати технології отримання виливки в піщано-глинистих формах;

досліджувати лиття в металеві форми (кокілі);

аналізувати процес здійснення відцентрового лиття;

досліджувати обладнання та інструменти для листового штампування.

- комунікація:

ефективно встановлювати і підтримувати комунікацію в навчальних ситуаціях, типових для майбутньої професійної діяльності, використовуючи ситуативну взаємодію в обмеженому колі осіб;

підтримувати розмову та аргументувати відносно тем, що обговорюються під час дискусій та семінарів, представляти та обґрунтовувати свої погляди на теми обговорення, використовуючи мовні форми, властиві для ведення дискусій;

інтеграція до соціальних груп, здатність до ефективної роботи в команді, сприйняття критики, порад і вказівок;

пояснювати, комунікувати, передавати досвід колегам, керівникам тощо;

здатність ефективно формувати комунікативну стратегію;

- відповідальність і автономія:

демонструвати соціальну відповідальність за результати прийняття рішень;

належним чином поводити себе і реагувати у типових академічних,

професійних, світських і повсякденного ситуаціях, а також знати правила взаємодії між людьми у різних ситуаціях.

3. Структура дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				
	усього	у тому числі			
		лекц.	пр./сем.	лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Технологічні матеріали та їхні характеристики					
Тема 1. Основні властивості матеріалів. Атомно-кристалічна будова металів і сплавів.	10	4	-	-	6
Тема 2. Методи визначення механічних і фізичних властивостей матеріалів. Механічні випробування. Методи дослідження властивостей матеріалів.	14	4	4	-	6
Тема 3. Теорія сплавів. Діаграми стану сплавів.	14	4	4	-	6
Тема 4. Кольорові метали і сплави. Властивості кольорових металів і сплавів та області їх застосування.	10	4	-		6
Тема 5. Будування залізовуглецевих сплавів. Діаграма стану залізо-вуглець. Чавуни та сталі.	13	4	4	-	5
Тема 6. Конструкційні та інструментальні сталі. Чавуни.	12	4	2	-	6
Разом за змістовим модулем 1	**73**	**24**	**14**	**-**	**35**
Змістовий модуль 2. Методи формоутворення заготовок і деталей					
Тема 7. Основи теорії термічної обробки сталі.	12	4	2	-	6
Тема 8. Неметалеві матеріали.	10	4	-	-	6
Тема 9. Технологія ливарного виробництва. Технологія виготовлення моделей та виливків	14	4	4	-	6
Тема 10. Лиття в металеві форми (кокілі)	13	4	4	-	5
Тема 11. Лиття під тиском та інші способи лиття	14	4	4	-	6
Тема 12. Технологія обробки тиском.	14	4	4	-	6
Разом за змістовим модулем 2	**77**	**24**	**18**	**-**	**35**
Усього годин	**150**	**48**	**32**	**-**	**70**

4. Теми семінарських/практичних/лабораторних занять

№ з/п	Тема практичного заняття	Кількість годин
1	Практичне заняття 1. Технічні випробування конструкційних матеріалів. Методи вимірювання твердості та ударної в'язкості	2
2	Практичне заняття 1. Технічні випробування конструкційних матеріалів. Методи вимірювання твердості та ударної в'язкості	2
3	Практичне заняття 2. Побудова діаграми стану двокомпонентних сплавів	2
4	Практичне заняття 2. Побудова діаграми стану двокомпонентних сплавів	2
5	Практичне заняття 3. Побудова діаграми стану Fe-Fe_3C	2
6	Практичне заняття 3. Побудова діаграми стану Fe-Fe_3C	2
7	Практичне заняття 4. Опис конструкційної деталі, обрання марки сталі, побудова діаграми стану Fe-FeЗC	2
8	Практичне заняття 4. Опис конструкційної деталі, обрання марки сталі, побудова діаграми стану Fe-FeЗC	2
9	Практичне заняття 5. Технології отримання виливки в піщано-глинистих формах	2
10	Практичне заняття 5. Технології отримання виливки в піщано-глинистих формах	2
11	Практичне заняття 6. Особливості та призначення лиття в металеві форми (кокілі)	2
12	Практичне заняття 6. Особливості та призначення лиття в металеві форми (кокілі)	2
13	Практичне заняття 7. Особливості та призначення відцентрового лиття	2
14	Практичне заняття 7. Особливості та призначення відцентрового лиття	2
15	Практичне заняття 8. Операція листового штампування. Обладнання та інструменти для листового штампування	2
16	Практичне заняття 8. Операція листового штампування. Обладнання та інструменти для листового штампування	2
Всього		**32**

5. Розподіл балів, які отримують студенти

Відповідно до системи оцінювання знань студентів ДонНУЕТ, рівень сформованості компетентностей студента оцінюються у випадку проведення екзамену: впродовж семестру (50 балів) та при проведені підсумкового контролю - екзамену (50 балів).

Оцінювання студентів протягом семестру (очна форма навчання)

№ теми семінарського/практичного заняття	Аудиторна робот				Позааудиторна робота	Сума балів
	Тестові завдання	Ситуаційні завдання, задачі	Обговорення теоретичних питань теми	ПМК	Завдання для самостійного виконання	
Змістовий модуль 1						
Тема 1			2			2
Тема 1		2			1	3
Тема 2			2			2
Тема 2		2			1	3
Тема 3			2			2
Тема 3		2			1	3
Тема 4			2			2
Тема 4		2		5	1	8
Разом за змістовим модулем 1		**8**	**8**	**5**	**4**	**25**
Змістовий модуль 2						
Тема 5			2			2
Тема 5		2			1	3
Тема 6			2			2
Тема 6		2			1	3
Тема 7			2			2
Тема 7		2			1	3
Тема 8			2			2
Тема 8		2		5	1	8
Разом за змістовим модулем 2		**8**	**8**	**5**	**4**	**25**
Усього годин			**20**	**10**	**20**	**50**

Оцінювання студентів протягом семестру (заочна форма навчання)

Поточне тестування та самостійна робота			Підсумковий тест (екзамен)	Сума в балах
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Індивідуальне завдання		
15	15	20	50	100

Загальне оцінювання результатів вивчення навчальної дисципліни

Оцінка		
100-бальна шкала	**Шкала ECTS**	**Національна шкала**
90-100	A	5, «відмінно»
80-89	B	4, «добре»
75-79	C	
70-74	D	3, «задовільно»
60-69	E	
35-59	FX	2, «незадовільно»
0-34	F	

ЧАСТИНА 2.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тема 1. Технічні випробування конструкційних матеріалів. Методи вимірювання твердості та ударної в'язкості

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Технічна властивість конструкційних матеріалів.
2. Відливкові характеристики матеріалу.
3. Деформація, термічне зміцнення, електрофізична та електрохімічна технологічність матеріалу.
4. Випробування на згин.
5. Випробуванням за методом Еріксена.
6. Випробування листового металу на видавлювання.
7. Методи вимірювання твердості та ударної в'язкості.

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №1: «Технічні випробування конструкційних матеріалів. Методи вимірювання твердості та ударної в'язкості».

Технічна властивість конструкційних матеріалів є комплексом фізико-хімічних властивостей цих матеріалів і визначається станом, складом і структурою матеріалу та технологічного середовища під час взаємодії, тобто під час обробки [1].

Деформаційність – це здатність матеріалу відчувати пластичну деформацію під час пресування в холодному або гарячому стані без порушення його цілісності.

Зварюванність визначає властивості матеріалу утворювати міцне з'єднання, якість якого відповідає безперервному з'єднанню.

Термічне зміцнення визначає зміцнюючу здатність матеріалу.

Електрофізична та електрохімічна технологічність матеріалу визначає його здатність плавитися і випаровуватися під дією розряду або розчинення в електроліті в процесі електролізу.

Найпростіший метод оцінки характеристик оброблених матеріалів, найпростіший для виконання в майстерні – метод технічних випробувань. Суть полягає в тому, що на зразок матеріалу впливає технологія виду обробки. Якість зразка залежить від того, чи є ознаки недоліків-тріщин, розшарування, злами тощо, а також від оптимізації способу дії. Зразки дозволяють встановити методи обробки, які забезпечують якісне приймання продукції [1, 2]. Випробування процесу зазвичай визначається умовами процесу та вимогами виробництва продукції.

Випробування на згин проводиться для оцінки здатності металу сприймати згин під певним кутом, а також здатність сторони бути паралельною, коли згинається навколо зварного шва або торкається сторони, рис. 1.1. Випробовуванню підлягає пластиковий метал товщиною не більше 30 мм. Випробування проводять на пресах, спеціальних верстатах і лещатах з круглими губками. Дроти, прутки, листи та стрічки пройшли випробування на вигин і подвійні замки даху [3], рис. 1.2.

Випробуванням за методом Еріксена визначено можливість видалення матеріалу під час виготовлення сипучих виробів із плоских заготовок. План випробувань на екструзію листа показаний на рис. 1. 3.

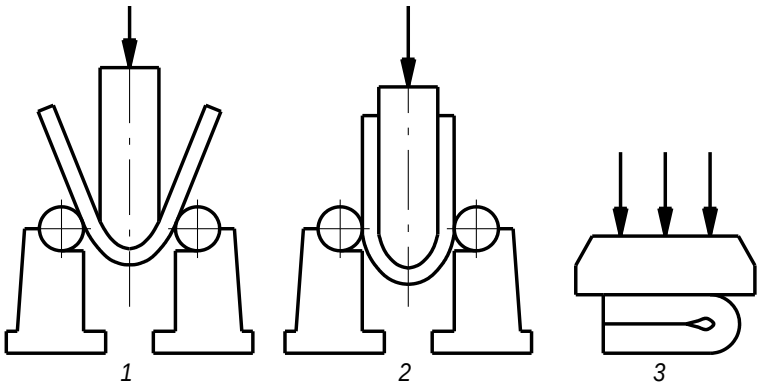
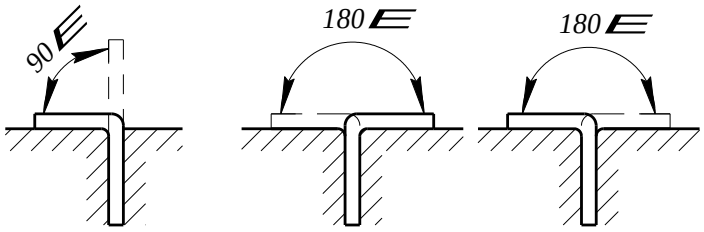
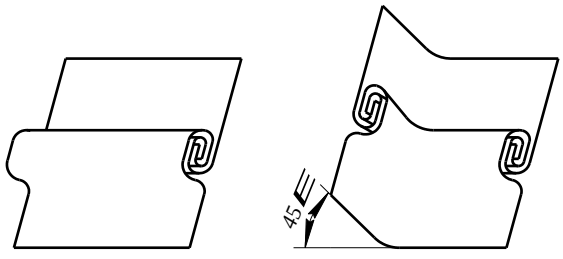


Рисунок 1.1 – Схеми випробувань на згин

1 – до певного кута; 2 – до паралельності сторін; 3 – до дотикання сторін



а)



б)

Рисунок 1.2 – Схеми випробувань
а – перегинання; *б* – подвійний кровельний замок

Випробування виконують на спеціальних пристроях або в лещатах з

заокругленими губками (рис. 1.3).

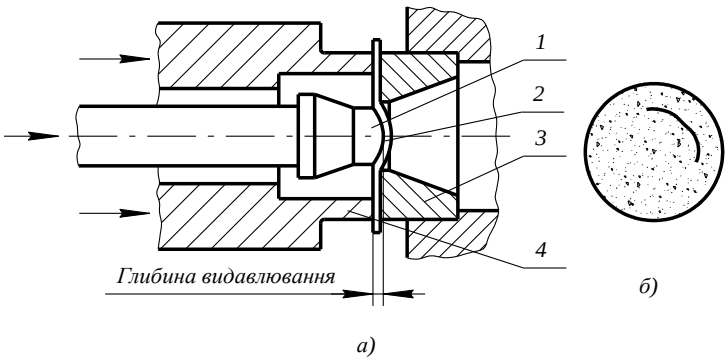


Рисунок 1.3 – Випробування листового металу на видавлювання
а – схема, випробування; *б* – лунка з тріщиною

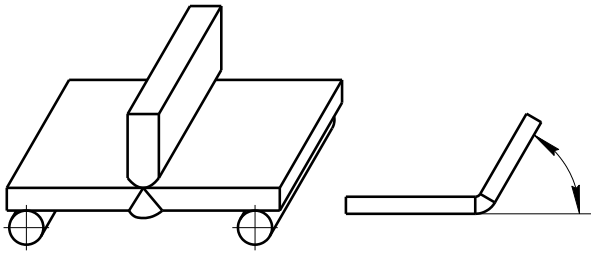


Рисунок 1.4 – Схема випробовування зварних швів на згин

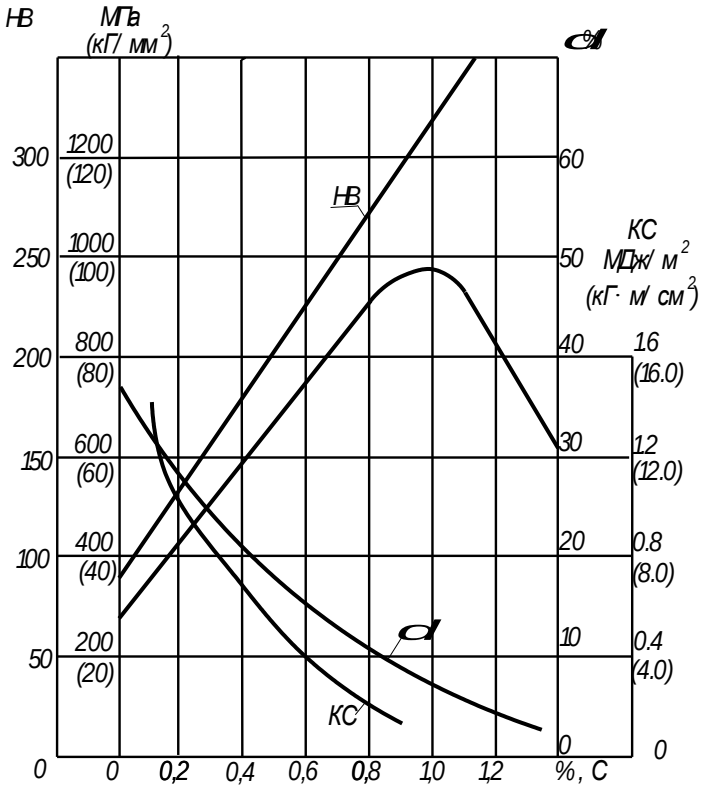
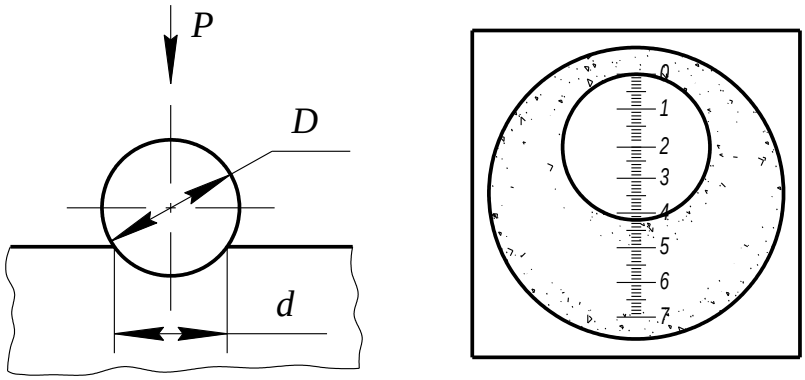


Рисунок 1.5 – Вплив вуглецю на механічні властивості сталей

Твердість – це властивість поверхневого шару матеріалу протистояти пружній та пластичній деформації або руйнуванню від іншого більш твердого тіла (індентора) відповідної форми та розміру під час локальної пластичної взаємодії [3].



а) *б)*

Рисунок 1.6 – Вимірювання твердості методом Брінелля
а – схема утворення відбитка; *б* – вимірювання діаметра відбитка

Найпоширенішим методом є використання статичного навантаження індентора перпендикулярно до поверхні зразка. Це Брінелл, Роквелл і Вікерс.

Схема вимірювання твердості за Роквеллом приведена на рис. 1.7.

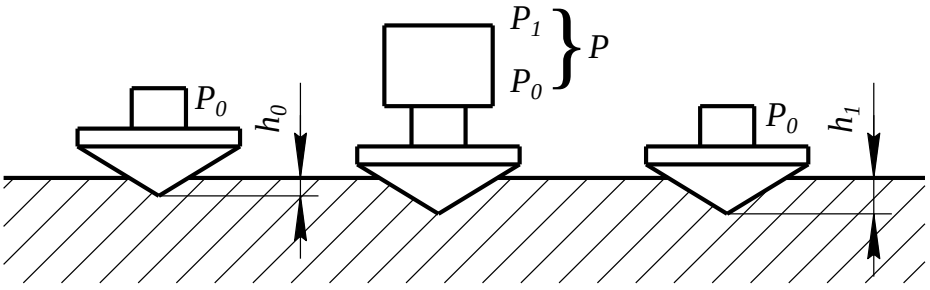


Рисунок 1.7 – Схема вимірювання твердості за Роквеллом

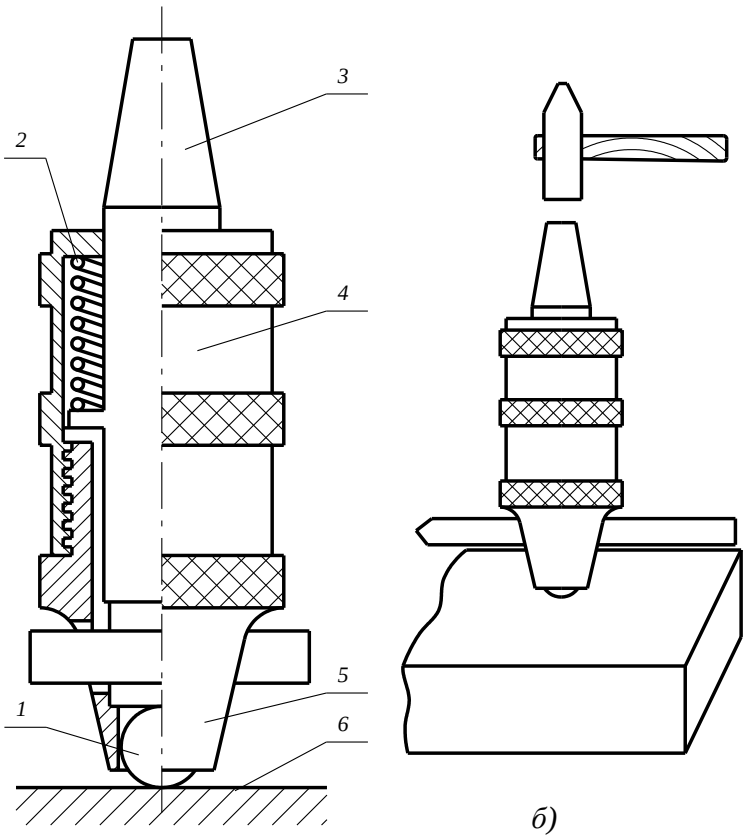


Рисунок 1.8 – Прилад для вимірювання твердості методом ударного відбитка
а – будова приладу; *б* – схема випробування

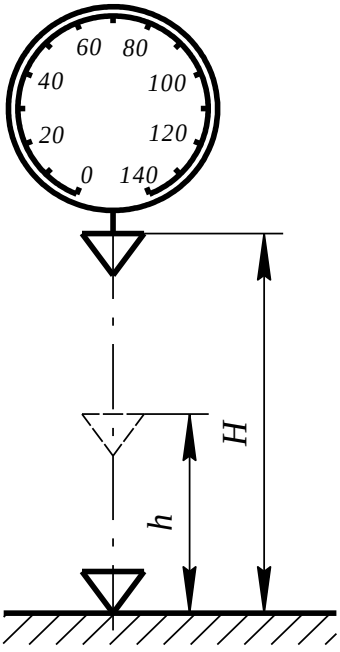


Рисунок 1.9 – Схема вимірювання твердості за методом Шора

Вимірювання ударної в’язкості, рис. 1.10.

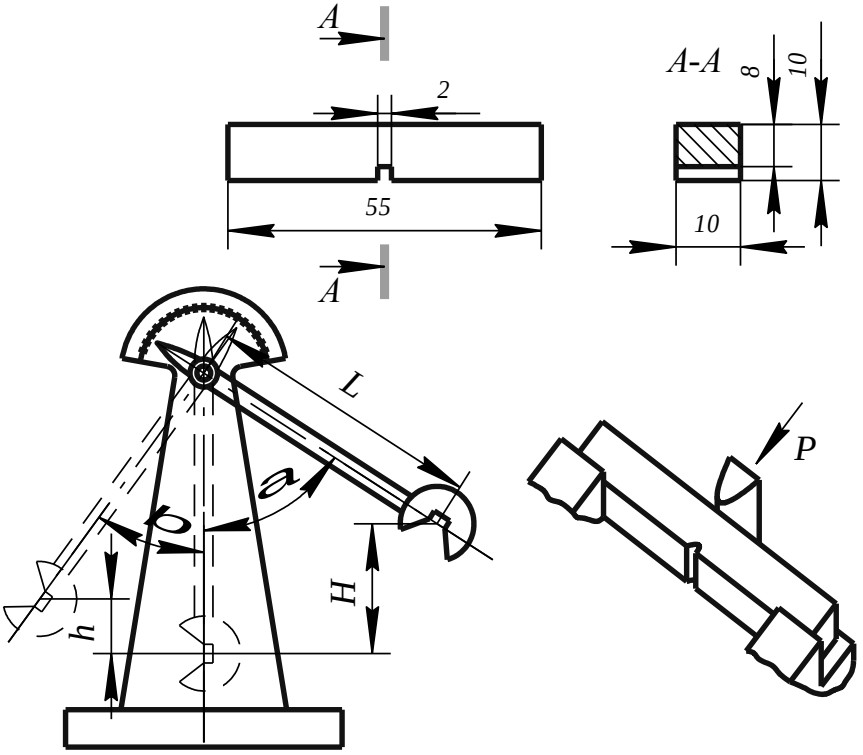


Рисунок 1.10 – Схема випробування на ударну в’язкість
а – зразок для випробування; *б* – схема маятникового копра

Завдання 1. Продемонструвати методи та технології здійснення технічних випробувань конструкційних матеріалів, виокремити переваги та недоліки. Використовуючи сучасні інформаційні технології презентувати інформацію.

Завдання 2. Продемонструвати методи та технології вимірювання твердості та ударної в’язкості конструкційних матеріалів (метод Брінелля, метод Роквелла, метод Шора тощо), виокремити переваги та недоліки. Використовуючи сучасні інформаційні технології презентувати інформацію.

Тема 2. Побудова діаграми стану двокомпонентних сплавів

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. До якого типу відносяться діаграми стану сплавів Pb-Sb, Ni-Cu, Sn-Zn.

3. Яка структура та фазовий склад доевтектичних, евтектичних та заевтектичних сплавів системи Pb–Sb при температурі 20°С.

4. Яка температура затвердіння свинцю, олова, цинку, сурми.

5. Перерахуйте компоненти, структурні складові та фази сплаву свинець-сурма.

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №2: «Побудова діаграми стану двокомпонентних сплавів».

Приклад. Викресліть діаграму стану системи Pb-Mg (свинець-магній):

а) перерахуйте тверді фази наявні в системі, дайте їм коротку характеристику;

б) опишіть фазові перетворення у сплаві з 70 % Pb, 30 % Mg при охолодженні;

в) визначте для заданого сплаву: хімічний склад фаз (концентрацію компонентів у фазах) при температурах 400, 500, 650 °С; кількість кожної фази % при температурі 400 °С, рис. 2.1.

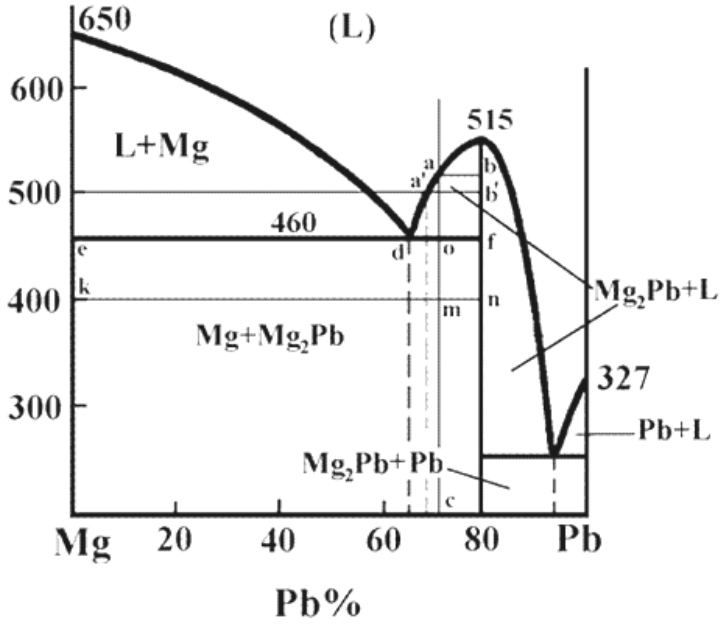


Рисунок 2.1 – Діаграма стану системи «свинець-магній»

На діаграмі стану системи Mg-Pb є такі фази: рідина (L), чистий магній (Mg), чистий свинець (Pb), хімічна сполука (Mg_2Pb).

При охолодженні в сплаві з 70% Pb, 30% Mg відбуваються фазові перетворення, описані нижче:

У точці з рідини починають виділятися перші кристали хімічної сполуки Mg_2Pb. При подальшому охолодженні кількість твердої хімічної сполуки збільшується. При цьому склад рідини, що залишилася, змінюється по лінії ad. При досягненні температури 460 оС рідина, що залишилася, кристалізується за евтектичним механізмом: $L \rightarrow Mg + Mg_2Pb$. Утворюються твердий магній та хімічна сполука.

При подальшому охолодженні кількість та склад фаз не змінюється.

Хімічний склад фаз при температурах:

400 °С – твердий магній та хімічна сполука Mg_2Pb;

500 °С – рідка фаза зі складом a' та хімічна сполука Mg_2Pb;

650 °С – лише розплав магнію із вмістом свинцю 30%.

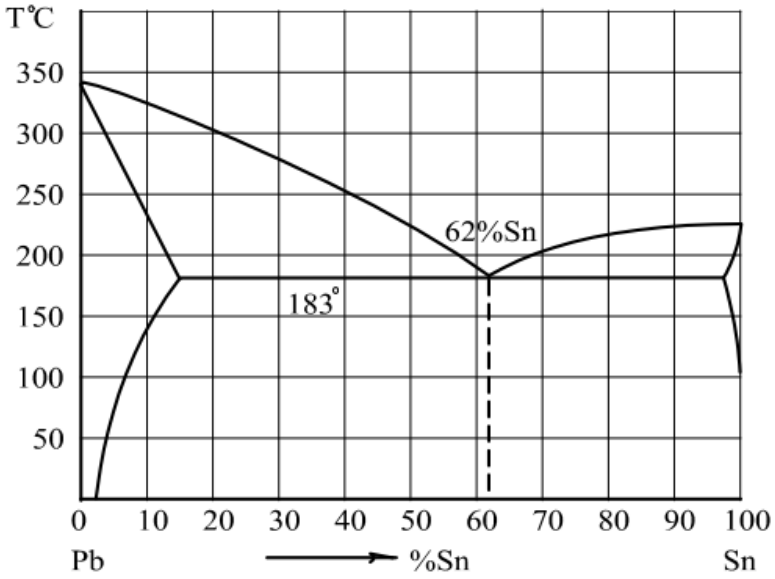
Кількість фаз при температурі 400 °С визначається за правилом важеля:

Магнію mn/kn = 10/80 = 12,5%;

Хімічної сполуки Mg_2Pb km/kn = 70/80 = 87,5 %

Варіант 1, 10.

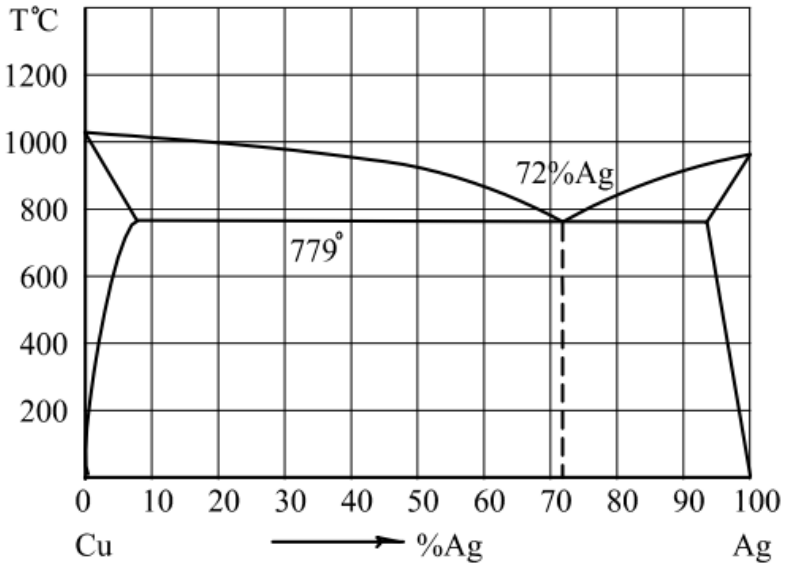
Викреслити діаграму стану системи «свинець-олово». Вказати лінії ліквідусу та солідуса, а також структурно-фазовий склад областей. Для сплаву, що містить 50% Sn, побудувати криву охолодження і описати, що відбуваються при охолодженні перетворення. Для цього сплаву визначити кількісне співвідношення структурних складових при температурі 200 ^{0}C і схематично зобразити структуру.



Діаграму стану системи «свинець-олово»

Варіант 2, 9.

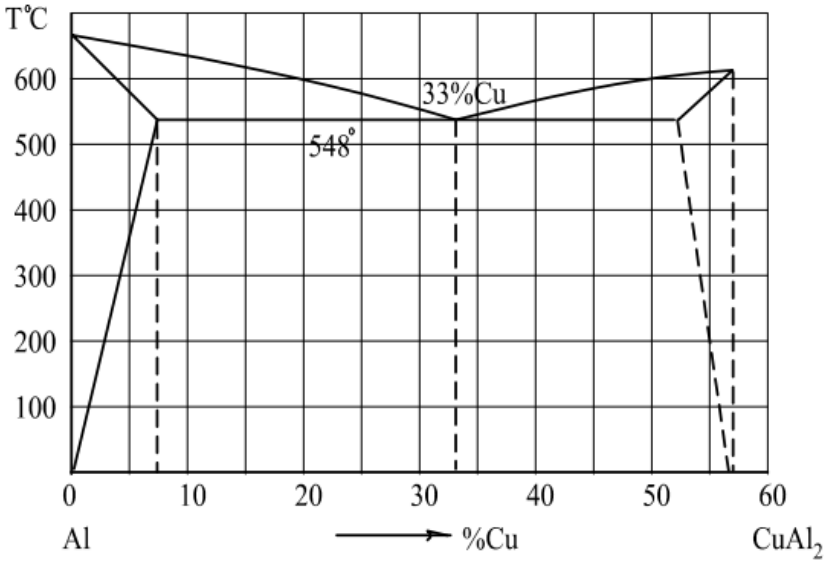
Викреслити діаграму стану системи «мідь – срібло». Вказати лінії ліквідусу та солідуса, а також структурно-фазовий склад областей. Для сплаву, що містить 40% Ag, побудувати криву охолодження та описати, що відбуваються при охолодженні перетворення, визначити кількісне співвідношення структурних складових при температурі 900 ^{0}C. Накреслити і описати структуру заданого сплаву.



Діаграму стану системи «мідь-срібло»

Варіант 3, 8.

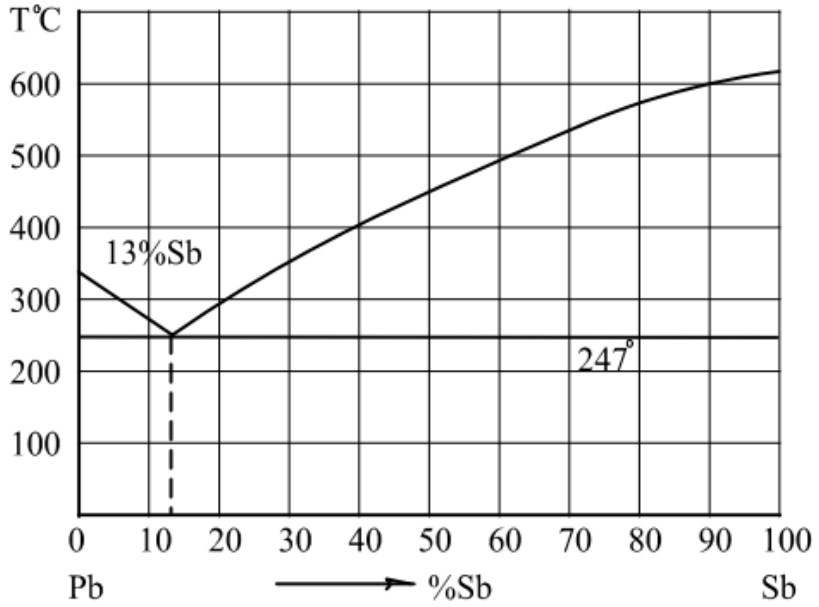
Викреслити діаграму стану системи «алюміній – мідь». Вказати лінії ліквідусу та солідуса, а також структурно-фазовий склад областей. Для сплаву, що містить 40% Cu, побудувати криву охолодження та описати, що відбуваються при охолодженні перетворення, визначити кількісне співвідношення та склад фаз при температурі 550º С. Замалювати та описати структуру заданого сплаву.



Діаграму стану системи «алюміній-мідь»

Варіант 4, 7.

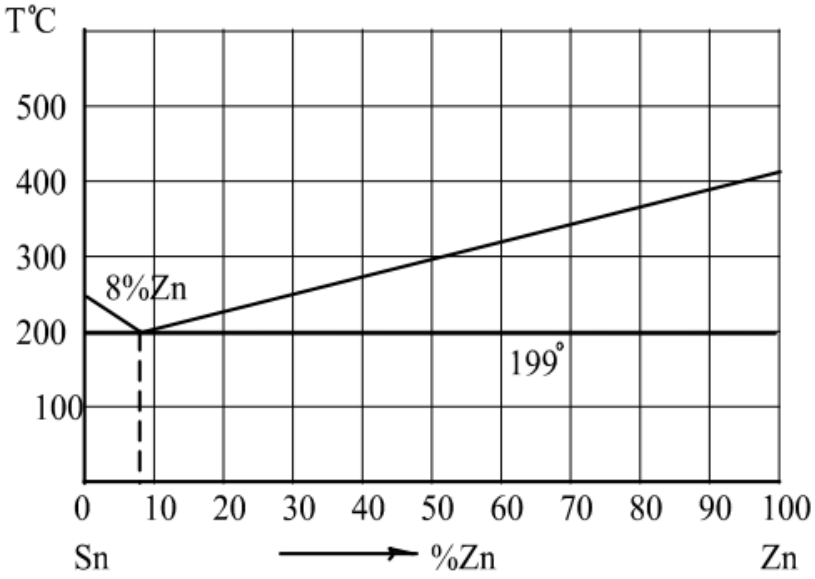
Викреслити діаграму стану системи «свинець-сурма». Вказати лінії ліквідусу та солідуса, а також структурно-фазовий склад областей діаграми. Для сплаву, що містить 50% Sb, збудувати криву охолодження та описати, що відбуваються при охолодженні перетворення. Для даного сплаву визначити кількісне співвідношення структурних складових при температурі 300°С. Замалювати та описати структуру сплаву.



Діаграму стану системи «свинець-сурма»

Варіант 5, 11

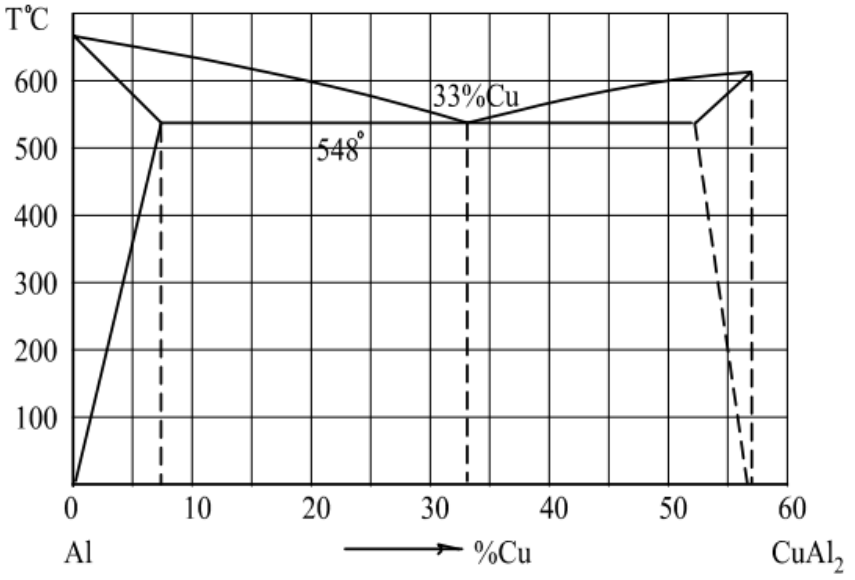
Викреслити діаграму стану системи «цинк-олово». Вказати лінії ліквідусу та солідуса, а також структурно-фазовий склад областей діаграми. Для сплаву, що містить 80% Zn, побудувати криву охолодження та описати, що відбуваються при охолодженні перетворення. Для заданого сплаву визначити кількісне співвідношення та склад фаз за температури 300°С. Замалювати та описати структуру сплаву.



Діаграму стану системи «цинк-олово»

Варіант 6, 12

Вичертить діаграму стану системи «алюміній – мідь». Вказати лінії ліквідусу та солідуса, а також структурно-фазовий склад областей діаграми. Для сплаву, що містить 20% Cu, побудувати криву охолодження та описати, що відбуваються при охолодженні перетворення. Для заданого сплаву визначити кількісне співвідношення структурних складових при температурі 560 °С. Замалювати і описати структуру сплаву.



Діаграму стану системи «алюміній-мідь»

Тема 3. Побудова діаграми стану Fe-Fe_3C

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Дайте визначення фази сплаву.

2. Які метали вважають металевими, які є металевими.

3. Що таке евтектика сплаву Pb–Sb.

4. Перерахуйте структурні складові та фази сплавів Pb–Sb та Sn–Zn, Fe–Fe_3C.

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №3: «Побудова діаграми стану Fe-Fe_3C».

Приклад.

1. Викреслити діаграму стану Fe-Fe_3C. Позначити структурні складові у всіх галузях діаграми.

3. Нанести на діаграму фігуративну лінію контрольного сплаву.

4. Побудувати криву охолодження контрольного металу. Дати докладний опис мікроструктури при повільному охолодженні. Навести необхідні реакції.

5. Вказати до якої групи залізовуглецевих сплавів він відноситься, по можливості навести марку розглянутого сплаву, його застосування.

Діаграма залізо-цементит визначає фазовий склад та структуру залізовуглецевих сплавів з концентрацією від чистого заліза до цементиту Fe_3C (6,67%C) та наведена на рис.3.1. Сплав заліза з 2,2% вуглецю.

На горизонтальних лініях діаграми відбуваються нонваріантні перетворення:

1) на лінії HJB – перитектичною перетворення ЖB+δH↔Aj

2) на лінії ECF – евтектичне перетворення ЖC↔αE+Fe3C

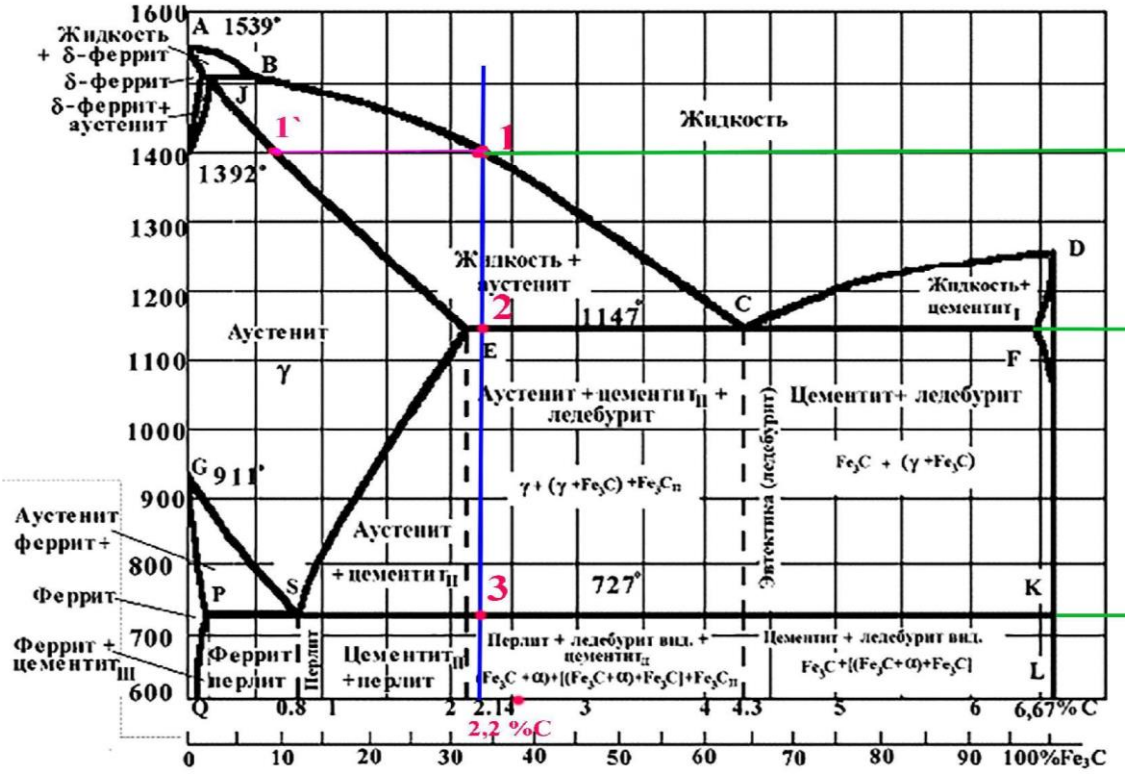
3) на лінії ECF – евтектоїдне перетворення AS+ αP ↔ Fe3C

Положення сплаву з 2,2% на діаграмі і крива його охолодження.

Спочатку метал знаходиться у вигляді розплаву. При деякому переохолодженні нижче температури точки 1 починається кристалізація: рідини з’являються перші кристали аустеніту. Як правило, аустеніт кристалізується у вигляді дендритів, що показано на схемі мікроструктури.

При охолодженні нижче Т1 із рідини починають випадати перші кристали Аустеніту. Потрібно підкреслити умовного такого формулювання, оскільки кристалізація в принципі не може початися за температури Т1, т.к. для цього необхідно переохолодження розплаву нижче кривої ліквідусу. Правильніше було б говорити про те, що при зниженні температури нижче Т1 на Т перші кристали виділяться з рідини, склад яких буде відрізнятися від т.1. Викладене справедливо й у твердофазних перетворень. В умовах рівноваги кристалізація сплаву не почнеться за температури Т1 і не закінчиться при Т2. Для протікання процесу кристалізації розглянуту систему необхідно виводити зі стану рівноваги, тобто. переохолоджувати рідку фазу нижче кривої ліквідусу,

забезпечуючи тим самим термодинамічний стимул перетворення Ж→А. Тільки цих умовах процес кристалізації буде реакцією системи порушення рівноваги. При подальшому аналізі металу це міркування не наводиться, але справедливо у разі.



Діаграму стану Fe-Fe_3C

У температурному інтервалі Т1-Т2 сплав знаходиться у двофазній ділянці. Рівноважний склад рідини змінюється в цьому інтервалі по лінії 1С - по ліквідусу (тобто падає вміст заліза в рідині і збільшується вміст вуглецю), а рівноважний склад твердого розчину аустеніту змінюється по лінії 1`Е - солідус.

На кривій охолодження сплаву буде перегин при переході у двофазну область. Це можна пояснити правилом фаз. Зв'язок між числами компонентів k, кількістю рівноважних фаз ф, температурою, тиском і варіантністю (або числом ступенів свободи) будь-яко рівноважної системи встановлює правило фаз Гіббса:

$$в=k-ф+n$$

де n – зовнішні чинники рівноваги, тобто. температура та тиск.

Таким чином, рівновага Ж↔А моноваріантна і реалізується в інтервалі температур кристалізації:

$$в = k - ф + 1 = 2 - 2 + 1 = 1$$

У процесі охолодження метал досягає температура т.2, що лежить лінії ECF – лінії евтектичного рівноваги. У цьому точці спостерігається рівновагу

рідини, аустеніту і цементиту, тобто. у цій точці система знаходиться в нонваріантній рівновазі:

$$в = k - ф + 1 = 2 - 3 + 1 = 0$$

а на кривій охолодження спостерігається майданчик.

Оскільки для початку перетворення потрібно термодинамічний стимул, то на кривій охолодження може спостерігатися ділянка повернення від нижчої температури до майданчика з постійною температурою.

При температурі 1147°С реалізується евтектична реакція:

$$LC \rightarrow AC + Fe_3C$$

Результатом реакція є утворення з рідини евтектичної суміші: дрібні зерна аустеніту рівномірно розподілені обсягом цементиту. Евтектика має спеціальну назву – ледебурит.

При охолодженні інтервалі Т2-Т3 склад аустеніту змінятся по сольвусу ES, тобто. вміст вуглецю у ньому зменшується, тому надлишковий вуглець утворює вторинний цементит. Отже, структурний склад у цьому інтервалі температур – аустеніт (який не брав участі в евтектичній реакції), ледебурит, цементит вторинний.

При температурі т.3 727ºС метал знаходиться в точці евтектоїдної рівноваги. Це перетворення також нонваріантне. При деякому переохолодженні щодо т.3 відбувається перетворення аустеніту (і вільного, і в ледебуріті) на перліт – колонії фериту та цементиту. Ледебурит після перетворення аустеніту, що входить до нього в перліт, носить назву видозміненого ледебуриту.

При охолодженні кімнатної температури хімічний склад фериту змінюється відповідно до сольвусом PQ – тобто. вміст вуглецю в ньому трохи знижується, тому створюються умови для випадання найменших виділень третинного цементиту, але побачити його в оптичний мікроскоп не можна. Тому часто її не позначають на схемах мікроструктур.

Ліжковий склад сплаву з 2,2%С:

1) фазовий – цементит + ферит,

2) структурний - перліт + вторинний цементит + видозмінений ледебурит.

Сплави заліза з вуглецями поділяються на сталі та чавуни. Сталями називають сплави, вміст вуглецю у концентрації 0,025-2,14%, тобто. від точки Р до точки Е на діаграмі стану, а чавуни містять вуглецю більше 2,14% і до 6,67% (тобто правіше точки Е).

Тому сплав з 2,2% є білим чавуном. Білим – оскільки вуглець перебуває у хімічно пов’язаному стані – як сполуки цементиту Fe_3C.

Варіант 1, 10.

Викреслити діаграму стану Fe – Fe_3C. Вказати структурно-фазовий склад областей Побудувати криву охолодження та описати перетворення для сплаву, що містить 4,3% С. Схематично зобразити та описати структуру заданого сплаву.

Варіант 2, 9.

Викреслити діаграму стану Fe – Fe_3C. Вказати структурно-фазовий склад областей Побудувати криву охолодження та описати перетворення для сплаву, що містить 0,2%.

Варіант 3, 8.

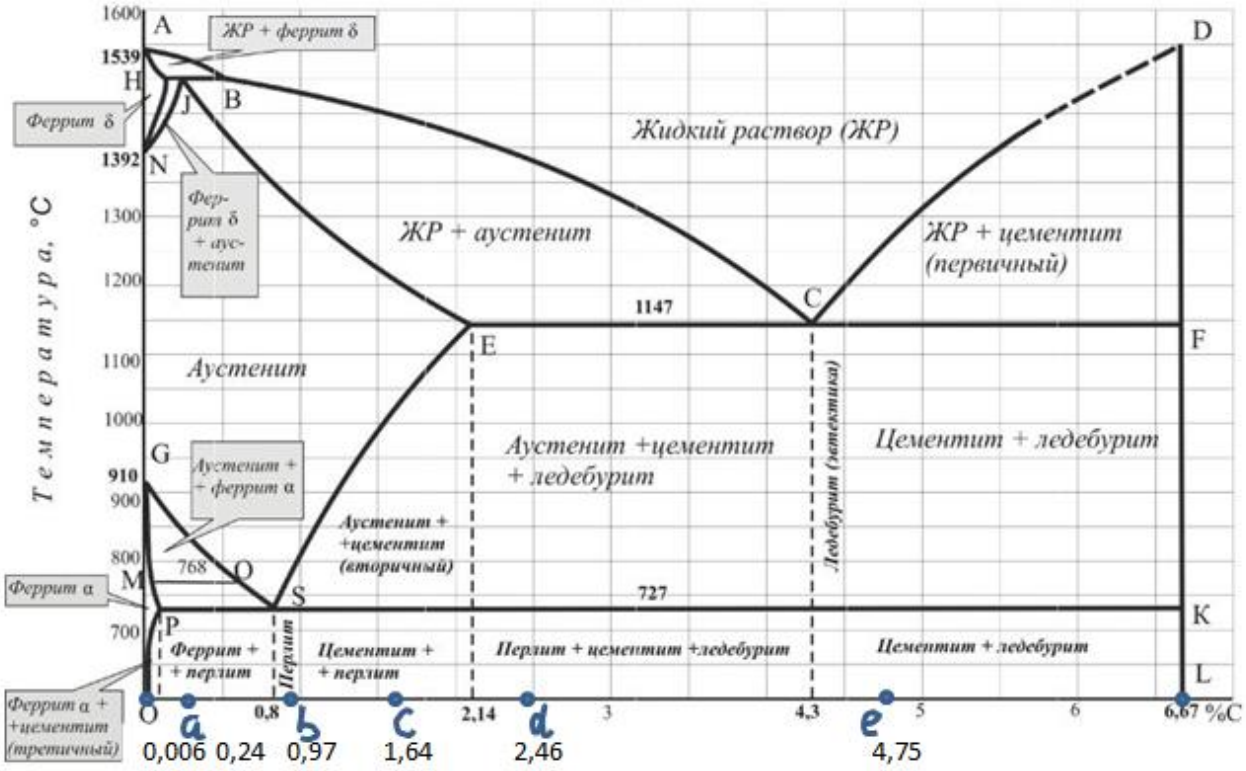
Викреслити діаграму стану системи Fe – Fe_3C. Вказати структурно-фазовий склад областей Побудувати криву охолодження та описати перетворення для сплаву, що містить 0,4% С. Схематично зобразити та описати структуру заданого сплаву.

Варіант 4, 7.

Викреслити діаграму стану системи Fe – Fe_3C. Вказати структурно-фазовий склад ділянок діаграми. Для сплаву, містить 0,6%, побудувати криву охолодження і описати що відбуваються при охолодженні перетворення. Схематично зобразити та описати структуру металу.

Варіант 5, 7.

Викресліть діаграму стану Fe – Fe_3C. Вказати структурно-фазовий склад областей Побудувати криву охолодження та описати, що відбуваються при охолодженні перетворення для сплаву, містить 1,2% С. Замалювати та описати структуру сплаву.



Діаграму стану Fe – Fe_3C

Тема 4. Опис конструкційної деталі, обрання марки сталі, побудова діаграми стану Fe-Fe3C.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Матеріали для виготовлення конструкційних деталей.
2. Основні процеси термічної обробки.
3. Що являє собою процес загартовування сталі.

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №4: «Здійснити опис конструкційної деталі, обрати марку сталі, побудувати діаграму стану Fe-Fe_3C».

Приклад.

Найменування виробу – підшипники кочення.

Умови роботи, очікувані властивості – висока твердість у всьому перерізі.

Завдання.

1. Здійнити опис деталі (конструкція, для чого використовується (її призначення), при яких навантаженнях працює (в умовах зносу, корозії, циклічних, знакозмінних навантаженнях, вібраційних навантаженнях, при високих температурах, в середовищі агресивних газів, в умовах, що потребують високої твердості поверхні), висока межа втоми, межа витривалості тощо) + додати фото (малюнок) деталі.

2. Вибрати потрібну марку сталі для виготовлення деталі. Довести вибір саме цієї марки стали.

3. Яку остаточну термічну обробку призначте деталі (загартування + відпустка (низька, середня, висока), відпал, нормалізація, ХТО (хіміко-термічна обробка) тощо). Якщо це конструкційна сталь загального призначення, якого класу дана сталь за способом остаточної термічної обробки (ТО). Показати на «сталевому куточку» діаграми Fe-Fe_3C (цементит) температуру, з якою проводиться обрана ТО для марки сталі. Обґрунтувати вибір саме цієї термічної обробки.

1. Призначення та умови роботи підшипників кочення

Підшипники – один з основних та відповідальних елементів більшості машин та механізмів. До особливостей характеру роботи підшипників належать високі локальні навантаження. Основні напруги в деталях підшипників при експлуатації виникають внаслідок контактного навантаження тіл кочення, що багаторазово повторюється. Крім того, деталі підшипників можуть піддаватися зношування (через прослизання тіл, що котяться), динамічним навантаженням. Креслення роликового підшипника представлено рис. 5.1.

До підшипникових сталей пред'являються такі основні вимоги: висока статична вантажопідйомність, опір пластичної деформації, зносостійкість, зокрема абразивна, високий опір контактної втоми. Ця характеристика дуже залежить від чистоти металу по неметалевим включенням, і навіть від вмісту

водню, оскільки підшипникові стали флокеночувствительные. Тому при виробництві підшипникових сталей особлива увага приділяється переплавам, що рафінують. Застосовують електрошлаковий (ЕШП), вакуумнодуговий (ВД), плазмовий, електронно-променевий переплав.

Також шкідливим фактором є карбідна неоднорідність (наприклад, карбідна сітка). Спосіб усунення цього дефекту полягає у проведенні оптимальної пластичної та термічної обробки.

Умови експлуатації визначають вимоги до матеріалу для виготовлення підшипників: висока твердість по всьому перерізу 60-63 HRC.

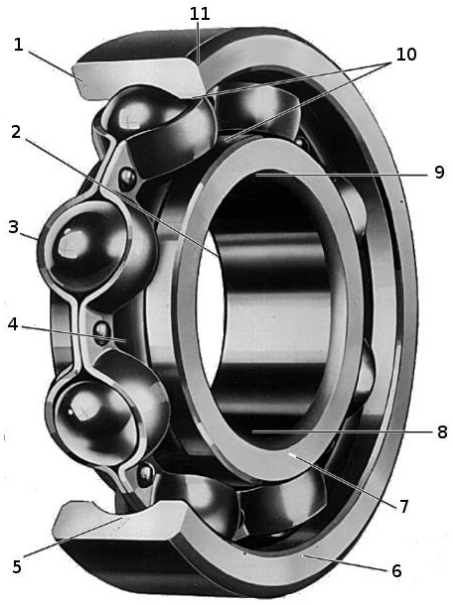


Рисунок 4.1 – Роликовий підшипник

1 – зовнішнє кільце; 2 – внутрішнє кільце; 3 – сепаратор; 4, 5 – доріжка кочення; 6 – лицьова сторона зовнішнього кільця; 7 – лицьова сторона внутрішнього кільця; 8, 9 – посадкова поверхня внутрішнього кільця; 10 – елементи кочення (кульки); 11 – фаска на зовнішньому кільці

2. Вибір марки сталі

Найбільш часто для виготовлення деталей підшипників застосовують шарикопідшипникові сталі, наприклад, ШХ9, ШХ15, ШХ20СГ тощо.

Для деталей великогабаритних підшипників, що працюють при підвищених контактних напругах і ударних навантаженнях (наприклад, підшипники прокатних станів, бурових установок тощо) застосовують цементовані низьковуглецеві леговані сталі, наприклад, 20Х2Н4А тощо.

Підшипникові сталі зазвичай класифікуються за умовами роботи: розрізняють сталі загального призначення, що використовуються для виготовлення деталей підшипників (кілець, кульок, роликів), що працюють при температурах –60÷300 °С у неагресивних середовищах, та сталі спеціального призначення, призначені для виготовлення теплостійких та корозійностійких

підшипників. Склади сталей для підшипників загального призначення регламентуються ГОСТ 801-78, а підшипників спеціального призначення відповідними ТУ. Розглянемо стали загального призначення. Вибір конкретної марки сталі залежить від розмірів підшипників кочення та необхідних механічних властивостей. Виберемо сталь для виготовлення деталей перерізом 100 мм із необхідною твердістю HRC 60 – 63 (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вибір сталі

Марка сталі	Твердість	Застосування
20Х2Н4А	Серцевини 360, поверхні (57-64)	шестерні, вал-шестірні, пальці та інші цементовані особливо відповідальні високонавантажені деталі, до яких висуваються вимоги високої міцності, пластичності та в'язкості серцевини та високої поверхневої твердості, що працюють під дією ударних навантажень або при негативних температурах
ШХ15	62-65	кульки діаметром до 150 мм, ролики діаметром до 23 мм, кільця підшипників з товщиною стінки до 14 мм, втулки плунжерів, плунжери, нагнітальні клапани, корпуси розпилювачів, ролики штовхачів та інші деталі, від яких потрібна висока твердість, зносостійкість та контактна міцність
ШХ15СГ	61-65	Крупногабаритні кільця кулько- та роликопідшипників з товщиною стінки більше 20 -30 мм, кульки діаметром понад 50 мм, ролики діаметром понад 35 мм.

Високу твердість по всьому перерізу деталі забезпечать стали марок ШХ15 та ШХ15СГ. Для кульок діаметром 100 мм доцільно застосовувати менш леговану і дорогу сталь ШХ15, тому що дана марка забезпечить отримання необхідної твердості та наскрізну прожарювання.

3. Термічна обробка

Після кування структура сталі – пластинчастий перліт і тонка розірвана карбідна сітка, підвищена твердість, оброблюваність сталі з такою структурою та твердістю утруднена.

Для зниження твердості до НВ 179-207 та отримання структури зернистого перліту, що забезпечує хорошу оброблюваність, заготовки піддають попередньої термообробки – неповного відпалу на перлин зернистий з наступним повільним охолодженням.

Температура критичних точок: $Ac_1 = 750$, $A_{c3} = 910$, $A_{r1} = 688$, $M_n = 205^oC$. Температура нагріву при неповному відпалі: $T_н = A_{c1} + (30\text{-}50\ ^oC)$.

Отримаємо $T_н = 750 + (30\text{-}50\ ^oC) = 780 – 800\ ^oC$ (точка 1 на рис. 8.2).

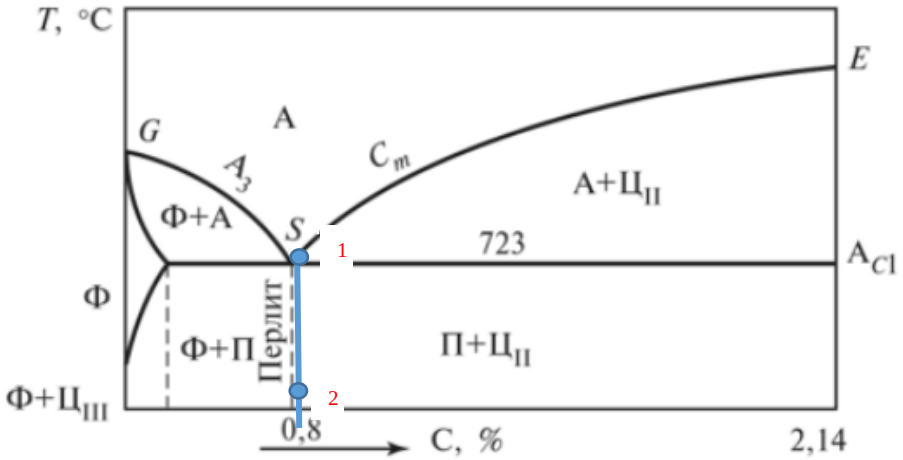


Рисунок 4.2 – Ділянка діаграми залізо-цементит

Режим: відпалення з нагріванням до 780-800 °С, охолодження з піччю до 730 °С, потім до 650 °С зі швидкістю 10-20 град/год на повітрі.

Твердість сталі ШХ9 після відпалу перебуває у межах НВ 179 – 207 (табл. 5.2), структура – зернистий перліт.

Таблиця 4.2 – Механічні властивості сталі ШХ9 після відпалу

Стан постачання, режим термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_в$ (МПа)	δ (%)	ψ %	KCU (Дж / см^2)	НВ (HRC$_э$)
Відпал 790-800 °С, охолодження з піччю до 730 °С, від 730 до 650 °С із швидкістю 10-20 град/год, далі на повітрі (відпал ізотермічний)	370-410	590-730	15-25	35-55	44	179-207

Зміцнення деталей підшипників полягає в загартуванні та подальшій відпустці.

Загартування для сталі ШХ9 проводиться неповне, температура нагрівання визначається так само, як і при неповному відпалі і складе 780-800 ° С (точка 1 на рис. 4.2).

Охолодження при загартуванні проводиться у маслі, т.к. легуючі елементи знижують критичну швидкість загартування і збільшують прожарювання сталі. Охолодження в олії знижує ризик виникнення тріщин та короблення.

При нагріванні під загартування структура зернистий перліт перетвориться на аустеніт та цементит (карбіди), при подальшому охолодженні утворюється структура мартенсит та цементит (карбіди).

Відпустку проводять за низьких температур 150 °С (точка 2 на рис. 4.2) протягом 2–3-х годин, охолодження на повітрі. Тривала відпустка необхідна для повнішої релаксації внутрішніх напруг, які сприяють утворенню шліфувальних тріщин при остаточній механічній обробці та знижують ресурс роботи підшипників.

Твердість після загартування та низькотемпературної відпустки становить HRC 61-65.

Структура сталі після термічної обробки – відпущений дрібноголчастий мартенсит та рівномірно розподілені надлишкові карбіди.

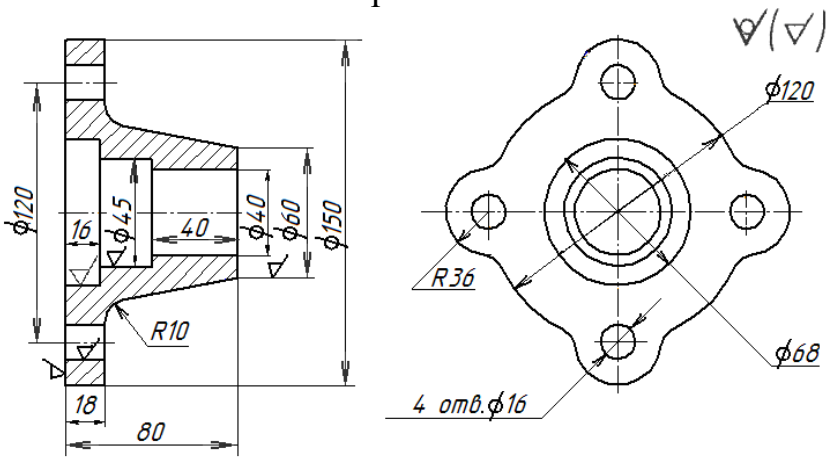
Режими гарту та низької відпустки та одержувані механічні властивості представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Механічні властивості стали ШХ9 після загартування та відпустки

Стан постачання, режим термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_в$ (МПа)	δ (%)	ψ %	KCU (Дж / см^2)	НВ (HRC$_Э$)
Закалка 810-840 °С, масло. Отпуск 150 °С, повітря	-	1960-2350	-	-	3-7	(61-65)

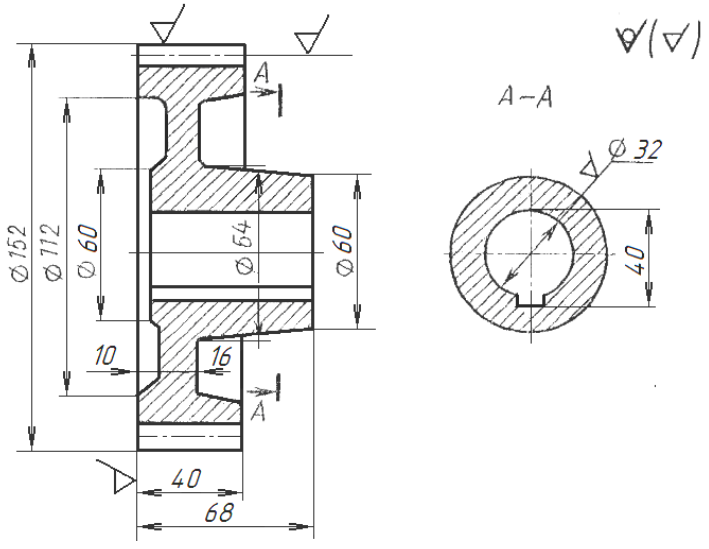
Варіант № 1, 12

Кришка



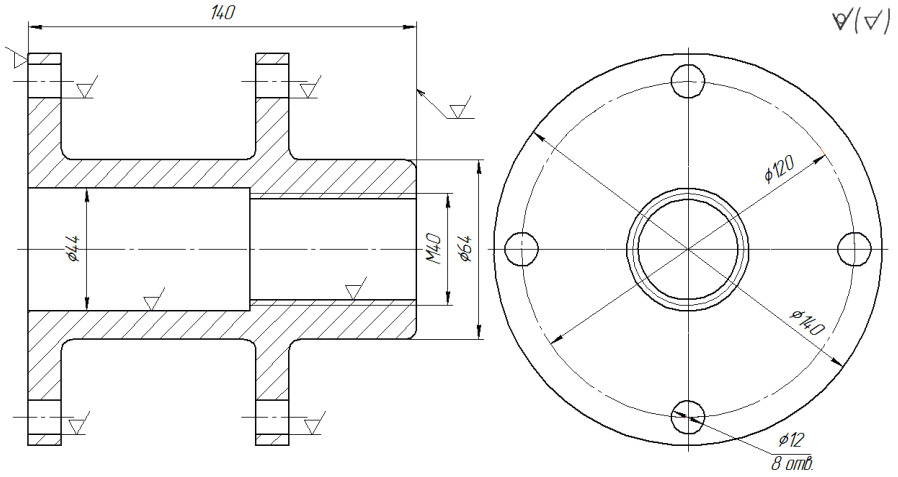
Варіант № 2, 7

Зубчасте колесо



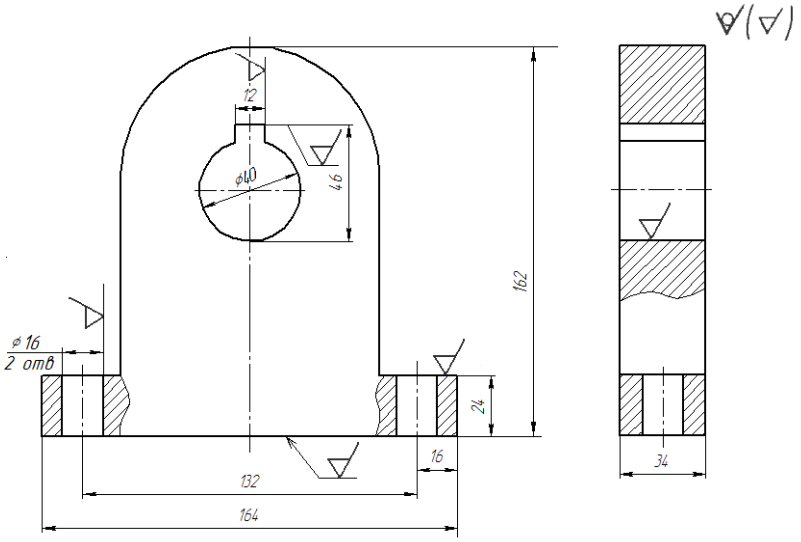
Варіант №3, 8

Фланець



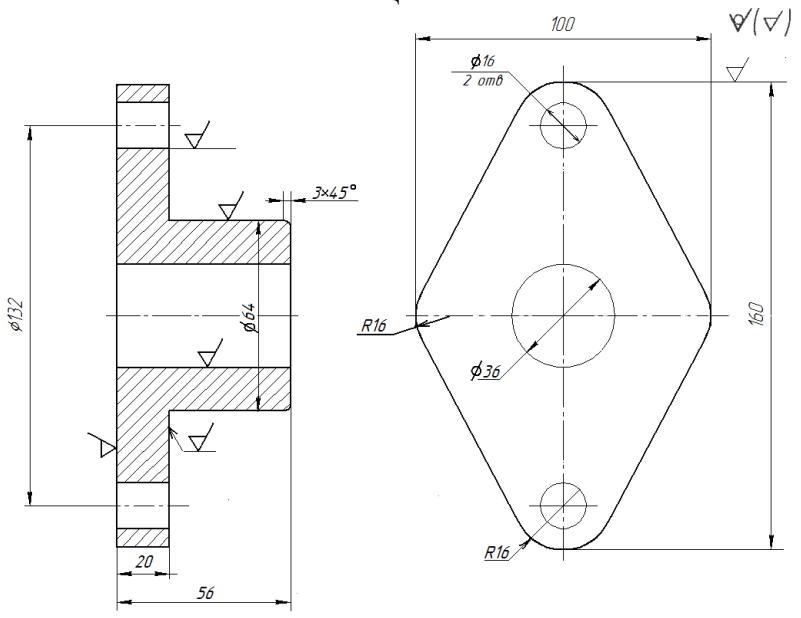
Варіант №4, 9

Опора



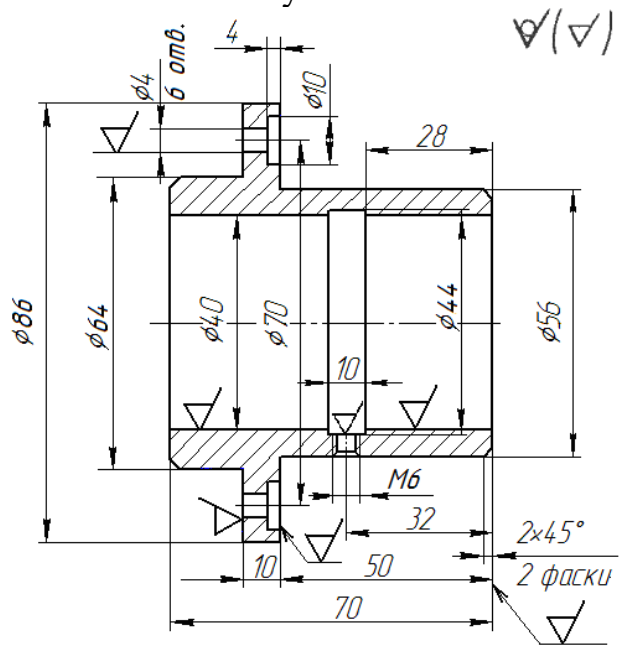
Варіант №5, 10

Фланець



Варіант №6, 11

Втулка



ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. МЕТОДИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК І ДЕТАЛЕЙ

Тема 5. Технології отримання виливки в піщано-глинистих формах

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Матеріали для виготовлення формових сумішей.
2. Технологія ручного формування у двох опоках за роз'ємною моделлю.
3. Види браку виливків та їх причини.
4. Дефекти виливків і причини, що їх викликають.

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №5: «Технології отримання виливки в піщано-глинистих формах».

«*Відливка в піщані глиняні* форми є основним способом отримання виливків із чорних і кольорових сплавів. Відливки можна використовувати для отримання виливків практично будь-якої складності, якості та розміру» [1, 2].

Технологія виготовлення виливків у вигляді одноразової піщаної глини складається з наступної послідовності операцій:

– виготовлення модельних комплектів;
– формування та приготування серцевинної суміші;
– виготовлення прес-форм і прутків;
– сушильні стрижні (а іноді й форми);
– складання бланків;
– отримати рідкий метал;

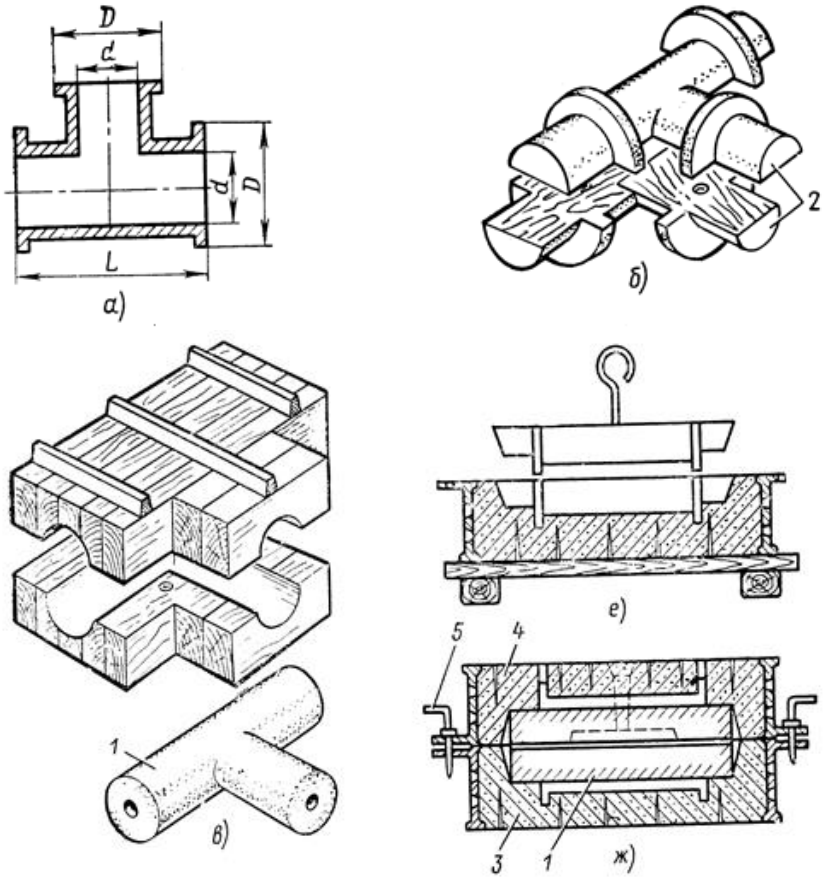
– наповніть форму металом;
– вибити виливку з форми;
– різка та очищення виливків;
– термічна обробка, виливки (при необхідності);
– контроль готових виливків.

У комплект моделі входить модель, один або кілька стрижневих коробок і моделі компонентів системи вентиляції [1, 2].

Модель – зразок, за допомогою якого зазвичай можна отримати зовнішній контур відливки в кристалізаторі. Порожнини та отвори у виливку формуються за допомогою стрижнів, які виготовляються в стержневому ящику. Конструкція моделі дещо відрізняється від деталей. Він не має отвору, а навпаки, там, де виходить отвір, на кінці є виступ-мітка 2 (рис. 3.1, б) [3].

Виймається половину моделі деталі та системи розливу з кожної колби. Після виправлення дефектів на нижню частину форми (рис. 5.1, ж) встановлюється виготовлені та висушені стрижні, на нижню розміщають верхню опору і відцентровують штирями 5.

Перераховані операції з виготовлення прес-форми можуть виконуватися вручну – на одному дрібносерійному виробництві на основі дерев'ної моделі, або механізовано за допомогою формувальної машини на основі металевої моделі. Формувальна машина механізує такі операції: заповнення формувальним піском, ущільнення суміші, вилучення моделі з форми, складання та транспортування форми до місця лиття [1].



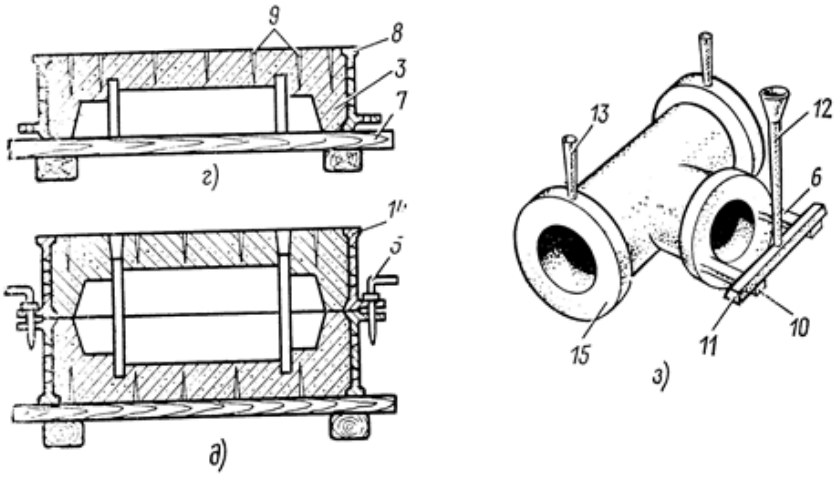


Рисунок 5.1 – Послідовність виготовлення ливарної форми

Завдання 1. Продемонструвати технології отримання виливки в піщано-глинистих формах, етапи виготовлення виливків, сфера застосування, перевага та недоліки лиття в піщано-глинисті форми.

Завдання 2. Розглянути ескізи виливка, моделі, стержневого ящика, стержня, зібраної форми. Використовуючи сучасні інформаційні технології презентувати інформацію.

Тема 6. Особливості та призначення лиття в металеві форми (кокілі)

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Сутність лиття в кокіль. Переваги та недоліки кокільного лиття.
2. Які проблеми виникнуть при литті в кокіль сталевих виливків?
3. Чому при виготовленні виливків із холодної сталі обмежується виливками простіших форм, меншої ваги та менших розмірів?
4. Для чого призначене покриття, яке використовується для охолодження робочої поверхні форми?
5. Які компоненти входять до складу покриття?

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №6 «Особливості та призначення лиття в металеві форми (кокілі)».

Лиття в кокіль – це процес введення розплаву в металеву форму у вільному потоці для отримання формованої виливки [1, 2]. Метод використовується для отримання виливків з різних сплавів, особливо з кольорових металів, переважно з алюмінію, рис. 6.1.

Порівняно з литтям з піску та глини, лиття у кокіль має досить значні переваги: багаторазове використання форм; підвищення ефективності використання виробничої площі в 2...4 рази; зменшення обсягу різання за рахунок зменшення припуску на обробку; зменшення браку; виключення

використання формувальної суміші; підвищення точності виливків і механічних властивостей литого металу; скорочення циклу виробництва виливків.

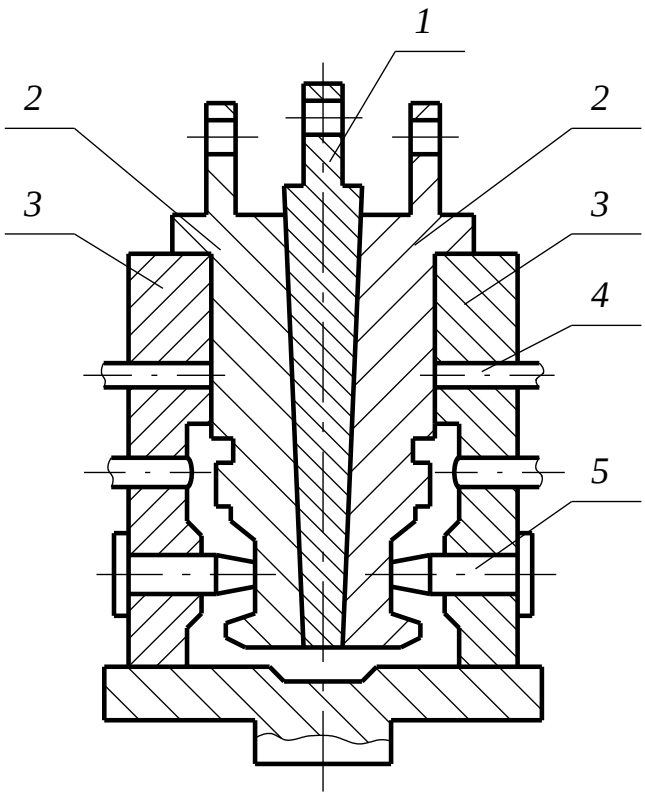


Рисунок 6.1 – Кокіль для виготовлення алюмінієвих автомобільних поршнів

Кокілі мають і недоліки: відсутність податливості і газопроникності; швидке охолодження розплаву при заливці сприяє зниженню рідкотекучості і поганому заповненню форми; висока вартість кокілів; низька стійкість при литті чавунних та стальних виливків внаслідок високої температури заливки розплаву; утворення вибілу на чавунних виливках, що приводить до необхідності здійснення допоміжної операції.

Головна особливість кокілів – велика швидкість охолодження а, значить, і кристалізації залитого розплаву, зумовлене високим коефіцієнтом теплопровідності матеріалу форми, що суттєво впливає на структуру і властивості сплаву, а, значить, і на якість виливків [3, 4]. Однак швидкість охолодження у деяких межах можна регулювати нанесенням на робочу поверхню форми спеціальних покрить а також зміною температури форми. Кокілі використовують головним чином для виготовлення дрібних і середніх за вагою та розмірами виливків.

Завдання 1. Продемонструвати послідовність виготовлення виливків в кокілях, розглянути ескізи виливків та кокілів, здійснити аналіз якості виливків, переваги та недоліки лиття в металеві форми (кокілі).

Завдання 2. Зробити таблицю порівнянь лиття в піщано-глинисті форми та лиття в металеві форми (кокілі), проаналізувати отриману інформацію.

Використовуючи сучасні інформаційні технології згрупуватися на дві підгрупи та презентувати інформацію.

Тема 7. Особливості та призначення відцентрового лиття

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Сутність відцентрового лиття.
2. Тип машини відцентрового лиття.
3. Можливість і переваги відцентрового лиття.
4. Тому підвищується продуктивність праці відцентрового лиття.
5. Як відцентрова сила впливає на якість металу?

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №7: «Відцентрового лиття: особливості та призначення».

Суть відцентрового лиття полягає в заливанні розплаву в обертову форму. Форма заповнюється розплавом під дією відцентрової сили, а також відцентрова сила діє на розплав під час застигання розплаву. Завдяки відцентровій силі з розплаву видаляються різні неметалічні включення. Щільність цих включень значно нижча, ніж у металу [1, 2]. Вони концентруються на внутрішній поверхні виливка і видаляються Під час процесу різання Розподіліть більше припуску на обробку внутрішньої поверхні зовні.

Форма можна обертатися навколо вертикальної, горизонтальної, а іноді й навколо осі нахилу. Положення осі обертання вибирають відповідно до співвідношення висоти і діаметра виливка. На верстаті з горизонтальним обертовим валом отримують деталі, висота яких у кілька разів перевищує діаметр (втулка, кожух, труба тощо) (рис. 7.1, б) . Відливок більшого діаметра і меншої висоти виходить на верстаті з вертикальним обертовим валом (рис. 7.1, а). Метод відцентрового лиття також можна використовувати для виготовлення виливків спеціальної форми (рис. 7.1, в) [3, 4].

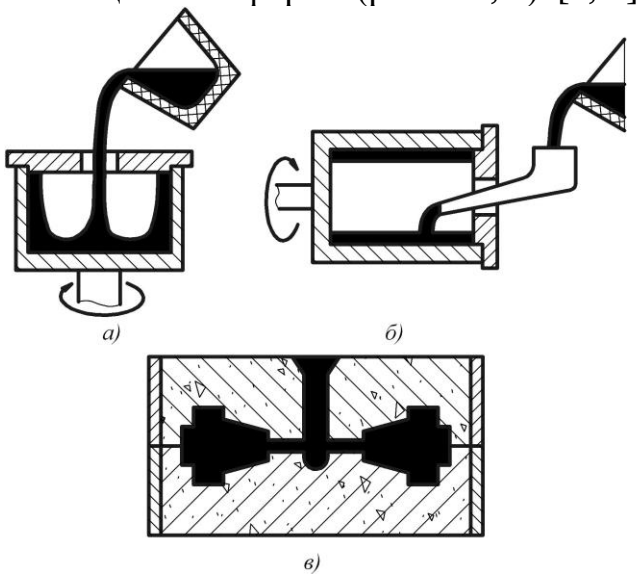


Рисунок 7.1 – Відцентрові установки

а) з вертикальною б) горизонтальною
в) віссю обертання та для лиття центрифугуванням

Метод відцентрового лиття має ряд недоліків:

– важко виготовляти виливки з оброблених сплавів;

– діаметр виливної порожнини не точний;

– вільна внутрішня поверхня виливка забруднена рідкими та неметалевими включеннями;

– для виготовлення виливків потрібні спеціальні машини;

– ливарні форми дорогі, а через підвищений тиск металу вони повинні мати високу міцність і герметичність [1, 3].

Завдання 1. Продемонструвати послідовність виготовлення виливки у процесі відцентрового лиття, здійснити аналіз якості виливки, переваги та недоліки відцентрового лиття.

Завдання 2. Зробити таблицю порівнянь лиття в піщано-глинисті форми та відцентрового лиття, проаналізувати отриману інформацію. Використовуючи сучасні інформаційні технології згрупуватися на дві підгрупи та презентувати інформацію.

Тема 8. Операція листового штампування. Обладнання та інструменти для листового штампування.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Операцій листового штампування.
2. Роздільні операції.
3. Як перевіряють здатність матеріалу до листового штампування.
4. Які операції відносяться до роздільних, формозмінних.
5. Яке обладнання використовується для листового штампування ?
6. Інструмент для листового штампування.
7. Типи штампів.
8. Суть листового штампування.

2. Опитування.

3. Виконання завдань практичного заняття №8: «Операцій листового штампування».

Листове штампування – це спосіб виготовлення плоских і об’ємних тонкостінних деталей з листів, смуг і прутків. Товщина вихідної заготовки зазвичай становить не більше 5 мм (у рідкісних випадках більше 5 мм, в цьому випадку використовується гаряче штампування) [3]. Матеріалами для штампування є сталь і сплави кольорових металів. 8.1.

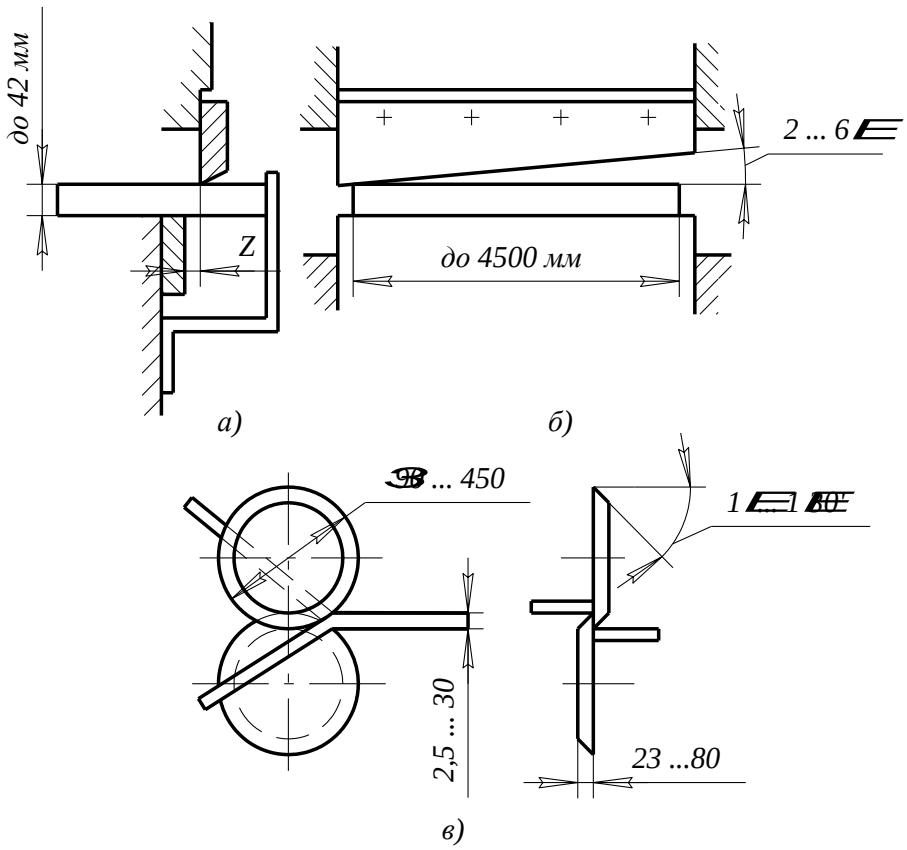


Рисунок 8.1 – Розрізання листового матеріалу на ножицях
а – гільйотинних, б – дискових

Роздільні операції – це відділення однієї частини матеріалу від іншої по замкнутому або відкритому контуру [1]. До них належать:

Відрізання – використання інструментів для розділення заготовки на кілька частин. *Вирізування* – повний поділ матеріалів у замкнутому циклі. У цьому випадку роз'ємною частиною є виріб (рис. 8.2, а) [1]. *Пробивання* – операція отримання наскрізного отвору в деталі (рис. 8.2, б). *Надрізання* – операція поділу матеріалу вздовж розімкнутого контуру без видалення залишку, тобто відсутність відходів (рис. 8.2, в). *Формозмінні операції* (рис. 8.2) [3, 4].

Формозмінна операція – операція перетворення плоскої або порожнистої заготовки в просторову частину потрібної форми і розміру. До них належать:

Витягання – процес отримання порожнистих виробів з плоских заготовок.

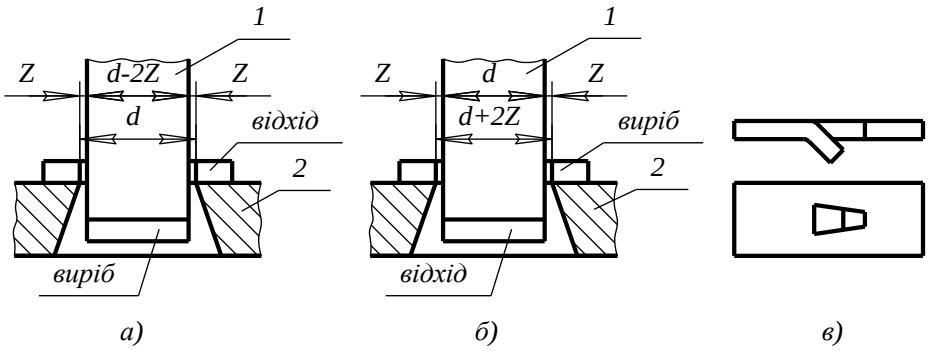
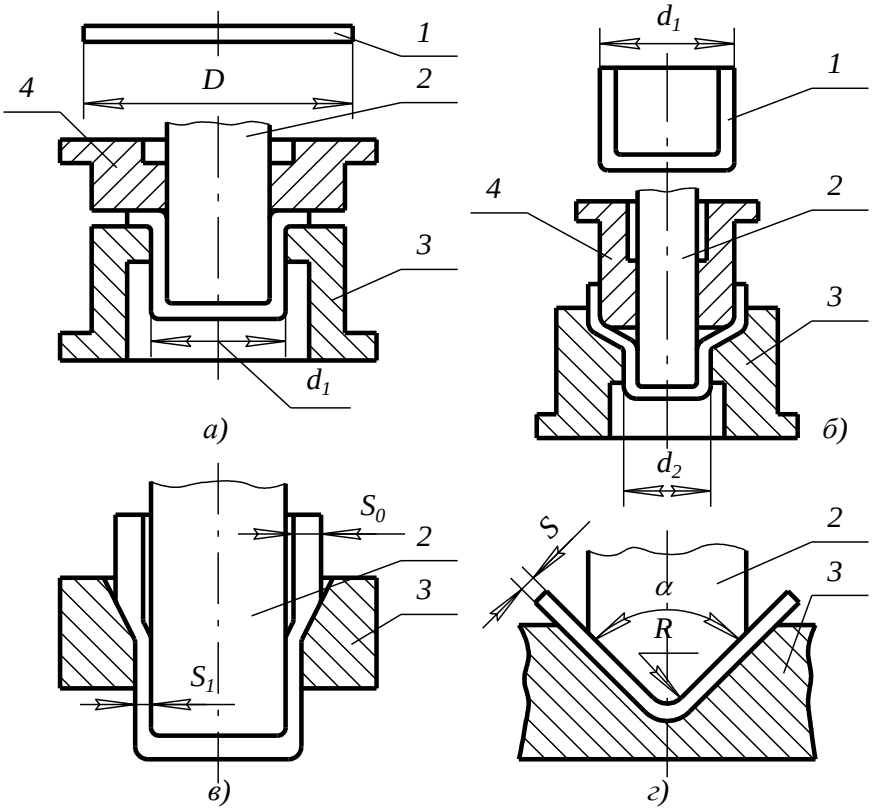


Рисунок 8.2 – Схеми роздільних операцій:
а – вирізування; б – пробивання; в – надрізання

На рис. 8.3, а показана схема витягання чашечки діаметром d_1 з вихідної заготовки діаметром D. На рис. 8.3, б показана схема другого переходу для одержання чашечки діаметром d_2.



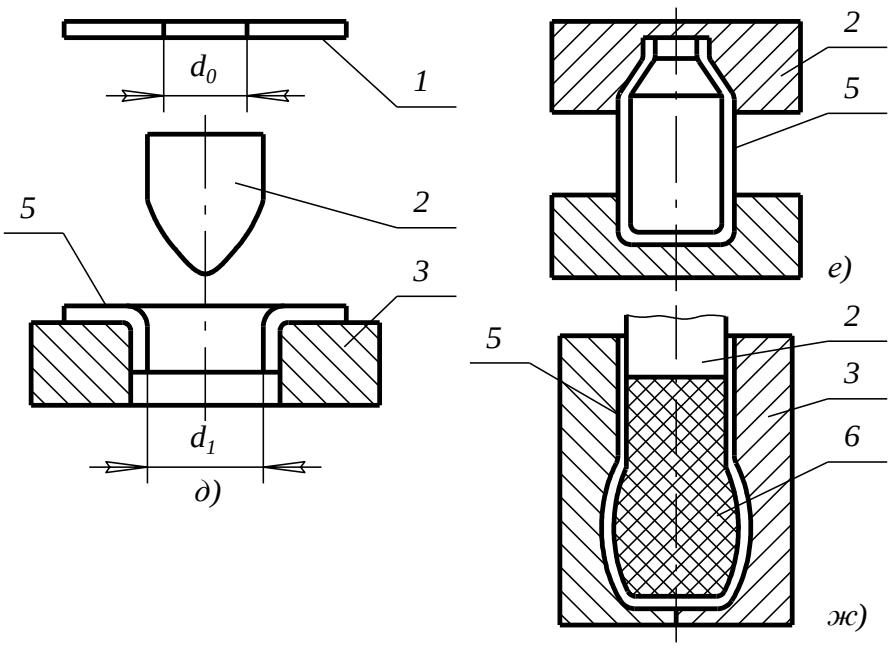


Рисунок 8.3 – Формозмінні операції листового штампування
1 – вихідна заготовка; 2 – пуансон; 3 – матриця; 4 – притискувач;
5 – виріб; 6 – гумовий вкладиш. а, б – витягання; в – редукування;
г – згинання; д – розбортування; е –обтискання; ж – формування

Згинання – це операція зміни напрямку осі деталі (рис. 8.3, г). *Розбирання* – включає формування штапика в заготовку з попередньо пробитим отвором. За допомогою розбирання можна отримати порожнисті заклепки, фланці та люки в нижній частині котла. (рис. 8.3, г) . «*Формування* – це операція, яка виконується для отримання остаточного профілю (форми) або, точніше, розміру попередньо вилученого виробу, рис. 6.3, г [3, 4].

За ознаками штампи поділяються на прості, комбіновані та послідовної дії. Штамп одноразової дії призначена для виконання однієї або кількох однойменних технічних операцій на одній позиції активної частини пломби.

На рис. 8.4 показано штамп простої дії, який використовується для вирубки кіл. Дно штампа кріпиться на прес-столі болтами. За допомогою кронштейна матриці 7 і гвинтів 5 матриця 5 з'єднується з опорною плитою 6. На матрицю розміщено дві направляючі пластини 10, на них – знімач 12. У нижній пластині 6 закріплені дві напрямні стійки 8 . Верхня половина штампа кріпиться на верхній пластині 2 за допомогою матриці 3, до неї підключається пуансон 1, а ручка 4 служить для з'єднання верхньої половини штампа з повзуном преса. Верхня пластина 2 має дві втулки 9 для напрямних стійок [3].

Штампи послідовної дії призначені для виконання кількох технічних операцій або технічних перетворень у кількох місцях, щоб відповідати кількості ударів рухомої частини відбитка, 8.5.

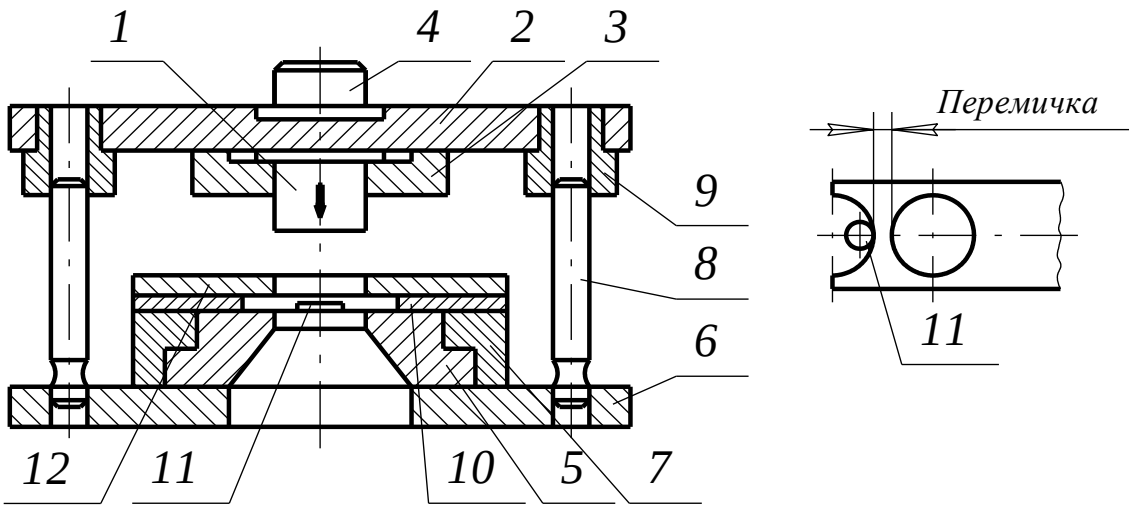


Рисунок 8.4 – Штамп простої дії
1 – пуансон; 2 – верхня плита; 3 – пуансонотримач; 4 – хвостовик; 5 - матриця; 6 – нижня плита; 7 – матрице тримач; 8 – напрямні; 9 – напрямні втулки; 10 – штаба; 11 – фіксатор; 12 – знімач

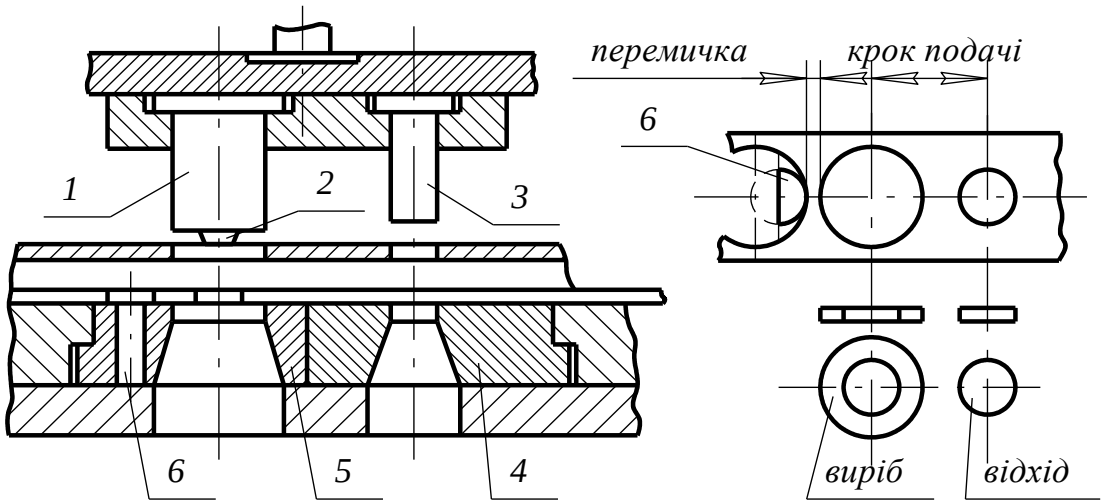


Рисунок 8.5 – Штамп послідовної дії:
1 – пуансон вирубки; 2 – фіксатор; 3 – пуансон пробивки; 4 – матриця пробивки; 5 – матриця вирубки

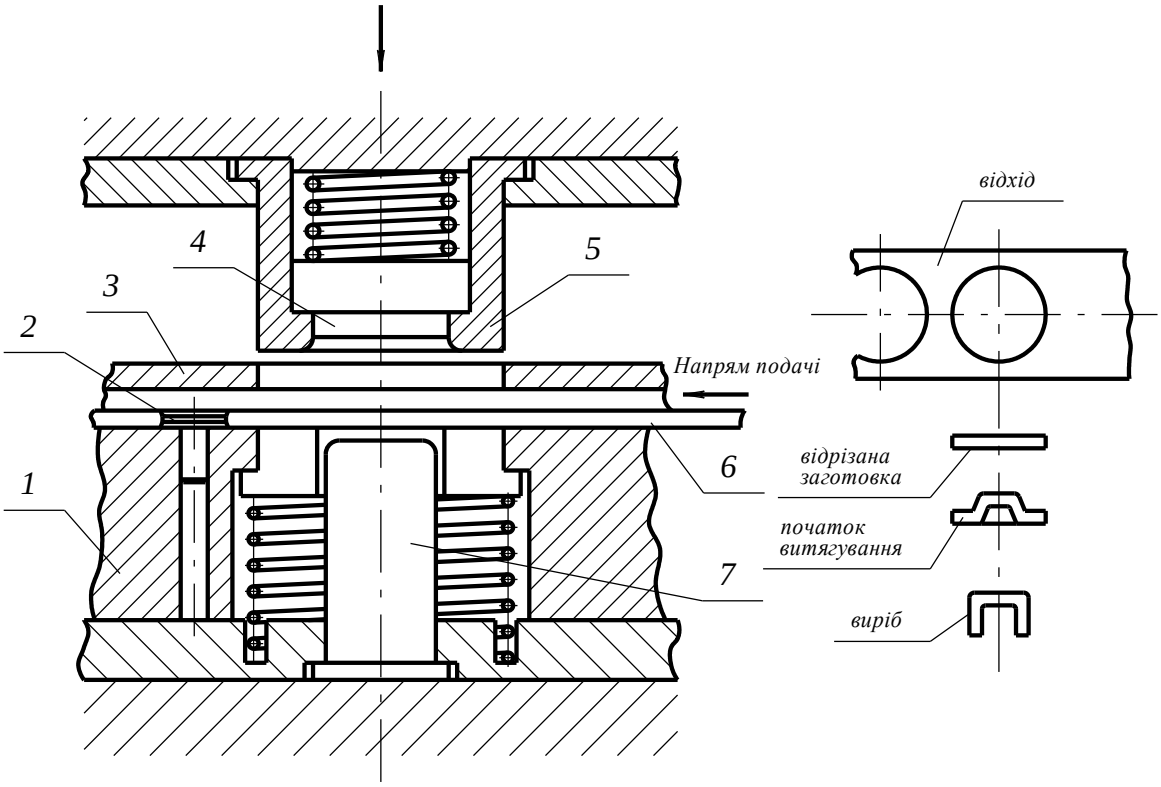


Рисунок 8.6 – Штамп суміщеної дії:
1 – матриця вирубки; 2 – упор; 3 – знімач; 4 – виштовхувач; 5 – пуансон вирубки і матриця витяжки; 6 – штаба; 7 – пуансон витяжки

Завдання 1. Студентам розділитися на дві підгрупи. Перша підгрупа розглядає роздільні операції, дуга підгрупа – формозмінні операції листового штампування, переваги та недоліки. Використовуючи сучасні інформаційні технології презентувати інформацію.

Завдання 2. Проаналізувати інструмент для листового штампування – штамп (простої, комбінованої та послідовної дії), застосування, переваги та недоліки; зробити таблицю порівнянь, проаналізувати отриману інформацію. Використовуючи сучасні інформаційні технології презентувати інформацію.

ЧАСТИНА 3.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тема 1. Технічні випробування конструкційних матеріалів. Методи вимірювання твердості та ударної в'язкості

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 1.

Яку властивість металів вимірюють методом Роквелла
A. Міцність
B. Крихкість
C. Твердість
D. Пластичність

Здатність матеріалів повністю відновлювати свою форму і розміри після усунення причин, які спричинили деформацію
A. Пружність
B. Міцність
C. Жорсткість
D. Пластичність

Деформації, які залишаються після зняття навантаження (припинення деформування) зі зразка матеріалу
A. Пружні
B. Нормальні
C. Тангенційні
D. Залишкові (пластичні)

Аморфні тверді тіла характеризуються
A. Упорядкованим розташуванням атомів
B. Хаотичним розташуванням атомів
C. Змішаним розташуванням атомів
D. Комбінованим розташуванням атомів

Відмінність фізико-механічних властивостей монокристалів в різних площинах і напрямках кристалічної ґратки
A. Анізотропія

B. Ізотропія
C. Поліморфізм
D. Перекристалізація

Які дефекти кристалічних ґраток називають двовимірними
A. Лінійні
B. Точкові
C. Поверхневі
D. Пластинчасті

Яку властивість металів вимірюють методом Брінеля
A. Міцність
B. Крихкість
C. Твердість
D. Пластичність

При вимірюванні твердості методом Брінеля використовують індентор
A. Конус
B. Кулька
C. Піраміда
D. Голка

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с.

Тема 2. Побудова діаграми стану двокомпонентних сплавів

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв’яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 2.

Який сплав називають силуміном
A. Сплав алюмінію з кремнієм
B. Сплав міді з кремнієм
C. Сплав олова з цинком
D. Сплав алюмінію з залізом

Який сплав називають латунь
A. Сплав на основі алюмінію
B. Сплав на основі кремнію
C. Сплав міді з оловом
D. Сплав міді з цинком

БрМц5 – це сплав основним компонентом якого є
A. Латунь
B. Алюміній
C. Бронза
D. Марганець

Який з компонентів не відноситься до легуючих
A. Ni
B. Co
C. Cu
D. C

Який зміст вуглецю в заевтектоїдних сталях
A. Менше 0,8%
B. Від 0,8 до 2,14%
C. Від 2,14 до 6, 67%
D. Більше 6,67%

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с

5. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некозта ін.; За ред. М.А. Сологуба. К.: Вища школа, 2002. 374 с.

6. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012. 260 с.

Тема 3. Побудова діаграми стану Fe-Fe_3C

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв’яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 3.

Сплав заліза з вуглецем, у якому масова частка вуглецю становить від 2,14 до 6,67 %
A. Сталь
B. Чавун
C. Феррит
D. Евтектика

Сталі, які використовують для виготовлення деталей машин, конструкцій і споруд називають
A. Леговані
B. Інструментальні
C. Конструкційні
D. Вуглецеві

Сталі, які забезпечують здатність виготовлених з них виробів витримувати механічні навантаження без деформації і руйнування за температур, вищих за 500 °С
A. Жароміцні
B. Жаростійкі
C. Нержавіючі
D. Поліпшувані

Сталі, які здатні чинити опір корозійному руйнуванню під дією повітря або газового середовища при температурах понад 400 °С
A. Жароміцні
B. Жаростійкі
C. Нержавіючі
D. Корозійностійкі

Літери ШХ в маркування сталі позначають її належність до
A. Підшипникових
B. Легованих
C. Автоматичних
D. Особливої якості

Різновид взаємодії компонентів сплаву, коли при кристалізації різнорідні атоми об'єднуються у певній пропорції, утворюючи новий тип кристалічної ґратки
A. Механічна суміш компонентів
B. Твердий розчин
C. Хімічна сполука
D. Поліморфізм

Визначте вміст вуглеці в сталі 20ХГ
A. 20%
B. 0,020%
C. 0,20%
D. Менше за 1,5%

Алотропія – це здатність змінювати під дією зовнішніх умов (температура, тиск):
A. Решітку
B. Форму
C. Властивість
D. Розмір

До чорних металів відноситься
A. Mo
B. Fe
C. Cu
D. Al

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с

5. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некозта ін.; За ред. М.А. Сологуба. К.: Вища школа, 2002. 374 с.

6. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

Тема 4. Опис конструкційної деталі, обрання марки сталі, побудова діаграми стану Fe-Fe3C.

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв’яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 4.

Вузли кристалічної ґратки, в яких атоми відсутні, називають
A. Крайова дислокація
B. Лінійний дефект
C. Об'ємний дефект
D. Вакансія

Різновид взаємодії компонентів сплаву, коли атоми кожного з компонентів утворюють свої власні кристалічні ґратки, називають
A. Механічна суміш компонентів
B. Твердий розчин
C. Хімічна сполука
D. Поліморфізм

Визначте марку вуглецевої інструментальної якісної сталі
A. У12
B. Ст 3
C. 35Х2МА
D. 18 ХГ

Температури, при яких відбуваються перетворення (плавлення, кристалізація), називають
A. Крайові
B. Критичні
C. Головні
D. Екстремальні

Температура початку кристалізації
A. Ліквідус
B. Солідус
C. Евтектична
D. Критична

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.
2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.
3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.
4. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. МЕТОДИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК І ДЕТАЛЕЙ

Тема 5. Технології отримання виливки в піщано-глинистих формах

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв’яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 5.

Яка з цих властивостей сплавів не відноситься до ливарних
A. Ударна в’язкість
B. Рідкотекучість
C. Усадка
D. Схильність до ліквації

До яких наслідків може призвести недостатня податливість ливарної форми
A. До утворення газової пористості у виливках
B. До утворення тріщин у стінках форми
C. До забруднення виливків неметалевими включеннями
D. До утворення усадочних раковин у виливках

До складу формових сумішей додають тирсу з метою
A. Підвищення міцності форм

B. Підвищення пластичності сумішей
C. Підвищення податливості сумішей
D. Покращення заповнюваності форм металом

Який з цих факторів не впливає на здатність рідкого металу заповнювати ливарну форму:
A. Хімічний склад металу
B. Температура металу
C. Матеріал ливарної форми
D. Температура ливарної форми

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.
2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.
3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.
4. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

Тема 6. Особливості та призначення лиття в металеві форми (кокілі)

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв’яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 6.

Які дефекти у стальних виливках складної форми, отриманих литтям у кокіль, найімовірніші
A. Усадочні раковини
B. Тріщини
C. Усадочна пористість
D. Пригар на стінках виливків

Який з цих способів лиття є найдоцільнішим при виготовленні масивних виливків із сірого чавуну (наприклад, станин металорізальних верстатів)
A. Лиття в піщано-глинястих формах
B. Лиття в кокілі
C. Лиття за моделями, що витоплюються

D. Лиття під тиском

Які сталі відносяться до особливо високоякісних

A. У 8, У12, У45

B. У12А, У8А

C. PSAM5

D. ШХ-6, РСМ5К5Ш

В маркування сталі 12Х18Н10 Т літера Х позначає вміст в сплаві

A. Хрому

B. Ванадію

C. Кремнію

D. Кобальту

Літера А на початку маркування сталей показує

A. Належність до високоякісних

B. Належність до легованих

C. Належність до автоматичних

D. Вміст азоту

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с

5. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некозта ін.; За ред. М.А. Сологуба. К.: Вища школа, 2002. 374 с.

6. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

Тема 7. Особливості та призначення відцентрового лиття

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв’яжіть тестові завдання.

3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 7.

За формою макромолекул полімери поділяють на

A. Лінійні і розголуджені
B. Сітчасті і комбіновані
C. Просторові і подовжені
D. Плоскі та випуклі

Які з перелічених матеріалів є полімерами

A. Бронзи та алюмінії
B. Текстоліт та поліетилен
C. Гуми та клеї
D. Тільки гуми

Незворотна зміна технологічних характеристик, що відбувається внаслідок складних хімічних та фізичних процесів, які розвиваються в полімерах при експлуатації та зберіганні – це

A. Старіння
B. Спрацювання
C. Експлуатаційний знос
D. Пластична деформація

Продукт хімічного перетворення суміші каучуку та сірки з різними домішками

A. Вінілпласт
B. Текстоліт
C. Гума
D. Гетинакс

Гартування

A. Вид механічної обробки
B. Вид термічної обробки
C. Від хіміко-термічної обробки
D. Вид термо-механчної обробки

Напруження, які виникають під час обробки сталі між різними частинами виробу і залежать від швидкості та рівномірності охолодження, розмірів, форми виробу та властивостей сталі

A. Структурні напруження 2-го роду
B. Зовнішні напруження 3-го роду
C. Лінійні напруження
D. Внутрішні напруження 1-го роду

Напруження, які виникають під час обробки сталі між структури окремими елементам

A. Елементні
B. Лінійні
C. Просторові
D. Структурні

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с

5. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некозта ін.; За ред. М.А. Сологуба. К.: Вища школа, 2002. 374 с.

6. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

Тема 8. Операція листового штампування. Обладнання та інструменти для листового штампування

Форми контролю: тестування, усне опитування.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв’яжіть тестові завдання.
3. Підготуйтесь до виконання практичної роботи № 8.

1. Процес термічної обробки, при якому нагріванням до або вище температури в інтервалі перетворень, тривалої витримкою при цій температурі і подальшим повільним охолодженням із заданою швидкістю називається

A. відпал
B. відпуск
C. загартування
D. старіння

2. Операція по чистової обробки поверхонь виробів, виконувана за допомогою абразивних матеріалів у вигляді порошків або пласт з метою отримання щільних герметичних роз'ємних і рухомих сполук називається

A. притирання
B. обпилювання
C. шарбування
D. обточування

3. Процес насичення поверхневого шару низьковуглецевої сталі при високій температурі вуглецем на певну глибину називається

A. азотування
B. ціанування
C. цементація
D. озонування

4. Технологічний процес утворення нероз'ємного з'єднання деталей за допомогою легкоплавких металевих сплавів - називається

A. сварка
B. плавка
C. пайка
D. клепка

Який з компонентів не відноситься до легуючих

A. Ni
B. Co
C. Cu
D. C

Який зміст вуглецю в заевтектоїдних сталях

A. Менше 0,8%
B. Від 0,8 до 2,14%
C. Від 2,14 до 6, 67%
D.Більше 6,67%

Рекомендована література:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с

6. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

Список використаної літератури:

1. Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 111 с.

2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. К.: Кондор, 2009. 386 с.

3. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.

4. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Київ: «Либідь», 2002. 326 с

5. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький ін.; За ред. М.А. Сологуба. К.: Вища школа, 2002. 374 с.

6. Попович В., Голубець В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012.260 с.

Навчальне видання

Омельченко Олександр Володимирович
Цвіркун Людмила Олександрівна

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Формат 60×84/8. Ум. др. арк. 2.
Донецький національний університет
економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
50042, Дніпропетровська обл.,
м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.
Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.