



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

6032 Методичні вказівки
до самостійної роботи
з дисципліни «**Наукові основи вибору матеріала
і прогресивних зміцнюючих технологій**»
для здобувачів спеціальності *132 «Матеріалознавство»*
всіх форм здобуття вищої освіти

Суми
Сумський державний університет
2024

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Наукові основи вибору матеріала і прогресивних зміцнюючих технологій» / укладачі: Т. П. Говорун, Х. В. Берладір. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 59 с.

Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів факультету ТеСЕТ

Зміст

| | С. |
|---|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1. Мета й завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі та роль у підготовці фахівця..... | 8 |
| 2. Зміст дисципліни..... | 10 |
| 3. Список питань, винесених для самостійного опрацювання | 12 |
| 4. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи..... | 13 |
| 4.1. Мета й задачі контрольної роботи..... | 14 |
| 4.2. Теми до контрольної роботи (завдання 1)... | 16 |
| 4.3. Практичні задачі до контрольної роботи (завдання 2)..... | 18 |
| 4.4. Загальні вимоги до оформлення контрольної роботи..... | 29 |
| 4.5. Приклад виконання практичного завдання 2 контрольної роботи..... | 36 |
| 5. Контроль знань студента..... | 43 |
| 5.1. Питання, винесені на тестування..... | 43 |
| 5.2. Приклад тесту..... | 47 |
| Список рекомендованої літератури..... | 48 |
| Додаток А (обов'язковий)..... | 50 |
| Додаток Б (обов'язковий)..... | 51 |
| Додаток В (обов'язковий)..... | 52 |
| Додаток Г (обов'язковий)..... | 53 |

ВСТУП

Сучасний етап розвитку вищої професійної освіти пов'язаний із переходом до практичної реалізації нової освітньої парадигми, спрямованої на створення цілісної системи безперервної освіти, розширення сфери самостійної діяльності студентів в умовах залучення до процесу пізнання інформаційних і телекомунікаційних комп'ютерних технологій, які формують навички самоорганізації та самоосвіти.

Відповідно до організації навчального процесу в закладах вищої освіти, самостійна робота студента є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних завдань.

Доведено, що лише ті знання, які студент здобув самостійно, завдяки власному досвіду, думкам, діям будуть насправді міцні. У процесі викладання навчального матеріалу засвоюється 15 відсотків інформації, що сприймається на слух, 65 відсотків – слух і зір.

Якщо навчальний матеріал опрацьований власноруч, самостійно (індивідуально) виконано завдання від його постановки до аналізу одержаних результатів, то засвоюється не менше 90 відсотків інформації.

Саме тому вища школа поступово, але неухильно переходить від передачі інформації до керування навчально-пізнавальною діяльністю, формування в студентів навичок самостійної творчої роботи.

Самостійна робота студентів, підходи до якої потребують докорінних змін, на сучасному етапі повинна стати основою вищої освіти, важливою частиною процесу підготовки фахівців.

Мета самостійної роботи студентів двоєдина: формування самостійності як риси особистості та засвоєння знань, умінь, навичок.

Студент, який хоче якомога краще оволодіти професією, повинен добре розуміти: на занятті викладач подає основи знань, навчає, як учити, виділяє ті ключові істини дисципліни, які пробуджують у молодій людині потяг до поглиблення й удосконалення всіх знань.

Навчання – безперервний процес. Він не закінчується на лекції, практичному або лабораторному занятті.

В основі самостійної навчальної діяльності студента повинні бути глибокі мотиваційні сили, які змушують особистість безперервно домагатися вдосконалення знань. Мотивація навчання в студента передусім формується за потребами здобуття певної професії. Тобто особа повинна оволодіти такою сумою знань і вмінь, які б дали можливість заявити про себе як про хорошого професіонала. Це і є мотивація навчання через потребу оволодіння майбутньою професією, оскільки опанувавши професією, можна буде реалізувати себе через власну діяльність, що принесе певний реальний статок. Можуть бути мотиви, що спонукають до активної навчальної діяльності. Це й збагачення загальною сумою знань, накопичених людством розширення загального світогляду, усвідомлення наявної перспективи щодо реалізації певних знань тощо.

Самостійна навчальна діяльність студента може здійснюватися через: заучування певної інформації; опрацювання літературних джерел (конспектування, рефератування); підготовку тез (для доповіді, виступу) за літературними джерелами та іншими шляхами надходження інформації (постановка дослідів, робота з візуальними засобами тощо); дослідницьку й пошукову діяльність; участь у ділових іграх (навчальних, розвиваючих та ін.); тестування й самотестування; алгоритмування.

Самостійна робота студентів – спланована, пізнавальна, організаційно й методично спрямована особиста діяльність без прямої допомоги викладача. Цей вид навчальної діяльності студентів умовно можна розділити на три рівні: доаудиторну самостійну роботу; аудиторну самостійну роботу; післяаудиторну самостійну роботу.

Успішність самостійної роботи студентів визначає передусім рівень підготовленості їх до такої навчальної діяльності. Мета викладання окремих дисциплін зводиться до того, щоб на меншому обсязі теоретичних знань дати більше можливості самостійно працювати для засвоєння певного матеріалу. При цьому чим вища якість (а не кількість) самостійної праці студента, тим ефективніше засвоєння.

Самостійна робота – це не лише виконання домашнього завдання; це й самостійна робота в аудиторії під керівництвом викладача та організація самостійної навчальної діяльності студента поза аудиторією.

Самостійна навчальна діяльність студентів повинна мати певні елементи на занятті та продовжуватися після цього. Її складовими є навчально-методичний пакет для студента з опанування конкретної дисципліни:

- програма з чітким визначенням змісту та об'єму аудиторної й позааудиторної навчальної роботи;
- основні поради студентам щодо вивчення конкретної дисципліни (в письмовій формі);
- добірка контрольних задач, запитань і тестів для самоперевірки;
- перелік літературних джерел та їх окремі примірники, що сприяють вивченню дисципліни;
- методичні рекомендації щодо вивчення окремих тем чи напрацювання практичних навиків;
- перелік питань, винесених на семінарські заняття;

- перелік тем рефератів;
- вимоги до оцінки знань із дисципліни.

Велике значення в самостійній навчальній діяльності студентів відіграє вільний вибір теми, форми та часу виконання роботи. Тому в системі самостійного навчання важливе місце займають творчі завдання: доповіді, огляди тощо. Ці завдання спонукають студента досліджувати, оскільки охоплюють широкий діапазон матеріалів від огляду літератури, преси до власних роздумів із приводу досліджуваної теми.

Актуальність проблеми опанування студентами методів самостійної роботи зумовлена тим, що в період навчання в ЗВО закладаються основи професіоналізму, формуються вміння самостійної професійної діяльності.

1. МЕТА Й ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ТА РОЛЬ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦЯ

1. Мета й завдання викладання дисципліни

Дисципліна «Наукові основи вибору матеріалів і прогресивних зміцнюючих технологій» має самостійне значення для підготовки спеціаліста-матеріалознавця, поглиблює базові знання в галузі термічного оброблення деталей машин та інструменту, зокрема для розширення обсягу знань в області наукових шукань під час зміцнення деталей машин та інструменту, добору матеріалів і способів термічного й хіміко-термічного оброблення (ХТО) з метою розроблення перспективних технологічних процесів, що задовольняють вимоги сучасного машинобудування, так і з використанням інших видів енергії (електричної, хімічної, теплової). Ця проблема є актуальною у зв'язку зі значним розширенням обсягу машинобудівного виробництва, номенклатури оброблюваних матеріалів з особливими властивостями (підвищеною твердістю та міцністю, жаростійкістю, корозієстійкістю тощо), з автоматизацією технологічних процесів, необхідністю підвищення продуктивності оброблення, підвищення стійкості різальних інструментів.

Метою навчальної дисципліни є формування в студентів наукових навичок у галузі інженерії для успішного проведення наукових досліджень і знань про процеси поверхневого зміцнення виробів; уміння виявляти, формулювати й вирішувати матеріалознавчі проблеми з вибору та проектування нових матеріалів; розробляти, досліджувати й використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів, здійснювати статистичне оброблення й статистичний аналіз результатів

експериментів, обґрунтування висновків.

Процес вивчення дисципліни пов'язаний з ознайомленням студентів із прогресивними нетрадиційними методами зміцнення й знеміцнення матеріалів; із процесами поверхневого зміцнення на основі використання різних видів енергії впливу ультразвукових коливань, іонно-плазмового та лазерного оброблення, пластичного впливу; сприянням розвитку логічного мислення майбутніх фахівців; набуттям навичок і умінь вирішувати різноманітні завдання з вибору матеріалів і використання новітнього устаткування, вибором середовищ нагрівання під час термічного оброблення деталей із метою досягнення максимальної економічної доцільності процесу за умов додержання вимог креслення та стандартів, ознайомлення студентів із досягненнями в галузі оброблення матеріалів науковців СумДУ.

Завдання вивчення дисципліни, формування знань і вмінь. Навички, яких повинен набути студент у результаті вивчення дисципліни, наведені нижче.

1. Правильно та грамотно **виконувати**:

- аналіз тенденцій розвитку металургійного виробництва;
- обґрунтування необхідності вибору матеріалів для виготовлення деталей машин, інструменту та вдосконалення процесів термооброблення;
- аналіз способів удосконалювання процесів зміцнення й знеміцнення з використанням прогресивних технологій та економічної доцільності;
- проектування процесів оброблення з використанням електричної, хімічної, теплової та інших видів енергії.

2. **Вивчити** фізичну сутність різних нетрадиційних процесів термооброблення, зокрема деталей та інструментів, виготовлених із нетрадиційних інструментальних матеріалів: оволодіти знаннями про ефективні галузі їх використання.

3. На основі знань про способи вдосконалення технологічних процесів зміцнення й галузях ефективного їх застосування, *опанувати* методологію вибору найвигіднішого, найсучаснішого та найекономнішого процесу для заданих умов оброблення й одержання виробу.

Місце дисципліни в навчальному процесі

Дисципліна «Наукові основи вибору матеріалів і прогресивних зміцнюючих технологій» є складовою підготовки фахівців зі спеціальності «Прикладне матеріалознавство» та ґрунтується на раніше одержаних студентами знаннях за суспільними й нормативними дисциплінами професійної підготовки, зокрема з курсів «Фізика», «Загальна хімія», «Основи процесів конденсації та кристалізації матеріалів», «Термічна обробка» «Локальні методи обробки», «Технологія виробництва й обробки матеріалів», «Механічні властивості металів і сплавів», «Металознавство», «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів».

Дисципліна «Наукові основи вибору матеріалів і прогресивних зміцнюючих технологій» насамперед дає відправні знання студентам для успішного виконання окремих розділів курсових проєктів зі спеціальних дисциплін і дипломного магістерського проєктування.

2. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Конструкційні матеріали та їх властивості

Види конструкційних матеріалів за природою. Техніко-економічні параметри конструкційних матеріалів. Конструкційна міцність матеріалів і її критерії. Експлуатаційні, технологічні та спеціальні властивості

металів і сплавів. Загальні вимоги до структурних характеристик матеріалів (розмір зерна, масштабний фактор).

Тема 2. Наукові основи вибору матеріалів і процесів зміцнення під час виготовлення деталей машин

Загальні принципи та методологія наукового дослідження. Принципи вибору матеріалів конкретного призначення. Загальна схема наукового вибору матеріалів. Комплексна методика вибору матеріалу та його оброблення. Розроблення прогресивних зміцнювальних технологій.

Тема 3. Термоциклічне оброблення для зміцнення металів і сплавів

Сутність методу зміцнювального термоциклічного оброблення (ТЦО). Фізико-хімічні основи термоциклічного оброблення. Різновиди й задачі ТЦО. Вплив термоциклічного оброблення на фізико-механічні властивості чорних металів і сплавів. ТЦО чавунів. ТЦО сплавів кольорових металів. Термоциклічне оброблення зварювальних швів і відновлення деталей. Механіко-термоциклічне оброблення. Хіміко-термоциклічне оброблення.

Тема 4. Методи підвищення конструкційної міцності за рахунок прогресивних зміцнювальних технологій

Використання лазерних методів для оброблення та зміцнення поверхні матеріалів. Безабразивне ультразвукове фінішне оброблення поверхні металів.

Тема 5. Модифікування шарів металів і сплавів методом нанесення зміцнювальних та захисних покриттів

Імпульсно-плазмова технологія. Іонна імплантація. Плазмове зміцнення. Іонно-плазмове азотування (ІПА). Вакуумна плазмова технологія високих енергій для нанесення покриттів та іонного оброблення поверхні.

3. СПИСОК ПИТАНЬ, ВИНЕСЕНИХ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

У процесі самостійного вивчення матеріалу студенти повинні вміти дати відповіді на питання, викладені нижче.

1. Сучасні уявлення про фізичну природу конструкційної міцності.

2. Технологічні властивості металів і сплавів.

3. Прогресивні процеси зміцнювальних технологій оброблення матеріалів.

4. Використання термоциклічного оброблення для заготовок та деталей машин.

5. Приклади впливу термоциклічного оброблення на структуру інструментальних сталей.

6. Вплив термоциклічного оброблення на структуру конструкційних сталей.

7. Приклади впливу термоциклічного оброблення на властивості кольорових сплавів.

8. Високотемпературне термоциклічне оброблення матеріалів.

9. Низькотемпературне термоциклічне оброблення матеріалів.

10. Термоциклічне оброблення зварних з'єднань і швів.

11. Деформаційно-термоциклічне оброблення.

12. Хіміко-термоциклічне оброблення.
13. Двокомпонентні покриття на базі алюмінію.
14. Одно- та двокомпонентні покриття за участі бора.
15. Одно- та двокомпонентні покриття за участі кремнію.
16. Дифузійні покриття за участі хрому.
17. Нанотехнології в машинобудуванні, у матеріалознавстві, наноелектроніці.
18. Вуглецеві нанотрубки й фулерени та їх призначення.
19. Алмазні плівки й алмазоподібні матеріали.
20. Вплив покриттів, нанесених іонно-плазмовими методами на експлуатаційні характеристики матеріалів.
21. Фізико-хімічні та механічні властивості захисних гібридних покриттів на поверхні металів і сплавів.
22. Неметалеві покриття: оксидні – оксидування; фасоративування; сульфідні; кремнійорганічні; лакофарбові; гумові покриття.
23. Хіміко-термічне оброблення кольорових металів і сплавів.
24. Жаростійкі дифузійні покриття на тугоплавких елементах і їх сплавах.

4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Контрольна робота складається з двох завдань: реферату-відповіді відповідно до теми (завдання 1) контрольної роботи та практичної частини – практичні задачі до контрольної роботи (завдання 2).

4.1. Мета й завдання контрольної роботи

Оптимальний вибір матеріалу, що забезпечує ефективне застосування в конкретних виробках, ґрунтується на науковому знанні, пов'язаному з практичним досвідом.

Основними принципами, що визначають процес науково обґрунтованого вибору матеріалів і відображають поетапний пошук, адекватний теоретичним закономірностям і практичному досвіду, є принципи:

- виявлення умов роботи виробу, деталі;
- визначення класу матеріалів, застосовуваних для роботи в певних умовах;
- вивчення необхідних властивостей і необхідної будови;
- опису технології одержання та оброблення матеріалу;
- з'ясування особливостей застосування;
- розгляду можливих варіантів із подальшою оптимізацією вибору;
- оцінки якості, економічної доцільності.

Комплексна методика вибору матеріалу та його оброблення, здебільшого – надійність, що забезпечує роботу деталей в умовах експлуатації, передбачає:

- формулювання завдання;
- складання списку характерних параметрів (або властивостей) об'єкта;
- запропоновані вимоги до параметрів (вимоги повинні бути істотними для будь-якого рішення, незалежними одна від іншої, охоплювати всі аспекти завдання, досить нечисленними, щоб забезпечити швидке вивчення).

Зазвичай формулювання завдання впливає з наведення найбільш типових умов використання виробів у різних галузях промисловості.

Під час вибору тих або інших матеріалів важливо враховувати технологічні властивості, щоб використати під час виготовлення виробів більш економічні технологічні процеси, що дозволяють разом із поліпшенням характеристик цих виробів знизити їх трудомісткість, собівартість і витрати матеріалів, наприклад, у результаті скорочення кількості відходів. Необхідно орієнтуватися на застосування менш дорогих матеріалів, і водночас таких, що мають більш високий рівень необхідних властивостей, які повинні забезпечити більш тривалий термін служби деталей і конструкцій.

У висновку необхідно обґрунтувати найбільш прийнятне рішення. Доцільно запропонувати завжди вибір із двох і більше варіантів.

Виконання контрольної роботи передбачає обґрунтований вибір сплаву, його оброблення та зміцнювальних технологій під час використання яких забезпечуються надійність і стійкість деталей в умовах експлуатації, зазначених у кожній окремій задачі.

У задачах наведені типові умови використання виробів, актуальні в різних галузях промисловості. Крім того, у задачах сформульовані характерні властивості, які повинен мати сплав у відповідному виробі.

Для розв'язання задачі насамперед потрібно визначити групу сплавів (наприклад, конструкційних сталей загального призначення, чавунів, жароміцних сталей і сплавів, інструментальних матеріалів тощо).

Потім за довідковою літературою визначити найпридатніший сплав, із наведених у вибраній групі й режим його оброблення. Водночас необхідно розглянути можливість використання дешевшого матеріалу (наприклад, вуглецевої сталі звичайної якості, чавуну або економнолегованої сталі). Властивості основних матеріалів наведені в підручниках і в зазначеній нижче довідковій

літературі.

Для вибраного сплаву необхідно вибрати термічне, хіміко-термічне оброблення або інше зміцнювальне оброблення. У разі рекомендації режимів зміцнювального оброблення потрібно призначати найбільш економічні та високопродуктивні (лазерне оброблення, газове цементування, індукційне загартування, іонно-плазмове, термоциклічне оброблення тощо). В окремих випадках необхідно наводити й економічне обґрунтування вибору матеріалу або процесу його термічного зміцнення.

4.2. Теми до контрольної роботи (завдання 1)

1. Наукові вимоги, запропоновані до конструкційних матеріалів. Критерії конструкційної міцності: критерій міцності й жаростійкості; критерій надійності; критерій довговічності.

2. Характеристика напрямків наукових досліджень, що проводять у сфері матеріалознавства.

3. Загальні вимоги до структурних характеристик матеріалів (розмір зерна, фазовий склад, стабільність властивостей зі зміною температури та часу, масштабний фактор).

4. Термоциклічне оброблення та його вплив на фізико-механічні властивості чорних металів.

5. Вплив термоциклічного оброблення на фізико-механічні властивості кольорових металів.

6. Наукові основи вибору прогресивних процесів хіміко-термічного оброблення з обліком експлуатаційних вимог та умов роботи деталі або вузла машини.

7. Багатокомпонентні дифузійного покриття, характеристика фаз: металоподібні фази, металідні фази, тверді розчини, хімічні сполуки.

8. Двокомпонентні покриття на базі алюмінію та

хрому.

9. Хіміко-термічне оброблення кольорових металів і сплавів. Жаростійкі дифузійні покриття на тугоплавких елементах і їх сплавах.

10. Вплив покриттів, нанесених іонно-плазмовими методами на експлуатаційні характеристики матеріалів.

11. Фізико-хімічні й механічні властивості захисних гібридних покриттів на поверхні металів і сплавів.

12. Методи дослідження механічних властивостей матеріалів як основні передумови їх вибору.

13. Систематизація конструкційних сталей.

14. Матеріали з особливими фізичними властивостями.

15. Сталі та сплави спеціалізованого призначення.

16. Класифікація композиційних матеріалів.

17. Аналіз динаміки цін на кольорові сплави на світовому ринку.

18. Сфери застосування неметалічних матеріалів.

19. Матеріали, що застосовують у приладобудуванні.

20. Оцінка якості матеріалів.

21. Одно- та двокомпонентні покриття за участі бору.

22. Дифузійні покриття за участі хрому.

23. Одно- та двокомпонентні покриття за участі кремнію.

24. Нанотехнології в машинобудуванні, у матеріалознавстві, наноелектроніці.

25. Вуглецеві нанотрубки й фулерени та їх призначення.

26. Алмазні плівки й алмазоподібні матеріали.

27. Іонна імплантація як метод модифікації поверхневих шарів матеріалів.

28. Використання безбразивного ультразвукового

фінішного оброблення поверхні металів.

29. Використання лазерних методів оброблення в матеріалознавстві.

30. Термомеханічне оброблення як один із технологічних процесів зміцнювального оброблення сталі.

31–34. Студент сам обирає тему завдання 1.

Підсумком виконання завдання 1 контрольної роботи є звіт, що має реферативний вигляд за обраною студентом тематикою згідно з питаннями, які вивчає дисципліна.

4.3. Практичні задачі до контрольної роботи (завдання 2)

Рисунки до завдання 2 контрольної роботи розміщені в додатку Г.

Варіант 1

Ресори вантажного автомобіля (рис. Г.1) виготовляють з якісної легованої сталі; товщина ресори до 10 мм. Сталь у готовій ресорі повинна мати високі межі міцності, витривалості й пружності та не руйнуватися під час експлуатації. Рекомендувати режим термічного оброблення, структуру й механічні властивості, які можна одержати в разі правильного вибору складу сталі й оброблення ресори. Пояснити, як впливає стан поверхні на якість ресори й зазначити спосіб оброблення поверхневого шару, що дозволяє підвищити межу витривалості.

Варіант 2

Напрямні верстатів (рис. Г.2) – вузли, призначені для переміщення інструменту, заготовки та пов'язаних із ними елементів по заданій траєкторії з необхідною

точністю. Вибрати марку сталі для виготовлення накладної напрямної ковзання верстата. Призначити та обґрунтувати режим термічного та зміцнювального оброблення, пояснивши вплив легування на всіх етапах запропонованого оброблення зазначеної сталі. Описати мікроструктуру та властивості сталі в готовому виробі.

Варіант 3

Поршневі пальці (рис. Г.3) діаметром 45 мм і довжиною 95 мм повинні мати за умов роботи в'язку серцевину та тверду поверхню, яка повинна мати опір зносу (HRC 58–62). Зазначити режими термічного оброблення з наданням графіків, що забезпечать одержання необхідних властивостей, якщо пальці виготовляють масовими партіями: а) із сталі 20; б) зі сталі 45. Привести хімічний склад сталей 20 і 45 та зіставити механічні властивості в серцевині виробу зі сталі 20 і 45.

Варіант 4

Підібрати марку сталі для виготовлення валів діаметром 60 мм для двох редукторів (рис. Г.4). За розрахунком сталь одного з валів повинна мати межу міцності не нижче 600 МПа, а для іншого – не нижче 800 МПа. Зазначити: 1) хімічний склад сталі вибраних марок; 2) рекомендований режим термічного оброблення; з наданням графіків, для одержання заданої межі міцності; 3) структуру сталі після кожної операції термічного оброблення; 4) механічні властивості в готовому виробі.

Варіант 5

На заводі виготовлялися поковки валів для двигунів внутрішнього згоряння (рис. Г.5) діаметром 60 мм зі сталі, що має межу текучості 200–230 МПа і відносне подовження 20–22%. Надалі було одержано межу

текучості: а) у валах одного типу 600 МПа і ударну в'язкість 0,6 МДж/м²; б) у валах іншого типу 800 МПа і ударну в'язкість 0,8 МДж/м². Зазначити марки, хімічний склад і мікроструктуру сталі, забезпечуючи отримання заданої межі текучості й ударної в'язкості. Рекомендувати режим термічної обробки валів із наданням графіків, навести схеми структур і механічні властивості після остаточної обробки.

Варіант 6

Заводу доручено виготовити зубчасті колеса складної форми (рис. Г.6) діаметром 60 мм і висотою 100 мм, які повинні мати твердість на поверхні не нижче HRC 58–60, а в серцевині міцності не нижче 400 МПа і ударною в'язкістю не нижче 0,5–0,6 МДж/м². Завод виготовив першу партію зубчастих коліс із вуглецевої цементувальної сталі, проте деякі зубчасті колеса одержали деформацію при загартовуванні. Підібрати марку сталі й рекомендувати режим термічного оброблення з наданням графіків після цементування, щоб забезпечити одержання заданих механічних властивостей та усунути брак із деформації. Зазначити мікроструктуру сталі в серцевині й поверхневому шарі після остаточного термооброблення та причини, що викликають деформацію під час гартування.

Варіант 7

Вибрати сталь для пуансонів видавлювання жароміцних сплавів (рис. Г.7), що розігріваються під час роботи до температур 700–720 °С, якщо діаметр пуансону становить 60 мм. Рекомендувати режим термічного оброблення пуансону з наданням графіків. Навести хімічний склад вибраної сталі та механічні властивості після термічного оброблення.

Варіант 8

Завод виготовляє два типи зубчастих коліс (прямозубчасті й шевронні) (рис Г.8). Розміри коліс однакові (діаметр 50 мм і висота 70 мм), працюють колеса в рівних умовах. Межа текучості повинна бути не нижчою 540–550 МПа. Вибрати сталь для зубчастих коліс з урахуванням того, що другий тип має складнішу форму. Навести склад і марку сталі, ураховуючи технологічні особливості термічного оброблення та необхідність запобігти деформації й утворенню тріщин під час гартування. Обґрунтувати зроблений вибір матеріалу, рекомендувати режим термічного оброблення з наданням графіків і зазначити механічні властивості в готовому виробі.

Варіант 9

Виготовлення черв'ячних коліс (рис. Г.9) діаметром 140 мм і висотою 30 мм відбувалося заводом із сірого чавуну. Надалі потрібно було збільшити стійкість коліс. Сірий чавун у цьому разі повинен володіти межею міцності в 1,5 рази вище й відносним подовженням не менше 2–3 %. Зазначити структуру та межу міцності сірого чавуну, що має найвищі механічні властивості, які можна одержати у відливанні зазначеної товщини. Привести спосіб отримання чавуну, що має міцність у 1,5 рази більше міцності зазначеного сірого чавуну.

Варіант 10

Під час реконструкції крана, здійсненої для збільшення його вантажопідйомності, конструктор не змінив діаметр провідної осі крюка крана (рис. Г.10), а замінив матеріал осі іншою сталлю з межею текучості в 1,5 рази вищою. Зазначити марку вуглецевої якісної та

легованої сталі, із якої можна виготовити вісь крюка, рекомендувати режим термічного оброблення з наданням графіків і зіставити механічні властивості вибраних марок зі сталлю ВСт. 5, із якої раніше виготовляли провідну вісь крюка.

Варіант 11

Лопатки й інші деталі, особливо могутніх реактивних двигунів (рис. Г.11) короткочасної дії працюють у сильному окислювальному середовищі за високих температур до 1 500 °С. Метал, із якого виготовляють ці деталі, повинен володіти підвищеною корозійною стійкістю та високими характеристиками короткочасної міцності при зазначеній температурі. Вибрати метал або сплав для названих виробів, зазначити його склад і властивості, а також навести метод захисту виробів від окислення.

Варіант 12

Нержавіюча хромонікелева сталь після зварювання стала чутливою до інтеркристалітної корозії (рис. Г.12) в зоні, прилеглий до зварного шва. Навести хімічний склад, режим термічної обробки з наданням графіків і мікроструктуру нержавіючої сталі, стійкої проти дії органічних кислот і зазначити, який компонент повинна містити ця сталь для збереження стійкості проти інтеркристалітної корозії.

Варіант 13

Вибрати марку сталі для виготовлення сокир (рис. Г.13). З метою запобігання зминання і крихкості в процесі роботи, лезо сокири повинне мати твердість HRC 50–55 на висоту 30–40 мм. Решта частини не піддається термічній обробці. Зазначити хімічний склад сталі, режим термічної

обробки з наданням графіків, який забезпечує подані вимоги, а також спосіб гартування, що дозволить одержати необхідну твердість лише на лезі сокири.

Варіант 14

На завод надійшло декілька партій прутків зі сталі 40ХН, що поставляються з твердістю НВ 160–180 (рис. Г.14). Проте одна з партій, що надійшла, мала твердість НВ 200–250. Зазначити спосіб і режим термічного оброблення з наданням графіків, що дозволяє понизити твердість цієї партії прутків. Підібрати швидкорізальну сталь для виготовлення фрез, придатних для оброблення сталі 40ХН. Навести хімічний склад, структуру й термічне оброблення вибраної швидкорізальної сталі.

Варіант 15

Стакани циліндрів двигунів внутрішнього згорання (рис. Г.15) із товщиною стінки 40 мм повинні мати високий опором зношування на поверхні. На заводі ці деталі виготовляють зі сталі 20 із подальшим цементуванням і термічним обробленням. Надалі завод почав виготовляти циліндри відповідальнішого призначення з підвищеною зносостійкістю та твердістю на поверхні не нижчій за HRC 60–62. Цю твердість сталь повинна зберегти під час нагрівання до 300 °С. Зазначити, які зміни необхідно було внести в технологічний процес хіміко-термічного оброблення, вибрати марку сталі для виготовлення циліндрів.

Варіант 16

Вибрати марку легованої інструментальної сталі для виготовлення круглих плашок (рис. Г.16), що обробляють м'яку низьковуглецеву сталь. Зазначити режим термічного оброблення з наданням графіків і способи захисту від

зневуглецювання та окиснення під час нагрівання для гартування. Навести хімічний склад, структуру та властивості після остаточного термооброблення.

Варіант 17

Цех виготовляє зубчасті колеса (рис. Г.17) діаметром 80 мм із цементованої сталі. Підібрати марки сталі: а) для зубчастих коліс, що працюють в умовах звичайного зношування та удару; б) для зубчастих коліс, що працюють при підвищеному питомому тиску. Зазначити хімічний склад вибраних марок сталі, рекомендувати режим термічного оброблення з наданням графіків, пояснити призначення кожної операції термооброблення, а також її вплив на структуру та властивості сталі. Зіставити механічні властивості сталі вибраних марок у готовому виробі.

Варіант 18

Станини верстатів (рис. Г.18) виготовляють литтям. Межа міцності повинна бути 200–250 МПа. Вибрати марку сплаву, придатного для виготовлення станини, що має неоднакову товщину в різних перетинах, і зазначити режим термічного оброблення станини з наданням графіків і структуру сплаву. Під час розв'язання задачі врахувати, що в литій деталі необхідно мати можливо менше напруг і термічне оброблення повинна попередити деформацію (викривлення) станини в процесі експлуатації верстата.

Варіант 19

Блок циліндрів двигунів трактора (рис. Г.19) виготовляють із чавуну з твердістю HB 170–240 з підвищеною міцністю та зносостійкістю. Підібрати марку чавуну, навести його структуру й механічні властивості та зазначити, який повинен бути хімічний склад чавуну, щоб

забезпечити одержання заданих властивостей. Зазначити, яким вимогам повинні відповідати хімічний склад і структура чавуну, якщо циліндри нагріваються в роботі до 500–600 °С.

Варіант 20

Шатуни піддаються дії знакозмінних і ударних навантажень, тому вони повинні мати максимально однорідні властивості в поздовжньому й поперечному напрямках. Шатуни двигунів (рис. Г.20) виготовляють залежно від типу двигунів зі сталі з межею міцності під час розтягування: а) 700–750 МПа і б) 900–950 МПа. Ударна в'язкість в обох випадках повинна бути не нижчою 0,7–0,8 МДж/м². Підібрати марки сталі для виготовлення шатунів обох типів, привести хімічний склад, режим термічного оброблення з наданням графіків, схему мікроструктур і механічні властивості в готовому виробі.

Варіант 21

Вали діаметром 70 мм для гідротурбін (рис. Г.21), які витримують під час роботи значні напруження вигину, виготовляють із хромонікелевої сталі, що має після термічного оброблення високі показники характеристики міцності σ_B більше 750–800 МПа, межа витривалості σ_{-1} нижча 300–350 МПа (при підвищеній в'язкості). Вибрати марку хромонікелевої сталі, зазначити її хімічний склад, режим термічного оброблення з наданням графіків, структуру й механічні властивості після остаточного термічного оброблення.

Варіант 22

Виберіть марку сталі для виготовлення важко навантажених колінчастих валів двигунів (рис. Г.22) діаметром 60 мм; межа міцності сталі повинна бути не

нижчою за 750 МПа. Рекомендувати хімічний склад сталі, режим термічного оброблення з наданням графіків; зазначити структуру після кожної операції термічного оброблення й механічні властивості в готовому виробі.

Варіант 23

Завод виготовляє три види валів двигунів (рис. Г.23). Усі вони повинні мати межу міцності під час розтягування не нижче 750 МПа, проте перший вал має діаметр 35 мм, другий вал – 50 мм і третій – 120 мм. Вибрати марки сталі для виготовлення валів, зазначити хімічний склад і механічні властивості; обґрунтувати зроблений вибір марок сталі, рекомендувати режим термічної обробки з наданням графіків і зазначити структуру сталі в готовому валу.

Варіант 24

Зубчасті колеса (рис. Г.24) залежно від умов роботи й виникаючих напруг можна виготовляти зі сталі звичайної якості, якісної вуглецевої та легованої з різним змістом легуючих елементів. Вибрати, керуючись технічними й економічними міркуваннями, сталь для виготовлення коліс діаметром 50 мм і товщиною 30 мм із межею міцності не нижче 350–380 МПа. Зазначити режим термічного оброблення з наданням графіків, механічні властивості та структуру вибраної сталі в готовому виробі.

Варіант 25

У металевому кокілі для лиття під тиском (рис. Г.25) одержують відливки із алюмінієвого сплаву Ал 2. Виберіть марку сталі для виготовлення кокілю та прогресивний процес термічного оброблення для підвищення його експлуатаційних властивостей та технологію зміцнення. Технологію термооброблення

подати в графіках.

Варіант 26

Зубчасті колеса коробки швидкостей двигунів (рис. Г.26) повинні мати високі характеристики міцності та в'язкості. Підібрати марки сталі для виготовлення зубчастих коліс діаметром 50 мм і товщиною 40 мм, забезпечуючої одержання після термічного оброблення межі текучості не нижче 500 МПа, твердості не нижче НВ 250–260 та ударній в'язкості не нижче 0,4 МДж/м². Зазначити хімічний склад сталі, режим термічного оброблення з наданням графіків та мікроструктуру сталі в готовому виробі.

Варіант 27

Заводу потрібно виготовити вал діаметром 70 мм для роботи з більшими навантаженнями (рис. Г.27). Сталь повинна мати межу текучості не нижчу за 750 МПа, межу витривалості не нижчу за 400 МПа та ударну в'язкість не нижчу за 0,9 МДж/м². Завод має сталі: Ст. 4, Сталь 45 й 20ХНЗА. Яку із цих сталей необхідно застосувати для виготовлення вала? Чи потрібне термічне оброблення для обраної сталі і якщо потрібне, то яке? Дати характеристику мікроструктури й зазначити механічні властивості після остаточного оброблення.

Варіант 28

Багато деталей установок із розщеплення нафти, зокрема труби печей (рис. Г.28), піддані дії високих температур. Необхідно вибрати склад сталі для труб, що не піддаються великим навантаженням, але нагріваються в процесі роботи до 450–500 і 600 °С. Зазначити режим термічного (хіміко-термічного) оброблення та мікроструктуру сталі, а також пояснити роль легуючих

елементів, що дозволяють використовувати ці сталі для тривалої роботи за високих температур.

Варіант 29

Для зниження маси автомобіля й відповідно зменшення витрати пального кабіну (у вантажних автомобілів) і кузов (у легкових автомобілів) виготовляють уже не зі сталевого листа (рис. Г.29), а з матеріалів, що відрізняються високими питомими значеннями міцності, твердості та гарною корозійною стійкістю, а також технологічністю під час виготовлення виробів.

Дати рекомендації та вибрати матеріал, що має зазначені властивості, назвати особливості його будови, технологічний процес виготовлення з нього виробу. За потреби підібрати потрібний вид і режими термічного чи хіміко-термічного оброблення.

Варіант 30

Стійкість свердел і фрез (рис. Г.30), виготовлених зі швидкорізальної сталі помірної теплостійкості марки Р6М5, придатних для оброблення конструкційних сталей твердістю 180–200 НВ, була задовільною. Однак стійкість цих свердел різко знизилася, під час оброблення жароміцної аустенітної сталі. Рекомендувати швидкорізальну сталь підвищеної теплостійкості, придатну для високопродуктивного різання жароміцних сталей, зазначити її марку та хімічний склад, термічне оброблення та мікроструктуру в готовому інструменті. Зіставити теплостійкість сталі Р6М5 та обраної сталі.

4.4. Загальні вимоги до оформлення контрольної роботи

Контрольну роботу виконують на папері формату А4 210 мм х 297 мм із титульним аркушем. Обсяг роботи повинен бути не менше 15–20 сторінок, включно з ілюстраціями й таблицями.

Основна мова контрольної роботи – українська.

Скорочення слів, за винятком загальноприйнятих, не дозволено. Усі сторінки повинні бути пронумеровані (перший аркуш – титульний – не нумерують).

Титульний аркуш (першу сторінку) оформлюють за установленою формою (додаток А).

Контрольна робота повинна мати логічну структуру та складатися з таких частин:

- титульного аркуша з варіантом або темою даної роботи;
- реферату;
- змісту;
- вступу;
- оригінальної частини;
- висновків;
- списку використаних джерел (або списку літератури);
- додатків (якщо є необхідність).

Тема повинна бути розкрита всебічно, повно, обґрунтовано.

Реферат повинен містити:

- об'єкт дослідження;
- мету роботи;
- відомості про обсяг (кількість сторінок), кількість рисунків, таблиць, використаних літературних джерел та додатків;
- перелік ключових слів, які несуть смислове

навантаження за темою індивідуального домашнього завдання.

Реферат має обсяг до 2/3 сторінки, ключові слова повинні бути надруковані через вільний рядок із нового рядка. Ключові слова (5–8 слів або словосполучень) наведені в називному відмінку, друкують великими літерами в рядок через кому.

Зміст містить найменування та нумерацію початкових сторінок вступу, усіх розділів, підрозділів, пунктів та підпунктів, висновків, літератури, додатків.

Вступ розкриває сутність теми реферату або поставленого завдання.

Оригінальна частина складається з розділів. Кожний розділ починається з нової сторінки, заголовки пишуть великими літерами. Розділи можуть поділятися на підрозділи, а ті зі свого боку – на пункти. Заголовки підрозділів та пунктів пишуть маленькими літерами.

У висновках викладають основні ідеї та думки, наведені в роботі.

Загальні вимоги до тексту

Набір тексту здійснюють із використанням текстового редактора Word. Рекомендовано використовувати шрифти типу Times New Roman розміром 14 пунктів. Текст необхідно розміщувати, залишаючи поля паперового аркуша таких розмірів: ліве – 25 мм, праве – 10 мм, верхнє та нижнє – 20 мм. Абзац у тексті починають із відступу. Абзацний відступ першого рядка (новий рядок) повинен бути не більше 1–1,5 см.

Якщо студент виконує роботу без допомоги персонального комп'ютера, то вимоги до формату залишаються, текст повинен бути написаний чітким, розбірливим почерком, грамотно, висота букв не менше ніж 2,5 мм. Для написання роботи використовують

чорнила (паста) синього або чорного кольору.

Текст основної частини роботи ділять на розділи, підрозділи, пункти та підпункти (за необхідності).

Заголовки структурних частин («ЗМІСТ», «ВСТУП», «РОЗДІЛ», «ВИСНОВКИ», «ЛІТЕРАТУРА», «ДОДАТКИ») друкуються великими літерами по середині рядка. Усі інші заголовки (підрозділів та пунктів) друкуються з першої великої літери. У кінці заголовків крапку не ставлять. Якщо заголовок містить два речення, їх відокремлюють крапкою. Заголовок і текст відділяють один від одного порожнім рядком. Якщо між двома заголовками тексту немає, то відокремлювати їх порожнім рядком не потрібно. Після закінчення тексту пункту (підрозділу) перед заголовком нового пункту пропускаються два порожніх рядки. Кожна структурна частина роботи починається з нового аркуша.

Правила нумерації:

- структурні частини, як «Зміст», «Вступ», «Висновки», «Література» та «Додатки», не нумерують;
- номери мають розділи, підрозділи, пункти та підпункти;
- нумерацію розділів, підрозділів, пунктів, рисунків, таблиць, формул, рівнянь здійснюють арабськими цифрами без знака «№»;
- номер розділу ставлять після слова «РОЗДІЛ» (наприклад, РОЗДІЛ 1);
- підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою, наприклад: 1.1 (перший підрозділ першого розділу).
- пункти нумерують у межах кожного розділу. Номер пункту складається з номера розділу й порядкових номерів підрозділу та пункту, відокремлених крапками, наприклад:

1.1.1 (перший пункт першого підрозділу першого розділу);

- заголовок підрозділу друкують із нового рядка, який йде за номером розділу. Заголовки підрозділів та пунктів наводяться після їх номерів через пробіл;

- у кінці нумерації розділів, підрозділів та пунктів крапки не ставлять;

- нумерацію сторінок подають арабськими цифрами. Першою сторінкою роботи є титульний аркуш, який входить до загальної нумерації сторінок роботи;

- усі сторінки тексту нумерують послідовно, зокрема список використаних джерел та додатки.

Правила оформлення таблиць та ілюстрацій

Цифровий матеріал оформляють у вигляді таблиць, які нумерують згідно з нумерацією розділу послідовно.

Наприклад,

Таблиця 1.4 – Енергія зв'язку та деякі властивості кристалічних матеріалів

Таблицю з великою кількістю рядків допускається переносити на наступний аркуш; під час перенесення частини таблиці на інший аркуш її заголовок зазначають лише один раз над першою частиною, над іншими частинами ліворуч пишуть «Продовження таблиці 1.4».

Ілюстрації позначають відповідно словами «рисунок» і нумерують послідовно в межах кожного розділу.

На всі таблиці й ілюстрації повинні бути посилання в тексті. Слова «рисунок» і «таблиця» в підписах до рисунка або таблиці не скорочують, але в посиланнях на них у тексті вони скорочуються. Номер таблиці (ілюстрації) повинен складатися з номера розділу й порядкового номера таблиці (ілюстрації), розділених крапкою. Наприклад, рисунок 1.5 або таблиця 1.6.

Ілюстрації повинні бути виконані за допомогою

комп'ютерної техніки або чорнилом чи пастою чорного кольору та мати підрисунковий підпис.

Наприклад:

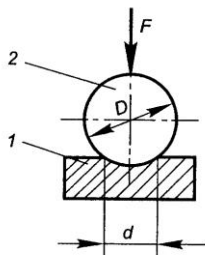


Рисунок 4.1 – Схема випробовування під час визначення твердості за Брінеллем: 1 – зразок; 2 – кулька; F – сила, що діє на кульку; D – діаметр кульки; d – діаметр відбитка

Слово «Рисунок», номер і найменування ілюстрації поміщають під ілюстрацією, відокремлюючи знаком тире номер від найменування. Крапку наприкінці нумерації й найменувань ілюстрацій не ставлять. Не допускається перенесення слів у найменуванні рисунка. Якщо на рисунку є цифри, що позначають окремі елементи (на схемах, графіках та ін.), то це пояснювальні дані.

Правила оформлення формул та рівнянь

Формули й рівняння в тексті роботи (якщо їх більше однієї) нумерують у межах розділу подвійною нумерацією. Номер формули (рівняння) складається з номера розділу й порядкового номера формули (рівняння) у цьому розділі, розділених крапкою. Нумери формул (рівнянь) пишуться в круглих дужках біля правого поля аркуша на рівні формули (рівняння).

Наприклад: (5.2) – друга формула п'ятого розділу.

Формули (рівняння) потрібно виділяти з тексту в окремий рядок і розміщувати посередині рядка. Вище й нижче кожної формули й рівняння залишається по одному вільному рядку; посилання на формули в тексті роботи подають у круглих дужках; пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формулу або рівняння, потрібно проводити безпосередньо після формули в тій самій послідовності, у якій вони подані у формулі, але за винятком тих, про які вже згадано в тексті вище. Значення кожного символу записують через крапку з комою, перший рядок пояснення починають зі слів «де» без абзацу й без двокрапки.

Наприклад:

$$\Delta E = Q - W, \quad (4.1)$$

де ΔE – зміна енергії системи в даному процесі; Q – кількість тепла, одержаного системою; W – робота, вироблена системою.

Після розшифрування символів з абзацу іде текст (вільний рядок не залишається).

Рисунки, таблиці, формули та рівняння повинні бути пронумеровані відповідно до порядку посилання на них у тексті реферату.

Правила оформлення літератури

Література наведена мовою оригіналу (українською, англійською та ін.). Список літератури (літературних джерел) оформлюють відповідно до ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 чи ДСТУ 8302:2015 [14].

Рекомендації щодо змісту контрольної роботи за завданням 2

Зміст контрольної роботи

1. Вступ. Коротко (0,5–1,0 стор.). Описати матеріали, що можна застосувати (або вже запропоновано) для виготовлення деталі завдання.

2. Користуючись додатковою літературою («Деталі машин», «Технологія машинобудування», «Верстати і інструменти», Технологія виробництва гідравлічних машин», «Електротехнічні матеріали» та інші), описати призначення й умови роботи деталі завдання (1,0–2,0 стор.).

3. Визначити можливі причини виходу з ладу або причини виникнення дефектів під час експлуатації деталі; установити можливий характер руйнування деталі, запропонований умовами завдання (якщо такий має місце). Описати структуру та властивості, що викликали руйнування деталі.

4. Визначити та обґрунтувати вибір технічних вимог на властивості готової деталі: твердість і мікроструктуру поверхні й серцевини деталі; товщину загартованого або дифузійного шару, межу міцності, ударну в'язкість та інше.

5. Вибрати матеріал для виготовлення заданої деталі, з огляду на умови експлуатації й технічні вимоги; обґрунтувати економічну доцільність вибору матеріалу.

6. Розшифрувати марку обраного матеріалу; описати вплив легуючих елементів на структуру й властивості.

7. Вибрати методи зміцнювального оброблення виробу чи деталі згідно із завданням 2 (режими термічного й/або хіміко-термічного, лазерного чи електро-іскрового оброблення, що забезпечують необхідні властивості виробу чи деталі з урахуванням умов його експлуатації

тощо). Обґрунтувати вибір термічних операцій, описати вплив нагрівання й охолодження на перетворення, на фазовий склад, величину зерна й властивості; подати схеми мікроструктур за різних температур. Режими термооброблення подати у вигляді графіків у координатах температура–час.

Закінчену роботу студенти подають на кафедру відповідно до термінів, визначених навчальним графіком.

4.5. Приклад виконання практичного завдання 2 контрольної роботи

Варіант 0

У результаті термічного оброблення пружини повинні одержати високу пружність. Для їх виготовлення вибрано сталь 60С2А. Розшифрувати склад, призначити й обґрунтувати режим термічного оброблення. Описати мікроструктуру та властивості сталі після термічного оброблення.

Відповідь

Пружини й інші пружні елементи працюють в області пружної деформації матеріалу. У той самий час вони піддаються впливу циклічних навантажень. Основні вимоги до пружинних сталей – це забезпечення високих значень меж пружності, плинності, витривалості, а також необхідної пластичності й опору крихкому руйнуванню.

Сталі для пружинних елементів містять 0,5–0,75 % вуглецю й додатково легують елементами, що сприяють здрібнюванню зерна, зростанню опору пластичним деформаціям. Для забезпечення працездатності пружинних елементів пружинні сталі піддають загартуванню й відпуску за температурах 420–520 °С. Загартована на мартенсит сталь має невисоку межу пружності. Вона

значно підвищується при відпуску, коли утвориться структура троститу (рис. 1).

У цій структурі ферит через сильний фазовий наклеп має високу щільність малорухомих дислокацій, які, крім того, ефективно блокуються дисперсійними карбідними частками. Тому тростит відрізняється стабільною дислокаційною структурою. Крім високих пружних властивостей, відпуск на тростит забезпечує деякі підвищення пластичності та в'язкості (особливо в сталях не схильних до відпускнуї крихкості), що важливо для зниження чутливості до концентраторів напруг і підвищення межі витривалості.

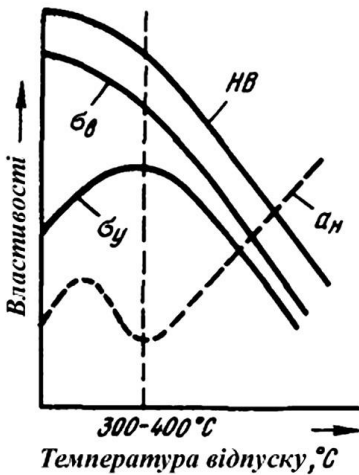


Рисунок 1 – Зміна механічних властивостей сталі залежно від температури відпуску

Позитивні результати дає також ізотермічне гартування на структуру нижнього бейніту. Воно дозволяє одержати високі механічні властивості за малої деформації виробів. Для великих пружин, що вимагають більших зусиль під час навивання, сталь використовують у відпаленому стані. Термічній обробці піддають готові вироби, одержані гарячим навиванням. Сталь 60С2А є

дешевою кременистою сталлю високої якості, тобто містить меншу кількість шкідливих домішок сірки й фосфору. Сталь стійка до росту зерен під час нагрівання під гартування, до окиснювання, не схильна до зневуглецювання. Використовують переважно для пружин діаметром до 20 мм.

Особливість роботи пружини полягає в тому, що при статичних, циклічних і питомих навантаженнях у ній не допускається залишкова деформація, тобто сталь повинна мати релаксаційну стійкість, що оцінюється опором релаксації напруги. Релаксація напруг характеризується зниженням напруг (робочих) при заданій пружній деформації. Релаксація напруг небезпечна тим, що під час переходу частини пружної деформації в пластичну пружні елементи після розвантаження змінюють розміри й форму. Наприклад, стиснена довгий час пружина під час зняття навантаження повністю не розпрямляється, утрачаючи пружні й експлуатаційні властивості.

Релаксація напруг відбувається шляхом мікропластичної деформації, що відбувається в окремих зернах і накопичується в часі.

Під час загартування формується нестійка структура мартенситу, відповідно до діаграми ізотермічного розпаду являє собою впорядкований пересичений твердий розчин вуглецю в ґратці α -заліза (рис. 2).

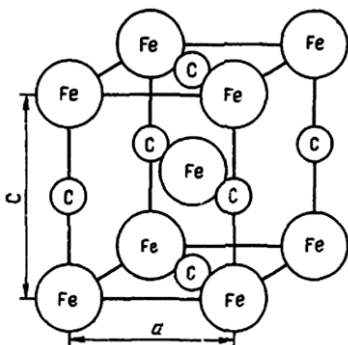


Рисунок 2 – Об'ємно-центрована тетрагональна гратка мартенситу

Перетворення аустеніту на мартенсит відбувається за бездифузійним механізмом з утворенням голчастої будови. Перетворення аустеніту на мартенсит починається за температури M_{Π} і закінчується за M_K . Мінімальну швидкість охолодження $V_{кр}$, за якої весь аустеніт переохолоджується до температури M_{Π} і перетворюється на мартенсит, називають критичною швидкістю загартовування.

Схема перетворення $A > M$ записують у вигляді $Fe_{\gamma}(C) \rightarrow Fe_{\alpha}(C)$. Оскільки в кристалічних ґратах мартенситу є надлишкова кількість атомів вуглецю порівняно з тим, що може розчинитися у фериті ($\sim 0,01\%$ C), то це призводить до перекручування форми ґраток й формування мікронапруг (рис. 2). Мартенсит має високу твердість і крихкість.

Як ми вже відзначали, для одержання необхідних властивостей і структури пружних елементів загартовану сталь необхідно піддавати відпуску. Відпуск – це процес термічного оброблення, пов'язаний зі зміною будови та властивостей загартованої сталі під час нагрівання нижче критичних температур. Під час відпуску відбувається розпад мартенситу за схемою $Fe_{\alpha}(C) \rightarrow \Phi + \Psi$. Унаслідок переходу до більш стійкого стану утворюються продукти розпаду мартенситу. Водночас підвищується пластичність

і в'язкість сталі, знижується твердість і зменшуються залишкові напруги. Ступінь перетворень, що відбуваються, залежить від температури нагрівання. Наявність легуючих елементів сприяє гальмуванню перетворень за рахунок зменшення швидкості процесів дифузії. Середній відпуск визначається нагріванням загартованої сталі до температур 350–500 °С. Водночас утворюється тростит відпуску, що дозволяє одержувати досить високу твердість і пружність сталі.

За температури відпуску більше 350 °С відбувається порушення когерентності карбідів із навколишнім твердим розчином (α -фазою) і кристали карбідів відокремлюються, одночасно зменшуються напруги II роду.

Оскільки сталь пружинна 60С2А мало схильна до відпускнуї крихкості, то охолодження після відпуску необхідно проводити на повітрі. У таблицях 1–3 наведені дані про сталі, що дозволяють проводити термічне оброблення.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 60С2А

| С | Mn | Si | Не більше | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-----------|-----|------|-------|-------|
| | | | Cr | Cu | Ni | S | P |
| 0,58– 0,63 | 0,6– 0,9 | 1,6– 2,0 | 0,3 | 0,2 | 0,25 | 0,025 | 0,025 |

Таблиця 2 – Температури критичних точок сталі 60С2А

| A_{C1} | A_{C3} | A_{r3} | A_{r1} | M_H |
|----------|----------|----------|----------|-------|
| 770 | 820 | 770 | 700 | 305 |

Примітка! Індекс C_1 і C_3 означає нагрівання, r_1 і r_3 – охолодження.

Отже, графік термічного оброблення сталі 60С2А

являє собою чергування процесів нагрівання вище критичної точки й подальше охолодження з певною швидкістю, що й визначає утворену структуру. Схема процесу термооброблення сталі 60С2А для пружин наведена на рисунку 3.

Мікроструктуру сталі та її механічні властивості після проведення термооброблення подано на рисунку 4 і в таблиці 3.

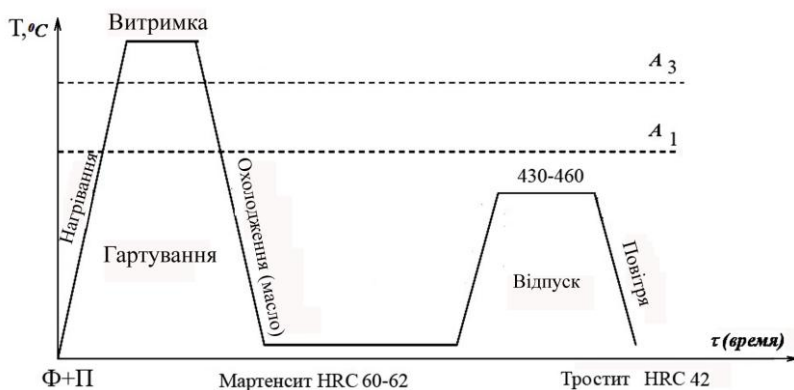


Рисунок 3 – Графік термічного оброблення для пружин зі сталі 60С2А

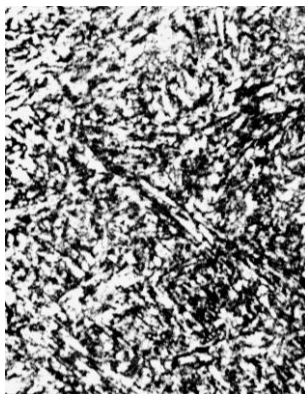


Рисунок 4 – Мікроструктура сталі 60С2А після термічного оброблення – тростит; x1500

Таблиця 3 – Механічні властивості залежно від температури відпуску (після гартування 850 °С у маслі)

| Температура відпуску | $\sigma_{0,2}$ МПа | σ_B МПа | δ_5 % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|------------|----------------------------|-----|
| 300 | 1 960 | 2160 | 2 | 36 | 10 | 462 |
| 400 | 1 470 | 1670 | 7 | 39 | 18 | 425 |
| 500 | 1 080 | 1290 | 10 | 42 | 29 | 340 |

Для зміцнення пружин застосовують заневолування, що полягає у витримуванні пружин у деформованому стані певний час. Пружина завивається так, що відстані між витками у вільному стані робляться на деяку величину більше, ніж за кресленням. Після термічного оброблення пружину знімають до зіткнення витків і витримують у такому стані від 20 до 48 годин, потім її розігрівають.

Під час стискання в зовнішній зоні поперечного перерізу прутка виникають залишкові напруги зворотного знака внаслідок чого під час її роботи істинні напруги виявляються менше, ніж вони були б без заневолування. Заневолування запобігає розтягненню пружини в процесі експлуатації. Зазвичай цим етапом закінчується процес виготовлення пружини. Після нього виключені будь-які термічні оброблення виробу та він може бути зданий в експлуатацію.

Крім того, заневолування може застосовуватися як перевірка пружини на міцність. У ході цього оброблення виявляються неякісні пружини, і якщо відсоток браку буде вище норми, то всю партію, виготовлену з аналогічного матеріалу, вилучають із виробництва й відправляють на доопрацювання.

5. КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ СТУДЕНТА

5.1. Питання, винесені на тестування

1. Дати визначення конструкційним матеріалам і назвати їх види.
2. Що таке металеві конструкційні матеріали?
3. Які конструкційні матеріали відносять до неметалічних?
4. Що таке композиційні конструкційні матеріали?
5. Назвіть основні властивості конструкційних матеріалів.
6. Що характеризують технологічні властивості матеріалу?
7. Дати визначення конструкційної міцності матеріалів.
8. Чим визначаються такі критерії, як надійність і довговічність?
9. Визначте експлуатаційні властивості матеріалів.
10. Із чим пов'язані хімічні властивості матеріалів?
11. Які властивості відносять до фізико-хімічних?
12. Визначте основні завдання досліджень прогресивних зміцнювальних технологій.
13. Поясніть вплив легуючих елементів на властивості сталей і сплавів.
14. Що таке термічне й хіміко-термічне оброблення?
15. Суть методу термоциклічного оброблення – ТЦО.
16. Які існують види ТЦО?
17. У чому різниця між високотемпературним і низькотемпературним термоциклічним обробленням?
18. Що таке термоциклічне нітроцементування?
19. Вплив імплантації Ti і (Ti+C) у залізі та сталі на структуру та властивості.

20. Сутність і переваги ТЦО для чорних сплавів.
21. Сутність і переваги ТЦО для кольорових сплавів.
22. Як впливає ТЦО на оброблюваність матеріалів?
23. Як впливає ТЦО на зміну структурного складу швидкорізальних сталей?
24. Як впливає ТЦО на зміну структурного складу інструментальних сталей?
25. Сутність процесу ХТО під час цементування. Переваги використання при цьому ТЦО.
26. Сутність процесу ХТО під час азотування. Переваги використання при цьому ТЦО.
27. Сутність процесу ХТО під час борування. Переваги використання при цьому ТЦО.
28. Що дає ТЦО для зварних з'єднань?
29. Як впливає ТЦО на втому матеріалу зварних з'єднань?
30. Особливості деформаційної ТЦО під час прокатки матеріалів. Особливості ТЦО під час волочіння сталей.
31. Як впливає ТЦО на зміни властивостей сплавів на основі алюмінію?
32. Як впливає число циклів при ТЦО дроту на властивості (міцність, відносне подовження і електропровідність)?
33. Яку роль виконують межі зерен і субзерен, що формуються в ході борування?
34. Як впливає ТЦО під час борування на механічні властивості? Які режими борування із ТЦО для інструментальних сталей В8, Х12М, 5ХНВ й 5ХНВЛ?
35. Поясніть зміни фазового складу за глибиною борованого шару? Для чрго до складу обмазки для борування додають хром?
36. У чому відмінність у зміні мікротвердості при

ХТО і ХТЦО?

37. Який дифузійний механізм спостерігається під час борування із ТЦО?

38. Яке термічне устаткування застосовують для здійснення процесу борування із ТЦО?

39. Назвіть умови й етапи проходження будь-якого хіміко-термічного процесу.

40. Назвіть види процесу азотування.

41. Назвіть сталі, що піддають іонному азотуванню.

42. Чим відрізняється тліючий розряд від дугового або тихого розряду?

43. За якого тиску газу й за якої напруги можливий тліючий розряд?

44. Який тліючий розряд необхідно використати для хіміко-термічного оброблення металів – нормальний або аномальний?

45. За рахунок яких фізичних процесів відбувається нагрівання металу в тліючому розряді?

46. Як регулюється температура деталі – зміною сили струму або напруги розряду?

47. Які вимоги відносно герметичності висувають до реакційних камер тліючого розряду?

48. Як впливає нагрівання металу в тліючому розряді на процесі дифузійного насичення металу елементами?

49. Як впливає іонне азотування на якість сталі, чавуну й інших металів?

50. Назвіть із чого складається схема установки для нагрівання та хіміко-термічного оброблення металів у тліючому розряді.

51. Охарактеризуйте мікроструктуру азотованого шару.

52. Як впливає іонне азотування на якості чавуну?

53. Як впливає іонне азотування на якості сплавів?

54. Які фізичні процеси лежать в основі конденсаційно-іонного бомбардування?

55. Які чинники впливають на тип конденсованого покриття під час іонно-плазмового оброблення?

56. Від чого залежить адгезія покриття на поверхні деталі?

57. Які вимоги висувають до експлуатаційних властивостей валів?

58. Які сталі застосовують для виготовлення валів із їх зміцненням об'ємним загартуванням?

59. Які сталі застосовують для виготовлення валів із гартуванням із нагріванням СВЧ?

60. Яка твердість і мікроструктура вала із сталі 40X після гартування?

61. Яка температура гартування вала із сталі 40ХНМА?

62. Назвіть основний вид браку, який виникає під час зміцнення валів.

63. Який технологічний процес необхідно обрати для зміцнення вала швидкісного ступеня редуктора?

64. Навіщо роблять термополіпшення заготовок валів, що підлягають згодом азотуванню?

65. Яка твердість після азотування нітролоїв?

66. Яка мікроструктура серцевини вала зі сталі 38ХМНА після азотування?

67. Які сталі піддають боруванню?

68. Назвіть методи борування.

69. Яка твердість борованого шару?

70. Чи утворює бор карбіди?

71. Які структурні складові в борованому шарі?

72. Назвіть умови проходження процесу борування.

73. Назвіть оптимальний режим борування.

74. Які методи прискорення технологічних процесів борування ви знаєте?

75. Чи застосовують борування для зміцнення інструментальних сталей?

5.2. Приклад тесту для контролю знань

Що таке конструкційна міцність матеріалів:

а) це комплекс жароміцних властивостей, які перебувають у найбільшій кореляції зі службовими властивостями даного виробу, забезпечують тривалу й надійну роботу матеріалу в умовах експлуатації;

б) це комплекс фізичних і хімічних властивостей, які перебувають у найбільшій кореляції зі службовими властивостями даного виробу, забезпечують тривалу й надійну роботу матеріалу в умовах експлуатації;

в) це комплекс міцнісних властивостей, які перебувають у найбільшій кореляції зі службовими властивостями даного виробу, забезпечують тривалу й надійну роботу матеріалу в умовах експлуатації
(правильна відповідь).

г) це міцність конструкції при її деформації та навантаженнях під час проведення термооброблення або хіміко-термічного оброблення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Channell, David F. (2021). A History of Technoscience: Erasing the Boundaries between Science and Technology. Oxon : Routledge. 225 p.

2. Білик І. І., руденький С. О. Технологія нанесення покриттів та їх властивості : навч. посіб. для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство / І. І. Білик, С. О. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського 2023. 120 с.

3. Cheiliakh A. P., Cheiliakh Ya. A., Samotugina Yu. S. Strengthening Technologies of Materials Treatment: text-book. Mariupol : PSTU, 2017. 202 p.

4. Говорун Т. П., Пчелінцев В. О., Радзівєвський В. М. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Наукові основи вибору матеріалу та прогресивних зміцнюючих технологій». Суми : СумДУ, 2012.

5. Проценко І. Ю., Н. І. Шумакова. Основи матеріалознавства наноелектроніки : навч. посібник для студ. і аспірантів фізико-технічних факультетів університетів денної та заочної форм навчання. Суми : СумДУ, 2004. 108 с.

6. Проценко І. Ю., шумакова Н. І. Технологія одержання і застосування плівкових матеріалів : навчальний посібник. Суми : СумДУ, 2007. 198 с.

7. Theoretical fundamentals and technologies of deposition of wear resistant eutectic coatings: edited P.Mychajto, M. Kindrachuk / M. Kindrachuk, M. Pashechko, K. Lennik and other. Lublin : Lublin University of Technologe, 2017. 112 p.

8. Говорун Т. П., Гапонова О. П., Марченко С. В. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2020. 163 с.

9. Матеріалознавство : навч. посіб. / В. І. Бузило, В. П. Сердюк, А. В. Яворський, О. А. Гайдай /

МОН України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 243 с .

10. Композитні та порошкові матеріали : навчальний посібник / П. П. Савчук, В. П. Кашицький, М. Д. Мельничук, О. Л. Садова ; за заг. ред. П. П. Савчука. Луцьк : Видавець : ФОП Теліцин О. В., 2017. 368 с.

11. Основи матеріалознавства. Частина 2. Метали та сплави. Неметалеві матеріали : конспект лекцій для студентів хімічного факультету / укладачі: О. М. Юрченко, Ж. О. Кормош, О. В. Парасюк. Луцьк : Вежа-друк, 2018. –56 с.

12. Руденко Л. Ф., Говорун Т. П. Леговані сталі та сплави: навч. посіб. Суми : СумДУ, 2012. 171 с.

13. Савуляк В. І., Шиліна О. П., Шенфельд В. Й. Матеріалознавство. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / Вінниця : ВНТУ, 2019. 123 с.

14. Методичні рекомендації щодо підготовки і видання наукової та навчально-методичної літератури / укладачі: Н. З. Клочко, С. М. Симоненко. Суми : Сумський державний університет, 2021. 63 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Зразок оформлення титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з дисципліни «Наукові основи вибору матеріала та прогресивних
зміцнюючих технологій»

Варіант ____

Виконав _____ студент групи,
(особистий підпис студента) (прізвище, ініціали)

Перевірив _____ викладач
(особистий підпис викладача) (прізвище, ініціали)

Суми 20__

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

Зразок оформлення реферату

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є... .

Мета роботи полягає у... .

Робота викладена на 20 сторінках, зокрема містить 8 рисунків, 2 таблиці, список цитованої літератури із 11 джерел та 2 додатків на 2 сторінках.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ..., ..., ... (5–8 слів або словосполучень великими літерами в називному відмінку).

ДОДАТОК В
(обов'язковий)
Зразок оформлення змісту

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| | С. |
| ВСТУП..... | 4 |
| РОЗДІЛ 1 НАЗВА ПЕРШОГО РОЗДІЛУ (великими літерами) | 5 |
| 1.1 Назва підрозділу | 6 |
| 1.1.1 Назва пункту | 6 |
| 1.1.2 Назва пункту | 8 |
| 1.1.3 Назва пункту | 10 |
| 1.2 Назва підрозділу | 11 |
| РОЗДІЛ 2 НАЗВА ДРУГОГО РОЗДІЛУ (великими літерами) | 12 |
| 2.1 Назва підрозділу..... | 12 |
| 2.2 Назва підрозділу..... | 15 |
| РОЗДІЛ 3 НАЗВА ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ (великими літерами) | 17 |
| 3.1 Назва підрозділу | 18 |
| 3.2 Назва підрозділу | 19 |
| ВИСНОВКИ | 21 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ (або СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ)..... | 22 |
| ДОДАТКИ | 23 |

ДОДАТОК Г (обов'язковий)

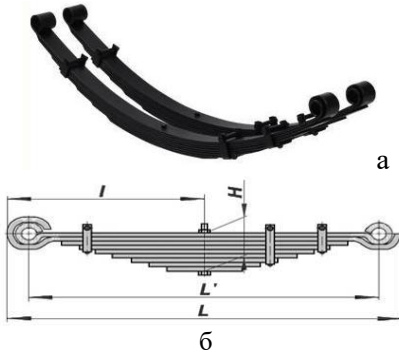


Рисунок Г.1 – Ресори вантажного автомобіля: а – загальний вигляд; б – креслення в спрямленому вигляді: L – загальна довжина ресори; L' – відстань між вушками ресори; l – відстань від краю ресори до центрального болта кріплення; H – товщина ресори

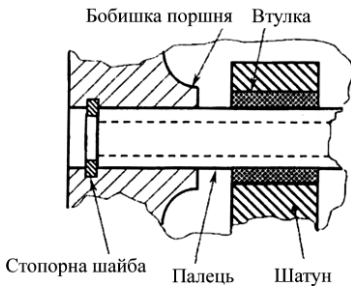
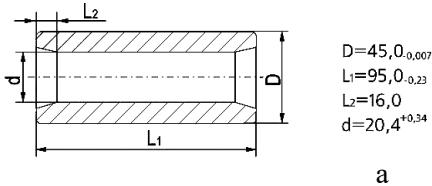


Рисунок Г.3 – Поршневий палець: а – креслення; б – схема розміщення в поршні

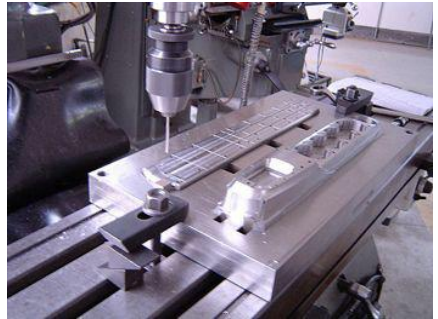


Рисунок Г.2 – Напрямні верстата

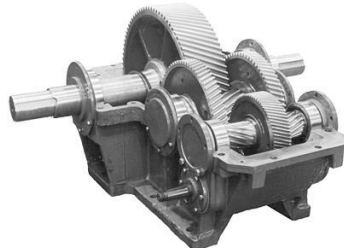
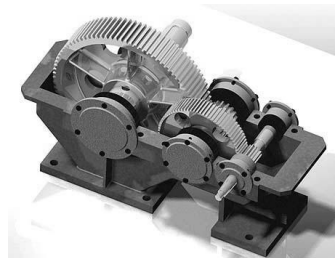


Рисунок Г.4 – Редуктори з валами в розрізі

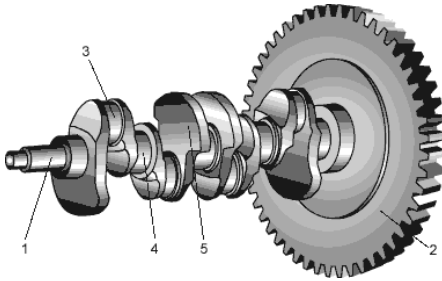


Рисунок Г.5 – Колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння із маховиком: 1 – колінчастий вал двигуна; 2 – маховик із зубчастим вінцем; 3 – шатунна шийка; 4 – корінна (опорна) шийка; 5 – противага



Рисунок Г.6 – Зубчасті колеса складної форми

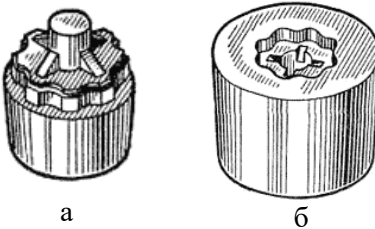


Рисунок Г.7 – Пуанسونи видавлювання жароміцних сплавів: а – пуансон; б – матриця

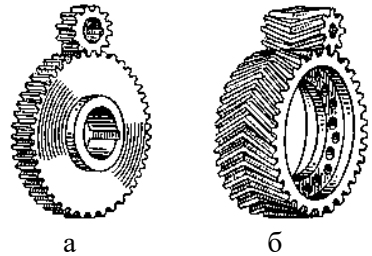


Рисунок Г.8 – Зубчасті колеса: а – прямозубі; б – шевронні



Рисунок Г.9 – Черв'ячне колесо

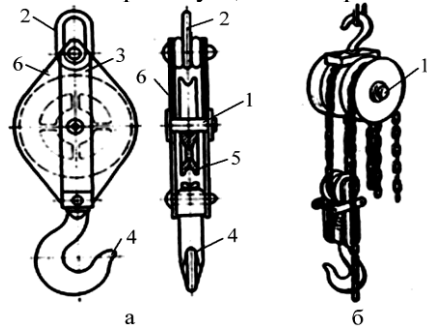


Рисунок Г.10 – Вісь крюка крана: а – блок; б – таль; 1 – вісь; 2 – вушка; 3 – обойма (скоба); 4 – крюк; 5 – ролик; 6 – шок



Рисунок Г.11 – Лопатки особливо могутніх реактивних двигунів



Рисунок Г.12 – Інтеркристалітна корозія в зоні, прилеглій до зварного шва деталі ралика ГПА



Рисунок Г.13 – Сокира



Рисунок Г.14 – Прутки зі сталі 40ХН



Рисунок Г.15 – Стакани циліндрів двигунів внутрішнього згорання



Рисунок Г.16 – Круглі плашки



Рисунок Г.17 – Зубчасте колесо



Рисунок Г.18 – Верстат, станина якого виготовлена литтям



Рисунок Г.19 – Блок циліндрів двигунів трактора



Рисунок Г.20 – Шатуни двигунів



Рисунок Г.21 – Вал для гідротурбін



Рисунок Г.22 – Важко-навантажений колінчастий вал двигунів



Рисунок Г.23 – Різновиди валів двигунів



Рисунок Г.24 – Зубчасте колесо

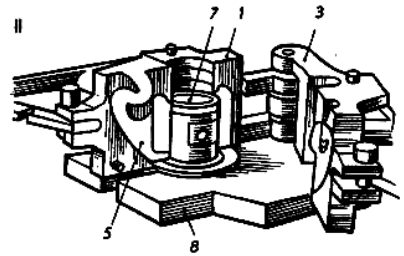
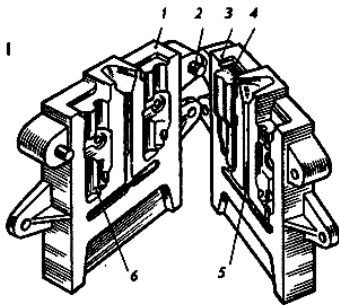


Рисунок Г. 25 – Загальний вигляд кокілю із вертикальним рознімом: 1 – ліва частина кокілю; 2 – напрямні штирі, які служать для скріплення двох частин кокілю; 3 – права частина кокілю; 4 – стрижні; 5 – литникова система; 6 – порожнина, що відповідає конфігурації одержуваного відливання; 7 – поршень; 8 – нижня частина форми

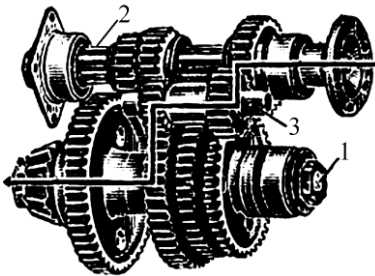


Рисунок Г.26 – Коробка швидкостей двигуна тракторів ХТЗ: 1 – нижній валик коробки швидкостей; 2 – середній валик; 3 – валик заднього ходу

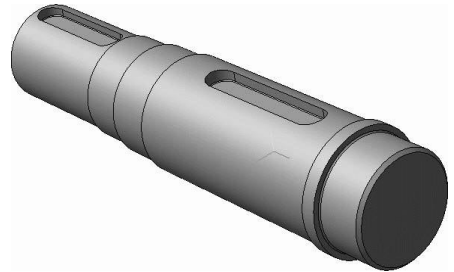


Рисунок Г.27 – Вал для роботи з більшими навантаженнями



Рисунок Г.28 – Безшовні сталеві труби для крекінгу нафти, що піддаються дії високих температур



Рисунок Г.29 – Кузов автомобіля з неметалевого матеріалу



Рисунок Г.30 – Свердла та фрези



Електронне навчальне видання

Методичні вказівки
до самостійної роботи з дисципліни
**«Наукові основи вибору матеріала
і прогресивних зміцнюючих технологій»**
для здобувачів спеціальності *132 «Матеріалознавство»*
всіх форм здобуття вищої освіти

Відповідальна за випуск О. П. Гапонова
Редакторка О. Ф. Дубровіна
Комп'ютерне верстання Т. П. Говорун

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 3,49. Обл.-вид. арк. 2,7.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Харківська, 116, м. Суми, 40007
Свідоцтво про внесення суб'єкта господарювання до Державного реєстру видавців,
виготовлювачів та розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 8193 від 15.10.2024.