

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства і технології
конструкційних матеріалів**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки вимірювального інструменту «калібр-скоба»

Виконав:

студент Хвостенко Ростислав
Олександрович

Керівник:

Говорун Тетяна Павлівна

Залікова книжка

№ 19510099

Підпис _____

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК

_____ Марченко К.С.

Оцінка, дата

Прізвище, підпис

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н. А.
«20» червня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Хвостенку Ростиславу Олександровичу, група МТ-81-9
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки вимірювального інструменту «калібр-скоба»

2. Вихідні дані: Креслення вимірювального інструменту «калібр-скоба» та вимоги до нього вказані на кресленні (додаток А)

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу

- 1) Креслення деталі.
- 2) Графік термічної обробки деталі
- 3) План розробленої термічної дільниці

4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1 Характеристики та умови експлуатації деталі	X			
2	Розділ 2 Огляд літератури	X			
3	Розділ 3 Характеристика матеріалу деталі і методів дослідження		X		
4	Розділ 4 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі			X	
5	Розділ 5 Вибір обладнання для проведення операцій термічної обробки				X

5. Дата видачі завдання 26.04.2022 р.

Керівник _____
(підпис)

_____ (посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота: складається з 68 сторінок, 5 розділів, 29 літературних джерел, 2 додатків на 2 сторінках.

Мета роботи – підвищення експлуатаційних властивостей інструменту «калібр-скоба» шляхом аналізу умов експлуатації, вибору оптимального матеріалу та раціональних режимів термічної обробки, розробки маршрутної технології виготовлення виробу та проектування термічної дільниці.

Завдання досліджень: проаналізувати умови роботи інструменту; провести аналіз літературних джерел; раціонально обрати матеріал для виготовлення інструменту; розробити технологічний процес та обрати оптимальну термічну обробку виробу; обрати основне обладнання для термічної дільниці та спроектувати термічну дільницю.

В ході виконання роботи було проаналізовано умову роботи деталі «калібр-скоба» та сформульовано вимоги до матеріалів з якого вона виготовляється. Ґрунтуючись на результатах літературного огляду призначена марка сталі, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі «калібр-скоба», запропоновано оптимальний режим термічної обробки деталі.

Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки. Проведений вибір основного і допоміжного обладнання та базуючись на річній програмі розрахована необхідна кількість обладнання та спроектовано термічну дільницю.

Методи досліджень: використання стандартних методів визначення фізико-механічних властивостей та структури сталі 20 для виготовлення калібру-скоби і сучасних металографічних методів дослідження, що включають мікроскопічний і макроскопічний аналіз, теоретичні і практичні методи, огляд літературних джерел і патентний пошук.

Ключові слова: інструмент, калібр-скоба, термічна обробка, цементация, гартування, відпуск

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1	11
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ	11
1.1 Аналіз умов роботи інструменту	11
1.2 Причини виходу з ладу	14
Висновки	16
РОЗДІЛ 2	17
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	17
2.1 Прогресивні інструментальні матеріали та технології виготовлення інструменту	17
2.2 Методи поверхневого зміцнення	21
Висновки	26
РОЗДІЛ 3	27
ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
3.1 Вибір матеріалу інструменту «калібр-скоба»	27
3.2 Методи дослідження	32
3.2.1 Макро- і мікроаналізи	34
3.2.2 Визначення твердості та мікротвердості	35
Висновки	38
РОЗДІЛ 4	39
РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	39
4.1 Отримання заготовки «калібр-скоба»	39
4.2 Технологічний процес виготовлення деталі «калібр-скоба»	40
Висновки	46

РОЗДІЛ 5	47
ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ	47
5.1 Призначення режиму термічної та хіміко-термічної обробки деталі.....	47
5.2 Вибір обладнання для проведення операцій термічної обробки	51
5.3 Розрахунок обладнання	55
5.4 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується.....	58
5.5 Розробка плану розташування обладнання на термічній дільниці.....	60
Висновки	62
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64
ДОДАТОК А.....	67
ДОДАТОК Б	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ТО – термічна обробка

$\sigma_{0,2}$ – межа текучості умовна, МПа

σ_b – межа міцності при розтягу, МПа

σ_T – межа пропорційності (межа текучості для залишкової деформації), МПа

δ_5 – відносне подовження при розриві, %

ψ – відносне звуження, %

KCU – ударна в'язкість, кДж/м²

HB – твердість за Бринелем

HRC – твердість за Роквелом, шкала С

ВСТУП

Актуальність роботи. У світі операція та процеси технічного контролю розглядаються, як невід'ємна частина технології. Тому при проектуванні технічного контролю використовуються досягнення технологічної науки у галузі типізації процесів, підвищення точності, продуктивності та надійності технологічних систем.

Найважливішим моментом у технологічній підготовці є не опис технологічного контролю, а встановлення необхідності його проведення. При цьому не можна забувати про те, що в процесі контролю не створюються матеріальні цінності, а лише оцінюють стан цих матеріальних цінностей та їх відповідність деяким встановленим вимогам.

При технологічній підготовці виробництва встановлює точність вимірів та достовірність контролю; рівень автоматизації контрольних операцій; продуктивність та якість праці контролерів; показники економічної діяльності підприємства, що залежать від того, якою мірою контроль став надійним заслоном випуску недоброякісної продукції та його ефективності, як важеля ефективності якості.

У машинобудуванні широко використовують так званий альтернативний метод контролю за придатністю виробів. Він дозволяє розділити продукцію на придатну та дефектну. При цьому дійсні значення параметра, що перевіряється, не визначаються, а встановлюється факт його відповідності нормативу. При альтернативній перевірці геометричних параметрів виробів найчастіше застосовують калібри.

Для вимірювання валів і зовнішніх розмірів деталей, обмежених плоскими паралельними поверхнями, використовуються граничні скоби. Вони бувають регульованими і нерегульованими, а за характером отримання заготовки поділяються на листові, штамповані і литі.

В інструментальних цехах машинобудівних заводів, як правило, виготовляють листові скоби, а в спеціалізованих виробництвах - штамповані і литі.

До каліброво-вимірювального інструменту пред'являються основні вимоги: мале зношування в роботі та незмінність розмірів. Тому сталь для калібрів повинна забезпечити:

- 1) високу поверхневу твердість (для гладких калібрів – 58-64 HRC, для різьбових – 55-60 HRC);
- 2) мала і закономірна зміна розмірів інструментів при термообробці, яка б піддавалася попередньому обліку;
- 3) відсутність втрати функцій при роботі з часом.

Сталь для калібрів має бути чистою щодо неметалевих включень. Для калібрів високої точності не можна допускати кількість включень понад 2-2,5 бали стандартної шкали.

Тому тема кваліфікаційної роботи бакалавра підвищення експлуатаційних властивостей деталі «калібр-скоба», аналіз умов експлуатації деталі і є **актуальною**.

Мета роботи – підвищення експлуатаційних властивостей інструменту «калібр-скоба» шляхом аналізу умов експлуатації, вибору оптимального матеріалу та раціональних режимів термічної обробки, розробки маршрутної технології виготовлення виробу та проектування термічної ділянки.

В роботі розглянуті наступні питання:

- актуальність теми;
- призначення виробу, область застосування, а також вимоги, що пред'являються, основні технологічні та експлуатаційні властивості, вплив на них зовнішніх параметрів;
- причини виходу з ладу;
- був обраний матеріал і проведено проектування маршрутної технології отримання виробу;

– визначена необхідна для отримання певних властивостей термічна обробка;

– запропонований один з перспективних процесів зміцнення;

Завдання досліджень: проаналізувати умови роботи інструменту; провести аналіз літературних джерел; раціонально обрати матеріал для виготовлення інструменту; розробити технологічний процес та обрати оптимальну термічну обробку виробу; обрати основне обладнання для термічної дільниці та спроектувати термічну дільницю.

В ході виконання роботи було проаналізовано умову роботи деталі «калібр-скоба» та сформульовано вимоги до матеріалів з якого вона виготовляється. Ґрунтуючись на результатах літературного огляду призначена марка сталі, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі «калібр-скоба», запропоновано оптимальний режим термічної обробки деталі.

Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки. Проведений вибір основного і допоміжного обладнання та базуючись на річній програмі розрахована необхідна кількість обладнання та спроектовано термічну дільницю.

Методи досліджень: використання стандартних методів визначення фізико-механічних властивостей та структури сталі 20 для виготовлення калібру-скоби і сучасних металографічних методів дослідження, що включають мікроскопічний і макроскопічний аналіз, теоретичні і практичні методи, огляд літературних джерел і патентний пошук.

Завдання досліджень: проаналізувати умови роботи інструменту; провести аналіз літературних джерел; раціонально обрати матеріал для виготовлення інструменту; розробити технологічний процес та обрати оптимальну термічну обробку виробу; обрати основне обладнання для термічної дільниці та спроектувати термічну дільницю.

Практичне значення одержаних результатів. Було обрано матеріал, спроектовано термічну дільницю, запропоновано маршрутну технологію виготовлення і технологічний процес зміцнення інструменту «калібр-скоба» для підвищення експлуатаційних характеристик виробу.

Апробація результатів роботи. Тези конференції. Вибір матеріалу і термічної обробки вимірювального інструменту «скоба-калібр» / Хвостенко Р. О., Говорун Т. П // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.). Суми : Сумський державний університет, 2022. С. 82-83.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз умов роботи інструменту

Калібри – це безшкальні засоби вимірювання, призначені для контролю розмірів, форми та розташування поверхонь деталей. Калібри застосовують для контролю деталей з допусками ІТ6-ІТ17 здебільшого в умовах серійного та масового виробництва. Деталі з допусками ІТ5 і точніше контролюють універсальними засобами вимірювання – оптиметрами, мікроскопами, оптикаторами та інші [1-3].

Розрізняють калібри нормальні та калібри граничні. Нормальними калібрами називають калібри, розміри яких відповідають номінальним розмірам об'єкта, що контролюється. Серед нормальних калібрів знаходять застосування такі калібри як шаблони, щупи, конусні калібри [1-3].

Граничні калібри призначені для контролю граничних розмірів деталі, тобто за допомогою граничного калібру визначають, чи розміщується дійсний розмір вимірюваної поверхні між найбільшим та найменшим граничними розмірами. Граничні калібри мають прохідний бік - ПР і непрохідний - НЕ . Якщо прохідний калібр проходить через контрольовану поверхню, а непрохідний - не проходить, то це означає, що розмір даної поверхні розміщується між заданими граничними розмірами і деталь придатна (рис. 1.1) [1-3].

Розміри вимірювальних поверхонь калібрів, як і розміри поверхонь деталей, неможливо виконати абсолютно точно, тому на розміри прохідних і непрохідних калібрів передбачають допуски на виготовлення. У процесі роботи під час вимірювання поверхні калібрів стираються і їхні розміри змінюються - розміри пробок зменшуються, а розміри скоб – збільшуються [1].

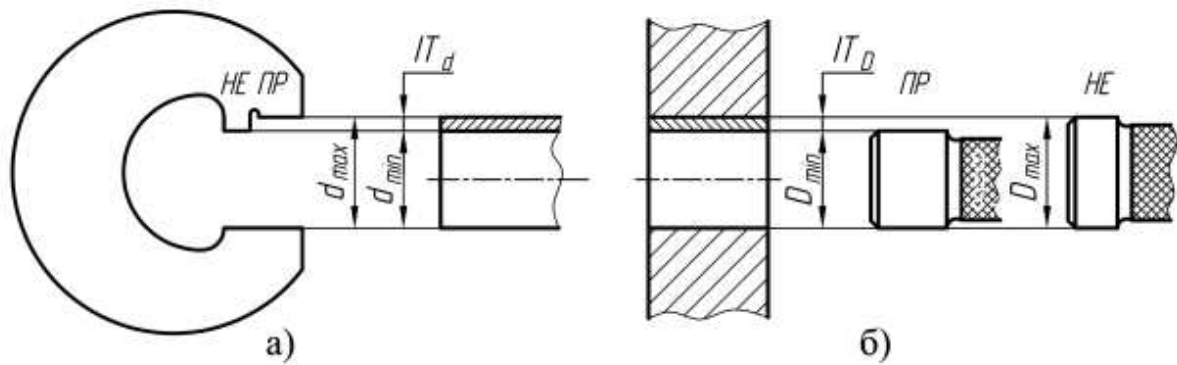


Рисунок 1.1 – Схема контролю граничними калібрами:

схема контролю вала калібром-скобою (а); схема контролю отвору калібром-пробкою (б): d_{max} і d_{min} - найбільший та найменший граничні розміри вала; D_{max} і D_{min} - найбільший та найменший граничні розміри отвору, T – допуск на виготовлення отвору чи вала [1-3]

Через зношення прохідного калібру може змінитися характер посадки. Тому крім допусків на виготовлення передбачають допуски на зношення калібрів. Через те, що прохідні калібри зношуються значно інтенсивніше від непрохідних, допуск на зношення встановлено лише для прохідних калібрів, що обмежує вихід розмірів калібрів за границі поля допуску деталі [1].

На кресленнях калібру проставляють його виконавчі розміри, кожний з яких складається з номінального розміру та допуску (Додаток А). Виконавчі розміри робочих калібрів-скоб, а також контрольних калібрів підраховують за формулами. За номінальний розмір приймають розмір, який відповідає максимуму матеріалу калібру (прохідна границя) і задається йому одностороннє відхилення, що дорівнює допуску і спрямоване «у тіло» калібру [1].

Для калібру-скоби (отвору) номінальним розміром вважається її найменший граничний розмір. Допуск на виготовлення відраховують «у тіло» калібру, тобто «в плюс» [1].

Для контролю валів використовуються переважно калібри-скоби. за конструкції можуть бути нерегульованими односторонніми (рис. 1.2), двосторонніми (рис. 1.3) та регульованими (рис. 1.4) [1-3].



Рисунок 1.2 – Калібр-скоба нерегульована одностороння двох-гранична [1-3]

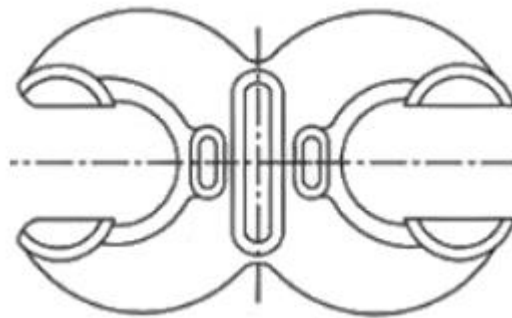


Рисунок 1.3 – Калібр-скоба нерегульована двостороння [1-3]

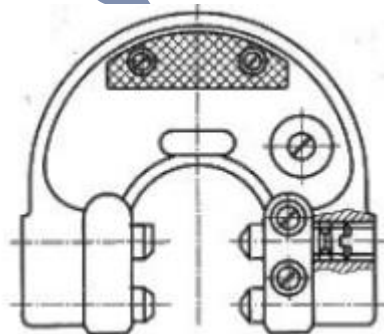


Рисунок 1.4 – Калібр-скоба нерегульована двостороння [1-3]

Калібри - точний та дорогий інструмент. Найменша недбалість у поводженні призводить, до пошкодження їх поверхонь, втрати точності при вимірі та браку виробів [4, 5].

Нижче наведено правила експлуатації калібрів [4, 5].

Ніколи не застосовувати зусилля при користуванні калібрами; не можна вводити їх у виріб ударами або сильним натиском. Прохідний бік калібру повинен під дією своєї ваги легко, без натиску входити у виріб. Непрохідна сторона - не повинна входити або в крайньому випадку може тільки закушувати виріб. При надмірному зусиллі калібр пружинить, втрачає свій розмір і швидко зношується [4, 5].

Виріб, що перевіряється калібрами, повинен бути очищений від пилу, бруду, задирок і насухо витерто. Перевірка змазаних виробів або виробів змазаними калібрами призводить до помилок оцінки розміру виробу [3-6].

Забороняється перевірка калібрами виробів, що обертаються [3-6].

Не можна проводити перевірку нагрітих виробів. Виріб повинен бути охолодженим до температури калібру. Перевірка нагрітих виробів призводить до помилок у визначенні розміру виробу та псування калібру [5, 6].

Строго у встановлений термін калібри повинні пред'являтися органам технічного контролю для перевірки [5, 6].

Калібри повинні зберігатися на робочому місці та в коморі на дерев'яних подушках. Їхні вимірювальні поверхні не повинні стикатися з металевими предметами. Не слід допускати ударів по калібру або падіння калібру на підлогу [5, 6].

1.2 Причини виходу з ладу

Вимірювальні поверхні калібрів виготовляють із інструментальної сталі (хромистої або іншої), загартованої до високої твердості, піддають хромовому зносостійкому покриттю; використовують і твердосплавні вставки.

Оснащення робочих поверхонь калібрів твердим сплавом марки ВК6 або ВК6М підвищує їх зносостійкість у десятки разів. Основна причина зниження зносостійкості калібрів - стирання вимірювальних поверхонь у процесі їх експлуатації [1, 5, 6].

Однією з причин втрати калібрами розмірів є природне їх старіння, тобто, властивість загартованих сталевих деталей з часом змінювати розміри та форму [1, 5, 6].

Важливе метрологічне та експлуатаційне значення має зусилля запровадження деталі в калібр або надягання скоби на неї. Надмірне зусилля викликає проникнення бракованих деталей у придатні, крім того прискорений знос калібрів, використовуваних у своїй як обробний інструмент. Практичне правило введення калібру під впливом його сили тяжкості для скоб - при горизонтальній осі контрольованої деталі придатне лише першому наближенні і лише середніх розмірів. Для малих розмірів сила тяжкості калібру недостатня, великих — надмірна. Тому рекомендується регламентувати це зусилля та навчати робітників та персонал ВТК забезпечувати його з достатньою точністю на дотик [1, 5, 6].

Інша похибка контролю калібрами пов'язана зі своїми тепловими деформаціями. При нагріванні скоб руками контролера виникає похибка, що становить істотну частину загальної похибки контролю. Забезпечуючи надійну ізоляцію від тепла рук відбувається помітне зменшення похибки. У стандартних скоб для діаметрів, починаючи з 10 мм, передбачено пластмасові накладки [1, 5, 6].

Висновки

Охарактеризовано конструкцію та призначення виробу, а також проаналізовано умови його роботи. Розглянуті основні поняття та різновиди інструменту. Вивчено питання призначення інструменту, проаналізовані умови роботи.

Проаналізовані основні можливі причини виходу з ладу.

Встановлено і той факт, що основними причинами є старіння та абразивний знос.

Цим інструментам властивий ряд недоліків, найбільш істотними з яких є: надмірне зусилля викликає проникнення бракованих деталей у придатні, крім того прискорений знос калібрів, використаних як обробний інструмент.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Прогресивні інструментальні матеріали та технології виготовлення інструменту

У світі операція та процеси технічного контролю розглядаються, як невід'ємна частина технології. Тому при проектуванні технічного контролю використовуються досягнення технологічної науки у галузі типізації процесів, підвищення точності, продуктивності та надійності технологічних систем [3-5].

Найважливішим моментом у технологічній підготовці є не опис технологічного контролю, а встановлення необхідності його проведення. При цьому не можна забувати про те, що в процесі контролю не створюються матеріальні цінності, а лише оцінюють стан цих матеріальних цінностей та їх відповідність деяким встановленим вимогам [3-5, 7-9].

При технологічній підготовці виробництва встановлює точність вимірів та достовірність контролю; рівень автоматизації контрольних операцій; продуктивність та якість праці контролерів; показники економічної діяльності підприємства, що залежать від того, якою мірою контроль став надійним заслоном випуску недоброякісної продукції та його ефективності, як важеля ефективності якості [3-5, 7-9].

Основними цілями даної курсової є: закріплення знань, отриманих у дисципліні «Контроль якості»; придбання практичних навичок розрахунку калібрів для різних видів розмірів; самостійне вивчення методів неруйнівного контролю [3-5, 7-9].

Види гладких калібрів для циліндричних валів та отворів встановлюються згідно стандартів. Для контролю валів - граничні калібри-скоби, листові скоби та пробки, оснащені твердим сплавом [7, 9, 10].

Допуски гладких робочих калібрів для отворів та валів встановлюються згідно стандартів [7, 10], калібрів для метричного різьблення – відповідно [9, 10], калібрів для шпонкових з'єднань – відповідно до [7, 9, 10], калібри для шліцевих з'єднань – відповідно [9, 10].

Конструкції гладких калібрів та вимоги до матеріалів для їх виготовлення докладно наведені у підручнику [7].

При проектуванні засобів контролю проводять розрахунок їх виконавчих розмірів за формулами, наведеними у довідниках та стандартах [7, 9, 10].

При проектуванні калібрів необхідно вибрати їхню конструкцію за відповідним стандартом і розрахувати виконавчі розміри. Інші розміри конструкції калібру необхідно взяти за довідковими таблицями [7, 10].

Технічні вимоги на калібри визначають згідно з [7, 9, 10]. Як матеріал для виготовлення калібру-скоби ми приймаємо сталь 20 за [7, 9, 10]. Робоча поверхня підлягає зміцненню за допомогою цементації. Товщина шару цементації має бути не менше 0,5 мм. Твердість робочих поверхонь, поверхонь вхідних та вихідних фасок має бути в межах: 59 - 65 HRC. Параметр шорсткості Ra робочих поверхонь – 0,08 мкм. Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, решти $\pm IT14/2$ [7, 9, 10].

Основні вимоги, що пред'являються до контрольно-вимірювальних пристроїв та приладів, встановлює стандарт [7, 10]:

- забезпечення оптимальної точності та продуктивності контрольних операцій;
- зручність в експлуатації;
- технологічність у виготовленні;
- зносостійкість;
- економічна доцільність.

Проектування контрольно-вимірювального пристрою полягає у виборі базової конструкції з існуючих контрольно-вимірювальних приладів.

Конструкції контрольно-вимірювальних приладів представлені у навчальному посібнику [5].

Основними вимогами для інструментальних матеріалів є твердість, міцність, теплостійкість, технологічність і економічність. Міцнісні властивості інструментальних матеріалів характеризуються межею міцності на вигин і на стиснення, ударною в'язкістю і коефіцієнтом тріщиностійкості. Теплостійкість характеризується температурою, при якій відбувається істотне зниження стійкості інструмента. Комплексною характеристикою інструментального матеріалу є його зносостійкість, яка визначає здатність збереження властивостей інструменту, із заданою продуктивністю, при забезпеченні точності і якості одержуваної поверхні. Зносостійкість визначається, в першу чергу, твердістю інструментального матеріалу, його міцністю і теплостійкістю [1, 3, 5, 9, 11-13].

На зносостійкість інструментального матеріалу значно впливає також стійкість до термічних перепадів, теплопровідність, окислювальна стійкість, а також адгезійні, дифузійні, хімічні властивості і коефіцієнт тертя по відношенню до матеріалу з яким буде працювати інструмент [5, 7, 11-13].

Під технологічністю розуміється комплекс властивостей, характеризують поведінку інструментальних матеріалів при виготовленні з нього інструменту. Наприклад, матеріали, що володіють поганою оброблюваністю, непрактичні при виготовленні і переточуванні складно профільних інструментів, а занадто вузький інтервал гартівних температур матеріалу при термообробці може привести до браку і т.д. [5, 7, 11-13].

Існують три варіанти виконання гладких калібрів [2, 5, 9, 10]:

1. Однограничні пробки або скоби (прохідні, марковані ПР, та непрохідні - НЕ), що застосовуються переважно при контролі щодо великих розмірів.

2. Двосторонні двосторонні калібри, які дещо прискорюють контроль. Вони передбачені для порівняно невеликих розмірів: калібри-скоби до 10 мм і калібри пробки до 50 мм.

3. Односторонні двограничні калібри, які компактніші і практично вдвічі прискорюють контроль. Такі калібри призначені для широкого діапазону розмірів.

Односторонні скоби, починаючи з розмірів понад 200 мм для контролю валів до 8-го квалітету включно, обов'язково повинні постачати теплоізоляційні ручки-накладки [5, 9, 10].

Конструктивно гладкі калібри можуть виконуватися регульованими та нерегульованими. Калібри для розмірів понад 500 мм, згідно з ГОСТ 24852-81 застосовують лише контроль деталей 9 - 17-го квалітетів. Ці калібри мають єдину схему розташування полів допусків [2, 3, 5].

Розрахунок калібрів зводиться до визначення виконавчих розмірів вимірювальних поверхонь, обмеження відхилень їх форми та призначення оптимальної шорсткості. Початком відліку відхилень для прохідних гладких калібрів є прохідна межа валу або отвору, для непрохідних - їхня непрохідна межа. На прохідні калібри крім допуску виготовлення окремо передбачають ще допустиму межу зносу [2, 5, 9, 10].

Для продуктивного та точного контролю внутрішніх розмірів контролю калібрів-скоб у процесі їх доведення при виготовленні та для швидкого визначення моменту повного зношування використовують гладкі контрольні калібри [2, 5, 9].

Незалежно від типу та призначення калібрів до них пред'являються такі основні вимоги [2, 5, 9, 10]:

Точність виробництва. Робочі розміри калібру повинні бути виконані відповідно до допусків на виготовлення.

Висока жорсткість при малій вазі. Жорсткість необхідна зменшення похибок від деформацій калібрів (особливо скоб великих розмірів) при вимірі.

Мала вага потрібна підвищення чутливості контролю та полегшення роботи контролера під час перевірки середніх і великих розмірів.-

Зносостійкість. Для зниження витрат на виготовлення та періодичну перевірку калібрів необхідно вживати заходів щодо підвищення їх зносостійкості. Вимірнювальні поверхні калібрів виконують із легованої сталі, загартовують до високої твердості та покривають зносостійким покриттям (наприклад, хромують). Випускають також калібри невеликих розмірів, виготовлені із твердого сплаву [2, 5, 9, 10].

Продуктивність контролю забезпечується раціональною конструкцією калібрів; по можливості слід застосовувати односторонні граничні калібри [2, 5, 9].

Стабільність робочих розмірів досягається відповідною термообробкою (штучним старінням) [12, 14-15].

Стійкість проти корозії, необхідна для забезпечення збереження калібрів, досягається застосуванням антикорозійних покриттів та вибору матеріалів, мало схильних до корозії [16].

2.2 Методи поверхневого зміцнення

Інструментальні сталі повинні витримувати зношування, високі напруження, підвищені температури, і корозійний вплив навколишнього середовища. На основі складу сплаву, термічної обробки та термомеханічної обробки, інструментальні сталі розроблені для протидії руйнівному впливу не тільки в робочій частині інструменту, а також і в значній глибині основи [12, 17].

Незважаючи на однорідність інструментальних сталей, поверхня інструменту найбільше піддається руйнуванню при роботі. Для покращення поверхневих властивостей інструментальних сталей. Сьогодні існує багато

допоміжних технологій захисних поверхонь, що дозволяють покращити якість інструментальної сталі.

Хіміко-термічна обробка деталей типу азотування та цементації, суттєво змінюється хімічний склад поверхневого шару. Дифузією атомів азоту або вуглецю в сталі. Термічна не змінює хімічний склад поверхні, обмежуючись швидким нагріванням та охолодженням поверхні, і таким чином отримуючи мартенситну структуру в зоні впливу [12, 17].

Деякі з методів отримання покриттів такі як цементація, нітроцементація та азотування, термічна обробка, добре себе показали і продовжують застосовуватись при виготовленні обладнання і апаратури. Проте, багато із зазначених методів мають набагато більш недавнє застосування до інструментальних та інших сталей. Більш нові методи нанесення покриттів застосовані до інструментальних сталей, включають промені високих енергій, плазму, магнітне та електричне поля, і вакуумні системи, багато з цих методів були розроблені й застосовані для кругового виробництва в електронній промисловості [12, 17].

Велика кількість методів і діапазон поверхневих властивостей, які можуть бути отримані для технічних компонентів, веде розробку захисних покриттів до міждисциплінарної діяльності [17].

Розробка покриттів залучає традиційні та інноваційні технології покриттів до технічних компонентів, і матеріалів для виготовлення складних матеріалів з властивостями, недосяжними або в матеріалі основі або поверхні [17, 18].

Часто існуючі технології створення покриттів застосовуються до існуючих призначень технічних компонентів, але ідеально розробки покриттів залучає призначенні компоненту зі знанням поверхневої обробки необхідно застосовувати [17, 18].

Одним із широкоживаних методів зміцнення робочих поверхонь інструменту є цементация. Цементация – це технологічний процес дифузійного насичення поверхневого шару сталей вуглецем [17-19].

Цементацию проводять з метою отримання твердої, стійкої до зношення поверхні, що досягається збагаченням поверхневого шару металу деталей вуглецем і послідуєчим гартуванням і низьким відпуском. Крім того, після такого комплексного процесу підвищується границя контактної витривалості і границя витривалості при згині і крутінні [18-20].

Для цементации звичайно використовують низьковуглецеві сталі, що містять від 0.1 до 0.25 % С. Це забезпечує збереження серцевини деталі, яка не насичується вуглецем при цементации, високої в'язкості після гартування. Поверхні деталі, які не підлягають цементации, захищають шаром міді завтовшки 0,02 - 0,05 мм. Цементации звичайно піддають деталі машин, які повинні мати зносостійку робочу поверхню і в'язку серцевину: зубчасті колеса, вали, пальці, розподільчі вали, кулачки, черв'яки тощо [18-20].

Цементацию проводять, як правило, при температурах, що перевищують точку A_{c3} (930 - 950 °С), при яких стійкою фазою є аустеніт, який розчиняє вуглець у великих кількостях [18-20].

Цементований шар має змінну концентрацію С по глибині, яка зменшується від поверхні до серцевини деталі. На поверхні деталі концентрація С після цементации доводиться до 0,8 - 1,0 %. Тому в структурі цементованого шару після повільного охолодження можна розрізнити три зони: заевтектоїдну, що складається з перліту і цементиту; евтектоїдну, що складається тільки з пластинчастого перліту; і доевтектоїдну, що складається з перліту і фериту з поступовим зменшенням кількості перліту і збільшенням кількості фериту [18-20].

Товщина цементованого шару звичайно становить 0,5 - 1,8 мм. При цьому зі збільшенням температури процесу збільшується товщина шару, що отримується за даний проміжок часу [18-20].

Для забезпечення максимального опору контактної втоми кількість С на поверхні може бути підвищена до 1,1 - 1,2%. Але більш висока концентрація С викликає погіршення механічних властивостей цементованого виробу [18-20].

На практиці найчастіше застосовують два способи цементації: у твердому і газовому карбюризаторі.

Цементация у твердому карбюризаторі. Найбільш розповсюджений твердий карбюризатор складається в основному з деревного вугілля з додаванням вуглекислих солей (BaCO_3 , Na_2CO_3 та ін.) у кількості 10 – 40 % від маси вугілля. Вуглекислі солі активізують карбюризатор, прискорюючи швидкість утворення атомарного С. Тривалість цементації твердими карбюризаторами залежить від розмірів ящика і потрібної товщини покриття і становить від 10 до 20 год. Після цементації ящики охолоджують на повітрі до 400 - 500 °С, потім розкривають [12, 18, 21].

Газова цементация. Сутність газової цементації полягає в тому, що процес здійснюється в печах з герметичною камерою, наповненою газовим карбюризатором. Як цементуючий газ використовують природний газ, пропан-бутанові суміші, рідкі вуглеводні, а також ендогаси. Газова цементация має ряд переваг порівняно з цементацією в твердому карбюризаторі, основними з яких є [12, 18, 21]:

- 1) можливість забезпечення заданої концентрації С у шарі;
- 2) скорочення тривалості процесу завдяки відсутності в технологічному процесі цементаційних ящиків з низькотеплопровідним карбюризатором;
- 3) можливість повної механізації та автоматизації процесу завдяки спрощенню термічної обробки деталей після цементації (гартування можна проводити безпосередньо з цементаційного нагріву після попереднього підстужування) [12, 18, 21].

Кінцеві властивості цементовані деталі отримують у результаті термічної обробки, яку проводять після цементації. Така обробка проводиться

для виправлення структури серцевини і цементованого шару після тривалого високотемпературного процесу цементації, отримання високої твердості і зносостійкості поверхневого шару та добрих механічних властивостей серцевини деталі. У більшості випадків, особливо при обробці спадково дрібнозернистих сталей, застосовують гартування з температури 820 - 850 °С. Така обробка забезпечує подрібнення зерна і повне гартування цементованого шару і часткову перекристалізацію та подрібнення зерна серцевини [12, 18, 21].

Після газової цементації часто проводять гартування безпосередньо із цементаційної печі після підстижування до 840 - 860 °С. Така обробка не виправляє структуру цементованого шару і серцевини. Тому таку обробку застосовують тільки для виробів, виготовлених із спадково дрібнозернистих сталей [12, 18, 21].

Інколи термічна обробка після цементації складається з подвійного гартування і відпуску. Перше гартування (або нормалізація) з нагріванням до 880 - 900 °С проводять для виправлення структури серцевини, а друге гартування ($t_{\text{г}}=760\text{...}780$ °С) – для усунення перегріву цементованого шару і надання йому високої твердості та зносостійкості. Заключною операцією термічної обробки цементованих виробів є низький відпуск при 160...180 °С, який зменшує внутрішні напруги, поліпшує механічні властивості, зберігаючи високу твердість і зносостійкість поверхні деталі [12, 18, 21].

Висновки

Були розглянуті перспективні види матеріалів для виготовлення інструменту і методи обробки поверхневого шару металу шляхом нагрівання для підвищення експлуатаційних властивостей деталі. Правильний вибір матеріалу для виготовлення калібру, методів зміцнення, умов обробки інструменту дозволить отримати високу якість, точність і довговічність.

Одним із широкоживаних методів зміцнення робочих поверхонь інструменту є цементация. Цементация – це технологічний процес дифузійного насичення поверхневого шару сталейних деталей вуглецем.

Цементацию проводять з метою отримання твердої, стійкої до зношення поверхні, що досягається збагаченням поверхневого шару металу деталей вуглецем і послідуєчим гартуванням і низьким відпуском. Крім того, після такого комплексного процесу підвищується границя контактної витривалості і границя витривалості при згині і крутінні.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вибір матеріалу інструменту «калібр-скоба»

До сталей для вимірювальних інструментів пред'являється комплекс вимог, з яких найважливішими є висока зносостійкість, збереження сталості лінійних розмірів та форми при експлуатації, висока чистота поверхні (висока полірованість) [15].

До якості калібрів-скоб висуваються такі вимоги [12-15]:

- а) висока точність виготовлення;
- б) висока зносостійкість;
- в) висока опірність корозії;
- г) сталість робочих розмірів.

На виконання останніх трьох вимог безпосередньо впливає матеріал калібрів та його термічна обробка. Матеріал для вимірювального інструменту повинен відрізнятися мінімальними деформаціями при гартуванні, сприяти збереженню робочих розмірів калібрів при тривалому зберіганні, відрізнятися високою опірністю зносу і корозії, мати високу твердість вимірювальних поверхонь і, нарешті, добре оброблятися, дозволяючи отримувати належну чистоту поверхні при шліфуванні [12-15].

Для виготовлення калібрів та деталей вимірювальних інструментів застосовують такі марки сталі [12-15]:

- 1) цементовані вуглецеві сталі марок 15, 20;
- 2) вуглецеві інструментальні сталі У8А, УЮА, У12А;
- 3) леговані інструментальні сталі Х, ХГ і високохромиста сталь Х12;
- 4) нітролої 35ХЮА, 35ХМЮА.

Сталі першої групи застосовуються для листових калібрів нескладного профілю, листових та штампованих скоб, а також інструменту зі значною довжиною робочих частин. Друга група служить виготовлення штихмасів і гладких циліндричних пробок. Сталі третьої групи йдуть виготовлення різьбових, складних, комплексних та інших відповідальних калібрів. З азотованих сталей виготовляється найскладніший інструмент і особливо такий, який відрізняється великою довжиною при малому поперечному перерізі [15].

Для вимірювальних інструментів можуть застосовуватись як високовуглецеві заевтектоїдні сталі, так і сталі з додатковим легуванням хромом, марганцем, вольфрамом та ванадієм. У вітчизняній практиці для вимірювальних плит найбільш широко використовують сталі типу X (0,95-1,10% C; 1,3-1,65% Cr) і 12X1 (1,15-1,25% C; 1,3-1,65% Cr) [15].

Інструменти із середньовуглецевих сталей піддають загартуванню з індукційного нагрівання та низької відпустки [15].

У таблиці 3.1 наведено хімічний склад перелічених вище сталей.

Цементовані сталі застосовують для виготовлення скоб, шаблонів та деталей приладів, у яких має бути загартована лише частина поверхні. Цементация є тривалою та дорогою операцією термічної обробки, тому виготовлення інструментів із цементованих сталей слід застосовувати лише тоді, коли це необхідно [15].

Скоби виготовляють з цементованої сталі тому, що гаряче штампування високовуглецевої сталі викликає значні технологічні проблеми. Шаблони виготовляють із цементованої сталі для того, щоб у них після гартування залишалася м'яка серцевина, за наявності якої шаблони можна корегувати [15].

У деяких деталях буває необхідно після гартування робити свердління або розточування. В цьому у разі деталь виготовляють із цементованої сталі; після цементации видаляють цементований шар у тих місцях, де поверхні повинні залишитися незагартованими, а потім деталь гартують [15].

Таблиця 3.1

Хімічний склад сталей, що застосовуються виготовлення
калібрів та деталей вимірювальних інструментів [15]

Марка сталі	Хімічний склад							Стандарт
	C	Cr	Mn	Si	Ni	S	P	
Сталь 15 (цементована)	0,10– 0,20	≤ 0,3	0,35– 0,65	0,17– 0,37	≤ 0,30	0,045	0,045	ГОСТВ–1050– 41
У8А	0,75– 0,85	≤ 0,2	0,25– 0,35	≤ 0,30	≤ 0,25	0,03	0,03	ГОСТ В– 1435–42
У10А	0,95– 1,09	≤ 0,2	0,15– 0,25	≤ 0,30	≤ 0,25	0,03	0,03	ГОСТ В– 1435–42
Х	0,95– 1,10	1,3– 1,6	≤ 0,4	≤ 0,35	≤ 0,25	0,03	0,03	ГОСТ 14958– 39
ХГ	1,30– 1,50	1,3– 1,6	0,45– 0,70	≤ 0,35	≤ 0,25	0,03	0,03	ГОСТ 14958– 39
ХВГ	0,90– 1,05	0,9– 1,2	0,80– 1,10	0,10– 0,40	≤ 0,35	0,03	0,03	ГОСТ 5950–73

Замість видалення цементованого шару часто перед цементациєю застосовують омеднення тих поверхонь, які повинні цементуватися. Шар міді перешкоджає цементациї, і після гартування омеднені місця залишаються незагартованими [15].

Застосування гартування струмами високої частоти дозволило у багатьох випадках відмовитися від застосування цементациї та виготовляти деталі з вуглецевої інструментальної сталі з наступною поверхневою загартуванням [16].

Сталь 20 - якісна конструкційна низьковуглецева сталь. За ступенем розкислення сталь 20 є спокійною, а значить більш дорогою та якісною. Вона відмінно піддається механічній обробці, зварюванню та ковальсько-пресовим операціям. Знаходить широке застосування у економіці та народному господарстві.

Стандартами, що регламентують вміст основних елементів сталі 20, є ДСТУ 7809 і ГОСТ 1050. У складі сплаву частка заліза становить майже 98 %, а кількість вуглецю - 0,17 - 0,24 %. Загальна частка інших хімічних компонентів, основними з яких є кремній, хром, мідь та нікель, не перевищує 2 %. Тому вона вважається нелегованою [16].

Сталь 20 є нефлокеночутливою та демонструє відмінну релаксаційну стійкість. Всі вироби та конструкції, крім деталей з хіміко-термічною обробкою, відмінно зварюються за допомогою ручного та напівавтоматичного електродугового та аргонового зварювання, а також зварюванням контактним та під флюсом [17].

Як якісна конструкційна сталь, марка 20 випускається у вигляді різного сортового та фасонного прокату, листів та труб, затребуваних у будівництві, енергетиці, верстат- та машинобудуванні. Вона використовується при виробництві котлів та іншого теплогенеруючого обладнання, фланців, патрубків та елементів корпусів та обшивки. З неї виготовляються різні зварні конструкції, у тому числі ті, що зазнають значної напруги і несучого навантаження [17].

У разі додаткової хіміко-термічної обробки зі сталі 20 також виробляють деталі, до яких пред'являють підвищені вимоги до міцності та зносостійкості: шпинделі, шестірні, циліндричні вали і черв'якові; зірочки, муфти та фрикційні диски; осі, шпильки та анкерні болти; хомути та пробки. З поковок сталі 20 допускається виготовлення деталей типу кілець, фланців, денців, патрубків та трійників для загальнопромислових механізмів, а також енергетичного обладнання та трубопроводів із робочим тиском вище 3,9 МПа.

Таблиця 3.2

Хімічний склад у % матеріалу 20 [17]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.17 - 0.24	0.17 - 0.37	0.35 - 0.65	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Хімічний склад сталі 20 включає наступні елементи та їх позначення:

Вуглець. Перша цифра 20 свідчить про вміст вуглецю в сотих частках, тобто 0,2 %. Перевагою сталі з підвищеним вмістом вуглецю є більш висока міцність, але цей показник призводить до зниження пластичності [17].

Кремній. Частка кремнію у металі становить від 0,17 до 0,35 %. Завдяки наявності кремнію у складі металу, знижуються пористість, кількість газових раковин, що негативно впливають на міцність металу. Пори та раковини утворюються через гази кисню, азоту та водню, за видалення частинок яких відповідає кремній [17].

Марганець. Частка марганцю становить від 0,35 до 0,6 %. Марганець, як і кремній, перешкоджає окисленню, а також виводить сірку зі складу. Завдяки марганцю термічна обробка під тиском протікає з низькою ймовірністю утворення тріщин, покращується результативність кування та зварювальних робіт, поверхня виробів стає більш якісною [17].

Хром, мідь, нікель. Частка нікелю та міді зазвичай не перевищує 0,3 %, частка хрому; 0,2%. Це легуючі добавки, що надають позитивний вплив на властивості сталі, але в даному випадку їх вміст незначний, тому помітного впливу на характеристики сплаву вони не надають [17].

Фосфор, сірка. Зміст фосфору допустимо до 0,035 %, сірки; до 0,04 %. Це домішки, що надають шкідливий вплив на сталь. Вони підвищують крихкість, негативно впливають на в'язкість, внаслідок чого сталь втрачає стійкість до динамічних навантажень [17].

Залізо. Решта сплаву посідає залізо.

Сталь 20 – високотехнологічний метал, що відноситься до категорії цементованих. Процес цементації є насичення поверхні виробу вуглецем шляхом нагрівання у спеціальному середовищі. В результаті такої обробки верхній шар виробу набуває показника твердості до 62 HRC, що втричі вище, ніж у серцевині. Метал добре піддається ковці, різанні та пайці, не схильний до утворення тріщин, зберігає високу щільність. Для зварювання застосовні

всі популярні методи – АДС, КТС, РДС, зварювання під флюсом тощо. Тип обладнання залежить від обраної технології зварювання. [18].

Таблиця 3.3

Механічні властивості сталі 20 після ХТО [18].

Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ϕ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ	НРС
Цементація 920-930 ° С, повітря. Гартування 800-820 ° С, вода. Відпуск 180-200 ° С, повітря.							
50	290-340	490-590	18	45	54	156	55-63

Таблиця 3.4

Температура критичних точок, °С сталі 20 [18]

Температура критичних точок, °С			
Ac ₁	Ac ₃	Ar ₁	Ar ₃
735	850	680	835

3.2 Методи дослідження

Класифікація дефектів дозволяє правильно вибрати технологічні процеси виготовлення деталей, особливо типові; обґрунтувати раціональну спеціалізацію підрозділів; робити укрупнені розрахунки трудових і матеріальних витрат; планувати виробництво [12].

Вузли і деталі досліджують на дефекти з метою оцінки їхнього технічного стану і визначення можливості їхньої подальшої експлуатації.

При дефектуванні встановлюють: зміни розмірів і геометричної форми деталей; наявність викривування, тріщин, сколів, пробоїн, подряпин, задир тощо; залишкових деформацій у вигляді вигину, перекосу; зміни фізико-механічних характеристик в результаті впливу температури, вологи тощо.

Контроль технологічного процесу полягає в строгому дотриманні режиму цементації і термічної обробки, а саме [12]:

- Контроль температури (термопара).
- Контроль тиску в камері для цементації (монometr).
- Контроль рівня масла в гартівному баку.
- Контроль витрати газів і склад атмосфери (газоаналізатор ТП 2220). Даний контроль виконують 2 рази на тиждень при стійкій роботі агрегату.

При контролі якості цементованих деталей перевіряють [12]:

- Товщину покриття. Її зазвичай визначають на зразках - свідках, виготовлених з тієї ж сталі і підданих цементації і термічної обробки за тими самими режимами, що і деталі. Товщину шару оцінюють по твердості або мікроструктурі.

- Твердість поверхні і серцевини, а також розподіл твердості по покриттю. Вимірювання твердості проводять безпосередньо в потоці обробці деталей.

- Мікроструктуру перевіряють у лабораторії на шліфах, приготованих з цементованих деталей або зразків - свідків. У цементованому шарі визначають дисперсність мартенситу, наявність і розташування карбідів, залишковий аустеніт і дефекти шару (сітка цементиту, надлишкові скупчення карбідів, наявність троститу і ін.).

- Аналізують також структуру серцевини, при цьому основну увагу звертають на наявність фериту і його розподіл.

- Вміст вуглецю визначають пошаровим або спектральним аналізом [12].

В процесі виробництва контролюють:

1. Твердість поверхні контролюють твердоміром (рис. 3.1.).



Рисунок 3.1 – Твердомір типу ТК [12]

2. Відсутність тріщин (зовнішній огляд, дефектоскоп (рис. 3.2.))



Рисунок 3.2 – Дефектоскоп для знаходження дефектів [12]

Деформацію деталей при термічній обробці. Даний контроль доцільно проводити через кожні 1 - 2 години роботи агрегату.

Крім того, періодично (зазвичай на початку чергової зміни) 1 - 2 деталі направляють для металографічного аналізу структури і глибини загартованого шару, вимірювання твердості поверхні і серцевини на вирізаних зразках - свідках [12, 13].

3.2.1 Макро- і мікроаналізи

Макроструктурою будь-якого металу або сплаву називається структура, видима неозброєним оком або при дуже невеликому збільшенні.

Макроструктуру вивчають по зламу, розрізу зливка і за допомогою макрошліфів. При цьому можуть бути визначені величина зерна, його форма, будова волокна, а також виявлені видимі дефекти: пористість, усадочні раковини, газові бульбашки, тріщини, неметалеві включення. Макрошліфи виготовляють наступним чином: з досліджуваного матеріалу вирізають зразок, шліфують і полірують одну з його поверхонь, потім цю поверхню трують спеціальними реактивами (сірчаної, соляної та іншими кислотами), після чого її розглядають [11, 12].

Мікроструктурою називається будова металу або сплаву, видиме при великому збільшенні. Для вивчення мікроструктури застосовують металографічні мікроскопи (горизонтальні і вертикальні), а також електронні мікроскопи, що дають збільшення до 100 000 разів [11 - 13].

Мікрошліф, а саме зразки після їх виготовлення (шліфування та полірування), травлять. Для травлення чавуну і сталі служить 4% -ний розчин азотної кислоти в спирті; для травлення алюмінієвих сплавів -0,5% -ний розчин фтористої кислоти у воді [11].

Окремі структурні складові розчиняються травником: одні сильніше, інші слабше, тому під мікроскопом виходить різне віддзеркалення світла від більш і від менш протравлених частинок структури; одні з них здаються темними, інші світлий. Від якості виготовленого шліфа залежить точність визначення структурної будови [11].

Мікроаналіз дозволяє визначати величину і форму самих дрібних зерен, якість термічної обробки, а також виявити дрібні дефекти металу або сплаву (волосяні тріщини, неметалеві включення) [11].

3.2.2 Визначення твердості та мікротвердості

Серед різноманітних властивостей металів і сплавів для спеціалістів механіків найважливішими є механічні властивості, що характеризують спроможність металів і сплавів чинити опір деформуванню і руйнуванню під дією зовнішніх сил. Основними механічними властивостями металів і сплавів

є твердість, міцність, пластичність, ударна в'язкість. Твердість характеризується спроможністю металу чинити опір значній пластичній деформації при контактному навантаженні. Дослідження на твердість завжди проводяться безпосередньо на поверхні виробу або деталі шляхом механічного вдавлювання в метал іншого більш твердого тіла (індентора) [11].

Вимірювання твердості, як способу дослідження механічних властивостей металів, в результаті простоти і швидкості визначення твердості, а також можливості оцінки властивостей металів без руйнації виробів, отримав дуже широке застосування як на заводах так і в науково-дослідних і навчальних закладах. Метод визначення твердості цінний ще і тим, що між твердістю матеріалу і його межею текучості і міцності є цілком визначений зв'язок [12].

Кожний метод визначення твердості полягає у вдавлюванні робочого тіла (індентора) у плоску поверхню дослідного матеріалу зразка або деталі. Через велику кількість властивостей різноманітних матеріалів у практиці застосовуються різні методи визначення твердості. В одних методах індентором є кулька (метод Брінелля) в інших - твердосплавний або діамантовий конус (метод Роквелла) або діамантова піраміда (метод Віккерса, мікротвердість).

Вдавлювання індентора в поверхню матеріалу здійснюється в кожному методі визначення твердості з різним навантаженням. Сила навантаження на індентор залежить від властивостей матеріалу, розмірів (товщини) дослідного зразка й інших факторів експерименту [12].

Визначення мікротвердості проводять в тих випадках, коли необхідно визначити твердість тонких, невеликих деталей або окремих структурних складових сплавів [12, 13].

Для покращення фізичних, хімічних, міцнісних та технологічних властивостей метали легують, вводячи до їх складу різні легуючі елементи. Легуючі елементи насамперед повинні забезпечити високу прожарюваність та

необхідні механічні властивості після відпустки. Властивості багато в чому визначаються впливом легуючих елементів на зміцнення фериту, розмір аустенітного зерна, стійкість переохолодженого аустеніту, стійкість проти відпустки та ін. Один і той самий елемент може впливати кілька факторів, через них визначаючи механічні властивості сталі. При аналіз складу складу ХВГ був зроблений висновок про те, що основні легуючі елементи – це хром (основний елемент низьколегованих сталей), кремній (1-1,5 %), вольфрам (1-5 %) та марганець (1-2 %) [12].

Марганець (1-2 %) забезпечує мінімальну зміну розмірів інструменту при загартуванні, мінімальне викривлення. Інтенсивно знижуючи інтервал температур мартенситного перетворення, він сприяє збереженню у структурі підвищеної кількості залишкового аустеніту (15–20 %), який частково або повністю компенсує збільшення обсягу в результаті утворення мартенситу. Кремній (1-1,5 %) дещо підвищує опір відпустці і сприяє утворенню окалини, що легко відокремлюється.

Вольфрам (1-5%) підвищує зносостійкість. Хром робить сталь більш проколюючою твердої після загартування [13].

Висновки

Довговічність і надійність деталі залежить від матеріалу і його конструкційної міцності. Підвищення експлуатаційних якостей виробу досягається правильним вибором марки сталі.

До сталей для вимірювальних інструментів пред'являється комплекс вимог, з яких найважливішими є висока зносостійкість, збереження сталості лінійних розмірів та форми при експлуатації, висока чистота поверхні (висока полірованість).

Для вимірювальних інструментів можуть застосовуватись як високовуглецеві заевтектоїдні сталі, так і сталі з додатковим легуванням хромом, марганцем, вольфрамом та ванадієм.

Вимірювальні інструменти типу лекал, шаблонів, скоб виготовляють шляхом вирубування з листа. Для цієї групи інструментів застосовують низьковуглецеві (20, 20X) та середньовуглецеві (50, 50Г) сталі. Для підвищення твердості та зносостійкості інструменти з низьковуглецевих сталей піддають цементації, гартуванню з 790–810 °С в масло (сталь 20X) або воду (сталь 20) та низькотемпературному відпуску при 150–180 °С протягом 2–3 год.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технологічний процес виготовлення калібрів-скоб повинен забезпечити виконання наступних основних вимог, що висуваються до калібрів [12]:

- 1) дотримання встановлених допусків на робочий розмір калібру та його геометричну форму;
- 2) забезпечення встановленої якості поверхні;
- 3) стабільність розмірів калібру протягом терміну служби (відсутність деформацій матеріалу, з якого виготовляється калібр);
- 4) забезпечення високої зносостійкості;
- 5) найменші витрати часу виготовлення.

Для об'єктивності контролю калібри необхідно насувати на вимірювану деталь без перекосу, без докладання великих зусиль, щоб уникнути змінання поверхнями калібру. Граничними калібрами розміри перевіряють, зазвичай, щонайменше ніж у трьох перерізах. Кожен калібр повинен мати маркування, що містить вказівку на номінальний розмір контрольованої деталі, квалітети та основне відхилення (посадку), а також прохідний та непрохідний шаблони [12].

4.1 Отримання заготовки «калібр-скоба»

Заготівлю для виготовлення листових калібрів скоб виробляють за допомогою технології штампування зі сталевого листа (ексцентриковому) пресі. Калібри для валів діаметром до 60 мм штамнують без зіва, використанням послідовного штампу. Пуансон номер один відповідає за отвір за внутрішнім контуром, а пуансон номер два відповідає за зовнішній контур. Калібри діаметром понад 60 мм виготовляють із зівом. Після закінчення технологічного процесу штампування, калібри правлять від наслідків

деформаційного процесу, наступний етап виготовлення – це шліфування площин, потім фрезерування контурів та робочих площин. Фрезерну обробку робочих площин можна проводити як на універсальному горизонтально-фрезерному обладнаному верстаті, так і на верстатах з програмним керуванням, спеціально підібраним набором фрез, за одну операцію фрезерують і торці робочих губок. Для закріплення заготовки виготовляють спеціальний пристрій; центром для закріплення є заплічки робочих губок із боку внутрішнього контуру заготовки. У процесі постановки в пристрій калібри насаджуються на оправлення, після закріплення заготівлі оправка акуратно виймається [12].

Канавка на одній з робочих губок калібру, між прохідною та не прохідною поверхнею, також фрезерується як на універсальному, так і на програмному горизонтально-фрезерному верстаті або центрі.

Для калібрів маленького діаметру використовують спеціально виготовлену фрезу (грибкова). Закріплюється ця фреза стандартно патроні шпинделя верстата [12].

4.2 Технологічний процес виготовлення деталі «калібр-скоба»

Блок-схема маршрутної технології отримання деталі «калібр-скоба» наведена в таблиці 4.1.

Граничні скоби застосовуються як контролю розмірів валів, так вимірювання і контролю зовнішніх розмірів, обмежених плоскими паралельними поверхнями.

Конструктивно гладкі калібри скоби поділяють на регульовані та нерегульовані. Заготівлі для виготовлення скоб гладких поділяються на три види: лиття, штампування та листові.

Для виготовлення скоб з листа використовують високовуглецеву сталь У8А або цементовану вуглецеву сталь. Заготовки, отримані шляхом

технологічного процесу штампування - для виготовлення скоб може застосовуватися тільки вуглецева сталь, що цементується, так як процес гарячого штампування не призначений для високо-вуглецевої сталі [12].

Таблиця 4.1

Технологічний процес виготовлення деталі «калібр-скоба»

№ операції	Найменування і короткий зміст операції	Технологічні бази	Обладнання	Прийоми	Ріжучий інструмент	Міряльний інструмент
005	Отримання зливку Безперервне розливання		Установка безперервного лиття			
010	Отримання сортового прокату		Прокатний стан			
015	Отримання мірних заготовок		Прес-ножиці			
	Попередня ТО нормалізація		Піч			
020	Штампування		Кривошипний прес			Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2
025	Фрезерна. Фрезерувати торці і Зацентрувати їх.		Фрезерно-цилиндровий напівавтомат МР71	Лещата трикутні (губки-призми)	Дві фрези торцеві. Два свердла центровочних	Штангенциркуль.
	Цементация		Піч			
030	Термообробка Гартування		Піч			
035	Термообробка відпуск		Піч СШО-6.20/7			
040	Попереднє шліфування поверхонь		Спеціальний багатокамневий кругошліфовальний верстат	Центру, повідкового пристрій.	Абразивні круги.	Скоби
045	Попереднє шліфування поверхонь	центрові отвори	Спеціальний багатокамневий кругошліфовальний верстат	Центру, повідкового пристрій..	Абразивні круги..	Скоби
050	Фрезерування		Шпони фрезерний верстатДФ-96.	Призма	Кінцева фреза з маятникової подачею.	
055	Фрезерування		Зубофрезерний верстат 5313	..	Черв'ячна модульна фреза.	
060	Зняття фасок на торцях.					
065	Промивка	-	-	-	-	-

Заготівлі для калібрів скоб лиття виробляють з чавуну (кованого), неприпустимо щоб у процесі експлуатації скоби ламалися була можливість поправляти безпосередньо перед механічною обробкою. Найчастіше губки у цих калібрів виготовляють змінними із сталі У10А, ХГ або Х [12].

Похибка контролю такими калібрами, безпосередньо залежить від точності виконання, твердості калібру, а також коефіцієнта тертя губок калібру по контрольованій поверхні. На похибку вимірювань може вплинути факт нагрівання корпусу скоби від температури рук, мікронні допуски можуть сильно відрізнятись від початкових значень, навіть при незначній зміні температури корпусу. Щоб уникнути цих фізичних температурних явищ, на калібри прикріплюють термозахисні ручки з пластику або дерева до місця дотику руки і корпусу скоби.

Заготівлю для виготовлення листових калібрів скоб виробляють за допомогою технології штампування зі сталевого листа (ексцентриковому) пресі. Калібри для валів діаметром до 60 мм штампують з використанням послідовного штампу. Пуансон номер один відповідає за отвір за внутрішнім контуром, а пуансон номер два відповідає за зовнішній контур. Калібри діаметром понад 60 мм виготовляють із зівом. Після закінчення технологічного процесу штампування, калібри правлять від наслідків деформаційного процесу, наступний етап виготовлення – це шліфування площин, потім фрезерування контурів та робочих площин. Фрезерну обробку робочих площин можна проводити як на універсальному горизонтально-фрезерному обладнаному верстаті, так і на верстатах з програмним керуванням, спеціально підібраним набором фрез, за одну операцію фрезерують і торці робочих губок. Для закріплення заготовки виготовляють спеціальний пристрій; центром для закріплення є заплічки робочих губок із боку внутрішнього контуру заготовки. У процесі постановки в пристрій калібри насаджуються на оправлення, після закріплення заготівлі оправка акуратно виймається [12].

Канавка на одній з робочих губок калібру, між прохідною та не прохідною поверхнею, також фрезерується як на універсальному, так і на програмному горизонтально-фрезерному верстаті або центрі [12].

Для калібрів маленького діаметру використовують спеціально виготовлену фрезу (грибкова). Закріплюється ця фреза стандартно патроні шпинделя верстата [12].

Важливими елементами технічних вимог до калібрів є дотримання робочих розмірів, геометричної форми та чистоти поверхонь. Розміри калібрів повинні укладатися у допуски на виготовлення, встановлені відповідними системами. Похибки ж геометричної форми (овальність, конусність, неперпендикулярність, непаралельність тощо) також можуть виходити межі, встановлені для названих вище робочих розмірів. Для запобігання необґрунтованому різноманіттю у допусках та посадках та підвищення економічних показників встановлюється наступна послідовність вибору полів допусків; а) насамперед слід застосовувати кращі поля допусків; б) у разі неможливості забезпечити конструктивні та технологічні вимоги за рахунок кращих полів допусків слід застосовувати інші поля допусків із основного відбору; в) в окремих, технічно обґрунтованих випадках, якщо застосування полів допусків основного відбору не може забезпечити вимог до виробів, допускається застосування додаткових полів допусків. Слід враховувати, що спеціалізоване виробництво розмірних інструментів та калібрів насамперед орієнтуватиметься на кращі поля допусків і, як правило, не поширюватиметься на додаткові поля допусків [12].

Особливо слід зазначити, що чистота робочої поверхні вирішує оцінку якості калібру і чим вище клас чистоти, тим надійніше калібр чинить опір зносу та корозії. Тільки цим і пояснюється те, що для найбільш точних калібрів з малим допуском на зношування вимоги до чистоти робочої поверхні особливо великі.

При термічній обробці неминуча деформація заготівлі, після виправлення деформованої скоби необхідно зробити старіння (штучне). Після всіх вище перерахованих технічних процесів, виконують фінішне шліфування робочих площин, поле маркують, за тим калібри скоби надходять на покриття (Хімічна оксидація я). За технологією хімічної оксидації (Чорнення) необхідна температура у ванні сто сорок градусів за Цельсієм, завдяки цій температурі відбувається ще один процес, штучне старіння металу. номер два для довідкового диска [12].

Калібр скобу встановлюють у спеціальне пристосування на магнітному столі та махо-вимірювальних площин калібрів, переводять стіл у напрям так, щоб одна з робочих площин Калібра була наближена до торця кола для шліфування. Потрібну подачу під час роботи плоскошліфувального верстата регулюють маховиками. Поворотний напрямок столу можна здійснювати рукояткою для ручного керування або автоматичною. Включити та вимкнути автоматичну подачу столу можна за допомогою спеціальних педаль. Після обробки однієї вимірювальної поверхні стіл переміщують в інший бік, призначеним для цього маховиком і обробляють другу вимірювальну поверхню (губку скоби) [12].

Встановлений пристрій на кожусі куга для шліфування, призначений для поправки сторін торця шліфувального кола [12].

Контролювати виконання Скоб при процесі шліфування рекомендовано мікронним індикаторним приладом. Похибка цього приладу має становити 0,001/0,002 мм [12].

Доводити калібри скоби рекомендовано на притиральній плиті (пластині), процес виконується вручну. Пластина закріплюється у спеціальних лещатах. Процес попередньої доведення виконують на притирах з чавуну, за допомогою спеціальних складових порошків МІ4(601), М 20-30. Остаточний процес притирання (доведення), виконують за допомогою скляних притирів, використовуючи полірувальну пасту ГОІ або Діалюкс. Контроль допусків при

доведенні проводиться тим самим чином, як і при шліфуванні за допомогою приладу індикатора 0,001/0,002 мм. Остаточний контроль виконання виконується на оптиметрі (горизонтальний) [12].

Заготівельний матеріал для штампованих калібрів-скоб, виробляють у процесі штампування (гарячого) з прута. У струмку номер один штамп пруток загинають, номер два штампують, номер три обрубують остаточне штампування. Обрубка виконується на фрикційному чи ексцентриковому пресах. Поправляють заготівельний матеріал на пресі (фрикційний) [12].

Індикаторний прилад для контролю калібрів-скоб.

Після обрубки, контур скоби потрібно обробити від нерівностей і задирок. На спеціальних обдирному шліфувальному обладнанні проводять роботи з обробки зовнішнього та внутрішнього контуру окремо. Після, проводять шліфувальні роботи, фрезерні за тим термообробка. На доведення калібрів-скоб, після шліфування залишають припуски (дивись у розділі таблиці 4.1).

На відміну від листових калібрів-скоб, штамповані калібри покривають спеціальним лаковим покриттям. Після піскоструминної обробки та штампування, площина калібру вимагає більш гладку і рівну поверхню, для цього необхідно зробити процес шпаклювання і тільки після цього перше покриття лаком (чорним), друге спеціальним кристалічним лаковим покриттям. Подальший процес обробки не відрізняється, від технологічного процесу обробки листових калібрів скоб [12].

Висновки

Сучасна промисловість має велику кількість способів виготовлення заготовок. Це дозволяє підвищити якість і експлуатаційні характеристики деталей, знизити матеріальні і трудові витрати на їх виготовлення. При розробці технологічних процесів виробництв базовими вихідними даними є: креслення деталей, вузлів і машин; технічні умови й опис службового призначення деталі.

При розробці технологічного процесу розроблюють маршрутну технологію виготовлення деталі. У технічних умовах для відповідальних, навантажених деталей, працюючих в умовах знакозмінних навантажень, спеціальних середовищах (вали-шестерні, деталі зубчастих з'єднань) вказуються вимоги до якості матеріалів і до механічних, а іноді і до експлуатаційних властивостей.

Для подібних деталей доцільно, як правило, застосовувати ковані або штамповані заготовки, які володіють підвищеними механічними властивостями.

Кування є одним з економічних способів отримання заготовок. Куванням надають заготовці форму, що наближається до форми готового виробу; покращують механічні властивості матеріалу заготовки, внаслідок чого підвищується якість отриманого напівфабрикату або виробу.

РОЗДІЛ 5

ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Призначення режиму термічної та хіміко-термічної обробки деталі

Для виправлення дефектів структури (велике зерно, цементна сітка, пластинчастий перліт), зниження твердості (після кування, штампування, накатки) різьблення та ін.) та підготовки до остаточної термічної обробки вимірювальний інструмент піддають попередньої термічної обробки: відпалу або нормалізації [21].

Відпал проводять для зняття внутрішньої напруги після обробки на металорізальних верстатах та обробки тиском, а також перед повторним гартуванням. Нормалізацію застосовують для виправлення структури сильно перегрітої сталі, усунення цементитної сітки та підготовки до загартування.

Ми застосуємо нормалізацію при температурі 890-910 °С (рис. 5.1).

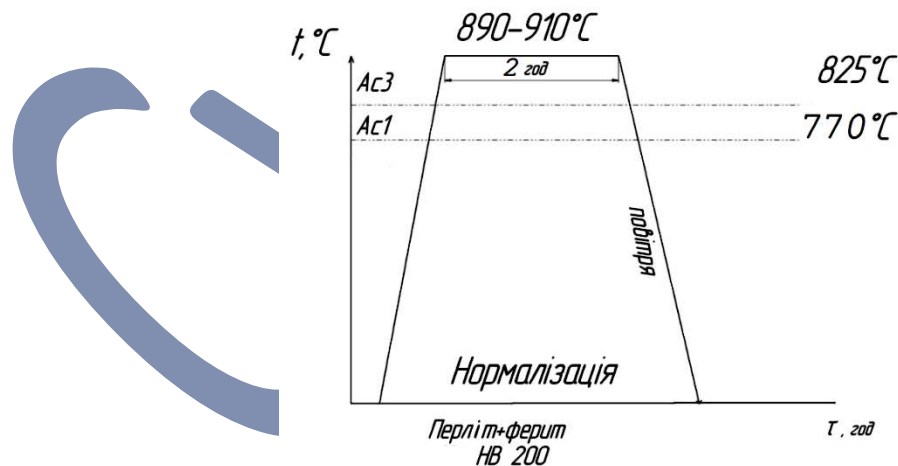


Рисунок 5.1 - Графік попередньої термічної обробки сталі 20

Після проведення термообробки із дотриманням необхідних умов, метал необхідно підготувати для подальших досліджень. Для перегляду мікроструктури (рис. 5.2) досліджувану поверхню шліфують, полірують та

травлять. Всі перераховані вище операції проводять з особливою ретельністю та акуратністю.

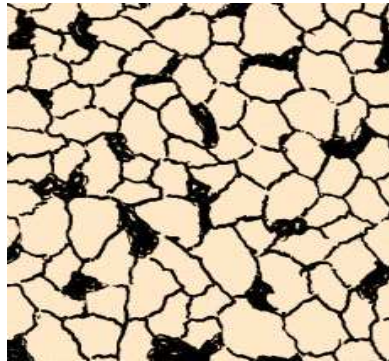


Рисунок 5.2 - Мікроструктура сталі 20 після нормалізації, x500

З мікроструктури (рис. 5.2.) видно, що було отримано подрібнення зерна порівняно з вихідним станом. Поліпшилася однорідність металу та як наслідок, це надає більш сприятливі наслідки для наступної термічної та механічної обробки і подальшого зміцнення методом цементації, щоб отримати деталь, яка володіє набором відповідних фізико-механічних властивостей. Таким чином, ми отримали хорошу основу для отримання якісного продукту, що підтверджує необхідність та правильність використання попередньої термічної обробки [21].

Для отримання необхідних властивостей та структури вимірювальний інструмент із сталей піддають остаточній термічній обробці.

Гартування забезпечує високу твердість і стійкість у процесі роботи. Цим вимогам задовольняє структура мартенситу скритокристалічного або дрібногольчастої будови з включенням карбідів. Будова та склад мартенситу, форма та розподіл карбідів, а також твердість визначають зносостійкість інструменту. Твердість після гартування HRC 56-64. Найбільш широко при загартуванні використовують нагрівання в соляних печах – ваннах, нагрівання за допомогою в. ч. та нагрівання в термічних печах із захисною атмосферою.

Масло застосовують для охолодження великого інструменту з легованої сталі. Вимірювальний інструмент підвищеної точності доцільно після

загартування обробляти холодом при температурах мінус 70 °С (Для легованих сталей) [21].

Газова цементация – основний процес при масовому виробництві, а цементацию у твердому карбюризаторі використовують у дрібносерійному виробництві. Глибина цементации, залежно від призначення виробу та складу сталі, зазвичай знаходиться в межах 0,5–2,00 мм. Цементацию проводять за 910–950 °С або для прискорення процесу при 1000–1050 °С. Зі підвищенням температури зменшується час досягнення заданої глибини цементации. Так, при газовій цементации науглецьоване покриття товщиною 1,0–1,3 мм отримують при 920 °С за 15 год., а при 1000 °С – за 8 год. Також перегрів після цементации можна виправити наступною повною перекристалізацією металу при загартуванні з повторного нагрівання. Концентрація вуглецю на поверхневі виробу зазвичай становить 0,8-1,5 % [21].

Цементация є тривалою і дорогою операцією термічної обробки, тому виготовлення інструментів із цементованих сталей слід застосовувати лише тоді, коли це необхідно.

Калібр-скоби виготовляють із цементованої сталі тому, що гаряче штампування високовуглецевої сталі викликає значні технологічні проблеми. Шаблони виготовляють із цементованої сталі для того, щоб у них після гарту залишалася м'яка серця-вина, за наявності якої шаблони можна правити. У деяких деталях буває необхідно після гарту робити свердління або розточування. У цьому випадку деталь виготовляють із цементованої сталі; після цементации видаляють цементований шар у тих місцях [21].

У разі виробництва великих партій продукції економічно обґрунтовано впровадити у виробництво газову цементацию [21].

У технічному відношенні газова досконаліша, ніж процес цементации в карбюризаторі. Перша перевага газової цементации – це час витрати на обробку, друга – процес більш чистий екологічно, третій фактор, якісніший і глибший цементацийний шар [21].

Цементация є проміжною операцією, метою якої є збагачення поверхневого шару вуглецем. Потрібне зміцнення поверхневого шару виробу досягається гартуванням після цементації. Гартування має не тільки зміцнити поверхневий шар, але й виправити структуру перегріву, що виникає через багатогодинну витримку сталі при високій температурі цементації. Після цементації відповідальні вироби піддають подвійному загартуванню (загартування з повторного нагрівання) Це робиться для зниження короблення металу, а також, щоб нагрівання під повторне загартування виправив всі несплошності мікроструктури металу, отримані при цементації - наприклад, велике зерно від перегріву [21].

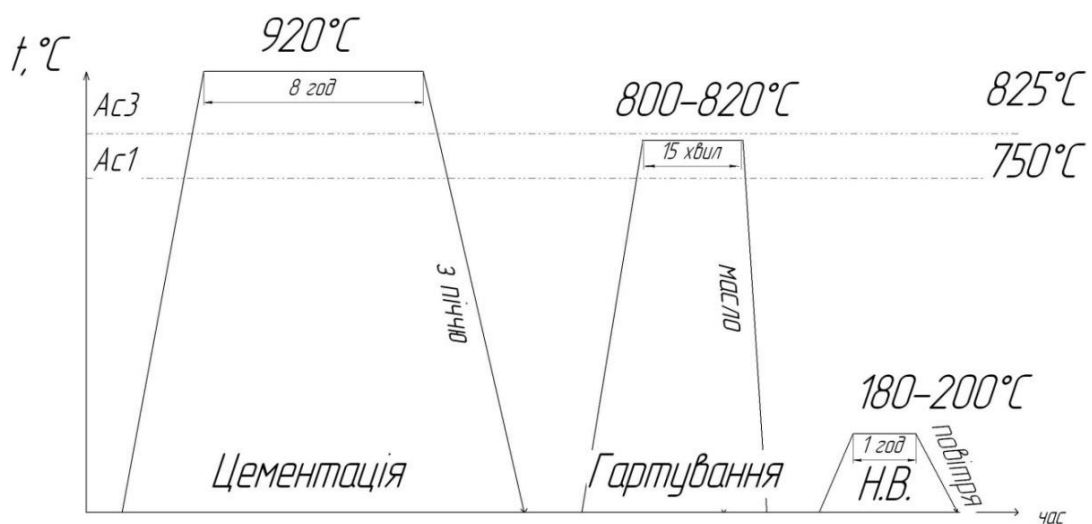


Рисунок 5.3 - Графік термічної обробки сталі 20: цементация при $920-950^\circ\text{C}$, подальша термічна обробка - гартування при $800-820^\circ\text{C}$ і низький відпуск (НВ) при $180-200^\circ\text{C}$

Нижче на рисунках 5.4 - 5.6 наведено мікроструктури після проведення кожного виду термообробки.



Рисунок 5.4 - Мікроструктура цементованого покриття на поверхні сталі 20, x500

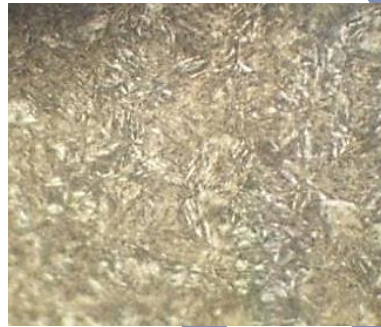


Рисунок 5.5 – Мікроструктура сталі 20 після гартування, x500



Рисунок 5.6 – Мікроструктура сталі 20 після низького відпуску (НВ) при 180-200 °С, x500

Після всієї термообробки маємо на поверхні структуру мартенситу відпуску $M_{\text{відп}}$ і твердість 59-65 HRC, а в серцевині інструменту і зони захищеної від цементації отримаємо ферит і низковуглецевий мартенсит з твердістю - 30-32 HRC.

5.2 Вибір обладнання для проведення операцій термічної обробки

До основного обладнання відноситься обладнання, що застосовується для виконання технологічних операцій, пов'язаних з нагріванням та охолодженням деталей: печі, нагрівальні пристрої та установки, охолодні пристрої [25].

Пристрій у вигляді теплоізолюваної нагрівальної камери з розміщеними в ній електричними нагрівальними елементами називають електричною піччю опору [25].

Камерні печі періодичної дії є найпростішим та універсальною конструкцією термічних печей. Їх застосовують при одиничному та серійному виробництві, коли доводиться нагрівати деталі, різноманітні за формою, розмірами, маркою сталі та режимами термічної обробки [25].

Температура в камерній печі стала, але може змінюватися в часі при нагріванні та охолодженні деталей, посадці нової партії тощо. Конструкції камерних печей розглядаються згідно з прийнятою класифікацією за способом завантаження деталей та влаштування робочої камери [25].

Для нагрівання під нормалізацію і гартування використовуватимемо камерну піч опору СНЗ-8.16.5/10 (рис. 5.7), матеріал, що нагрівається, в яку подається певними порціями та витягується з електропечі після закінчення відповідного процесу. Піч складається з робочої камери, утвореною футеровкою з шару вогнетривкої цегли, що несе на собі вироби та нагрівачі ізолюваного від металевого кожуха теплоізоляційним шаром. Дії та механізми, що працюють в камері печі, а також нагрівальні елементи виконуються з жаростійких та жаростійких сталей та інших жаростійких матеріалів. Зовнішня поверхня печі із прямокутного каркасу із листового заліза. У робочій камері печі здійснюється нагрівання виробів [25].

Вона викладена вогнетривкою цеглою (шамотом). У зовнішніх стін і над зведенням робочої камери є теплоізоляційне засипання та шар ізоляційної цегли. Електронагрівачі розташовані на бічних стінках, на зводі та на поду печі. Живлення електронагрівачів проводиться від електричної силової мережі

за допомогою спеціальних вводів, вставлених у стінки печі. Для вимірювання температури у зводі печі поміщають термопару [25].

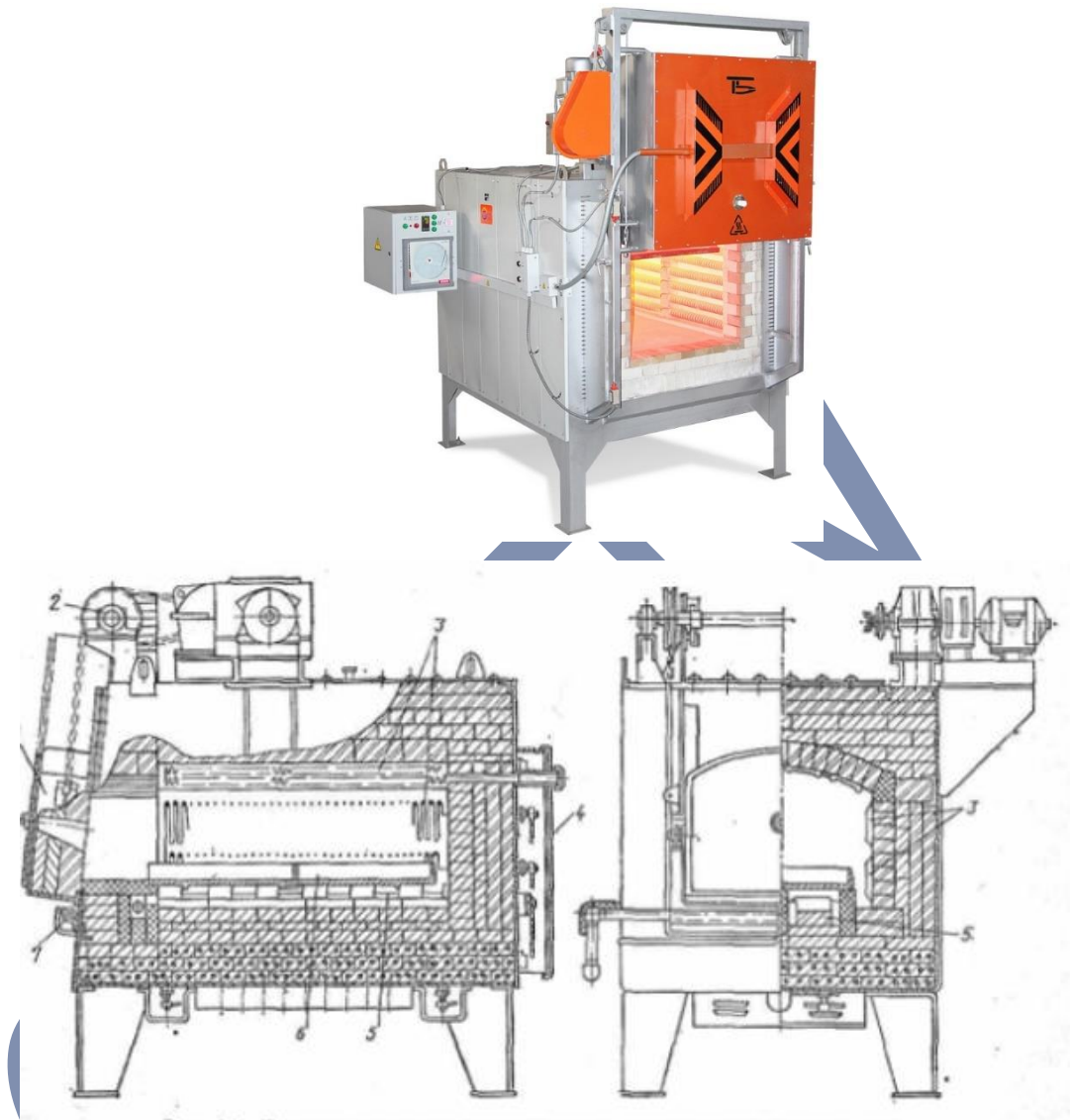


Рисунок 5.7 – Типова камерна електрична середньотемпературна піч типу СНЗ-8.16.5/10: 1 – заслінка печі; 2 – механізм підйому заслінки; 3 – стрічкові нагрівальні елементи; 4 – кожух; 5 – спеціальні алундові гребінки; 6 – масивна металева жаростійка плита; 7 – трубка з рядом отворів для підведення захисного газу [25]

У дверцятах печі є оглядове віконце для спостереження за нагріванням виробів. Підйом дверцят для завантаження та вивантаження виробів, що

обробляються за допомогою електромеханічного механізму підйому заслінки [14].

Застосування захисної атмосфери (азот, ендогаз, екзогаз, водень) у печах знижує втрати металу в чад, дозволяє зменшити припуски на механічну обробку деталей та ліквідує трудомістку операцію очищення окалини [15].

Для цементації застосовуємо піч типу СШЦМ (рис. 5.8)

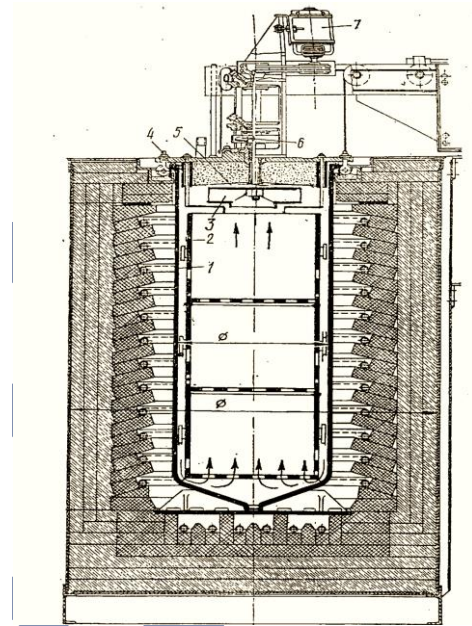


Рисунок 5.8 - Загальний вид електричної вертикальної муфельної печі для газової цементації СШЦМ: 1 - ніхромова реторта; 2 - дірчасті кошики; 3 - вентилятор; 4 - відкидні болти; 5 - теплоізольована кришка; 6 - пропелерний вентилятор; 7 – електродвигун [25]

Для охолодження деталей після термообробки використовуємо гартовані баки, які можуть мати циліндричну чи прямокутну форму. У загартованих баках деталі охолоджуються у вільному стані. Крім основного обладнання у термічних цехах є допоміжне та додаткове обладнання [25].

Як допоміжне обладнання застосовується обладнання для очищення - мийні машини, очищення дробом. Мийні машини застосовують для очищення деталей від масла та забруднень. Як промивають рідини використовують кальцинований розчин або каустичної соди температурою 80–90 °С. У процесі термообробки деталі окислюються і знеуглецьовуються, отже, їх треба

очищати. Дробометна установка потрібна саме для цієї мети. Вона складається з металевих апаратів, камери очищення та очищувача. Очищення проводиться за допомогою сталевого дробу [25].

Як додаткове обладнання в термічному цеху можуть застосовуватися:

– обладнання для отримання контрольованих атмосфер - ендотермічні та екзотермічні установки;

– вентилятори та повітродувки;

– маслоохолоджувальні системи;

– засоби механізації – конвеєри, штовхачі, підйомники та інші.

Відпускну ванну з електричним обігрівом, що має квадратну форму, використовують для низького відпуску. У робочому просторі ванни встановлений металевий тигель. Простір між каркасом та тиглем зазвичай заповнюють термоізоляційним матеріалом – скловатою, а тигель – мінеральним маслом марки Вапор. Закривається ванна кришкою. Масло нагрівається за допомогою ніхромових нагрівачів, а масляні пари видаляють з ванни бортовим відсмоктуванням. З часом масло старіє і температура спалаху його знижується, тому масло необхідно періодично міняти [26].

5.3 Розрахунок обладнання

Для виготовлення певного об'єму готового виробу потрібна деяка кількість обладнання та устаткування. Для проведення термічної обробки на певну кількість виробів в рік потрібно розрахувати кількість необхідного обладнання. В це обладнання входить основні металургійні печі, допоміжно до яких входять: ділянки контролю, проїзди, установки для приготування карбюризатору, майстерні механіка і енергетика з ремонту устаткування, експрес - лабораторії з аналізу матеріалів [26].

Розрахунок основного обладнання

Встановлюємо річну програму з виготовлення деталі «калібр-скоба» 100000 штук.

Розрахунок обладнання проводимо користуючись інформацією, щодо річної програми та вихідних даних, щодо деталі:

- діаметр деталі $d = 0,093$ м;
- довжина поверхні деталі $l = 0,235$ м;
- маса деталі $m = 0,67$ кг.

Так як ми знаємо кількість всіх деталей виготовлених за рік – це 100000 штук, ми можемо розрахувати масу всіх деталей виготовлених за рік.

$$100000 * 0,67 = 67000 \text{ кг або } 67 \text{ т.}$$

Для процесу термічної обробки будуть застосовані такі печі:

- СНЗ-8.16.5/10 – нормалізація
- СШЦ-4.9/10,5 – цементация;
- СНЗ-8.16.5/10 – гартування;
- СШО 6.20/7 – низькотемпературний відпуск;

Розрахуємо кількість та КПД печей:

- СНЗ-8.16.5/10, продуктивність печі = 220 кг/год.

$$67000/220 = 3045$$

$$3045/3900 = 0,78 - 1 \text{ піч}$$

$$\text{КПД} = 0,77 * 100/1 = 78\%$$

- СШЦ-4.9/10,5, продуктивність = 220 кг/год.

$$67000/220 = 3045$$

$$3045/3900 = 0,78 - 1 \text{ піч}$$

$$\text{КПД} = 0,77 * 100/1 = 76\%$$

- СШО 6.20/7, продуктивність = 60 кг/год.

$$67000/60 = 11200$$

$$11200/3900 = 2,86 - 4 \text{ печі}$$

$$\text{КПД} = 2,86 * 100/4 = 73\%$$

Розраховуємо час нагріву і витримки усього процесу виготовлення деталі [28].

$$\tau = \tau_n + \tau_v,$$

де τ_n – час нагріву;

τ_v – час витримки.

$$\tau_n = 0,1D_1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3,$$

де D_1 – розмірна характеристика виробу, \min і \max розмір перетину деталі;

k_1 - коефіцієнт нагріву середовища: газове середовище – 2, розплав солей – 1, нагрів розплаву металу – 0,5;

k_2 - коефіцієнт форми для кулі = 1; циліндр = 2; паралелепіпед = 2,5; пластина = 4;

k_3 - коефіцієнт рівномірності розміру, якщо нагрів буде з 1 сторони = 4; з 3 сторін = 1,5; і 4 сторін = 1.

τ_n нормалізації = 30 хвилин; τ_v нормалізації = 2,5 годин.

τ_n цементації + гартування = 8 години;

τ_v цементації = 8-10 годин

τ_v гартування = 15 хвилин.

τ_n відпуску = 0,5 години; τ_v відпуску = 1 година.

Тепер знаходимо загальний час, кожної термічної обробки за формулою:

$$\tau = \tau_n + \tau_v,$$

τ_n нормалізації = 2,5-3 годин;

τ гартування = 8 годин;

τ відпуску = 1-1.5 годин;

Загальний час виготовлення деталі:

$$\tau = \tau \text{ нормалізації} + \tau \text{ гартування} + \tau \text{ відпуску} = 12 \text{ годин.}$$

5.4 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується

Головними елементами виробничої структури підприємства є робочі місця, дільниця і цех.

Дільниця - виробничий підрозділ, що об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за певними ознаками, що здійснює частину загального виробничого процесу по виготовленню продукції або обслуговування виробничого персоналу [28].

Для розміщення проектованої ділянки цеху, з шкідливими газовиділеннями і значними надлишками тепла (більше 20 ккал / м³ на годину), як правило, має використовуватися одноповерхова будівля прямокутної форми, що забезпечує найбільш ефективно видалення шкідливих речовин звичайним шляхом [28].

При компоюванні термічного цеху в загальному корпусі з іншими цехами виробниками (ковальський, механічний), цех слід розташовувати у найбільш протяжної сторони, уздовж зовнішньої стіни корпусу з метою покращення операцій [28].

Всі елементи будинку термічного цеху відносяться до категорії Т за ознакою пожежонебезпеки і повинні виконуватися з негорючих матеріалів, що відповідають I і II ступенях вогнебезпеки [28].

Ширина прольотів дорівнює 12, 18, 21, 30 і 36 м, встановлюється в залежності від схеми розміщення обладнання і необхідної ширини проїздів.

У проектованому цеху приймаються наступні сітки колон 12 x 18, 12 x 24, для кранових будівель 12 x 24, 12 x 30 для будинків обладнаних кранами. Прольоти 6, 9 і 12 метрів. Висота прольоту приймається в залежності від умов роботи. Для термічної ділянки, яка характеризується значним теплом і не вимагає утеплення покриття, проектуємо його з азбоцементних листів. На ділянці застосовуємо світло аерозольні ліхтарі "П"-подібного профілю. Покриття підлог на ділянці використовуємо не слизьке, яке легко очищається

від забруднень. Для монтажу і ремонту устаткування використовується підвісне обладнання (кран), і транспортні пристрої (кари, навантажувачі) [28].

Термічні цехи характеризуються великою кількістю інженерних комунікацій, установка і монтаж яких ускладнює нормальне проведення технологічного процесу і не задовольняє вимогам промислової естетики. Питання раціонального розміщення комунікацій, допоміжного обладнання та складських приміщень може бути вирішене шляхом спорудження, тунелів підвалу або технологічного поверху [29].

Для визначення геометричних параметрів ділянки необхідно розрахувати її площу. Загальна площа ділянки за призначенням ділиться на [29]:

- виробничу;
- допоміжну;
- контрольно-побутову.

До виробничо-побутової площі відносяться площі виробництва, на яких проводиться обробка виробів, а також площі для зберігання виробів до і після термічної обробки [28].

До складу допоміжних площ входять:

- ділянки контролю термічної обробки;
- проїзди для внутрішнього транспортування вантажів;
- площі, займані установками для приготування карбюратору;
- майстерні механіка і енергетика з ремонту устаткування;
- експрес - лабораторії з аналізу матеріалів і технологічних параметрів карбюраторів.

До конторських-побутовим площами належать приміщення контор ділянки. Необхідні площі проектованої ділянки розраховуємо за укрупненими показниками, використовуючи довідкові дані .

Розрахунок площі цеху [29].

$$S_{ЗАГ} = S_{ПОЛ} + S_{ПРОХ} + S_{ВСП}$$

де $S_{\text{ПОЛ}}$ - корисна виробнича площа необхідна для розташування обладнання;

$S_{\text{ПРОХ}}$ - площі проходів і проїздів;

$S_{\text{ВСП}}$ - допоміжна площа.

$$S_{\text{ПОЛ}} = \sum S_i,$$

S_i - площа для даного обладнання.

$$S_{\text{ПОЛ}} = 405 \text{ м}^2$$

Допоміжна площа і площа проходів та проїздів встановлюється в розмірі 25-35% від виробничої площі

$$S_{\text{ВСП}} = 25 - 35 \% * S_{\text{ПОЛ}} = 30\% * 238 = 142 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{ПРОХ}} = 25 - 35 \% * S_{\text{ПОЛ}} = 30\% * 238 = 142 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{ЗАГ}} = 405 + 142 + 142 = 689 \text{ м}^2$$

Отриману $S_{\text{ЗАГ}}$ розбивають на сітку колон.

Таким чином, ми отримуємо термічну дільницю розмірами:

$$42 \times 18 = 756 \text{ (м}^2\text{)}.$$

5.5 Розробка плану розташування обладнання на термічній дільниці

Термічні цехи в своєму складі мають [29]:

- виробничі дільниці;
- допоміжні окремі (склади);
- склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосовування;
- трансформаторні підстанції;
- службові і побутові приміщення.

Дільниця спроектована для термічної обробки заготовок. вимірювальних інструментів із сталі 20 із площею 500 м. Ширина прольоту ділянки термічної обробки складає 18 метрів. Відстань між колонами 12 метрів. Висота будинку – 25 метрів. На дільниці розташована 1 електрична піч

опору та 1 бак з маслом для загартування, 1 масляна ванна для відпустки. Бак, піч та масляна ванна розташовуються в один ряд, відстань між ними 3 метри. Відстань від осі колони до печі 3 метри. Для переміщення деталей та обладнання передбачені 1 кран та 2 моторні візки. Завантаження та вивантаження різьбових калібрів здійснюється вантажно-завантажувальною машиною [29].

Деталі для термічної обробки за допомогою мостового крана вантажопідйомністю 10 тон надходять на ділянку термічної обробки складу заготовок. Деталі за допомогою вантажно-розвантажувальної машини завантажуються в камерну піч. Після закінчення термічної обробки (гартування, відпуск) метал вивантажується на стелажі для охолодження.

Після повного охолодження деталі за допомогою мостового крана та візка надходять до складу готової продукції.

Модернізація дільниці термічної обробки вимірювального інструменту полягає в застосуванні як допоміжне обладнання для очищення – мийні машини. У початковому плануванні проекрованої дільниці гартування вироблялася шляхом охолодження калібрів у маслі з температурою 25 °С. Ми пропонуємо загартовувати деталі з охолодженням в олії з температурою 60 °С. За допомогою мийної машини зробити промивання загартованих в маслі деталей струменем води з температурою 25-30 °С, крім промивання деталей буде здійснюватися додаткове охолодження калібрів. Після відпуску провести промивання деталей у гарячій воді.

Таким чином, модернізація дільниці термічної обробки дозволяє підвищити твердість та стабілізувати розміри калібрів.

План термічної дільниці наведено у ДОДАТКУ Б.

Висновки

Термічна обробка – найпоширеніший в сучасній техніці спосіб зміни властивостей металів і сплавів. Термічною обробкою називають процес обробки виробів з металів і сплавів шляхом теплового впливу з метою зміни їх структури і властивостей в заданому напрямленні. Цей вплив може поєднуватися також з хімічним, деформаційним, магнітним і іншими впливами.

Термічну обробку застосовують для зміни механічних властивостей і структури металів і сплавів. Вибір того чи іншого способу термічної обробки залежить від складу сплаву і тих властивостей які ми хочемо отримати. Також необхідно враховувати динаміку змін структури матеріалів.

Попередню термічну обробку застосовують для поліпшення оброблюваності металу для виготовлення виробів; підготовка структури металу для остаточної термічної обробки, тобто отримання однорідної дрібнозернистої структури; зняття наклепу, зниження рівня внутрішніх напружень; поліпшення комплексу механічних властивостей. Ми застосовуємо нормалізацію. Для того, щоб мали високу твердість і зносостійкість поверхневого шару, підвищену контактну витривалість, а також в'язку, м'яку серцевину, щоб сприймати (гасити) знакозмінні напруги, які діють на деталі, необхідно проводити таку хіміко–термічну обробку: нітроцементация + гартування + низький відпуск.

Після цементації вироби мають високовуглецеву поверхневу зону, і низьковуглецеву серцевину.

Контроль якості деталей після ТО і ХТО виробляють на зразках - свідках, з яких готують шліфи, а потім проводять мікро- і макроаналіз. Для контролю твердості після гартування використовується прилад для вимірювання твердості за Роквелом ТК-2 (шкала HRC).

ВИСНОВКИ

1. У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було проаналізовано характеристики та умови роботи вимірювального інструменту «калібр-скоба», який призначені для контролю розмірів, форми та розташування поверхонь деталей. Калібри застосовують для контролю деталей з допусками IT6-IT17 здебільшого в умовах серійного та масового виробництва.

2. До сталей для вимірювальних інструментів пред'являється комплекс вимог, з яких найважливішими є висока зносостійкість, збереження сталості лінійних розмірів та форми при експлуатації, висока чистота поверхні (висока полірованість).

3. Було розроблено блок-схему маршрутної технології отримання деталі «калібр-скоба».

4. Виходячи з умов експлуатації та технічних вимог обираємо сталь 20 для виготовлення деталі. В залежності від умов роботи покращення властивостей вибраного матеріалу досягається хіміко-термічною обробкою, в нашому випадку, цементацією з подальшим гартуванням та низьким відпуском.

5. Деталь має раціональну форму, що дозволяє використовувати високопродуктивні процеси для отримання заготовки та механічної обробки. В роботі було вибрано основне та допоміжне обладнання для термічної і хіміко-термічної обробки деталі, розраховано його кількість та проведення планування термічної ділянки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов А.Ф., Пахар Т.В., Паржницький О.В., Шулепіна Г.Ю. Основи слюсарної справи: навчальний посібник – Чернівці: Букрек, 2020. – 224 с.: іл.
2. Грушецька М.Г. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: Навчальний посібник – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2004. – 144 с.
3. Техніка лінійних вимірювань: метрологія та поліграфія Навчальний посібник до лабораторного практикуму Укл.: О.Г. Ушенко, В.Г. Житарюк, Д.І. Іванський – Чернівці: Рута, 2021. 58 с.
4. Боженко Л.І. Метрологія, стандартизація, сертифікація, акредитація. – Львів: Афіша, 2004. 324 с.
5. Зайцев С.А. Контрольно-вимірювальні прилади і інструменти: Підручник / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. Видавничий центр: Академія, 2002. 464 с.
6. Метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання” для студ. напряму підготовки 0902 „Інженерна механіка”/ Уклад.: О.О.Бабенко, Ю.І.Адаменко, Ю.Й.Бесарабець– К.: НТУУ “КПІ”, 2007.-28с
7. Металорізальні інструменти : підручник / Н. С. Равська, П. П. Мельничук, Р. П. Родін ; Житомир. держ. технол. ун-т. — Житомир : ЖДТУ, 2016. — 611 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 605—607.
8. Якимчук Г.К. Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання / Якимчук Г.К., Кирилюк, Ю.Є., Саранча, Г.А. - підручник - К.: Основа, 2006.- 560 с.
9. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : метод. вказ. до викон. лаб. робіт / [уклад. : А. М. Артюхов, А. Р. Апаракін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 52 с.. 14 с.
10. Електронний ресурс <https://fs01.vseosvita.ua/0100hxb5-c810.pdf>

11. Марченко С. В., Гапонова, О. П., Говорун Т. П., Харченко Н. А. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2016. 146 с.

12. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) [Текст] : навч. посіб. / Т. П. Говорун, О. П. Гапонова, С. В. Марченко. — Суми : СумДУ, 2020. — 163 с.

13. Металознавство : навчальний посібник / І. В. Прокопович. Одеса: Екологія, 2020. 308 с.

14. Мохорт А.В., Чумак М.Г. Термічна обробка металів : навч. посіб. Київ: Либідь, 2002. 512 с.

15. Матеріалознавство та технологія матеріалів. Конспект лекцій /Уклад. Т.М. Курська, Г.О. Чернобай, С.Б. Єрмоєнко. Х.: УЦЗУ, 2008. 136 с.

16. Калібри, види і призначення. Контроль параметрів макрогеометрії деталей калібрами [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.ni.biz.ua/4/4_9/4_93542_kalibri-vidi-i-naznachenie-kontrol-parametrov-makrogeometrii-detaley-kalibrami.html.

17. Серєда Б.П., Калініна Н. Є., Кругляк І. В. Поверхнєве зміцнення матеріалів: монографія. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2004. 230 с.

18. Пономаренко И.В., Дьяченко С.С., Дощечкина И.В., Кондратенко И.И. Влияние различных методов поверхностного упрочнения на усталостную прочность // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2006. – Вып. 33. – С. 61–64.

19. Савченко С. А., Поздняков Е. П. Влияние режимов науглероживания на морфологию модифицированного слоя стали 18ХГТ // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого», Республика Беларусь, С. 118-121.

20. Патент № UA 88013 C2, C23C 10/34(2008.01), C21D 1/74, а200613015, 10.09.2009, Бюл. №17, 2009 р. «Спосіб цементації сталевих виробів та склад для його здійснення», автори: Спиридонова І. М., Мостовий В. І., Колюча В.

Д., Федоренкова Л. І.

21. Лекції з курсу “Матеріалознавство”. 7.2. Цементация сталі. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/7090264/page:22/>.

22. Артингер, И. А. Инструментальные стали и их термическая обработка / И. А. Артингер. – М: Metallurgiya, 1982– 277 с.

23. Лахтин, Ю. М. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metalliv / Ю. М. Лахтин. – М: Metallurgiya, 2000– 359 с.

24. Рубинштейн, С. А. Основы учения о резании металлов и режущий инструмент / С. А. Рубинштейн, Г. А. Левант. – М: Mashinostroyeniye, 1968– 392 с.

25. Соколов, К. Н. Технология термической обработки стали / К. Н. Соколов. – М.: Mashinostroyeniye, 1954 – 302 с.

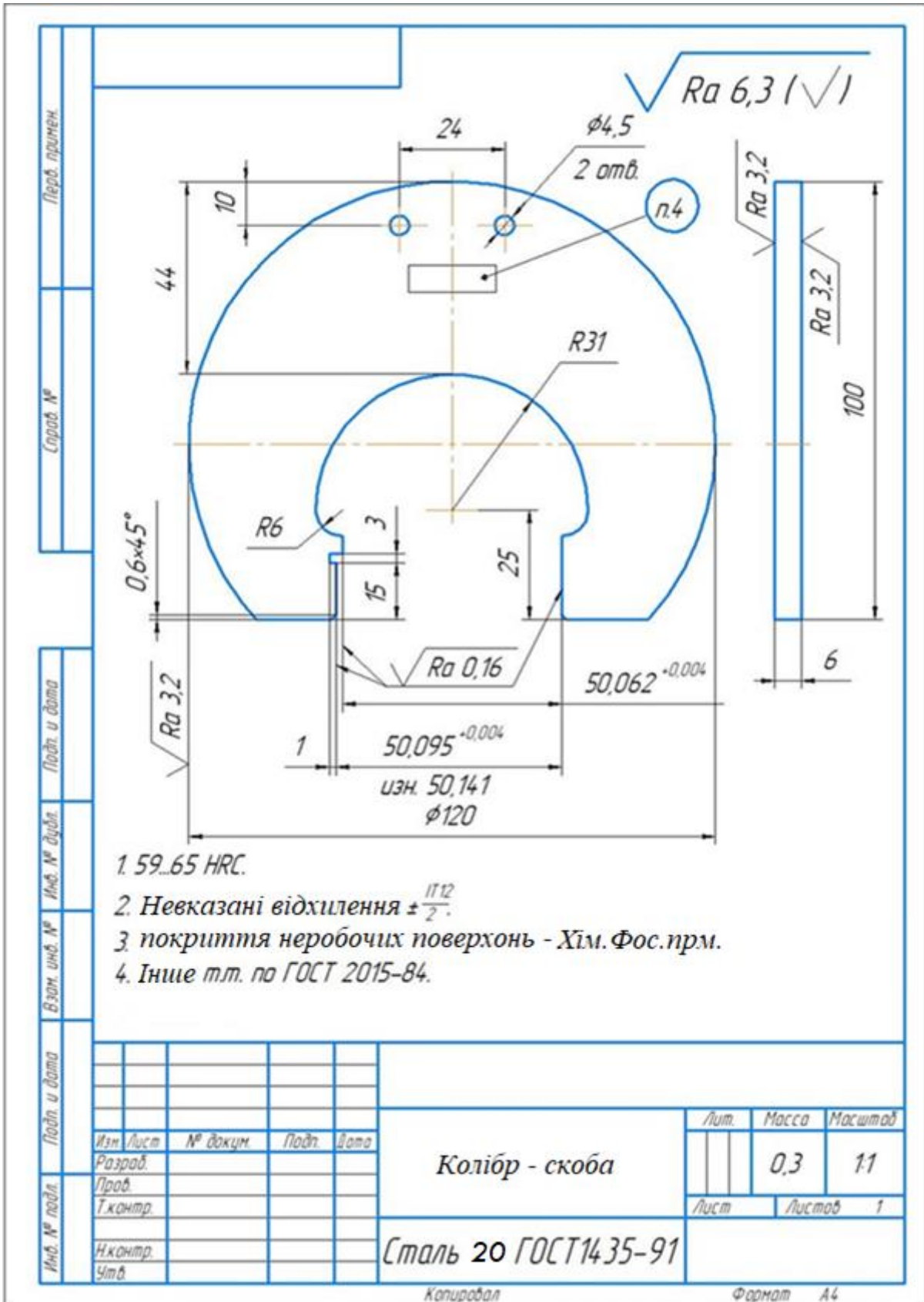
26. Ведмидский, А. М. Технология производства измерительных приборов / А. М. Ведмидский. – М.: Mashinostroyeniye, 1953 – 185 с.

27. Городецкий, Ю. Г. Конструкции и эксплуатация средств измерения размеров в машиностроении / Ю. Г. Городецкий. – М: Mashinostroyeniye, 1951 – 188 с.

28. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М.: Metallurgiya, 1975– 584 с. 79

29. Анурьев, В. И. Справочник конструктора – машиностроителя / В. И. Анурьев. – М: Mashinostroyeniye, 2006.– 947 с

ДОДАТОК А



ABSTRACT

Khvostenko Rostislav Alexandrovich. The choice of material, route technology of production of preparation and heat treatment of the measuring tool «caliber-bracket» – The manuscript.

Qualifying work of a bachelor in specialty 132 - Materials Science. - Sumy State University, Sumy, 2022.

In mechanical engineering, an alternative method of controlling the suitability of products is widely used. It helps to divide products into suitable and defective. The actual values of the parameter being tested are not determined, but the fact of its compliance with the standard is established. In the alternative verification of the geometric parameters of the products are often used calibers.

Boundary brackets are used to measure the shafts and the external dimensions of the parts bounded by flat parallel surfaces. They are adjustable and unregulated, and by the nature of the workpiece are divided into sheet, stamped and cast.

The aim of the work is to increase the performance properties of the "caliber-bracket" part by analyzing the operating conditions, choosing the optimal material and rational modes of heat treatment, development of route technology of product manufacturing and design of thermal section plan.

Research objectives: to analyze the working conditions of the part; to analyze literary sources; rationally choose the material for the manufacture of parts; develop the technological process and choose the optimal heat treatment of the product; select the basic equipment for the thermal section and design the thermal section.

In the course of the work, the working conditions of the "caliber-bracket" part were analyzed and the requirements for the materials from which it is made were formulated. Based on the results of the literature review, the steel grade was assigned, the route technology of manufacturing the "caliber-bracket" part was developed, and the optimal mode of heat treatment of the part was proposed.

The structure and properties of steel after heat treatment have been studied. The selection of the main and auxiliary equipment was made and based on the annual program the required amount of equipment was calculated and the thermal section was designed.

Research methods: use of standard methods for determining the physical and mechanical properties and structure of steel 20 for the manufacture of calipers and modern microscopic and metallographic research methods, including microscopic and macroscopic analysis, theoretical and practical methods, review of literature and patent search.

In the qualifying bachelor's thesis the characteristics and working conditions of the measuring instrument were analyzed

"Caliber bracket", which is designed to control the size, shape and location of the surfaces of parts. Gauges are used to control parts with tolerances IT6-IT17 mostly in series and mass production.

Steels for measuring instruments are subject to a set of requirements, the most important of which are high wear resistance, maintaining the stability of linear dimensions and shape during operation, high surface cleanliness (high polishing).

A block diagram of the route technology for obtaining the "caliber-bracket" part was developed.

Based on the operating conditions and technical requirements, steel 20 was selected for the manufacture of parts. Depending on the operating conditions, the improvement of the properties of the selected material is achieved by chemical-thermal treatment, in our case, cementation with subsequent hardening and low tempering.

The part has a rational shape that allows you to use high-performance processes to obtain workpieces and machining. The main and auxiliary equipment for thermal and chemical-thermal treatment of the part was selected, its quantity was calculated and the planning of the thermal section was carried out.

The practical significance of the results obtained. The material was selected, the thermal section was designed, the route manufacturing technology and the technological process of strengthening the "caliber-bracket" part were proposed to improve the operational characteristics of the product.

Keywords: tool, caliber, caliber-bracket, heat treatment.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ