

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Прикладне матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.П. Гапонова
«__» _____ 2020 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема: «Дослідження впливу термомеханічної обробки на структуру та властивості інструментальних сталей»

Студент гр. МТ.м-91 _____

Галкін Д.С.

Керівник _____

Юскаєв В.Б.

Консультант
з економічної частини _____

Берладір Х.В.

Консультант
з охорони праці _____

Говорун Т. П.

Нормоконтроль _____

Дегула А.І.

Суми 2020

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра «Прикладне матеріалознавство та технології конструкційних
матеріалів»
зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.П. Гапонова

«__» _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Галкін Д.С

1. Тема проекту (роботи) Дослідження впливу термомеханічної обробки на структуру та властивості інструментальних сталей затверджена наказом по університету від “___” _____ 20__ р. № _____
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти з проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

7. Дата видачі завдання _____

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Галкін Дмитро Сергійович. Дослідження впливу термомеханічної обробки на структуру та властивості інструментальних сталей. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 132 – Матеріалознавство. – Сумський державний університет, Суми, 2020.

Кваліфікаційна робота присвячена пошуку технологічних методів підвищення стійкості інструментальних сталей. Зміцнююча термомеханічна технологія яку застосовують до матеріалів, які працюють в різних умовах термосилового навантаження, надзвичайно складна і різноманітна, однак її рішення дозволить значно збільшити ресурс експлуатаційної стійкості.

Параметрів термомеханічної обробки дозволили створити в метали керовані структурні стани за рахунок подрібнення зерна, створення підвищеної щільності дефектів, прискорення дифузійних процесів з метою ефективного управління структурою, підвищення механічних, експлуатаційних властивостей і запобігання руйнування робочих поверхонь інструмента.

Розроблені та випробувані нові режими ТМО, які позитивно впливають на механічні характеристики інструментальних сталей сталі . Проведена термічна, що складалася з термомеханічної обробки як попередня, та гартування і відпуск як остаточна, дозволяє отримати більш однорідну структуру із збереженням дрібного зерна і заданої твердості.

Ключові слова: ІНСТРУМЕНТАЛЬНА СТАЛЬ, ТЕРМОМЕХАНІЧНА ОБРОБКА, СТРУКТУРА, ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ, УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ, МЕЖА МІЦНОСТІ

ABSTRACT

Galkin Dmytro Sergiyovych. Investigation of the effect of thermomechanical processing on the structure and properties of tool steels – The manuscript.

Qualifying paper for obtaining the qualification of master's degree in the specialty 132 –materials science. – Sumy State University, Sumy, 2020.

The qualification work is devoted to the search for technological methods of increasing the resistance of tool steels.

The problem of creating a reinforcing thermomechanical technology applicable to tools operating under different conditions of thermal force, is extremely complex and varied, but its solution will greatly increase the resource of operational stability.

New non-standard combinations of cyclization schemes and parameters of thermocycling processing within the regime were developed. This is allowed the creation of managed structural states in the metal due to the grinding of grain, the creation of high density of defects, and the acceleration of diffusion processes to effectively manage the structure, increase the mechanical, operational properties and prevent the destruction of the working surfaces of the tool.

New thermomechanical modes have been developed and tested that have a positive effect on the mechanical characteristics of tool steels . The thermal treatment carried out, consisting of thermomechanical treatment as preliminary, and quenching and tempering as Final, allows you to get a more uniform structure with the preservation of fine grain and a given hardness.

Key words: TOOL STEELS, THERMOMECHANICAL TREATMENT, STRUCTURE, HEAT RESISTANCE, IMPACT STRENGTH, TENSILE STRENGTH

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра вміщує 92 сторінки, зокрема 11 таблиць, 21 рисунок, список із 35 використаних джерел на 4 сторінках.

Мета роботи – підвищення якості та довговічності штампового інструменту для холодного деформування металу за рахунок застосування режимів зміцнюючої термомеханічної обробки.

Об'єктами досліджень - інструментальні сталі для холодного деформування та процеси їх зміцнюючої термомеханічної обробки, її вплив на структуру та властивості сталей.

Предмет дослідження – інструментальна сталь Х12МФ, що використовується в штампах для холодного деформування.

Для реалізації цієї мети поставлені такі **завдання**:

- провести літературний огляд способів підвищення ресурсів роботи інструментальних сталей;
- оцінити та вибрати оптимальний сплав для даного дослідження, визначити вплив легуючих елементів на властивості;
- провести аналіз впливу зміцнюючої термічної обробки на структуру та властивості штампового інструменту;
- запропонувати режим термомеханічної обробки та проаналізувати її вплив на структуру та властивості сплаву.

Методи досліджень – макро- та мікроструктурний аналізи, визначення твердості, випробування на розтяг, ударну в'язкість.

Наукова новизна:

1. За результатами зміни структури сталі Х12МФ представлені основні уявлення про зміну структури аустеніту високовуглецевої сталі після ВТМО.

2. Встановлено, що після ВТМО зразків зі сталі Х12МФ з трьох кратним куванням вихідного прутка карбідна неоднорідність по перерізу поковки відповідала 1-3 балам, в той час, як у вихідних прутків – 6 балам.

3. Встановлено, що застосування термомеханічної обробки сталі за режимом високотемпературної обробки дозволяє збільшити міцність до 1285,0 МПа при відносному подовженні 15,6%, ударну в'язкість до $a_n = 17,4$ кгс/см².

Ключові слова: ІНСТРУМЕНТАЛЬНА СТАЛЬ, ТЕРМОМЕХАНІЧНА ОБРОБКА, СТРУКТУРА, ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ, УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ, МЕЖА МІЦНОСТІ

ВСТУП

Актуальність роботи. У загальному комплексі технології машинобудування все зростаюче значення набуває зміцнення металообробного інструменту, що працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Велику роль в якості виробів отримуваних шляхом холодного деформування грає надійність та стійкість інструменту, що використовується для їх виготовлення. Однак створення зміцнюючої термомеханічної технології, застосовної до інструментів, які працюють в різних умовах термосилового навантаження, надзвичайно складна і різноманітна, однак її рішення дозволить значно збільшити ресурс експлуатаційної стійкості. Рішення цієї проблеми можна досягти шляхом пошуку параметрів ТМО в межах режиму, які б дозволили створювати в металі керовані структурні стани за рахунок подрібнення зерна, створення підвищеної щільності дефектів, прискорення дифузійних процесів та інших фізичних ефектів.

Розробка нових режимів ТМО для штампового інструменту для холодного деформування металу з метою ефективного управління структурою, підвищення механічних, експлуатаційних властивостей і запобігання руйнування робочих поверхонь інструмента є актуальною задачею, яка представляє теоретичний і практичний інтерес.

Мета роботи – підвищення якості та довговічності інструментальних сталей за рахунок застосування режимів зміцнюючої термомеханічної обробки.

Об'єктами досліджень - інструментальні сталі для холодного деформування та процеси їх зміцнюючої термомеханічної обробки, її вплив на структуру та властивості сталей.

Предмет дослідження – інструментальна сталь Х12МФ, що використовується в штампах для холодного деформування

Для реалізації цієї мети поставлені такі **завдання**:

- провести літературний огляд способів підвищення ресурсів роботи інструментальних сталей;
- оцінити та вибрати оптимальний сплав для даного дослідження, визначити вплив легуючих елементів на властивості;
- провести аналіз впливу зміцнюючої термічної обробки на структуру та властивості штампового інструменту;
- запропонувати режим термомеханічної обробки та проаналізувати її вплив на структуру та властивості сплаву.

Методи досліджень – макро- та мікроструктурний аналізи, визначення твердості, випробування на розтяг, ударну в'язкість.

Наукова новизна:

1. За результатами зміни структури сталі X12МФ представлені основні уявлення про зміну структури аустеніту високовуглецевої сталі після ВТМО.
2. Встановлено, що після ВТМО зразків зі сталі X12МФ з трьох кратним куванням вихідного прутка карбідна неоднорідність по перерізу поковки відповідала 1-3 балам, в той час, як у вихідних прутків – 6 балам.
3. Встановлено, що застосування термомеханічної обробки сталі за режимом високотемпературної обробки дозволяє збільшити міцність до 1285,0 МПа при відносному подовженні 15,6%, ударну в'язкість до $a_n = 17,4$ кгс/см².

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1	12
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ.....	12
1.1 Вимоги до інструментального матеріалу	12
1.1.1 Вуглецеві інструментальні сталі.....	14
1.1.2 Інструментальні сталі	16
1.1.3 Швидкоріжучі сталі	18
1.2 Спеціальні способи підвищення ресурсу роботи інструментальних сталей	24
1.2.1 Термоциклічна обробка	24
1.2.2 Термомагнітна обробка	25
1.2.3 Термомеханічна обробка	27
Висновки	30
РОЗДІЛ 2	31
ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛУ.....	31
2.1 Вибір металу та його характеристика	31
2.2 Методика досліджень	38
2.2.1 Випробування на розтяг	42
2.2.2 Випробування на ударний згин	49
2.2.3 Випробування на твердість	54
Висновки	57
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	58
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ ТМО НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ.....	58
3.1 Термічна обробки сталі Х12МФ	58
3.1.1 Попередня термічна обробка	58
3.1.2 Остаточна термічна обробка	59
3.2 Термомеханічна обробка та її вплив на структуру та властивості інструментальної сталі.....	62

3.2.1 Дослідження впливу ВТМО на ударну в'язкість сталі Х12МФ	63
3.2.2 Дослідження впливу ВТМО на межу міцності сталі Х12МФ	65
Висновки	67
РОЗДІЛ 4.	69
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	69
4.1 Розрахунок технологічної собівартості	69
4.2 Розрахунок накладних витрат	73
Висновки	77
РОЗДІЛ 5	78
ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	78
5.1 Основні положення з охорони праці	78
5.2 Охорона праці при термічній обробці металів	80
5.3 Засоби індивідуального захисту працівників	82
5.4 Охорона навколишнього середовища	83
Висновки	86
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	89

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

1.1 Вимоги до інструментального матеріалу

Металообробний інструмент працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Тому інструментальні матеріали повинні володіти певними експлуатаційними фізико-механічними властивостями.

Інструментальний матеріал повинен володіти високою твердістю [1].

Твердість інструментального матеріалу повинна бути вищою від твердості оброблюваного матеріалу не менше ніж в 1,5 – 2 рази. При різанні металів виділяється значна кількість тепла, внаслідок чого ріжуча частина інструмента нагрівається. Тому інструментальний матеріал повинен зберігати високу твердість при температурах різання, тобто мати високу теплостійкість зі збереженням твердості. Збільшення рівня теплостійкості інструментального матеріалу дозволяє йому працювати з великими швидкостями різання і, отже, підвищувати ефективність оброблення (табл. 1.1).

Важливою вимогою є висока міцність інструментального матеріалу. Якщо висока твердість матеріалу робочої частини інструмента не забезпечується необхідною міцністю, то це призводить до руйнування інструменту і викришування різальних кромки. Таким чином, інструментальний матеріал повинен мати достатній рівень ударної в'язкості і чинити опір появі тріщин. Інструментальний матеріал повинен мати високу зносостійкість при підвищеній температурі, тобто мати хороший опір стиранню оброблюваним матеріалом, що дозволяє довше забезпечувати первинне налаштування інструменту на розмір [2].

Таблиця 1.1

Теплостійкість і допустима швидкість різання інструментальних матеріалів [1]

Матеріал	Теплостійкість, °С	Допустима швидкість при різанні сталі 45, м/хв
Вуглецева сталь	200 – 250	10 – 15
Легована сталь	350 – 400	15 – 30
Швидкорізальна сталь	600 – 550	40 – 60
Тверді сплави	Група ВК	900 – 930
	Групи ТК і ТТК	1000 – 1030
	Безвольфрамові	800 – 830
	З покриттям	1000 – 1100
Кераміка	1200 – 1230	400 – 600

Інструментальний матеріал повинен володіти технологічними властивостями, що забезпечують оптимальні умови виготовлення інструментів. Серед них можна виділити наступні: хороша оброблюваність різанням і тиском; схильність до термічного оброблення (мала чутливість до перегріву і зневуглицювання, хороші загартовуваність і прогартовуваність, мінімальні деформування і утворення тріщин при загартуванні і т.п.).

Відомо, що твердість і міцність інструментальних матеріалів це властивості антагоністи, тобто чим вища твердість матеріалу, тим нижча його міцність. Тому набір основних властивостей визначає область і умови раціонального використання інструментального матеріалу в ріжучому інструменті. Наприклад, інструмент з надтвердих інструментальних матеріалів на основі алмазу і кубічного нітриду бору або з ріжучої кераміки, використовують виключно для супер чистового оброблення виробів на високих і надвисоких швидкостях різання, але при дуже обмежених січеннях зрізу [1].

При обробленні конструкційних сталей на малих і середніх швидкостях різання в поєднанні з середніми і великими січеннями зрізу великі переваги отримують інструменти зі швидкорізальної сталі.

Інструментальні матеріали поділяються на п'ять основних груп: інструментальні сталі (вуглецеві, леговані і швидкоріжучі); тверді сплави (групи ВК, ТК і ТТК); ріжуча кераміка (оксидна, оксикарбідна і нітридна); абразивні матеріали і надтверді матеріали (на основі алмазу і кубічного нітриду бору).

Найпоширеніша з цих груп – швидкоріжуча сталь, з якої виготовляється близько 60% інструменту, з твердих сплавів - близько 30%, з інших груп матеріалів – тільки близько 10% лезового інструменту.

Аналіз основних напрямів вдосконалення інструментальних матеріалів показує, що вони пов'язані з ростом твердості, теплостійкості і зносостійкості при значній міцності, в'язкості і тріщиностійкості [3].

Очевидно, що вирішення цієї проблеми має бути пов'язане з розробленням композиційного інструментального матеріалу, у якого високі параметри поверхневої твердості, теплостійкості, фізико-хімічної інертності поєднувались би з достатніми показниками об'ємної міцності при згині, ударної в'язкості, межі витривалості. У світовій практиці зазначені методи вдосконалення інструментальних матеріалів знаходять все більше застосування, особливо при виробництві змінних багатогранних пластин для механічного кріплення на ріжучому інструменті [1].

1.1.1 Вуглецеві інструментальні сталі

Ріжучі інструменти, виготовлені з вуглецевих інструментальних сталей У10А, У11А, У12А, У13А, характеризуються достатньою твердістю, міцністю і зносостійкістю при кімнатній температурі, їх недолік – низька теплостійкість. При температурі 200 – 250°C їх твердість різко зменшується[1]. Тому вони

знаходять застосування при виготовленні ріжучих інструментів, призначених для оброблення м'яких металів при низьких швидкостях різання, таких як напилки, дрібні свердла, розвертки, мітчики, плашки та ін. Вуглецеві інструментальні сталі мають низьку твердість в стані поставки, що забезпечує їх хорошу оброблюваність різанням і тиском.

Однак, вони вимагають застосування при загартуванні різких середовищ для гартування, що підсилює короблення інструментів і небезпеку утворення тріщин. Інструменти з вуглецевих інструментальних сталей погано шліфуються через значне нагрівання, відпустки і втрати твердості ріжучих кромки. Через великі деформації при термічному обробленні і погану здатність до шліфування вуглецеві інструментальні сталі не використовуються при виготовленні фасонних інструментів, що підлягають шліфуванню за профілем[2]. Область застосування деяких інструментальних вуглецевих сталей приведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Властивості і область застосування деяких інструментальних вуглецевих сталей[2]

Сталь	Твердість у відпаленому стані, HB, не більше	Температура відпуску, °C	Твердість після загартування і відпуску, HRC, не менше	Область застосування
У9 У9А	192	150 – 160 200 – 220	63 – 64 59 – 60	Дискові пили, зубила, ножниці для різання листів, різці для оброблення міді
У10 У10А	197	150 – 160 200 – 250	63 – 64 59 – 60	Свердла малого діаметру, мітчики, розвертки, плашки, фрези малого діаметру, напилки
У11, У11А	207	150 – 160 200 - 250	63 – 64 58 - 59	

Продовження таблиці 1.2

У12, У12А, У13, У13А	207 217	150 – 160 200 – 250	63 – 64 59 – 60	Свердла спіральні, ручні, машинні конічні і насадні, розвертки, мітчики, плашки, фрези із затилованими зубами, довб'яки, гребінки, протяжки і т. п.
Примітки. 1. У складі інструментальної сталі вміст сірки має бути не більше 0,030%; фосфору – не більше 0,035%. 2 У високоякісної інструментальної вуглецевої сталі вміст марганцю 0,15 – 0,30%; сірки – не більше 0,020%; фосфору – не більше 0,030%. 3. Температура гартування 760 – 780 ⁰ С; охолоджуюче середовище – вода, масло.				

1.1.2 Інструментальні сталі

Інструментальні леговані сталі мають більшу прогартуваність і загартовуваність, менш чутливі до перегріву, ніж вуглецеві сталі, і в той же час добре обробляються різанням і тиском.

Застосування легованих сталей зменшує кількість бракованих інструментів. Область застосування таких сталей така ж, що і для вуглецевих сталей (табл. 3). За теплостійкістю леговані інструментальні сталі незначно перевершують вуглецеві. Вони зберігають високу твердість при нагріванні до 200 – 260⁰ С і тому не придатні для різання з підвищеною швидкістю, а також для оброблення твердих матеріалів [3].

Сталі неглибокої прогартуваності, леговані хромом (0,2 – 0,7%), ванадієм (0,15 – 0,3%) і вольфрамом (0,5 – 0,8%) використовуються при виготовленні інструментів типу стрічкових пил і ножівкових полотен. Деякі з них мають більш спеціалізоване застосування. Наприклад, сталь ХВ4 рекомендується для виготовлення інструментів, призначених для оброблення матеріалів, що мають високу поверхневу твердість, при відносно невеликих швидкостях різання.

Характерною особливістю сталей глибокого прогартовування є вищий вміст хрому (0,8 – 1,7%), а також комплексне введення.

Таблиця 3

Температура гартування і відпуску та область застосування інструментальних легованих сталей [1]

Марка сталі	Температура загартовування, °С, охолоджуюче середовище	Температура відпуску, °С	Область застосування
Сталі неглибокого прогартовування			
11ХФ	810 – 830, масло	–	Мітчики та інший осьовий інструмент діаметром до 30 мм
Сталі глибокого прогартовування			
Х	840 – 860, масло	180	Токарні, стругальні і довбальні різці
9ХС	840 – 860, масло	–	Свердла, розвертки, мітчики, плашки, гребінки, фрези
ХВГ	830 – 850, масло	180	Протяжки, довгі мітчики, плашки

У виробництві інструментів з розглянутої групи найбільше застосування знаходять сталі 9ХС і ХВГ. В сталі 9ХС спостерігається рівномірний розподіл карбідів по перерізу [2]. Це дозволяє використовувати її для виготовлення інструментів відносно великих розмірів, а також для нарізних інструментів, особливо круглих плашок з дрібним кроком різьби. Разом з тим сталь 9ХС має підвищену твердість у відпаленому стані, високу чутливість до знеуглецьовування при нагріванні. Сталі ХВГ, ХВСГ, що містять марганець, мало деформуються при термічному обробленні. Це дозволяє рекомендувати сталь для виготовлення інструменту типу протяжок, довгих мітчиків, до яких висуваються жорсткі вимоги щодо стабільності розмірів при термічному обробленні. Сталь ХВГ має підвищену карбідну неоднорідність, особливо при

перерізах, більших ніж 30 – 40 мм, що підсилює викришування різальних кромок і не дозволяє рекомендувати її для інструментів, що працюють у важких умовах [2].

1.1.3 Швидкоріжучі сталі

Широке застосування для виготовлення металорізальних інструментів знайшли швидкоріжучі сталі, незважаючи на те, що інструменти з твердого сплаву, кераміки і надтвердих матеріалів забезпечують вищу продуктивність оброблення [1].

Широке використання швидкоріжучих сталей для виготовлення складнопрофільних інструментів визначається поєднанням високих значень твердості (до 68 HRC_e) і теплостійкості (600 – 650 $^{\circ}C$) при високому рівні крихкої міцності і в'язкості, які значно перевищують відповідні значення для твердих сплавів. Крім того, швидкорізальні сталі мають високу технологічність, так як добре обробляються тиском і різанням у відпаленому стані.[3]

В позначенні швидкоріжучої сталі буква Р означає, що сталь швидкоріжуча, а наступна за буквою цифра – вміст середньої масової частки вольфраму у відсотках. Наступні букви позначають: М – молібден, Ф – ванадій, К – кобальт, А – азот. Цифри, наступні за буквами, означають їх середню масову частку у відсотках. Вміст масової частки азоту становить 0,05 – 0,1%[1].

Високі ріжучі властивості швидкоріжучої сталі забезпечуються за рахунок легування сильними карбідоутворюючими елементами: вольфрамом, молібденом, ванадієм і некарбідоутворюючим кобальтом. Вміст хрому у всіх швидкоріжучих сталях становить 3,0 – 4,5% і в позначенні марок не вказується. Практично у всіх марках швидкоріжучих сталей допускається вміст сірки і фосфору не більше 0,3% і нікелю не більше 0,4%.

Істотним недоліком цих сталей є значна карбідна неоднорідність, особливо в прутках великого перерізу. Зі збільшенням карбідної неоднорідності міцність сталі знижується, при роботі викришуються ріжучі кромки інструменту і знижується його стійкість. Карбідна неоднорідність виражена сильніше в сталях з підвищеним вмістом вольфраму, ванадію, кобальту. У сталях з молібденом карбідна неоднорідність проявляється в меншій мірі. Сучасні швидкоріжучі сталі можна розділити на три групи: нормальної, підвищеної і високої теплостійкості. До сталей нормальної теплостійкості відносяться вольфрамова P18 і вольфрамомолібденова P6M5 сталі. Ці сталі мають твердість в загартованому стані HRC 63 – 64, межу міцності при згині 2900 – 3400 МПа, ударну в'язкість 2,7 – 4,8 Дж/м² і теплостійкість 600 – 620⁰С [1].

Швидкоріжуча сталь P18, що містить 18% вольфраму, довгий час була найпоширенішою. Вона порівняно добре шліфується. Велика кількість надлишкової фази карбиду робить сталь P18 більш дрібнозернистою, менш чутливою до перегріву при загартовуванні, більш зносостійкою. Зважаючи на високий вміст вольфраму, сталь P18 доцільно використовувати тільки для виготовлення інструментів високої точності, коли сталі інших марок не доцільно застосовувати через припалювання ріжучої частини при шліфуванні і заточуванні.

Сталь P9 за червоностійкістю і ріжучими властивостями майже не поступається сталі P18. Недоліком сталі P9 є знижена здатність до шліфування, що викликається порівняно високим вмістом ванадію і присутністю в структурі дуже твердих карбідів. Разом з тим сталь P9, у порівнянні зі сталлю P18, має рівномірніший розподіл карбідів, дещо більшу міцність і пластичність, що полегшує її деформованість в гарячому стані. Вона придатна для інструментів, що одержуються різними методами пластичної деформації. Через знижену здатність до шліфування сталь P9 застосовують обмежено [1].

Сталь P12 рівноцінна за ріжучими властивостями сталі P18. У порівнянні

зі сталлю P18, сталь P12 має меншу карбідну неоднорідність, підвищену пластичність і придатна для інструментів, що виготовляються методом пластичної деформації. У порівнянні зі сталлю P9 сталь P12 краще шліфується, що пояснюється більш вдалим поєднанням легуючих елементів.

Сталі марок P18M, P9M відрізняються від сталей P18 і P9 тим, що вони в своєму складі замість вольфраму містять до 0,6 – 1,0% молібдену (з розрахунку, що 1% молібдену замінює 2% вольфраму). Ці сталі мають рівномірно розподілені карбіди, але більш схильні до знеуглецьовування. Тому гартування інструментів із сталей необхідно проводити в захисній атмосфері. Однак за основними властивостями сталі P18M і P9M не відрізняються від сталей P18 та P9 і мають ту ж область застосування[1].

Вольфрамомолібденові сталі типу P6M3 і P6M5 є пізнішими сталями, які значно підвищують як міцність, так і стійкість інструменту. Молібден обумовлює меншу карбідну неоднорідність, ніж вольфрам, тому заміна 6 – 10% вольфраму відповідною кількістю молібдену знижує карбідну неоднорідність швидкоріжучих сталей приблизно на 2 бали і відповідно підвищує пластичність.

Недолік молібденових сталей полягає в тому, що вони мають підвищену чутливість до знеуглецьовування. Вольфрамомолібденові сталі рекомендується застосовувати в промисловості поряд з вольфрамовими для виготовлення інструменту, що працює у важких умовах, коли необхідна підвищена зносостійкість, знижена карбідна неоднорідність і висока міцність.

Сталь P18, особливо у великих січеннях (діаметром більше 50 мм), з великою карбідною неоднорідністю доцільно замінити на сталі P6M3 і P12.

Сталь P12 придатна для протяжок, свердл, особливо в січеннях діаметром менше 60 – 70 мм.

Сталь P6M3 доцільно використовувати для інструментів, що виготовляються способом пластичної деформації, для інструментів, що працюють з динамічними навантаженнями і для інструментів великого січення з

малими кутами загострення на ріжучій частині.

Серед швидкорізальних сталей нормальної продуктивності основне місце зайняла сталь Р6М5. Її застосовують для виготовлення всіх видів ріжучих інструментів. Інструменти зі сталі Р6М5 мають стійкість, яка дорівнює або до 20% вища, ніж стійкість інструментів зі сталі Р18 [2].

Зазначені марки сталі отримали найширше поширення при виготовленні ріжучих інструментів. Обсяг виробництва сталі Р6М5 досягає 80% від усього обсягу випуску швидкорізальної сталі. Вона використовується при обробленні конструкційних сталей, чавунів, кольорових металів, пластмас. Сталі підвищеної теплостійкості характеризуються підвищеним вмістом вуглецю, ванадію і кобальту. Такі сталі мають підвищену продуктивність і використовуються в основному при обробленні жароміцних сплавів, високоміцних і нержавіючих сталей, інших важкооброблюваних матеріалів і конструкційних сталей з підвищеними режимами різання[2].

У порівнянні зі сталями нормальної теплостійкості високованадієві сталі підвищеної продуктивності мають в основному вищу зносостійкість, а сталі, що містять кобальт - вищу червоностійкість і теплопровідність. Разом з тим, швидкорізальні сталі підвищеної теплостійкості, що містять кобальт, мають підвищену чутливість до знеуглецювання. Швидкорізальні сталі підвищеної теплостійкості шліфуються гірше ніж сталі Р18 і вимагають точнішого дотримання температур нагрівання при термічному обробленні. Погіршення здатності до шліфування проявляється в підвищенні зношення абразивних кругів і збільшенні товщини поверхневого шару сталі, пошкодженого при надмірно жорсткому режимі шліфування. Швидкоріжучі сталі підвищеної теплостійкості через технологічні недоліки не є сталями універсального призначення. Вони мають відносно вузькі межі застосування, більш придатні для інструментів, що піддаються незначному профільному шліфуванню.

Основною маркою швидкоріжучої сталі підвищеної продуктивності є

сталь Р6М5К5. Вона застосовується для виготовлення різних інструментів, призначених для оброблення конструкційних сталей на підвищених режимах різання, а також нержавіючих сталей і жароміцних сплавів. Сталі високої теплостійкості характеризуються зниженим вмістом вуглецю, але значно великою кількістю легуючих елементів – В11М7К23, В14М7К25, 3В20К20Х4Ф. Вони мають твердість HRC 69 – 70 і теплостійкість 700 – 720⁰С. Найбільш раціональна область їх використання – різання важкооброблюваних матеріалів і титанових сплавів. В останньому випадку період стійкості інструментів в 60 разів вищий, ніж зі сталі Р18, і в 8 – 15 разів вищий, ніж з твердого сплаву ВК8.[3]

Значними недоліками цих сталей є їх низька міцність при згині (не вище 2400 МПа) і низька оброблюваність різанням у відпаленому стані (HRC 38 – 40) при виготовленні інструменту.

Головною відмінною рисою порошкових сталей є рівномірний розподіл карбідів по перерізу, який не перевищує першого балу шкали карбідної неоднорідності [1]. У певних умовах, як показують експерименти, стійкість ріжучих інструментів з порошкових сталей в 1,2 – 2,0 рази вища ніж стійкість інструментів, виготовлених із сталей звичайного виробництва.

Найбільш раціонально порошкові сталі використовувати при обробленні важкооброблюваних складнолегованих матеріалів і матеріалів, що мають підвищену твердість ($HRCe > 32$), а також для виготовлення крупногабаритних інструментів діаметром більше 80 мм[2]. Проводяться роботи щодо створення та уточнення області доцільного застосування швидкоріжучих сплавів дисперсного твердіння типу Р18М7К25, Р18М3К25, Р10М5К25, які представляють собою залізокобальтові вольфрамкові сплави. Залежно від марки вони містять: W 10 – 19%, Co 20 – 26%, Mo 3 – 7%, V 0,45 – 0,55%, Ti 0,15 – 0,3%, C до 0,06%, Mn не більше 0,23%, Si не більше 0,28%, решта залізо. На відміну від швидкоріжучих сталей, що розглядаються, сплави зміцнюються внаслідок виділення при відпуску інтерметалідів, мають вищу червоність (700 – 720⁰С) і твердість

(HRC_e 68 – 69). Висока теплостійкість у них поєднується з задовільною міцністю, що обумовлює підвищені ріжучі властивості. Фізико-механічні властивості швидкоріжучих сталей наведені в табл. 1.5, а область раціонального застосування в табл. 1.4[2].

Таблиця 1.4

Область раціонального використання швидкоріжучих сталей[1]

Марка сталі	Галузь застосування
P6K5, P6M5K3	Для інструментів, які працюють при переривчастих і неперервних процесах різання, на чорнових і чистових операціях
P9K10, P9M4K8, P9K5Ф5, P12Ф4K5, P8M3K6C, P12Ф2K8M3, P12Ф3K10M3, P6Ф2K8M5, P2Ф2K8M6, P18Ф2K8M	Для інструментів, що нагріваються до високих температур і працюють на чорнових і напівчистових операціях при рівномірному навантаженні на ріжучі зуби
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5M, P3M3Ф3Б2	Для інструментів, що працюють з малими глибинами різання і такими, що не розігріваються до високих температур

Таблиця 1.5

Область раціонального використання швидкоріжучих сталей[1]

Марка сталі	Межа міцності на згин, МПа	Черностійкість, °С, не менше	Здатність до шліфування	Особливі властивості
P18**	2600...3000	620	Підвищена	Знижена схильність до перегріву при гартуванні
P18K5Ф2	2570...3160	640	Добра	>>
P12Ф3	3000...3100	630	Знижена	>>
P9K5	2500	630	>>	>>
11P3AM3Ф2	2800...3000	620	>>	Підвищена схильність до перегріву при гартуванні
P2AM9K5	–	630	>>	Підвищенна схильність до знезвуглецьовування і перегріву при гартуванні

Продовження таблиці 1.5

P9M4K8	2200...2600	630	>>	Підвищена схильність до знезвуглецьовування
P6M5	3200...3600	620	Добра	>>
P6M5K5	2600...3000	630	>>	>>

1.2 Спеціальні способи підвищення ресурсу роботи інструментальних сталей

1.2.1 Термоциклічна обробка

Останнім часом з метою поліпшення структури штампової сталі та поліпшення її механічних властивостей розробляються різні види обробки металів, засновані на використанні циклічних теплових ефектів, вони отримали назву термоциклічна обробка(ТЦО). На відміну від інших типів термічної обробки, структура і зміна фази в ТЦО повторюються при змінній температурі нагрівання та охолодження. Ефективність ТЦО на сталеву конструкцію та експлуатаційні характеристики значною мірою залежить від її реалізації, тобто температури циклу, числа циклів та швидкості нагрівання та охолодження. Суперечливе розуміння їх взаємного впливу створює передумови для застосування широкого спектру методів ТЦО [5]. Вони не тільки мають різні принципи впливу на структуру (із повною зміною фази, частковою або відсутністю такої зміни фази), але найголовнішим є те, що різниця в 20-50 разів перевищує результат. Завдання створення цієї вдосконаленої технології теплового циклу для інструментів, які працюють в різних термоелектричних умовах, надзвичайно складне та різноманітне [5]. Його рішення суттєво продовжить термін експлуатації шляхом пошуку нового нестандартного циклу обробки та нестандартної комбінації параметрів ТСО в режимі. Ці режими будуть створювати керований структурний стан в металі через абразивні

частинки, тим самим збільшуючи Щільність дефектів, прискорений процес дифузії та інші фізичні ефекти [5].

Штамповий зразок із сталі 5ХНМ проходить термічну обробку наступним чином: чотири цикли нагрівання до постійної температури 750°C та охолодження на повітрі до температури 500°C [5] (вище т. M_n), та остаточне охолодження в печі. Твердість сталі після ТЦО становить 31 HRC, а розмір зерен сталеві конструкції 7-8 в.



Рисунок 1.1 – Мікроструктура сталі 5ХНМ– після ТЦО x480[5]

1.2.2 Термомагнітна обробка

Швидкорізальні сталі широко застосовують для ріжучих інструментів, що працюють в умовах значного силового навантаження і розігріву робочих крайок, а також для ряду деталей, працюючих при підвищених температурах. Високі ріжучі властивості швидкорізальних сталей забезпечуються за рахунок легування сильними карбідоутворюючими елементами: вольфрамом, молібденом, ванадієм і некарбідоутворюючим кобальтом. Застосування прогресивних методів зміцнення дозволить підвищити фізико-механічні властивості сталі і, крім того, знизити витрати на проведення термічної обробки. Одним з таких методів є термічна обробка в магнітному полі (МП) [6].

Застосування магнітного поля сприяє зміні фізико-механічних властивостей, що пов'язано з впливом магнітного поля на перетворення в сталі і

структуру, що формується при термічній обробці.[6]

Термомагнітна обробка інструментальних сталей проводиться за наступними двома схемами:

1) виріб розігрівають до температури гарту постійним струмом, при цьому в ньому утворюється магнітне поле; не вимикаючи струму, а лише знижуючи його, виробляють охолодження у воді;

2) виріб нагрівають змінним струмом; одночасно з його вимиканням включають соленоїд постійного струму, що створює індукцію 0,34 тл (3400 гс) і розташований навколо виробу.

Досліджувалась сталь Р9. Електромагніт і соленоїд поміщали в баки з маслом. Відпуск в змінному магнітному полі підвищує твердість, ударну в'язкість і зменшує тривалість процесів, що обумовлюють розпад залишкового аустеніту (рис.1.4). Дослідження впливу МП на структуру показали, що, мабуть, в мартенситі при накладенні поля під час перетворення протікають процеси типу самовідпуску, що грають тим більшу роль, чим вище вміст вуглецю в сталі (коли після звичайної гарту самовідпуск пригнічений). При накладенні МП можливе утворення більш дисперсної структури.

У сталях з підвищеним (>0,6%) вмістом вуглецю накладення поля під час аустенітомартенситного перетворення ініціює процеси самовідпуску мартенситу, у зв'язку з чим і підвищуються характеристики міцності і пластичності в загартованому або низьковідпущеному стані. Зменшення кількості залишкового аустеніту під впливом поля також сприяє деякому підвищенню міцності і пластичності сталі в загартованому і низьковідпущеному стані [7].

Магнітне поле при накладенні його в процесі відпуску швидкорізальної сталі вносить істотні зміни в фазові перетворення. Поле, що діяло як при витримці, так і при охолодженні, істотно прискорює розпад залишкового аустеніту.

Найбільший ефект в порівнянні зі звичайним відпусткою виходив при 560°C (рис.1.2) Накладення постійного і змінного поля прискорює перетворення залишкового аустеніту при температурах вище 540°C. особливо ефективно поле діяло при охолодженні.

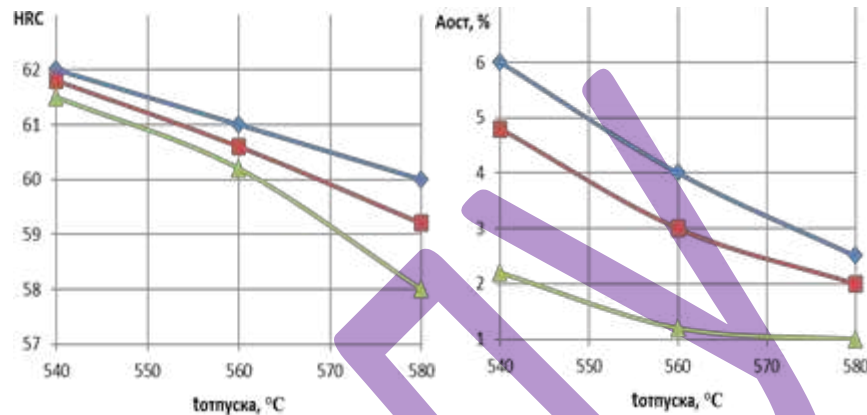


Рисунок 1.2 - залежність властивостей сталі P9 від режиму відпуску та накладення магнітного поля: ◆ – одноразова відпустка 2 год; ■ – триразова відпустка по 2 год; ▲ – одноразова відпустка тривалістю 1 год у змінному магнітному полі[6]

Таким чином, термічна обробка інструментальної сталі істотно підвищує твердість, знижує кількість залишкового аустеніту за рахунок зміни механізму і кінетики перетворень при термічній обробці сталі.

1.2.3 Термомеханічна обробка

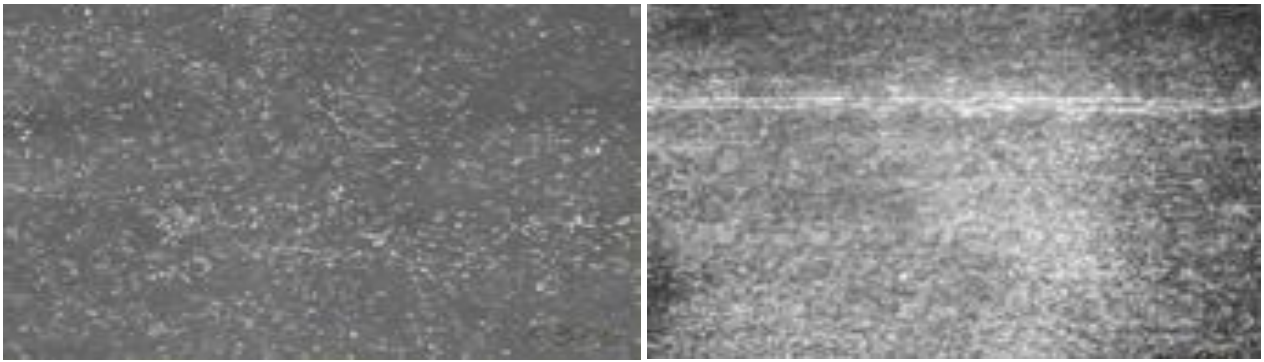
Останнім часом для поліпшення структури штампових сталей, підвищення їх механічних властивостей, розробляються різні види обробки металів. Відомий спосіб термомеханічної обробки штампів, що включає нагрівання до температури аустенізації, деформацію, загартування, старіння і місцевий відпуск тіла штампа.

Цей спосіб забезпечує високу зносостійкість, але при загартуванні штампіві поковки виявляють схильність до утворення гартівних тріщин внаслідок високих передзакалювальних залишкових напруг, що виникають внаслідок нерівномірності деформації, і високих температурних напруг, обумовлених значним перепадом температур від температури аустенізації до початку мартенситного перетворення аустеніту[11].

Попередньо оштамповану заготовку піддають нормалізації, очищення і гальванічного нікелювання для захисту від окаліноутворення. Потім заготовку нагрівають до температури аустенізації (920°C) і занурюють в охолоджуючу ванну з температурою, рівній температурі відносної стійкості аустеніту (450-500°C). Після охолодження заготовку встановлюють в спеціальний охолоджуючий пристрій, що забезпечує можливість термічного впливу на поковку двох ізолюваних одна від іншої середовищ з різними температурами[17].

У цьому пристрої передбачені два відсіки, які при установці поковки перекриваються. У відсік з гравюрою штампа безперервно подають теплопровідну рідину з температурою 450-500°C, а в відсік з виступаючим тілом поковки штампа - гартівну рідину з температурою 50--150°C. після закалки тіла поковки подачу рідини в цей відсік припиняють і поковку об'ємно прогрівують до 450-500°C. Потім заготовку витягують з пристрою і витримують в печі з тією ж температурою 450-500°C протягом 2-4 год для відпустки загартованого тіла поковки. Потім поковку передають під видавлювання гравюри, яке здійснюють майстер-пуансоном з температурою 450-500°C. Поковку з видавленою гравюрою піддають загартуванню і відпуску.[10]

На рис.1.3 представлені фотографії розподілу карбідів в сталі X12M до термомеханічної обробки і відповідно після неї. На рисунку 1.3 б спостерігається карбідна неоднорідність деформованої структури.



а)

б)

Рисунок 1.3 Розподілення карбідів в структурі сталі X12M: а) – до термомеханічної обробки $\times 100$; б) – після термомеханічної обробки $\times 500$, [12]

НТМО забезпечує більш високий рівень зміцнення сталі ніж ВТМО, але цей спосіб обробки потребує більш високих ступенів деформації, що в умовах відносно низьких температур, при яких відбувається процес деформування, можливо здійснити при умові наявності потужного устаткування для деформування. Тому в умовах машинобудівних підприємств здійснення НТМО пов'язано зі значними труднощами.

Висновки

У першому розділі розглянуті характеристики та способи зміцнення інструментальних сталей. Металообробний інструмент працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Тому інструментальні матеріали повинні володіти певними експлуатаційними фізико-механічними властивостями. Інструментальний матеріал повинен володіти високою твердістю.

Для інструментальних сталей існує багато способів зміцнення та покращення їх властивостей: термомеханічна обробка, яка надає великий вплив на кінетику протікання перетворень в сталях при гартуванні і відпуску і, як наслідок, рівень фізико-механічних властивостей, низькотемпературна термічна обробка, що включає аустенізацію переохолодженого аустеніту до заданих температур і деформацію (з подальшим гартуванням), є проведення останньої операції при температурі нижче порога рекристалізації, що забезпечує природне підвищення щільності дислокацій і їх перерозподіл з утворенням (при правильно обраних режимах НТМО) стійкої сітки полігональних меж, ТЦО яка дозволяє отримати більш однорідну структуру із збереженням дрібного зерна і заданої твердості.

В результаті впливу у структурі матеріалу накопичуються зміни, що поліпшують якість виробів і надають їм властивості, недсяжні при різних способах покращення ресурсу роботи.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛУ

2.1 Вибір металу та його характеристика

Сталь та спосіб її обробки повинні вибиратися відповідно до температурних та силових умов роботи, аби вона працювала з максимальною стабільністю.

Металообробний інструмент працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Тому інструментальні матеріали повинні володіти певними експлуатаційними фізико-механічними властивостями[8]:

- хороша оброблюваність методом різання металу;
- низька чутливість до перегріву;
- прийнятливність до прожарювання;
- пластичність в гарячому стані;
- здатність протистояти зневодненню;
- стійкість до утворення тріщин.

Зважаючи на умови роботи та властивості оптимальним варіантом є ледебуритні високо хромисті сталі типу X12, X12МФ, X6ВФ. Вони є напівтеплостійкими і в їх структурі після відпалу присутні сорбітоподібний перліт, карбіди $(Fe, Cr)_7C_3$ і легований цементит $(Fe, Cr)_3C$. Нагрів під гартування хромистих сталей проводять при температурах $1000^{\circ}C$ і вище, щоб розчинити в аустеніті карбіди хрому. Найбільш характерними представниками є сталі типу X12, які містять 1,4 – 2,5% С і 11,0 - 13,0% Cr і додатково леговані в невеликих кількостях молібденом, ванадієм і вольфрамом (в різних поєднаннях). Цю групу сталей використовують для виготовлення штампів для холодного деформування. Крім цього, використовують високохромисті сталі з підвищеним вмістом ванадію, що сприяє різкому підвищенню зносостійкості [10].

Характерною особливістю сталей цієї групи є значна кількість надлишкових карбідів, розташованих у вигляді рядків або сітки, що призводить до зниження

міцності, ударної в'язкості і збільшення анізотропії властивостей. Разом з тим ця особливість структури сталей зумовлює їх основну технологічну перевагу – високу зносостійкість. Додаткове легування сталей типу X12 (2,0 – 2,5% С) вольфрамом, молібденом, ванадієм сприяє деякому поліпшенню розподілу карбідної фази, розширяє температурні інтервали аустенізації і дещо підвищує міцнісні властивості. Позитивний вплив на основні та технологічні характеристики високохромистих сталей, що містять вольфрам (молібден) і ванадій, робить зниження концентрації вуглецю до 1,2 – 1,7%. Але і ці сталі після термічної обробки на твердість HRC 61-63, що зазвичай рекомендуються для важко навантажених інструментів, володіють підвищеною схильністю до крихкого руйнування. Зазначений рівень твердості більшість сталей типу X12 зберігають після гартування з 980 – 1050°C і відпуску при 160 – 200°C. Сталі типу X12BM проявляють схильність до вторинного твердіння після гартування від 1000 – 1040°C, набуваючи твердість HRC 59-61 після відпуску при 500-520°C. Однак при цьому їх характеристики міцності лише трохи перевищують рівень, який досягається в результаті низькотемпературного відпуску. Після гартування на вторинну твердість ($t_{\text{гарт}} = 1100 - 1150^{\circ}\text{C}$) і трьохчотириразового відпуску при 500 - 530 °C сталі типу X12 проявляють схильність до вторинного твердіння, набуваючи твердість HRC 59-62. Однак нагрів під загартування до 1100 - 1150 ° C призводить до значного зростання зерна аустеніту (№ 5 - 8), що негативно впливає на міцність і в'язкість. Сталь X12МФ містить більше дев'яти легуючих елементів, завдяки яким вона має чудові технічні характеристики. До того ж їх співвідношення розраховане таким чином, що цю марку вибирають в якості вихідного матеріалу для виготовлення різних деталей від ножа до штампування активних частин електричних машин [9].

Саме ці елементи в заданій кількості, при дотриманні норм технологічного процесу виготовлення сталі надають їй властивості: міцність; підвищена корозійна стійкість, довговічність; ріжучі властивості. Проаналізувавши матеріали, що використовують для виготовлення штампового інструменту, для виготовлення вирубного пуансону обрано сталь марки X12МФ.

Таблиця 2.1

Хімічний склад сталі X12МФ у % [7]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu	V
1,45-1,65	0,15-0,45	0,1-0,4	11-12,5	до 0,35	0,4-0,6	до 0,03	до 0,03	до 0,3	0,15-0,30

Хром. Хром сприяє одержанню високої і рівномірної твердості сталі. Поріг холодноламкості хромистих сталей 0 - 100 °С. Розчинність у фериті цього елемента необмежена. Розчинність в аустеніті становить 12,8 %. Хром підвищує міцність, твердість, коерцитивну силу фериту. Знижує ударну в'язкість, магнітну індукцію і магнітну проникність. Хром утворює карбіди $Cr_{23}C_6$ і Cr_4C_3 . Хром підвищує точку A_1 і знижує точки A_3 і A_4 . Зміщує точку S вліво. Також цей елемент знижує схильність зерна до росту, дуже збільшує прогартовуваність. Хром зменшує критичну швидкість гартування, знижує мартенситну точку M_n і збільшує кількість залишкового аустеніту.

Хром позитивно впливає на ряд характеристик штампових сталей (прогартовуваність, схильність до вторинного твердіння, теплостійкість тощо). У міру підвищення його концентрації в твердому розчині суттєво зростає стійкість аустеніту як в перлітній, так і в проміжній областях, якісно змінюється вигляд S-подібних кривих. Хром підвищує стійкість цих карбідів проти розчинення при нагріванні і сприятливо впливає на чутливість до перегріву сталей, що містять незначні кількості вольфраму і молібдену. У комплекснолегованих сплавах хром внаслідок підвищення фазового наклепу при загартуванні та безпосередній участі у формуванні зміцнюючої фази сильно підсилює ефект вторинного твердіння.

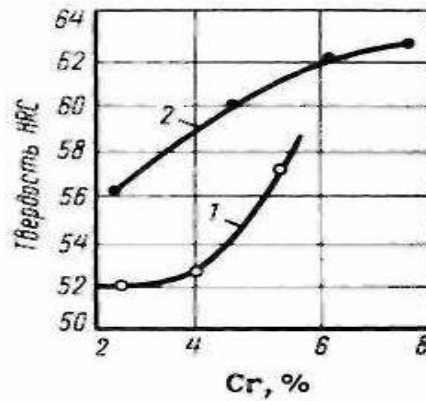


Рисунок 2.1 – Вплив хрому на стійкість переохолодженого аустеніту інструментальних сталей із середнім ($\approx 0.5\%$) (а) і підвищеним (1-1.5%) (б) вмістом вуглецю: 1 – У10, 2 – Х [7]

Хром сприяє збереженню високого опору пластичній деформації при нагріванні до 400-500°C. Межі міцності і текучості складають 80% від їх значень при 20°C. Крім того, хром підвищує стійкість проти окислення при нагріванні до 600-650°C і проти роз'їдаючої дії ряду середовищ.

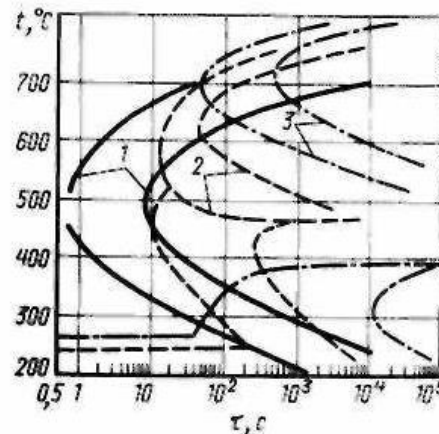


Рисунок 2.2 – Вплив хрому на стійкість переохолодженого аустеніту інструментальних сталей із середнім ($\approx 0.5\%$) (а) і підвищеним (1-1.5%) (б) вмістом вуглецю: 1 – У10, 2 – Х, 3 – Х12М [7]

Слід зазначити, що збільшення вмісту хрому вище 5% поряд з посиленням карбідної неоднорідності викликає також підвищення чутливості до перегріву. Цей недолік притаманний сталей, легуваних 1-2% W (Mo) і 0,30,8% V. Також хром навіть при відносно невисоких концентраціях володіє значною схильністю до дендритних ліквіації, більшою, ніж вольфрам, марганець і кремній.

Молибден. Введення в хромові сталі Mo (0,15 – 0,45%) підвищує прогартованість, знижує поріг холодноламкості до - 20 – 120 °С. Молибден підвищує статичну, динамічну міцність від втоми сталі. Розчинність у фериті - 5 % при 20 °С і 38 % при 1450° С, в аустеніті -3,5 %. Вплив молибдену на властивості фериту підвищує міцність і коерцитивну силу, знижує магнітну індукцію і магнітну проникність, не змінює пластичності. Молибден утворює фазу впровадження Mo_2C і карбіднез'єднання Fe_3Mo_3C . Вплив молибдену на властивості аустеніту підвищує точки A_1 і A_3 і знижує точку A_4 . Зміщує точку S вліво. Перешкоджає росту зерна. Зменшує критичну швидкість загартування, дає дві зони найменшої стійкості аустеніту 350 і 600°С. Знижує мартенситну точку M_n і дещо збільшує кількість залишкового аустеніту. Молибден зменшує схильність сталі до відпускнуї крихкості. Збільшує червоностійкість і підвищує схильність до знеуглецювання сталі. Підвищує температуру росту зерна аустеніту. Молибден зменшує схильність до відпускнуї крихкості другого роду [7].

У сталях з **молибденом** дисперсійне твердіння настає при більш низьких температурах відпуску, дещо сильніше підвищується вторинна твердість. Виділяється карбід, що має більшу здатність до зсідання, внаслідок чого молибденова сталь в порівнянні з вольфрамовою має кращу в'язкість, але дещо меншу теплостійкість. Також молибден пригнічує схильність до відпускнуї крихкості внаслідок сприятливого впливу на стан меж зерен. Вміст молибдену, незважаючи на його ефективний вплив, встановлюють не вище 2,52,8%, так як він посилює знеуглецювання.

Ванадій розчиняється в деякій кількості в аустеніті при нагріванні для гартування і виділяється, збагачуючи розчин ванадієм і вуглецем, а при

подальшому відпуску стійкі проти коагуляції карбіди ванадію виділяються з мартенситу, додатково підвищуючи вторинну твердість (за рахунок дисперсійного тверднення) і червоностійкість сталі, посилюючи дисперсійне твердіння. Вміст ванадію в швидкорізальній сталі не повинен бути нижче 1%. При підвищенні вмісту ванадію понад 1,5-1,8% у структурі утворюється карбід VC, що володіє більшою твердістю, ніж складний карбід вольфраму. Кількість карбідів VC зростає із збільшенням вмісту ванадію, що покращує зносостійкість, але погіршує шліфуємість [7].

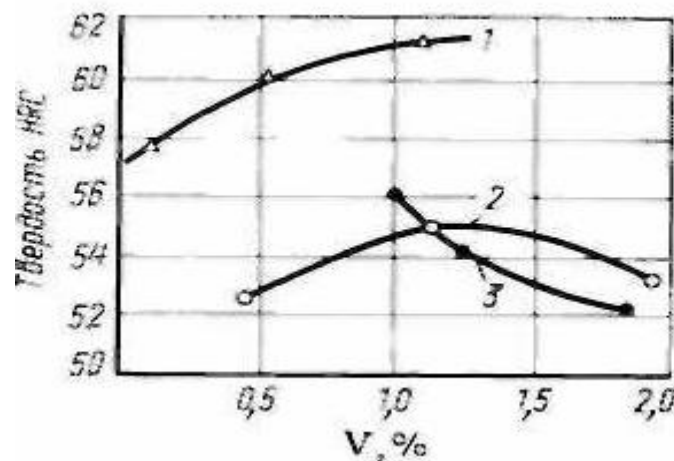


Рисунок 2.3 – Вплив ванадію на максимальний рівень вторинної твердості, що досягається в сталях типу X4B2M1Ф (1), 4X4BMФС (2) і 5X3B3MФС (3) після відпуску при 500-550°C і гартування на зерно №10 [7]

Ванадій затримує ріст зерна при нагріванні для гартування, якщо він присутній у вигляді карбіду VC і сталь містить менше 12% W. Володіючи високою твердістю, надлишкові карбіди сильно збільшують зносостійкість сталі при робочому нагріванні і гарячу твердість, а при температурі нагріву для гартування уповільнюють зростання зерна.

Ванадій чинить ефективний вплив на процеси збиральної рекристалізації й істотно зменшує чутливість штампових сталей до перегріву. На механічні властивості ванадій справляє неоднозначний вплив. Зменшуючи чутливість до перегріву, при вмісті до 1% він може підвищувати міцність і пластичність

високовуглецевих і середньовуглецевих ($\sim 0,4\%$ C) штампових сталей. Збільшення вмісту ванадію з 0,4 до 0,8% підсилює дисперсійне твердіння і покращує теплостійкість, але знижує в'язкість.

Ванадій, також як і хром, має сильно виражену схильність до дендритної ліквідації, але на відміну від нього ванадій сприятливо впливає на дисперсність і характер розподілу первинних карбідів у високовуглецевих сталях. При введенні до складу сталей 3-4% V спостерігається значне погіршення шліфуємості (через присутність дуже твердого карбиду VC), що обмежує їх широке застосування. Іншим недоліком є знижена окалиностійкість при відпалі і гарячій пластичній деформації.

Марганець. Марганець вводять в сталі як технологічну добавку для підвищення міри їх розкислювання і усунення шкідливого впливу сірки, а так само марганець утворює із залізом твердий розчин і дещо підвищує твердість і міцність сталі, трохи зменшуючи її пластичність. Марганець вважається технологічною домішкою, якщо його зміст, не перевищує 0,8%. Марганець як технологічна домішка істотного впливу на властивості сталі не робить [7].

Кремній також вводять в сталь для розкислювання. Вміст кремнію як технологічної домішки зазвичай не перевищує 0,37%. У сталях, призначених для зварних конструкцій, вміст кремнію не повинен перевищувати 0,12-0,25% [7].

Сірка є шкідливою домішкою, що сприяє червоноламкості. У ледебуритних сталях негативна роль утворених сульфідів менше через присутність в структурі значно більшого числа надлишкових карбідів, які можуть погіршувати ці властивості. Крім того, сульфіди при низьких температурах початку затвердіння цих сталей часто служать центрами кристалізації і присутні всередині великих евтектичних карбідів [7].

Фосфор також є шкідливою домішкою. При вмісті фосфору більше ніж 0,02-0,03 % помітно знижується в'язкість і міцність, посилюються спотворення в решітці мартенситу.

2.2 Методика досліджень

Макроаналіз полягає в дослідженні будови сплавів неозброєним оком або при невеликих збільшеннях (до 30 разів) [23]. Будова металів і сплавів, яка визначається таким методом, називається макроструктурою. Макроструктуру можна вивчати безпосередньо на поверхні виливки, поковки деталі або за зломом. Найчастіше макроструктура вивчається на макрошліфах.

Макрошліфом називається спеціально підготовлена до макродослідження частина деталі, поковки, виливки і т. п.

Макроаналіз дозволяє встановити [23]:

- будову металу або сплаву в литих деталях або зливках (зерниста, дендритна), наявність і характер розподілу зон кристалізації, усадочну пухкість, газові бульбашки, тріщини і т.д.;
- хімічну неоднорідність (ліквацію), яка утворюється в процесі кристалізації. Сірка, фосфор і вуглець у процесі кристалізації мають здатність до нерівномірного розподілу по перерізу зливка, що дуже позначається на властивостях окремих його ділянок. Подальшою механічною обробкою ліквідація не усувається;
- будову металу після гарячої обробки тиском (прокатування, штампування, кування і т.д.). Після обробки тиском внутрішня будова металів і сплавів виходить більш щільною, ніж після лиття, тому що в процесі гарячої обробки тиском частково усуваються пористість, пухкість, тріщини і т. д.
- неоднорідність складу і структури, що створюється термічною або хіміко-термічною обробкою. Деталі, які повинні мати високу поверхневу твердість при збереженні в'язкої, пластичної серцевини, як правило, піддаються поверхневому гартуванню або хіміко-термічній обробці.

Мікроструктурний аналіз (мікроаналіз) являє собою дослідження внутрішньої будови (мікроструктури) металу при великих збільшеннях за допомогою металографічного оптичного мікроскопа (при збільшенні від 50 до 1500 разів) [23].

Між мікроструктурою і властивостями багатьох металів і сплавів існує якісна залежність. Тому мікроструктурний аналіз – один з основних методів, який надає

можливість вивчати будову металів і сплавів, а отже, отримати відомості про їх властивості.

Зразок, підготовлений для дослідження мікроструктури металу за допомогою металографічного мікроскопа, називається мікрошліфом.

Техніка підготовки мікрошліфа містить такі операції [23]:

- вирізання і торцювання зразка;
- шліфування поверхні;
- полірування поверхні;
- травлення поверхні;
- дослідження мікроструктури під мікроскопом.

Зразки для виготовлення мікрошліфів найбільш зручно виготовляти з площею перерізу 1 см^2 .

Зразок вирізають з тієї частини виробу або заготовки, яка становить найбільший інтерес для дослідника. Для того щоб поверхня зразка була прямолінійною, її заторцюють за допомогою абразивного круга або напилка. Щоб структура зразка не змінювалася при вирізанні і заторцюванні, він не повинен нагріватися більше 150°C .

Шліфування проводять з метою видалення рисок, що залишилися від заторцювання. Воно реалізується на спеціальних верстатах, що мають кола для закріплення шліфувального паперу. Для попереднього (чорнового) шліфування використовується папір перших чотирьох номерів, для чистового – з більш дрібними абразивними зернами. При переході з одного номера паперу на інший зразок завжди слід шліфувати у напрямку, перпендикулярному до рисок (подряпин), що залишилися після шліфування на папері попереднього номера.

Перед поліруванням зразки промивають водою для видалення залишків частинок абразивного матеріалу після шліфування. Полірування проводиться на полірувальному верстаті із швидкісним диском. Диск обтягнутий фетром, сукном або оксамитом, які змочуються спеціальним абразивом на водній основі. Як абразив використовують оксид хрому (Cr_2O_3) або оксид алюмінію (Al_2O_3). При поліруванні

зразок треба повертати. Після полірування шліф ретельно промивають водою, потім спиртом і просушують, промокаючи фільтрувальним папером.

На нетравленому мікрошліфі виявляються неметалеві включення: графіт, оксиди, сульфіди, бориди і т.д.

Для виявлення структури металу шліф після полірування слід піддати травленню спеціальним реактивом. На протравленому мікрошліфі під мікроскопом виявляються границі, величина і форма зерен, наявність, розташування і співвідношення в сплавах структурних складових. Для травлення мікрошліфів алюмінієвих сплавів, найбільш поширеними є такі реактиви [23]:

- 0,5% розчин фтористої кислоти (HF) у воді;
- суміш кислот: 1% фтористої (HF), 2,5% азотної (HNO₃), 1,5% соляної (HCl) та 95% води (H₂O);

Потім шліф промивають спиртом або водою і просушують фільтрувальним папером.

Як відомо, будь-який метал або сплав є полікристалічним тілом, тобто складається з великої кількості різних орієнтованих кристалітів чи зерен. На межах зерен (навіть найчистіших металів), як правило, розміщуються різні домішки. Крім того, межі зерен мають більш спотворену кристалічну будову, ніж тіло зерна. Під дією травителя, внаслідок різного потенціалу зерна та його межі для чистих металів або різних структурних складових для сплавів утворюються мікроскопічні гальванічні пари. Межі зерен, а також структурні складові з більш низьким потенціалом будуть розчинятися швидше, ніж тіло зерна або структури з більш високим потенціалом. Механічні суміші різних структур (евтектика, евтектоїд) піддаються травленню швидше, ніж однофазні структури (чисті метали, тверді розчини), оскільки в першому випадку утворюється велика кількість гальванічних пар. Крім того, різниця потенціалів у різних структур у більшості випадків більша, ніж у однорідного сплаву і його межах.

У результаті неоднакового травлення структурних складових на поверхні шліфа з'являється мікрорельєф. При розгляді мікрошліфа в оптичному мікроскопі

цей мікрорельєф буде створювати поєднання світла й тіні. При травленні шліфа особливо сильно роз'їдаються межі зерен. Крім того, внаслідок анізотропії властивостей кристалів зерна металу витравлюється реактивом на різну глибину. Утворений мікрорельєф поверхні шліфа спостерігається під мікроскопом. Структура, яка протравлена сильніше, під мікроскопом має темний колір за рахунок більшого розсіювання променів. Менш протравлена структура за рахунок прямого відбиття світла має світлий колір. Межі зерен протравлюються у вигляді тонкої темної сітки. Зерна металу одного й того ж самого фазового складу під мікроскопом можуть мати різні відтінки. Це пояснюється потраплянням в площину шліфа різних перерізів кристалічної ґратки зерен, що відрізняються між собою здатністю протравлюватися, а також іншими властивостями.

Одним з основних приладів для дослідження структури металів є металографічний мікроскоп – МИМ-7 [23].

Звичайний (біологічний) мікроскоп не використовується для дослідження металів, тому що в його оптичній схемі світло від джерела проходить через досліджуваний зразок. Метал не пропускає світлові промені, тому для дослідження металів розробили іншу схему відбивного мікроскопа. В цьому типі мікроскопа світло потрапляє на поверхню досліджуваного зразка і після відбивання спрямовується в об'єктив мікроскопа і через систему лінз та окуляр - до ока спостерігача.

Збільшення мікроскопа N_M визначається добутком збільшення окуляра N_{OK} на збільшення об'єктива N_{OB} [23]:

$$N_M = N_{OK} \cdot N_{OB} = (250 \cdot L) / (f_{OK} \cdot f_{OB}), \quad (3.1)$$

де: L – оптична довжина тубуса;

250 – відстань найкращого бачення ока людини, мм;

f_{OK} і f_{OB} – фокусні відстані об'єктива та окуляра.

Необхідно звернути увагу на таке: якість мікроскопа характеризується роздільною здатністю і так званим корисним збільшенням. Роздільна здатність – найменша, мінімальна відстань між двома точками, на якій ці дві точки ще можна бачити окремо.

2.2.1 Випробування на розтяг

Метод випробування на розтяг дозволяє при кімнатній температурі визначити такі важливі характеристики матеріалу як границя пропорційності, границя пружності, границя плинності, границя міцності, відносне видовження та відносне звуження після розриву.[9]

Для випробування на розтяг використовують зразки з робочою частиною у вигляді циліндру (циліндричні зразки) або стрижні з прямокутним перетином (плоскі зразки). Якщо випробування проводять при кімнатній температурі, то використовують зразки приведені на рисунку 2.4.

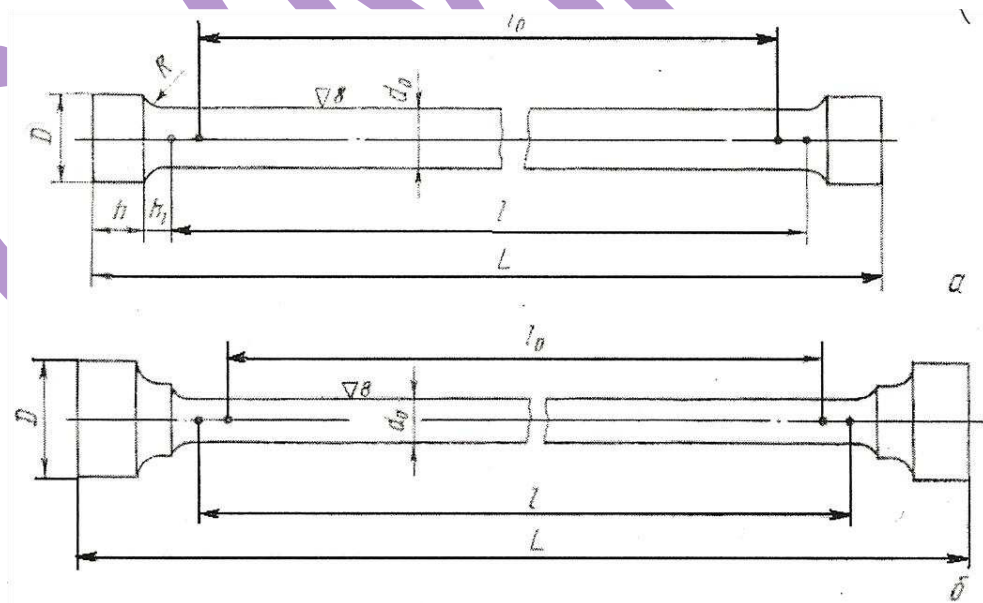


Рисунок 2.4 – Стандартні зразки для випробування на розтяг при кімнатній температурі

Основні розміри зразка [28]:

- робоча довжина l – частина зразка між його головками або ділянками для захвату з постійною площею поперечного перетину;
- початкова розрахункова довжина l_0 – ділянка робочої довжини, на якій визначається видовження (найчастіше $l_0=30$ мм);
- початковий діаметр робочої частини d_0 – для циліндричних зразків (найчастіше $d_0=6$ мм);
- L – повна довжина зразка;
- D – діаметр головки зразка;
- h – довжина конусоподібної частини зразка;
- h_1 – довжина головки зразка.

Рекомендується робити зразки на металорізальному верстаті, щоб забезпечити запас для металевих ділянок, характеристики яких змінилися внаслідок нагрівання або затвердіння. Задирки на плоскій поверхні зразка необхідно видалити механічним способом, не пошкоджуючи поверхню зразка. Край робочої частини зразка можна шліфувати і згладжувати на шліфувальному крузі. Для поверхні робочої частини циліндричного зразка значення параметра шорсткості обробленої поверхні зразка не повинно перевищувати 1,25 мкм - для сторони робочої частини, а для плоского зразка R_z не повинно перевищувати 20 мкм. Випробування проводять на двох зразках. Для випробування на розтяг використовується пропорційний циліндричний зразок діаметром 3,0 мм або більше в робочій частині та початковою проектною довжиною $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ або $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$. Переважно використовують короткі зразки [10].

Форма і розмір головки та перехідної частини циліндричних та плоских зразків визначаються методом кріплення зразка в кріпленні випробувальної машини. Метод фіксації повинен запобігати ковзанню зразка в пристосуванні, зминанні несучої поверхні, деформації головки та пошкодженню зразка під час переходу від робочої частини до головки. Робоча довжина зразків має складати від $l_0+0,5d_0$ до l_0+2d_0 – для циліндричних зразків [28].

Під час випробувань необхідно визначити початкову площу перерізу F_0 . Перед випробуванням вимірювання необхідно проводити принаймні у трьох місцях - на межі між середньою частиною та робочою довжиною. Для початкової площі перерізу зразка в його робочій частині F_0 беруть мінімальне значення, отримане на основі вимірюного значення. За отриманими даними будується діаграма розтягу (рис. 2.5.), з її допомогою визначається пропорційна межа, межа пружності, межа текучості, межа міцності та інші характеристики.

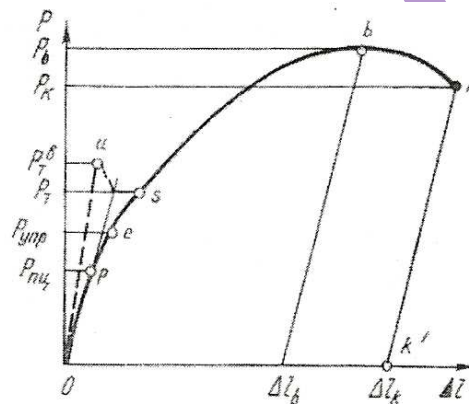


Рисунок 2.5 – Характерні точки на діаграмі розтягу, за допомогою яких розраховують характеристики міцності

Розрізняють умовні нормальні напруження σ та істинні нормальні напруження S . Умовні напруження σ_i , МПа, в будь який момент випробування визначають по формулі:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{F_0}, \quad (2.1)$$

де P_i – навантаження, МН(Н);

F_0 - початкова площа поперечного перерізу зразка, $\text{м}^2(\text{мм}^2)$.

Істинні нормальні напруження S , МПа, визначаються відношенням поточного розтягуючого навантаження P_i до поточної площі поперечного перерізу F_i

$$S_i = \frac{P_i}{F_i}. \quad (2.2)$$

Відображаючи фактичний опір деформації, S_i мають фізичне значення. При пружній деформації $\sigma_i \approx S_i$ а після пластичної деформації, особливо значної, при однакових значеннях навантаження $S_i > \sigma_i$ [7].

1) Границю пропорційності (напруження, яке витримує матеріал без відхилення від закону Гука) $\sigma_{\text{пц}}$ визначають:

- за допомогою тензометрів (розрахунковий спосіб);
- графічним способом по початковій ділянці діаграми

Після того, як прикладено початкову силу P_0 , в якості зразка встановлюють тензорезистор або пристрій для вимірювання деформації, початкова сила P_0 , що відповідає напрузі, що дорівнює 5-10% від передбачуваної пропорційної межі $\sigma_{\text{пц}}$. Пропорційне обмеження $\sigma_{\text{рс}}$ визначається розрахунком після встановлення тензорезисторного навантаження, на зразок діє рівна стадія, що відповідає напрузі, що дорівнює 70-80% від передбачуваної пропорційної границі $\sigma_{\text{рс}}$. Кількість етапів зусиль має бути не менше 4. Час витримки для кожного етапу становить 5-7 с. Подальше завантаження здійснюється меншими ступенями. Коли коефіцієнт подовження малого ступеня навантаження перевищує середнє значення збільшення подовження (з тією ж силою), інші навантаження припиняються. Середнє значення при збільшенні подовження при малих навантаженнях, і знайдене значення зростає відповідно до прийнятих допусків. Сила ROC , яка відповідає розрахунковому значенню збільшення подовження. Межа пропорційності визначається графічно та визначається на початку діаграми розтягу. З початкової точки координат проводиться пряма, вона має співпадати з прямою на початку діаграми розтягу. Після цього проводиться довільна пряма, вона має бути паралельною осі абсцис на якій відкладається відрізок k_n , який має бути рівний половині відрізка m_k . На діаграмі розтягування на лінії, паралельній їй, проводиться дотична лінія CD , і точка

дотику що визначає силу $R_{пц}$. Границя пропорційності обчислюється за формулою

$$\sigma_{пц} = \frac{R_{пц}}{F_0} [11].$$

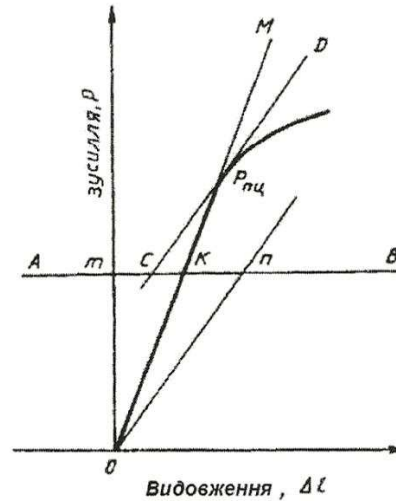


Рисунок 2.6. – Графічний метод визначення границі пропорційності

2) Межа текучості (напруга, при якій залишкове подовження досягає заданого значення-0,005 та 0,01%) характеризується напругою, яка є першою ознакою макроскопічної пластичної деформації. Тензometri використовуються для точної кількісної оцінки межі пружності. При визначенні межі пружності допуск визначається залишковою деформацією. Після кожного навантаження необхідно розвантажити зразок до початкового напруження $\sigma_0 \leq 10\%$ від очікуваного $\sigma_0,005$ або від $\sigma_0,01$, а потім за допомогою тензometра виміряти подовження ставка. Також можуть бути використані графічні методи, подібні до визначення умовної межі текучості. За діаграмою знаходиться величина навантаження $R_{0,005}$ або $R_{0,01}$ та за формулою границя пружності:

$$\sigma_{0,01} = \frac{R_{0,01}}{F_0}. \quad (2.3)$$

3) Фізична межа текучості σ_T визначається діаграмою розтягування, що була отримана на випробувальній машині. Швидкість навантаження повинна бути

встановлена в межах пружності і підтримуватися якомога постійніше, і повинна бути в діапазоні від $0,00025$ до $0,0025\text{с}^{-1}$ під час фази потоку. Якщо відносну швидкість деформації на каскаді потоку неможливо забезпечити безпосереднім регулюванням випробувальної машини, випробування слід проводити, встановлюючи швидкість навантаження в області пружності. Умовна межа текучості величини пластичної деформації під навантаженням визначається діаграмою розтягування, отриманого на випробувальній машині. Величина пластичної деформації розраховується виходячи з довжини робочої частини зразка l з урахуванням встановлених допусків. Знайдену величину збільшують пропорційно масштабу діаграми і відрізок отриманої довжини OE відкладають по осі видовження (рис. 2.7.). З точки E проводять пряму, паралельну OA . Точка перетину прямої з діаграмою відповідає зусиллю умовної границі текучості при встановленому допуску на величину пластичної деформації[8].

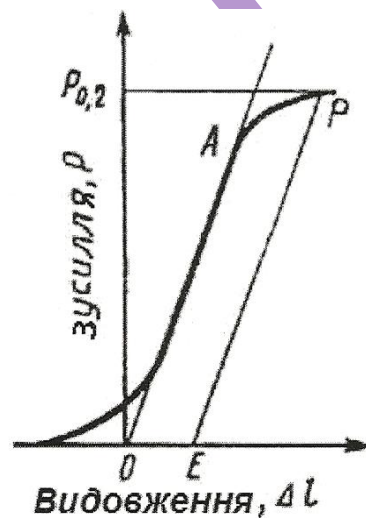


Рисунок 2.7. – Графічний метод визначення умовної границі текучості

Умовну границю текучості визначають тільки при відсутності ділянки текучості на діаграмі розтягу

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0} \cdot \quad (2.4)$$

4) Для того щоб визначити міцність на розрив (умовне напруження, що відповідає максимальному навантаженню, що досягається під час руйнування зразка) σ_B , зразок розтягують під дією поступово зростаючої сили руйнування. Максимальна сила, що передається зразку на розрив, приймається як сила P_{max} , що відповідає тимчасовому опору (рис. 2.8). При визначенні тимчасового опору σ_B швидкість деформації не повинна перевищувати 0,5 початкової розрахункової довжини зразка 10, вираженої в мм / хв[10].

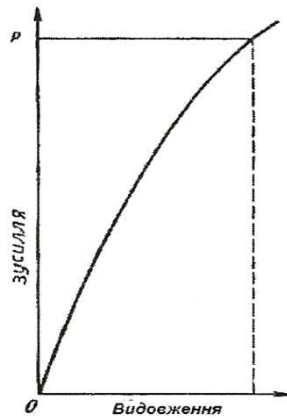


Рисунок 2.8. – Графічний метод визначення границі міцності.

Для визначення тимчасового опору користуються формулою:

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0} \quad (2.5)$$

5) Для того, щоб визначити відносне подовження δ після руйнування, використовуючи тензомер, початкова розрахункова довжина деформації повинна дорівнювати початковій розрахунковій довжині зразка 10. Для того, щоб визначити остаточну розрахункову довжину зразка l_k , пошкоджену частину зразка щільно складають так, щоб його вісь була вирівняна.

Відносне видовження розраховується за формулою [34]:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} * 100\% \quad (2.6)$$

Відносне подовження можна розрахувати за графіком подовження. З цієї причини необхідно визначити абсолютне подовження Δl до моменту руйнування, знати розрахункову початкову довжину l_0 та визначити значення δ . Але цей метод дуже неточний, тому визначається l_k після точного збігу двох половин пошкодженого зразка (рис. 2.9) [8].

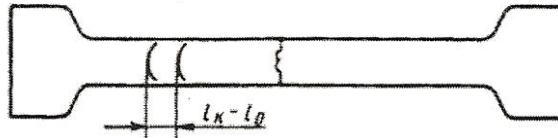


Рисунок 2.9. – Методика визначення відносного видовження при розтягнутому зразку

Істинне відносне видовження $\epsilon, \%$:

$$\epsilon = \ln(l_1 / l_0) * 100\% \quad (2.7)$$

б) Відносне залишкове звуження – це відносне зміння площі перетину в місці розриву, визначається за формулою:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} * 100\% \quad (2.8)$$

Істинне відносне звуження $\phi, \%$:

$$\phi = \ln(F_0 / F_1) * 100\%$$

2.2.2 Випробування на ударний згин

Метод засновується на руйнуванні зразку з концентратором ударом маятника посередині. Кінець зразка кладуть на тримач. Цей тест визначає загальну роботу використану при ударі, або говорячі іншими словами ударну в'язкість. В'язкість - здатність матеріалу протистояти деформації, що залежить від швидкості деформації. Ударна в'язкість відноситься до енергії удару, пов'язаної з початковою

площею перетину зразка в місці концентратора. Випробування на ударний вигин передбачає використання зразків з різними типами концентраторів: U - подібний до $r = 1$ мм, V - подібний до $r = 0,25$ мм і T - подібний до $r = 0$ мм (рис. 2.7). В останньому випадку вібраційним пристроєм до випробування утворювались тріщини у зразку. Перехід від U- до V- та T-подібних типів концентраторів значно збільшує їх роль та жорсткість тесту [12].

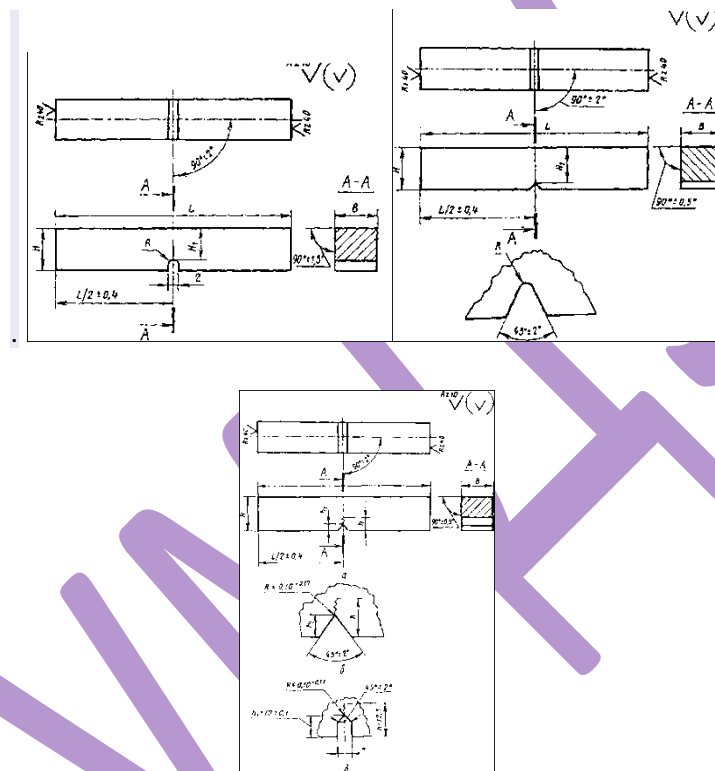


Рисунок 2.10. – Зразки з різними концентраторами напружень

При випробуванні зразків з $L = 55$ мм відстань між опорами має становити 40 мм. Згинаючий ніж має перетин у формі трикутника, кут його вершини дорівнює 30° , а радіус заокруглення 2 мм. Випробування на вигин проводиться на маятниковому копрі, його максимальна енергія не перевищує 300 Дж. Це представлено на Зразку 3 (рис. 2.11), його поміщали горизонтально в спеціальний шаблон 2, який встановлювали надрізами строго посередині прольоту між опорами. Удар що нанесений збоку, протилежно надрізу в площині перпендикулярній поздовжній осі

зразка зі сторони, що протилежна виїмці, наприклад, для зразка з U-подібною виїмкою, як показано на рисунку 2.12 [11].

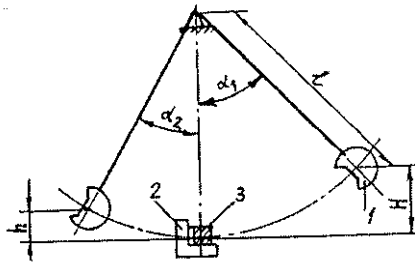


Рисунок 2.11 – Схема ударного випробування на згин на маятниковому копрі

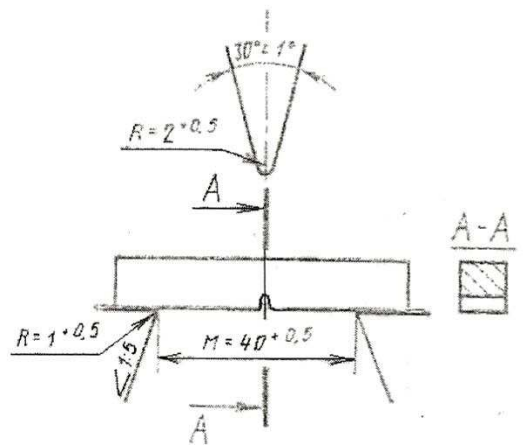


Рисунок 2.12. – схема встановлення зразка для випробування

Маятник копра 1 (рис. 2.11) має бути закріплений у початковому верхньому положенні. Кут підйому кута похитування α фіксується на шкалі. Потім засувка знімається, замикається, а маятник 1 вільно падає під власною вагою, потрапляє в зразок, згинає і розбиває зразок і підіймається під кутом β відносно вертикальної осі копра. Чим менший кут, тим більшу роботу K витрачає маятник на деформацію та руйнування зразка. Швидкість копра V_k , м/с, у момент удару по зразку залежить від висоти підйому H (рисунок 2.8.): $V_k = (2gH)^{1/2}$,

де g – прискрення вільного падіння [11].

Величина деформації та руйнування визначається різницею між потенційною енергією маятника на початковій (після підйому під кутом α_1) та кінцевій (після зльоту під кутом α_2): $K = P (Hh)$, де P - вага маятника; H і h - Відповідно висота підйому та висота підйому маятника. Якщо довжина маятника L , то $h = L (1 - \cos\alpha_1)$, $H = L (1 - \cos\alpha_2)$, отже, $K = PL (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$. Потрібно намагатись зробити кут β не досить великим. Знаючи повну роботу деформації та руйнування K , ми можемо розрахувати основну характеристику, отриману за допомогою цих випробувань – це ударна в'язкість: $K_S = K / F$, де F - площа поперечного перерізу зразка в місці надрізу перед випробуванням. Стандартний розмір ударної в'язкості становить Дж / м² або Дж / см². K_{SU} - ударна в'язкість, виміряна на зразку за допомогою П-подібного концентратора при кімнатній температурі. При динамічному випробуванні на згинання зразків із надрізами, в'язкість є єдиною початковою характеристикою випробування.

Характеристики пластичності - стрілка вигину та кут вигину - можуть бути визначені складанням пошкодженого зразка на дві половини. Ударна в'язкість - це складна характеристика, яка залежить від поєднання міцності та пластичності матеріалу. Під час випробування, чим більший обсяг роботи, витраченої на пластичну деформацію та руйнування, тим вищий рівень пластичності та рівень напружень плинності. При випробуванні на вигин зразка з надрізом напруження та деформація концентруються в обмеженій частині об'єму зразка поблизу вирізу. Тут майже вся ударна робота поглинена. [12] Випробування проводять при температурі $20 \pm 10^\circ\text{C}$. При проведенні випробування висуваються наступні вимоги:

- при різанні заготовки метал зразка не повинен зміцнюватися і нагріватися, інакше властивості металу будуть змінені;
- подряпини або риски на поверхні концентратора, які видно без використання приладів для збільшення заборонено;
- зразок повинен вільно розміщуватися на опорі копра.

Для встановлення зразка використовується шаблон, який може забезпечити симетричне положення концентратора відносно опори з похибкою не більше $\pm 0,5$ мм:

- ударна сила маятника повинна проходити з бокової сторони протилежно концентратору та в площині його симетрії ;

- якщо в результаті тесту зразок повністю не зруйновано, вважається, що показник якості матеріалу не встановлений [11].

Загальну роботу K (або ударну в'язкість K_C) можна розділити на компоненти, що визначають роботу зародження та розповсюдження тріщин. З цієї причини при заданій температурі випробування кілька зразків піддаються двократним ударним навантаженням. Після наноситься другий удар, піднявши маятник на висоту, використовувану в стандартному випробуванні, фіксується ударна в'язкість K_C і виміряється глибина тріщини, що була отримана під час першого удару, використовується 10% луг хлориду міді, завдяки рідкому кольору спричиняється забарвлення тріщин через осадження на поверхні у вигляді шару міді. Виходячи з того, що у другому ударі робота, пропорційна K_C' , використовується лише для поширення тріщин, вона наноситься в координату "довжина тріщини I- K_C'' " ($K_C'' = K_C - K_C'$), де стандартний в'язкість K_C визначається одним ударом (рис. 2.13). Перетин лінії I- K_C'' і абсциси дає значення $K_{Cз}$, що пропорційне зародженню тріщини, а $K_C - K_{Cз}$ дорівнює різниці $K_{Cр}$ - частка ударної в'язкості витрачається на розповсюдження тріщин[12].

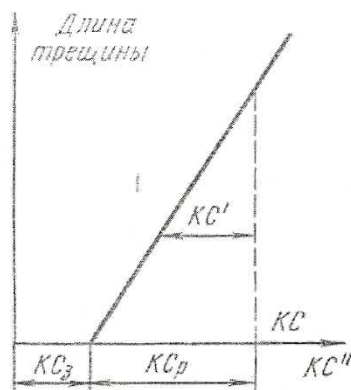


Рисунок 2.13 – Схема розділення ударної в'язкості на складові

2.2.3 Випробування на твердість

Твердість по Роквеллу - це твердість, що визначається різницею між умовною максимальною глибиною проникнення індентора (алмазного конуса) та залишковою глибиною після його введення під дією основного навантаження P_1 , але попереднє навантаження P_0 необхідно підтримувати [15]. Існує кілька типів твердомірів Роквелла, але це, як правило, твердоміри (ТК, ТК-2) та універсальний твердомір UPT-1, який дозволяє вимірювати твердість різними способами. Як згадувалося раніше, для вимірювання твердості по Роквеллу, використовується алмазний конус з кутом конуса 120° кривизни та радіусом кривизни $0,2$ мм, або сталева кулька діаметром $1,5875$ мм ($1/16$ дюйма). Її вдавлюють у зразок під дією двох навантажень, що додані послідовно: попередній P_0 і загальний $P = P_0 + P_1$, де P_1 - основне навантаження [12].

Значення твердості по Роквеллу вимірюється в умовних одиницях і є мірою глибини вдавнення індентора під певним навантаженням. Схема визначення твердості по Роквеллу при втисненні алмазного конуса наведена на рисунку 2.14. Спочатку вдавлюють індентор в поверхню зразка під попередньою навантаженням $P_0 = 100\text{N}$, а потім притискають його до кінця випробування. Оскільки вплив вібрації та тонкого поверхневого шару мінімізується, точність випробування покращується. Під навантаженням P_0 глибина індентора, зануреного в зразок, становить h_0 . Потім зразок піддається повному навантаженню $P = P_0 + P_1$ і збільшується глибина відступу [15]. Останнім визначається значення твердості за Роквеллом (HR) після зняття основного навантаження P_1 (лише тоді, коли попереднє навантаження P_0 знову діє на індентор). Чим більше глибина вдавнення h , тим менша кількість твердості HR.

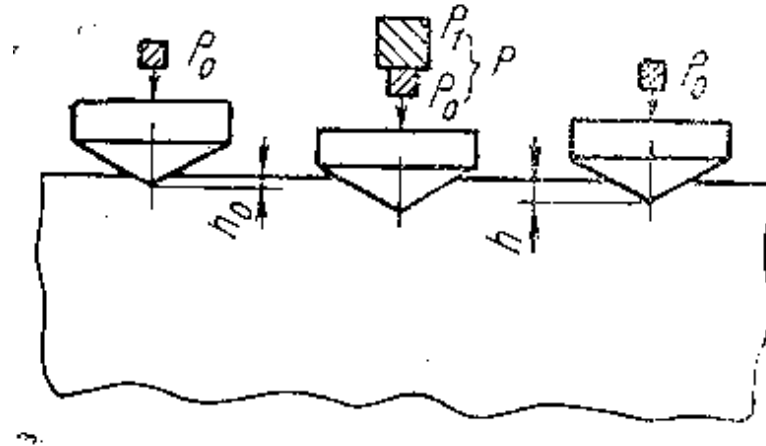


Рисунок 2.14 – Схема прикладення навантаження при визначенні твердості за Роквеллом[15]

Тут P_1 - основне навантаження; P_0 - попереднє навантаження; P - загальне навантаження; h - глибина проникнення індентора під дією основного навантаження; h_0 - глибина проникнення індентора під дією попереднього навантаження. При використанні в якості індентора алмазного конуса твердість по Роквеллу визначається двома "шкалами" А і С. При вимірюванні за шкалою: $P_0 = 100\text{Н}$, $P_1 = 500\text{Н}$, $P = 600\text{Н}$ та С шкалою: $P_0 = 100\text{Н}$, $P_1 = 1400\text{Н}$, $P = 1500\text{Н}$. Число твердості тут виражається за такою формулою: HRC або $\text{HRA} = 100 - e$ місце, де $0,002$ мм на основі індексної ціни твердомірного випробувача Роквелла. Одиниця твердості по Роквеллу - це безрозмірна величина, що відповідає осьовому зміщенню індентора $0,002$ мм[12]. Значення твердості по Роквеллу записується так: $\text{HRC } 65$. Коли використовується як індентор для сталевих кульок, число твердості HRB визначається пропорційно В, тобто $P_0 = 100\text{Н}$, $P_1 = 900\text{Н}$ та $P = 10000\text{Н}$. Тут $\text{HRB} = 130$ [15]. Твердість, виміряна за шкалою С, знаходиться в діапазоні 20-67, і ці значення приблизно відповідають значенню твердості $\text{HV } 240-900$ [12].

Перед тестуванням встановіть такі вимоги:

- випробування проводять при температурі 20°C ;
- під час випробування обладнання повинно бути захищене від ударів та вібрацій;

-опорна поверхня робочого місця і зразок повинні бути очищені від сторонніх речовин, зразок повинен бути міцно розміщений на опорі і не повинен зміщуватися або згинатися під час випробування;

-перші три виміряні значення після зміни наконечника пера, верстака чи підставки є експериментальними та не зафіксовані у звіті про випробування;

-межа вимірювання твердості рівня: 20-67 одиниць;

-при вимірюванні твердості мають бути дотримані такі умови:

1) перпендикулярність прикладеного навантаження до вимірюваної поверхні зразка виробу;

2) попереднє навантаження P_0 застосовується плавно;

3) основне навантаження 2-8 с докладається плавно до максимального значення;

4) Після того, як рух індикаторної стрілки різко сповільнюється, вона плавно знімається через 2 с основного навантаження.

Висновки

Таким чином, в давньому розділі проведений аналіз матеріалів, що застосовуються для металообробного інструменту, що працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Зважаючи на умови роботи та властивості оптимальним варіантом є ледебуритні високо хромисті сталі типу X12, X12МФ, X6ВФ. Вони є напівтеплостійкими і в їх структурі після відпалу присутні сорбітоподібний перліт, карбіди $(Fe, Cr)_7C_3$ і легований цементит $(Fe, Cr)_3C$. Характерною особливістю сталей цієї групи є значна кількість надлишкових карбідів, розташованих у вигляді рядків або сітки, що призводить до зниження міцності, ударної в'язкості і збільшення анізотропії властивостей. Разом з тим ця особливість структури сталей зумовлює їх основну технологічну перевагу – високу зносостійкість. Також розглянуті елементи якими легують дану сталь: хром, який сприяє збереженню високого опору пластичній деформації при нагріванні до 400 - 500°C, молібден підвищує прогартованість, знижує поріг холодноламкості до -20 – 120 °С, підвищує статичну, динамічну міцність від утоми сталі, ванадій підвищує вторинну твердість (за рахунок дисперсійного тверднення) і червоностійкість сталі, посилюючи дисперсійне твердіння, марганець сприяє високій міри їх розкислювання і усунення шкідливого впливу сірки, а так само марганець утворює із залізом твердий розчин і дещо підвищує твердість і міцність сталі, трохи зменшуючи її пластичність.

Методами досліджень є макро- і мікроаналіз. Макроаналіз полягає в дослідженні будови сплавів неозброєним оком або при невеликих збільшеннях (до 30 разів). Для вивчення механізмів зміцнення зразків сталі в роботі використовувалися методи металографії і стандартні випробування механічних властивостей: випробування на ударну в'язкість та випробування на розтяг. Вимірювання твердості проводили за допомогою твердоміру Роквелла. Металографічний аналіз структури сталі проводився на мікроскопі МИМ 7.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ ТМО НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

3.1 Термічна обробки сталі X12МФ

3.1.1 Попередня термічна обробка

При попередній термообробці необхідно застосувати ізотермічний відпал. Ця операція необхідна для зняття внутрішніх напружень в заготовці утворилися в результаті пластичної деформації в процесі кування, для поліпшення оброблення різанням. Процес ізотермічного відпалу полягає в наступному: деталь нагрівають до температури 850-870°C, витримують при цій температурі, після чого охолоджують до температури 700-720 °C зі швидкістю 40 град/год. При цій температурі витримують, що необхідно для повного розпаду аустеніту, після чого слід охолодження зі швидкістю 50 град/год до температури 550°C, а далі на повітрі.

При всіх видах відпалу не допускається перегрів і перепал сталі. Перегрів сталі — це виправний брак: утворену грубозернисту структуру при перегріві можна виправити повторним відпалом [24]. Перепал сталі — це не виправний брак, так як сильно окислені межі кристалічних зерен втрачають зв'язок і деталь руйнується [24]. Відпал заготовки проводимо в нагрівальних печах. Нагрівальні печі служать для нагріву заготовок під термічну обробку металу. У них теплота до заготівлі надходить з навколишнього її нагрітого робочого простору печі.

Для нагрівання під відпал застосовуємо камерну електричну піч с висувним подом типу СДО. Електропечі застосовуються для відпалу, нормалізації і загартування сталевих деталей. Перевагою цих печей є можливість застосування контрольованої атмосфери і механізація завантаження і розвантаження. Контрольована атмосфера вводиться через задню торцеву стінку. Крім того, в нижній частині кожуха печі кріпиться трубопровід, що складається з двох ліній: по одній

подається газ, за іншою — повітря. Після ізотермічного відпалу необхідно зробити чорнову механічну обробку. Вона полягає в токарній обробці, а саме після підрізання торця обробляється зовнішній контур з припуском на шліфування, знімається фаска, свердлиться робочий отвір пуансону з припуском на шліфування. Після відрізання деталь обробляється з протилежного боку: підрізають торець в розмір, знімається фаска. Потім необхідно провести термічну обробку (гартування, відпуск).

3.1.2 Остаточна термічна обробка

Гартування — вид термічної обробки виробів з металів і сплавів, що полягає в їх нагріванні вище критичної температури, з наступним швидким охолодженням, як правило, у рідині (воді або маслі) [24]. Матеріал, що піддався загартуванню, набуває велику твердість, але стає крихким, менш пластичним і в'язким. Для зниження крихкості і збільшення пластичності і в'язкості, після гарту застосовують відпустку. При відпуску має місце деяке зниження твердості і міцності матеріалу.

При неповному гартуванні виконують нагрівання вище лінії PSK діаграми, що призводить до утворення надлишкових фаз по закінченні загартування. Неповне гартування, як правило, застосовується для інструментальних сталей. У нашому випадку для сталі X12MФ застосовуємо неповне загартування. Для цього заготовку нагрівають до температури 1000-1030°C з попереднім підігрівом при температурі 650-700°C. Для цього застосовують піч типу СНЗ. Охолодження проводиться в маслі.

Мк сталі X12MФ розташовується нижче 0°C, мартенситне перетворення при гартуванні протікає не повністю, і в сталі залишається до 6-8% залишкового аустеніту, наявність якого призводить до деформації і знижує стійкість різального інструменту. Тому наступною операцією є обробка холодом. Обробка холодом полягає в охолодженні загартованої сталі, в структурі якої є залишковий аустеніт, до температур нижче 0°C.

Таблиця 3.1

Твердість сталі після термообробки

Стан поставки, режими термообробки	HRC _a (HB)
Прутки і смуги відпалені або високовідпущені зразки.	До (255)
Загартування 970 °С, масло. Відпуск 180 °С.	>61
Загартування 1020 °С, повітря. Відпуск при температурі, °С	
200	63
300	61
400	60
500	61
Ізотермічний відпал: нагрів 850-870 °С, охолодження зі швидкістю 40 град / ч до 700-720 °С, витримка 3-4 ч, охолодження зі швидкістю 50 град / ч до 550 °С, повітря	(255)
Підігрів 650-700 °С. Гартування 1000-1030 °С, масло. Відпуск 190-210 °С, 1,5 ч, повітря (режим остаточної термообробки).	61-63
Підігрів 650-700 °С. Гартування 1000-1030 °С, селітра. Відпуск 320-350 °С, 1,5 ч, повітря (режим остаточної термообробки)	58-59

Слід мати на увазі, що обробка холодом повинна проводитися одразу ж після гартування, так як з плином часу залишковий аустеніт робиться більш стійким (стабілізується) і при зниженні температури вже не переходить в мартенсит. Не можна також проводити відпуск перед обробкою холодом, так як це теж сприяє стабілізації аустеніту. Однак після обробки холодом проводять відпуск для зняття внутрішніх. Обробку холодом виконуємо при температурі -55°С.

Далі проводимо відпуск. Відпуск — технологічний процес, що полягає в термічній обробці загартованого на мартенсит сплаву чи металу, при якій основними процесами є розпад мартенситу, а також полігонізація і рекристалізація [24]. Відпуск проводять з метою отримання більш високої пластичності і зниження крихкості матеріалу при збереженні прийняттого рівня його міцності. Низькотемпературний відпуск проводять при температурах 190-210°С.

Загартована сталь зберігає високу зносостійкість. Для проведення відпуску застосовую піч типу СНЗ. Витримку виконують протягом 1,5 год. Охолодження після відпуску проводять на повітрі. В результаті отримуємо твердість нашої деталі 61-63 НРС. Графік термічної обробки зображено на рисунку 3.1.

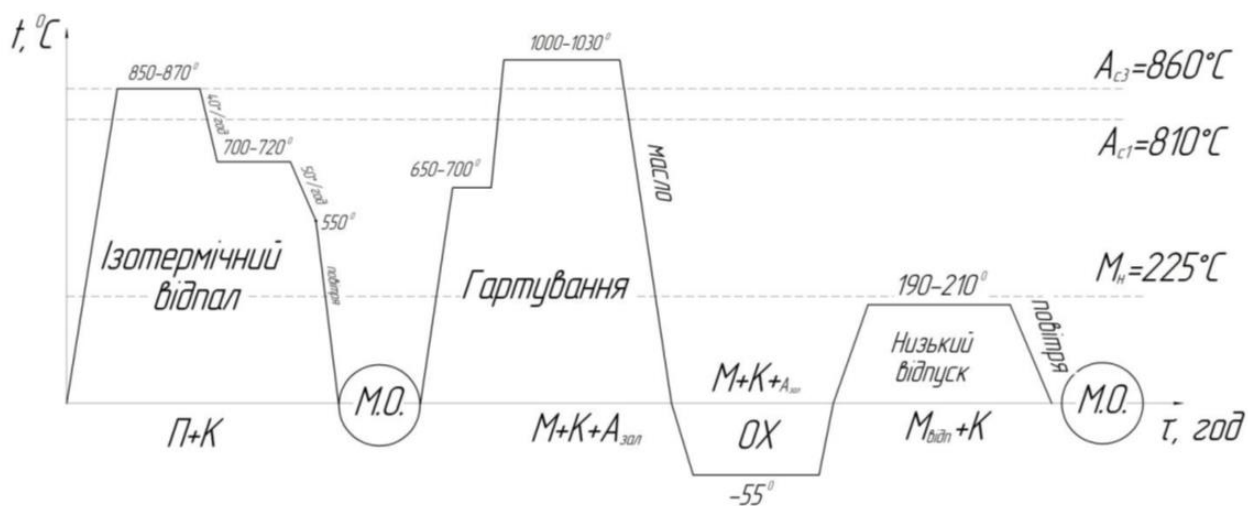


Рисунок 3.1 – Графік термічної обробки штампового інструменту зі сталі Х12МФ



Рисунок 3.2 – Мікроструктура сталі Х12МФ після відпалу на зернистий перліт. Зразок – пруток діаметром 20 мм. Твердість 230 НV.

Мікроструктура після ізотермічного відпалу подана на рис. 5.2. Зернистий перліт з дрібними зернами карбіду. Феритні зерна матриці виявляються внаслідок різної травимості. Присутні великі евтектичних карбідів.

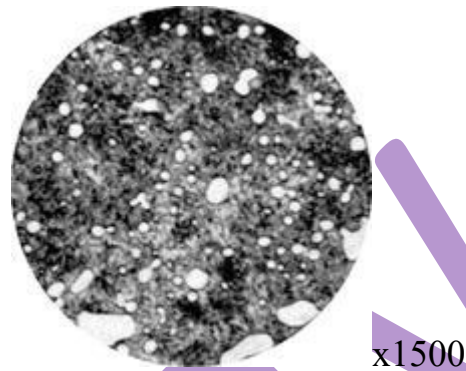


Рисунок 3.3 – Мікроструктура сталі X12МФ після гартування і низького відпуску – структурні складові: карбіди, мартенсит.

3.2 Термомеханічна обробка та її вплив на структуру та властивості інструментальної сталі

ВТМО сталі X12МФ проводили наступним чином: заготовку нагрівали до 1070°C з подальшою деформацією і охолодженням в маслі. Далі застосовується низькотемпературний відпуск за температури 180°C впродовж 150хв.

Як показали металографічні дослідження випробування сталі, підданної ВТМО, високохромиста сталь X12МФ має мартенситну основу з великою кількістю карбідів типу M_7C_3 , що говорить про високу твердість і малу пластичність зразків (рис.3.3).

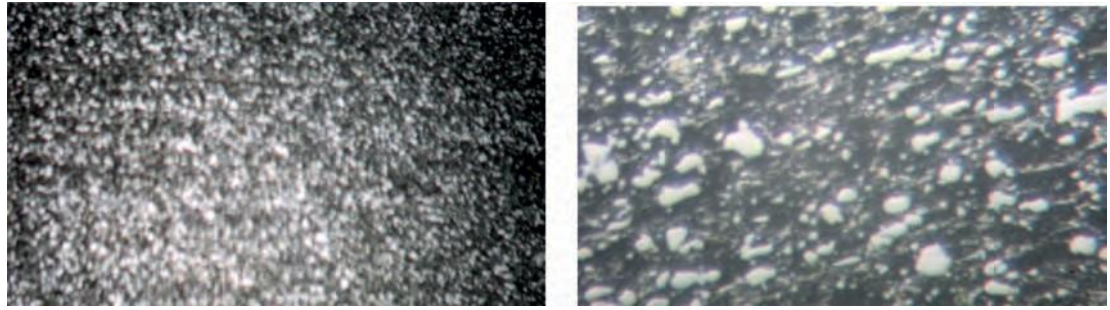


Рисунок 3.3 – Структура зразка зі сталі X12МФ із застосуванням ВТМО:
а-х63; б-х360 [21]

При термомеханічній обробці сталі підвищення міцності пояснюється тим, що в результаті деформації аустеніту відбувається дроблення його зерен. При подальшому загартуванні з такого аустеніту утворюються більш дрібні пластинки мартенситу, що позитивно позначається на пластичних властивостях і в'язкості сталі. Можна констатувати, що при ВТМО утворюється більш дрібнодисперсна, однорідна структура, ніж при звичайній термообробці.

Після ВТМО зразків з інструментальної сталі, з трьох кратним куванням вихідного прутка карбідна неоднорідність по перерізу поковки відповідала 1-3 балам, в той час, як у вихідних прутків - 6 балам. Сталь X12МФ обрана в зв'язку з тим, що на її зразках зміни структури носять найбільш виражений характер.

3.2.1 Дослідження впливу ВТМО на ударну в'язкість сталі X12МФ

Для перевірки здатності матеріалу опиратися ударним навантаженням і виявлення схильності до крихкого руйнування проводили випробування на удар.

Випробуванню підлягали зразки зі сталі X12МФ з різними режимами термічної обробки. Результати випробувань приведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Результати випробувань на ударну в'язкість зразків зі сталі Х12МФ

№ п/п	Режим термічної обробки	Робота, що витрачається на руйнування зразка, A_n , кгс	Ударна в'язкість, a_n , кгс/см ²
1	Гартуз низьким відпуском	8,52	10,50
2	ВТМО з низьким відпуском	16,5	17,4

На рисунку 3.4 представлені фрактограми зламів зразків після випробувань на ударну в'язкість. Дослідження показали, ударну в'язкість сталі яка складає 17,4 Дж/см², твердість HRC 56-57.

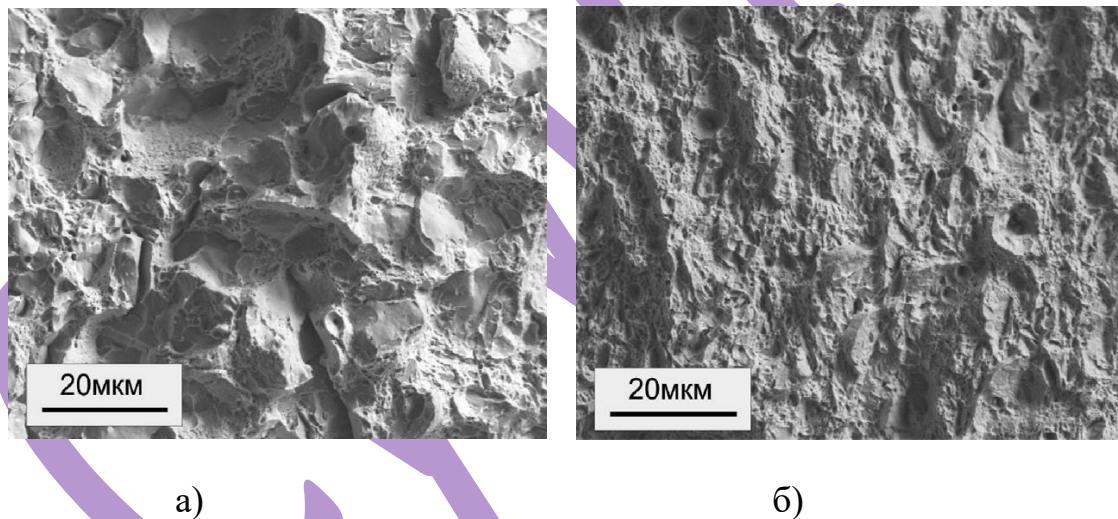


Рисунок 3.4 – Поверхня руйнування зразків після випробувань на ударну в'язкість: а – гартування + відпуск при 400 °С; б – обробка за технологією ВТМО [19]

При порівнянні результатів випробувань можна зробити висновок, що для сталей, підданих ВТМО, ударна в'язкість підвищується в 0,7–2,0 рази, причому твердість при цьому або зберігається, або несуттєво знижується на 1-3 од [19]. Причина зміцнення і підвищеної ударної в'язкості при ВТМО полягає в тому, що з

деформованого аустенітного зерна утворюються більш дрібні пластини мартенситу . В певній мірі на зміцнення впливає і те, що при деформації дробиться блокова структура аустеніту і вуглець виділяється у вигляді дисперсних карбідів .

3.2.2 Дослідження впливу ВТМО на межу міцності сталі X12МФ

Випробування на розтяг є основним і найбільш розповсюдженим способом визначення механічних характеристик конструкційних матеріалів. Цей вид випробування дає можливість створення однорідного напруженого стану, при якому не потрібно прибігати до додаткових гіпотез про деформації зразка, вважаючи справедливою гіпотезу плоских перетинів[19]. При визначенні якості матеріалу, що випускається металургійною промисловістю, одним з основних видів випробування також прийнято випробування на розтяг.

Експериментальні випробування на розтяг проводилися на розривній машині Р-20. Випробуванню підлягали зразки зі сталі X12МФ з різними режимами термічної обробки. Результати випробувань приведені в таблиці 3.2.

$$\frac{F_b}{A_0} = \frac{23 \cdot 10^3 \text{ Н}}{28,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 801 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 801 \text{ МПа}$$

$$\delta = \frac{59 - 50}{50} \cdot 100\% = 18\%$$

$$\psi = \frac{28,7 - 16,9}{28,7} \cdot 100\% = 40\%$$

$$\frac{F_b}{A_0} = \frac{50 \cdot 10^3 \text{ Н}}{25,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 1285 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 1285 \text{ МПа}$$

$$\delta = \frac{55,3 - 40}{40} \cdot 100\% = 15,6\%$$

$$\psi = \frac{25,7 - 15,2}{25,7} \cdot 100\% = 42,6\%$$

Таблиця 3.3

Результати випробувань на розтяг зразків зі сталі Х12МФ

№ п/п	Режим термічної обробки	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %
1	Закалка з низьким відпуском	801,0	18,0	40,0
2	ВТМО з низьким відпуском	1285,0	15,6	42,6

В таблиці 3.3 представлені дані після випробувань на розтяг. Дослідження показали, випробування на розтяг сталі Х12МФ що піддалися вискотемпературній обробці склали 1285,0 МПа одночасним зростанням відносного звуження у порівнянні з типовою термообробкою.

Висновки

В даному розділі розглянуто термічну та термомеханічну обробку інструментальних сталей та її вплив на структуру та властивості сталі X12MФ. Традиційна термічна обробка проводиться у 2 стадії: попередня та остаточна. При попередній термообробці застосовуємо ізотермічний відпал. Ця операція необхідна для зняття внутрішніх напружень в заготовці, що утворилися в результаті пластичної деформації в процесі кування, для поліпшення оброблення різанням.

В якості остаточної термічної обробки пропонуємо проводити гартування з подальшим низькотемпературним відпуском. Повне гартування виконують шляхом нагрівання вище лінії A_{cm} діаграми, що призводить до розчинення надлишкових фаз під час нагрівання під гартування. Для сталі X12MФ застосовуємо гартування: заготовку нагрівають до температури 1000-1030°C з попереднім підігрівом при температурі 650-700°C. Охолодження проводиться в маслі. Відпуск проводять з метою отримання більш високої пластичності і зниження крихкості матеріалу при збереженні прийняттого рівня його міцності. Низькотемпературний відпуск проводять при температурах 190-210°C.

Термомеханічна обробка інструментальної сталі X12MФ, що включає в себе нагрівання заготовки до 1070°C з подальшою деформацією і охолодженням в маслі. Після цього застосовується низькотемпературний відпуск за температури 180°C впродовж 150хв. Можна констатувати, що при ВТМО утворюється більш дрібнодисперсна, однорідна структура, ніж при звичайній термообробці. Після ВТМО зразків з інструментальної сталі, з трьох кратним куванням вихідного прутка карбідна неоднорідність по перерізу поковки відповідала 1-3 балам, в той час, як у вихідних прутків - 6 балам.

Як показали металографічні дослідження випробування сталі, підданної ВТМО, високохромиста сталь X12MФ має мартенситну основу з великою кількістю карбідів типу M_7C_3 , що говорить про високу твердість і малу пластичність зразків.

Представлені фрактограми зламів зразків після випробувань на ударну в'язкість які показали, ударна в'язкість сталі складає 17,4 Дж/см², твердість HRC 56-57.

Випробування на розтяг сталі X12МФ що піддалися вискотемпературній обробці склали 1285,0 МПа одночасним зростанням відносного звуження у порівнянні з типовою термообробкою.

СІМІДІ

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Деталь – штамп гарячого деформування масою 50 кг.

Розрахунок проводиться для електричної камерної печі СДО – 14.28.10/10[20], яка використовується для обох процесів – ізотермічного відпалу та термомеханічної обробки.

Електрична камерна піч СДО – 14.28.10/10 – 1 шт.;

1. потужність печі – 300 кВт;
2. продуктивність – 400 кг/год.;
3. вартість печі приймаємо рівною – 50 тис. грн.;
4. площа, яку займає піч – 9 м².

4.1 Розрахунок технологічної собівартості

Для визначення технологічної собівартості проводиться розрахунок окремих елементів витрат.

Вартість матеріалу виробу:

$$V_m = (Q \cdot C_m) \cdot a \quad (4.1)$$

де Q – норма витрати матеріалу (маса заготовки), кг;

$Q_{штампа} = 50$ кг.

C_m – ціна матеріалу (заготовки), грн.; для сталі Х12МФ 27 грн./кг.

a – коефіцієнт, що враховує витрати на термообробку (умовно приймаємо 1,4).

Так як матеріал виробу ми не замінюємо, то вартість матеріалу виробу для базового та пропонованого варіантів буде однаковою.

$$V_m = (50 \cdot 27) \cdot 1,4 = 1890 \text{ (грн.)}$$

Основна і додаткова зарплата виробничого робітника з відрахуваннями на соціальне страхування та до інших фондів (за виконувану операцію):

$$Z_p = C_{\Gamma} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{t_{\text{шт.}}}{60} K_{\text{мн}} \cdot n \quad (4.2)$$

де C_{Γ} – годинна тарифна ставка відповідного розряду, грн. (приймаємо IV розряд: ставка по базовому варіанту 11 грн./рік, ставка по проектувальному - 10 грн./рік);

K_1 - коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату (приймаємо: базовий варіант $K_1 = 1,5$; проектувальний $K_1 = 1,3$);

K_2 - коефіцієнт, що враховує багатостатне обслуговування (приймається $K_2 = 1,375$);

$t_{\text{шт}}$ - штучний час на операцію, хв.;

$K_{\text{мн}}$ - коефіцієнт, що враховує обслуговування кількома одиницями обладнання; приймається $K_{\text{мн}} = 1$;

n - кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.

Базовий технологічний процес:

$$Z_p = 11 \cdot 1,5 \cdot 1,375 \cdot \frac{480}{60} \cdot 1 \cdot 1 = 182 \text{ (грн)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$Z_p = 10 \cdot 1,3 \cdot 1,375 \cdot 1 \cdot 1 = 97,5 \text{ (грн.)}$$

Амортизаційні відрахування по обладнанню, віднесені на дану операцію:

$$A_0 = \frac{S_0 \cdot K \cdot a \cdot n}{N_{\text{річ}} \cdot 100} \quad (4.3)$$

де S_0 – вартість одиниці обладнання, грн.;

K – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж устаткування; приймаємо: базовий варіант $K = 1,15$, проектувальний = 1,1;

a - норма амортизаційних відрахувань (10% від вартості обладнання); n - кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.;

$N_{\text{річ}}$ - річна програма деталей, шт.

Базовий технологічний процес:

$$A_0 = \frac{50000 \cdot 1,15 \cdot 5000 \cdot 1}{15000 \cdot 100} = 191,7 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$A_0 = \frac{50000 \cdot 1,1 \cdot 5000 \cdot 1}{15000 \cdot 100} = 183,3 \text{ (грн.)}$$

Витрати на ремонт обладнання приймаємо пропорційно величині амортизаційних відрахувань:

$$B = A_0 \cdot K \quad (4.4)$$

де K - коефіцієнт, що встановлює залежність величини витрати на ремонт від величини амортизаційних відрахувань; приймаємо: базовий варіант 180%, проектувальний 160%.

Базовий технологічний процес:

$$B = 191,7 \cdot 1,8 = 345,06 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$B = 183,3 \cdot 1,6 = 293,28 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію з даної операції:

$$B = [K_1 \cdot N_y \cdot (t_{шт} - t_{маш}) + K_2 \cdot N_y \cdot t_{маш}] \cdot \frac{S_e}{60} \quad (4.5)$$

де N_y – сумарна встановлена потужність електродвигунів одиниць обладнання, кВт;

$t_{маш}$ – машинний час, хв;

K_1 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності, що витрачається при небажаній роботі обладнання; приймається $K_1 = 0,25$;

K_2 – коефіцієнт використання встановленої потужності устаткування в процесі термообробки, приймаємо: базовий варіант 0,7, проектувальний 0,6;

S_e – вартість одного кВт/год. електроенергії, грн.; приймається $S_e = 0,82$ грн.

Базовий технологічний процес:

$$B = [0,27 \cdot 300 \cdot (480 - 0,15) + 0,8 \cdot 300 \cdot 0,15] \cdot \frac{0,82}{60} = 553,39 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$B = [0,27 \cdot 300 \cdot (300 - 0,15) + 0,6 \cdot 300 \cdot 0,15] \cdot \frac{0,82}{60} = 344,37 \text{ (грн.)}$$

Витрати на допоміжні матеріали, віднесені на операцію укрупнено

приймаємо:

$$R_m = \frac{M \cdot n}{N_{\text{річ}}} \quad (4.6)$$

де M – річні витрати на допоміжні матеріали; приймається 50 грн./рік на одиницю обладнання;

n - кількість одиниць обладнання, шт.; $N_{\text{річ}}$.

- річна програма деталей, шт.

Базовий технологічний процес:

$$R_m = \frac{50 \cdot 1}{15000} = 0,003 \text{ (грн)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$R_m = \frac{50 \cdot 1}{15000} = 0,003 \text{ (грн)}$$

Витрати на утримання виробничої площі, віднесені на операцію:

$$Z_{\text{п}} = \frac{S_{\text{пл}} \cdot K \cdot n \cdot P}{N_{\text{річ}}} \quad (4.7)$$

де $S_{\text{пл}}$ - площа, яку займає одиниця обладнання, м^2 ;

K - коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи і проїзди; n - кількість одиниць обладнання, шт.;

P - річна норма витрат за змістом одного метра квадратного виробничої площі, грн.; приймаємо: базовий варіант 120 грн., проектувальний 90 грн.

Базовий технологічний процес:

$$Z_{\text{п}} = \frac{9 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 120}{15000} = 0,216 \text{ (грн)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$Z_{\text{п}} = \frac{9 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 90}{15000} = 0,16 \text{ (грн)}$$

Таблиця 4.1

Технологічна собівартість одиниці виробу, грн.

Найменування елементів витрат	Базовий варіант	Пропонований варіант
Основна та додаткова заробітна плата	182,0	97,5
Амортизаційні відрахування	191,7	183,3
Затрати на ремонт устаткування	345,06	293,28
Затрати на силову електроенергію	553,39	344,37
Затрати на утримання виробничої площі	0,216	0,16
Всього	1275,57	931,49

4.2 Розрахунок накладних витрат

Загальновиробничі витрати:

$$V_{\text{заг}} = \left(\frac{z_p}{K_1 \cdot K_2} \right) \cdot 1,2 \quad (4.8)$$

де K_1 - коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату (приймаємо: базовий варіант $K_1 = 1,5$; проектувальний $K_1 = 1,3$);

K_2 - коефіцієнт, що враховує багатостатне обслуговування (приймається $K_2 = 1,375$);

Базовий технологічний процес:

$$V_{\text{заг}} = \left(\frac{182}{1,5 \cdot 1,375} \right) \cdot 1,2 = 105,4 \text{ (грн)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$V_{\text{заг}} = \left(\frac{97,5}{1,3 \cdot 1,375} \right) \cdot 1,2 = 63,89 \text{ (грн)}$$

Виробнича собівартість:

$$C_{\text{вир}} = C_{\text{м}} + Z_{\text{р}} + A_0 + P + \Xi + B_{\text{м}} + Z_{\text{п}} + C_{\text{заг}} \quad (4.9)$$

Базовий технологічний процес:

$$C_{\text{вир}} = 1275,57 + 105,4 = 1387,64 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$C_{\text{вир}} = 931,49 + 63,89 = 995,58 \text{ (грн.)}$$

Позавиробничі витрати:

$$C_{\text{в}} = C_{\text{вир}} \cdot 0,03 \quad (4.10)$$

Базовий технологічний процес:

$$c_{\text{в}} = 1387,64 \cdot 0,03 = 41,63 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$C_{\text{в}} = 995,58 \cdot 0,03 = 29,88 \text{ (грн.)}$$

Повна собівартість:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{вир}} + C_{\text{в}} \quad (4.11)$$

Базовий технологічний процес:

$$c_{\text{п}} = 1387,64 + 41,63 = 1429,27 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$C_{\text{п}} = 995,58 + 29,88 = 1025,46 \text{ (грн.)}$$

Прибуток:

$$\text{ПР} = 0,3 \cdot C_{\text{п}} \quad (4.12)$$

Базовий технологічний процес:

$$ПР = 0,3 \cdot 1429,27 = 428,78 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$ПР = 0,3 \cdot 1025,46 = 307,64 \text{ (грн.)}$$

Оптова ціна:

$$Ц_{оп} = C_{п} + ПР \quad (4.13)$$

Базовий технологічний процес:

$$Ц_{оп} = 1429,27 + 428,78 = 1858,05 \text{ (грн.)}$$

Пропонований технологічний процес:

$$Ц_{оп} = 1025,46 + 307,64 = 1331,1 \text{ (грн.)}$$

Роздрібна ціна:

$$Ц_{р} = 1,2 \cdot Ц_{оп} \quad (4.14)$$

Базовий технологічний процес:

$$Ц_{р} = 1,2 \cdot 1858,05 = 2\,229,66 \text{ (грн.)} \quad (4.15)$$

Пропонований технологічний процес:

$$Ц_{р} = 1,2 \cdot 1331,1 = 1\,597,32 \text{ (грн.)} \quad (4.16)$$

На підставі отриманих даних можна зробити відповідні висновки.

Виходячи на критерій мінімізації повної собівартості на технологічний процес отримання деталей зі сталі Х12МФ, порівняємо економічні показники базового і проєктованого процесів. Повна собівартість у проєктованому технологічному процесі нижче, ніж в базовому.

Економічний ефект склав:

$$1429,27 - 1025,46 = 466,81 \text{ (грн.)} - \text{ для одного виробу.}$$

Річний економічний ефект складає:

$$466,81 \cdot 15000 = 7\,002\,150 \text{ (грн.)}$$

Отже запропонований варіант при фіксованому значенні обсягу виробництва мінімізував витрати у порівнянні з базовим.

Економічна ефективність процесу термомеханічної обробки в порівнянні з процесом ізотермічного відпалу на деталі – штамп холодного деформування зі сталі Х12МФ приведено в таблиці 4[20].

Таблиця 4.2

Розрахунок економічної ефективності процесу термомеханічної обробки в порівнянні з процесом ізотермічного відпалу, грн

Показник	Базовий варіант	Пропонований варіант
1	2	3
1. Технологічна собівартість одиниці виробу		
1.1 Основна і додаткова заробітна плата	105,4	63,89
1.2 Амортизаційні відрахування по обладнанню	191,7	183,3
1	2	3
1.3 Затрати на ремонт обладнання	345,06	293,28
1.4 Затрати на силову електроенергію	553,39	353,43
1.5 Витрати на утримання виробничої площі	0,216	0,16
2. Повний обсяг собівартості	1429,7	1025,46
3. Ціна за виріб	2 229,6	1 597,32
4. Випуск за рік, шт.	15000	15000
5. Річний економічний ефект	–	7 002 15 0

Висновки

Оцінка економічної ефективності результатів виконується для виявлення доцільності їх упровадження. Економічний ефект визначається за різницею зведених витрат початкового (базового) рівня і рівня, що досягається після впровадження у виробництво результатів роботи.

Як база для порівняння береться: при визначенні економічної ефективності науково-дослідної роботи, в результаті якої створюється новий, раніше ніде не застосовуваний технологічний процес або нова техніка – вищий рівень техніки (технології), впроваджені, запроектовані або що перебуває на стадії завершеного наукового дослідження; при визначенні економічної ефективності роботи, спрямованої на вдосконалення діючої техніки і технології – рівень діючої техніки і технології, який буде досягнутий до моменту впровадження даної науково-дослідної роботи на виробництві.

В роботі розрахована економічна ефективність процесу ТМО порівняно з класичною технологією термічної обробки. Вартість виробу з використанням ТМО знизилася на 30 %, річний економічний ефект склав 7 002 150 грн.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

5.1 Основні положення з охорони праці

Охорона праці - найважливіша державна задача, тому що в її основі лежить турбота про здоров'я і життя людей. Значимість цієї функції держави підтверджується прийнятим і чинним в нашій країні «Законом Про охорону праці». Згідно з цим законом в Україні створено службу Державного комітету нагляду з охорони праці [1].

У вирішенні працезохоронних заходів велика роль належить профспілкам. Профспілки контролюють стан охорони праці на підприємствах, укладають з адміністрацією підприємств колективні договори, стежать за дотриманням і забезпеченням вимог і норм охорони праці, дозволяють в рамках чинного законодавства прийом на роботу неповнолітніх осіб, беруть участь в розслідуванні нещасних випадків [1]. Профспілкові комітети мають право звертатися до вищих органів з матеріально-побутового обслуговування трудящих, поліпшення умов їх праці. Однак на підприємствах все ж відповідальним за дотриманням охорони праці є керівник. Саме на нього покладається відповідальність щодо забезпечення безпеки праці працівників [1].

Метою охорони праці на підприємствах є зниження і ліквідація виробничого травматизму і професійних захворювань на основі заходів, що включають систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних методів і засобів, що забезпечують безпеку праці і працездатності людини [1].

Загальні принципи охорони праці передбачають нормування умов праці в сільськогосподарському виробництві і націлені на ліквідацію травматизму. До них відносяться наступні принципи:

- безпеки виробництва, що полягає у використанні забезпечення безпеки і реалізується в процесі цілеспрямованої діяльності системи органів охорони праці [4];

- відповідності матеріально-технічної бази та умов праці, тобто з удосконаленням матеріально-технічної бази повинні поліпшуватися умови праці [4];

- безперервного вдосконалення умов праці, який передбачає неухильне зниження шкідливих впливів виробництва; при цьому мається на увазі, що безпека і нешкідливість досягаються не відразу, а створюються на основі планомірної діяльності [4];

- управління рівнем охорони праці, який встановлює об'єктивну необхідність і можливість управління показниками, що характеризують охорону праці як систему [4].

Дотримання принципів технічного характеру, значення і важливість яких в різних умовах неоднакові, вимагає використання і організаційних принципів.

Організаційні принципи включають в себе наступні:

- управління безпекою, заснованого на паспортизації об'єктів і прогнозі рівня травматизму на перспективу (цей принцип дозволяє оцінити методи і засоби досягнення заданих показників рівня безпеки на певний період) [4];

- однозначності рішень, що передбачає вибір конкретного рішення з можливого набору існуючих (реалізується впровадженням ССБТ) [4];

- підбору кадрів і особливо фахівців з охорони праці, які володіють професійними навичками і мають хорошу підготовку в області організації виробництва, психології, економіки, педагогіки, гігієни праці та ін.[4];

- відповідальності, яка передбачає наявність конкретної особи, відповідальної за те чи інше порушення вимог охорони праці, включаючи і виконавця [4];

- морального і матеріального стимулювання, що передбачає заохочення працівників за внесок у створення безпечних умов праці [4];
- заміни виконавця (при необхідності), що виключає можливість повторення порушень правил і норм охорони праці [4].

5.2 Охорона праці при термічній обробці металів

До термічної обробки відносяться обпикання, гартування, азотування, борування, алюмініування, хромування, коксування, берілування, титанування та ін. Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами, що виникають при даному методі обробки і зумовленими її видом, застосовуваним обладнанням і робочими середовищами, можуть бути наступні: рухомі машини і механізми; рухливі елементи виробничого устаткування, що пересуваються виробами, заготовки, матеріали; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена температура поверхонь устаткування, матеріалів і повітря робочої зони, підвищений рівень інфрачервоного (теплого) випромінювання; підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці; підвищений рівень електромагнітних випромінювань; небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі та ін. При цьому виникає небезпека механічного травмування працюючих, отруєння сильнодіючими отрутами, перегріву, отримання опіків, ураження електричним струмом [6].

У зв'язку з цим при проведенні процесів термічної обробки повинні бути передбачені заходи захисту працівників від можливої дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Для захисту від механічних і термічних небезпек застосовуються різні огороження та блокування, а також необхідно дотримуватись відповідних правил безпеки при виконанні певних операцій технологічного процесу. Для всіх термічних процесів, де це можливо за умовами технології, необхідно виключати нагрівання полум'ям, замінюючи його

електричним. При неможливості цього для нагрівання використовується газоподібне паливо. Застосування твердого або рідкого палива допускається тільки в технічно обґрунтованих випадках [6].

Технологічні процеси термічної та хіміко-термічної обробки металів мають передбачати:

- усунення безпосереднього контакту працівників із хімічними речовинами, матеріалами, деталями і відходами виробництва, які здійснюють на них шкідливий вплив [6];
- заміну операцій, за яких виникають небезпечні і шкідливі виробничі фактори, на операції, де зазначені фактори відсутні або мають меншу інтенсивність [6];
- використання автоматизованих методів визначення концентрації речовин 1 класу небезпеки в повітрі робочої зони [6];
- оптимальні режими роботи обладнання, що забезпечують безперервність технологічного процесу [6];
- раціональний ритм роботи людей, які виконують окремі технологічні операції [6];
- унеможливлення створення аварійних ситуацій [6];
- застосування комплексної механізації та автоматизації, дистанційного керування-контролю і регулювання параметрів технологічних процесів (температури, інфрачервоного випромінювання, тиску в робочому просторі печі, вмісту компонентів у газовому середовищі та ін.) [6];
- використання блокувальних пристроїв (з метою унеможливлення виникнення аварійних ситуацій) і засобів світлової та звукової сигналізації про порушення технологічного процесу [6];
- герметизацію обладнання, з якого можливе виділення шкідливих речовин [6];

- своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, які є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих факторів [6];
- захист від надмірного опромінення робочих місць [6];
- дотримання встановленої періодичності чищення гартівних баків, ємностей і нагрівальних печей [6].

5.3 Засоби індивідуального захисту працівників

Для забезпечення працівників від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів при існуючій технології та умовах робіт необхідне застосування засобів індивідуального захисту. Основними засобами індивідуального захисту при процесах термічної обробки є: спеціальне взуття, спеціальний одяг, окуляри, респіратори [2]. При роботі з кислотами і лугами слід застосовувати захисні дерматологічні засоби для рук: плівкоутворювальні пасту, крем та рукавички. Для захисту обличчя і очей від бризок розплавлених солей і енергії випромінювання необхідно застосовувати металеву сітку з осередками 0,8x0,8 мм, у якій на рівні очей вставлене органічне скло розміром 80x80 мм і завтовшки 3 мм, вигнуте по овалу обличчя [2].

Видача працівникам засобів індивідуального захисту здійснюється відповідно до Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 29.10.96 №170, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 18.11.96 за № 667/1692 (НПАОП 0.00-4.26-96) [2].

Засоби індивідуального захисту, що застосовуються працівниками при термообробці металів, повинні задовольняти вимоги відповідних стандартів безпеки праці по конкретних видах захисту та цих Правил. Засоби індивідуального захисту повинні мати сертифікат виготовлювача. Керівники

ділянок повинні періодично інструктувати працівників щодо правильного застосування засобів індивідуального захисту і догляду за ними [2].

Адміністрація зобов'язана забезпечувати збереження, прання, сушіння, дезінфекцію, дегазацію, дезактивацію і ремонт виданих працівникам спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту. Для заміни спецодягу, що здається працівниками в прання або ремонт, у організації повинен бути запас комплектів спецодягу [2].

На ділянках ціанування, свинцевих ванн і рідинного азотування термічного цеху слід вживати заходів, що унеможливує винесення працівниками спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту за межі цеху і вихід працівників цих ділянок у спецодязі.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту працівників ділянок ціанування, рідинного азотування і свинцевих ванн повинні зберігатися окремо від засобів індивідуального захисту працівників інших ділянок термічних цехів [2].

5.4 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища підприємств характеризується низкою заходів, що вживаються для запобігання негативному впливу людської діяльності на навколишнє середовище, забезпечуючи тим самим сприятливі та безпечні умови для життя людини [5]. З огляду на стрімкий розвиток науки і техніки, перед людством стоїть важка задача - захист найважливіших компонентів навколишнього середовища (суші, води, повітря), сприйнятливих до забруднення техногенними відходами та викидів, що призводить до окислення ґрунту і води та виснаження озонового шару та кліматичних змін [3]. Світова промислова політика призвела до незворотних і серйозних змін у навколишньому середовищі, завдяки чому ця проблема (захист навколишнього середовища підприємств) перетворилася на глобальну проблему і змусила

державні органи формулювати довгострокову екологічну політику для встановлення внутрішнього контролю над навколишнім середовищем [5].

На сьогоднішньому законодавчому рівні не існує жодних обов'язкових нормативних актів, які вимагає "Система екологічного управління підприємствами". Зазвичай у разі перевірки контролюючим органом для компанії достатньо мати відповідальну особу (або персонал екологічної служби), який може забезпечити дотримання екологічних норм та раціональне використання природних ресурсів у основних виробничих видах діяльності. Основні обов'язки відповідальної особи підприємства в галузі природокористування [5]:

- сформулювати довгострокові та річні плани та заходи з охорони навколишнього природного середовища, контролювати їх виконання та аналізувати ефективність та результативність природоохоронних заходів, що були впроваджені;

- розробити необхідні документи для отримання дозволів на скидання забруднюючих речовин в атмосферу для спеціального водокористування (за необхідності) та утилізації відходів [5];

- контроль за дотриманням дозволів у галузі охорони навколишнього середовища [5];

- сформулювати або затвердити технічні завдання, проектні завдання, інвестиційні картки екологічного об'єкта та компоненти проектів з оцінки впливу на навколишнє середовище;

- визначити екологічні ризики у галузі охорони навколишнього середовища, сформулювати та контролювати виконання основних заходів з управління екологічними ризиками [5];

- під час перевірки супроводжувати наглядовий орган, аналізувати інструкції, вимоги та штрафи, видані наглядовим органом, та гарантувати, що зауваження щодо вказівок наглядового органу будуть виключені [5].

- інспектувати дотримання компанією екологічних норм та проблем, розпоряджатися про усунення виявлених порушень у межах своїх повноважень та контролювати усунення порушень [5];

- навчити та проінструктувати працівників компанії та підрядників, що працюють над цілями компанії, щоб мінімізувати вплив на навколишнє середовище [5];

- контролювати основний облік даних стандартних форм у повітрі, споживанні води та дренажних зонах у сфері поводження з відходами [5];

- ініціювати та супроводжувати підписання контракту, що має екологічне значення для підприємства, контролювати виконання контракту та негайно виконувати розрахункові та звітні документи [5];

- розробити графік аналізу та контролю викидів від стаціонарних джерел в атмосферу та нести відповідальність за здійснення скидів побутових стоків, щоб забезпечити відповідність моніторингу та аналізу встановленим стандартам [5].



Висновки

Охорона праці - найважливіша державна задача, тому що в її основі лежить турбота про здоров'я і життя людей. Значимість цієї функції держави підтверджується прийнятим і чинним в нашій країні «Законом Про охорону праці». Згідно з цим законом в Україні створено службу Державного комітету нагляду з охорони праці.

Охорона навколишнього середовища підприємств характеризується низкою заходів, що вживаються для запобігання негативному впливу людської діяльності на навколишнє середовище, забезпечуючи тим самим сприятливі та безпечні умови для життя людини.

Основними засобами індивідуального захисту при процесах термічної обробки є: спеціальне взуття, спеціальний одяг, окуляри, респіратори. При роботі з кислотами і лугами слід застосовувати захисні дерматологічні засоби для рук: плівкоутворювальні пасту, крем та рукавички. Для захисту обличчя і очей від бризок розплавлених солей і енергії випромінювання необхідно застосовувати металеву сітку з осередками 0,8x0,8 мм, у якій на рівні очей вставлене органічне скло розміром 80x80 мм і завтовшки 3 мм, вигнуте по овалу обличчя.

При проведенні процесів термічної, обробки повинні бути передбачені заходи захисту працівників від можливої дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Для захисту від механічних і термічних небезпек застосовуються різні огороження та блокування, а також необхідно дотримуватись відповідних правил безпеки при виконанні певних операцій технологічного процесу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуті характеристики та способи зміцнення інструментальних сталей. Металообробний інструмент працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Тому інструментальні матеріали повинні володіти певними експлуатаційними фізико-механічними властивостями. Для інструментальних сталей існує багато способів зміцнення та покращення їх властивостей – термічна, термоциклічна, термомагнітна, термомеханічна обробки тощо. Термомеханічна обробка є перспективним способом зміцнення штампового інструменту.

2. Обрані матеріали дослідження – сталь X12МФ, обладнання для проведення високотемпературної термомеханічної обробки, методи дослідження – макро- та мікроаналізи, визначення механічних властивостей та ударної в'язкості.

3. Досліджено вплив термічної обробки на структуру та властивості сталі X12МФ. Показано, що зміцнююча термічна обробка, що полягає у гартуванні сталі за температури 1070°C в маслі і відпуску при температурі 180°C забезпечує міцність 801,0 МПа при відносному подовженні 18,0%, ударну в'язкість $a_n = 10,50$ кгс/см².

4. Застосування термомеханічної обробки сталі за режимом: нагрівання сталі до 1070°C з подальшою деформацією і охолодженням в маслі, після ВТМО здійснювали низькотемпературний відпуск при 180°C впродовж 150 хв. ВТМО дозволяє збільшити міцність до 1285,0 МПа при відносному подовженні 15,6%, ударну в'язкість до $a_n = 17,4$ кгс/см².

5. При термомеханічній обробці сталі підвищення міцності пояснюється тим, що в результаті деформації аустеніту відбувається дроблення його зерен. При подальшому загартуванні з такого аустеніту утворюються більш дрібні пластинки мартенситу, що позитивно позначається на пластичних

властивостях і в'язкості сталі. Можна констатувати, що при ВТМО утворюється більш дрібнодисперсна, однорідна структура, ніж при звичайній термообробці.

6. Після ВТМО зразків з інструментальної сталі, з трьох кратним куванням вихідного прутка карбідна неоднорідність по перерізу поковки відповідала 1-3 балам, в той час, як у вихідних прутків-6 балам. Сталь Х12МФ обрана в зв'язку з тим, що на її зразках зміни структури носять найбільш виражений характер .

7. Оцінка економічної ефективності результатів виконується для виявлення доцільності їх упровадження. Економічний ефект визначається за різницею зведених витрат початкового (базового) рівня і рівня, що досягається після впровадження у виробництво результатів роботи. В роботі розрахована економічна ефективність процесу ТМО порівняно з класичною технологією термічної обробки. Вартість виробу з використанням ТМО знизилася на 30 %, річний економічний ефект склав 7 002 150 грн.

8. Розглянута охорона праці в термічних цехах. Основними засобами індивідуального захисту при процесах термічної обробки є: спеціальне взуття, спеціальний одяг, окуляри, респіратори. Для захисту від механічних і термічних небезпек застосовуються різні огороження та блокування, а також необхідно дотримуватись відповідних правил безпеки при виконанні певних операцій технологічного процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Швець, С.В. Штампи та прес-форми, конструювання та технологія виготовлення [Текст] : навч. посіб. / С.В. Швець, Л.М. Сєдінкін. – Суми : СумДУ, 2005. – 117 с.
2. Перепьолкіна М.М. Вибір ефективного легування нових штампових сталей з аустенітним перетворенням при експлуатації / М. М. Перепьолкіна, В. Я. Грабовський // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2016. – №1. – С. 11-15.
3. Кремнев Л. С. Теория легирования и создание на ее основе теплостойких инструментальных сталей и сплавов / Л. С. Кремнев // Металловедение и термическая обработка. – 2008. – № 11. – С. 18–27.
4. Позняк Л.А. Штамповые стали для холодного деформирования / Л. А. Позняк. – Москва : Металлургия, 1966. – 147с.
5. Позняк Л.А. Штамповые стали / Л. А. Позняк, Ю. М. Скрынченко, С. И. Тишаев. – Москва : Металлургия, 1980. – 244 с.
6. Шаврин О. И. Технология и оборудование термомеханической обработки деталей машин / О. И. Шаврин. – Москва : Машиностроение, 1983. – 177 с.
7. Арзамасов Б.Н. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов. – М.: Машиностроение, 2015. - 384 с.
8. Федюкин, В. К. Термоциклическая обработка сталей и чугунов / В. К. Федюкин. – Л. : Машиностроение, 1977. – 384 с.
9. Гурьев, А. М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / А. М. Гурьев [и др.] // Ползуновский вестн. – 2005. – № 2 (ч. 2). – С. 36 – 43.
10. Власова, О. А. Повышение эксплуатационных свойств инструментальных сталей методами термоциклической обработки : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / О. А. Власова. – Барнаул, 2009. – 16 с.

11. Пат. 2192485 Российская Федерация, МПК7 C21D9/22. Способ термоциклической обработки высокохромистой инструментальной стали на вторичную твердость / Г.А. Околович [и др.]; заявитель и патентообладатель Алтай. гос. техн. университет им. И. И. Ползунова. – № 2000127998/02; заявл. 09.11.00; опубл. 10.11.2002.

12. Ворошнин Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО: 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. — 148 с.

13. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов [Текст] / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.

14. Korzynski, M. Fatigue strength of chromium coated elements and possibility of its improvement with slide diamond burnishing [Text] / M. Korzynski, A. Pasana, J. Swanek // Surface and Coatings Technology. – 2009. – Vol. 203, Issue 12. – P. 1670–1676.

15. Ворошнин Л.Г. Теория и технология химико-термической обработки: учебное пособие / Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Сметкин. – Минск: Новое знание, 2010. — 304 с.

16. Попович, В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник для студ. технічних спеціальностей вищ. навч. закл. / В. Попович, В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 622с.

17. Fernandes, F. A. P. Wear and corrosion resistance of pack chromised carbon steel [Text] / F. A. P. Fernandes, S. C. Heck, C. A. Picon, G. E. Totten, L. C. Casteletti // Surface Engineering. – 2012. –Vol. 28, Issue 5. – P. 313–317.

18. Верхотуров А. Д. Восстановление и упрочнение матриц прессования алюминиевых профилей методом электроискрового легирования / А.Д. Верхотуров, Ю. И. Мулин, А. Н. Вишневский // Физика и химия обработки материалов. – 2002. – №4. – С. 82 – 89.

19. Федулов В.Н. Научно-методичні передумови до розробки складів стали для підвищення стійкості високонавантажених штампів холодного деформування / В.Н. Федулов // Литье и металлургия. – 2005. - №4 (36). – С. 54-58
20. Беляев В.А. Холодная листовая штамповка: учебное пособие / В.А. Беляев; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2008. – 128 с.
21. Салманов Н.С. Упрочнение режущих деталей вырубных штампов из полутеплостойких сталей / Н.С. Салманов // МиТОМ. –1997. - №12. - С.27-28.
22. Околович Г. А. Штамповые стали для холодного деформирования металлов. Монография. - 2-е изд., перераб. и доп. - Барнаул: АлтГТУ, 2010. - 202 с.
23. Соколов, К. Н. Технология термической обработки и проектирование термических цехов [Текст] : учебник / К. Н. Соколов, И. К. Коротич. – М. : Металлургия, 1988. – 384 с.
24. Руденко Л.Ф. Леговані сталі та сплави : навч. посіб. / Л. Ф. Руденко, Т. П. Говорун. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 171с.
25. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общей редакцией В.Г. Сорокина. – М., Машиностроение, 1989. – 640 с.
26. Корнилова А. В. Некоторые подходы к оценке долговечности инструмента для холодной листовой штамповки / А. В. Корнилова // Кузнечно-штамповочное производство ОМД. – 2007. – № 1. – С. 16–23.
27. Корнилова А. В. К вопросу о применимости стали X12MФ для разделительных штампов / А. В. Корнилова // Сборник трудов «Неделя металлов». – 2006. – С. 67–74.
28. Хван А.Д., Хван Д.В., Попов А.В., Токарев А.В. Влияние механотермической обработки на снижение балла карбидной неоднородности

/А.Д. Хван, Д.В. Хван, А.В. Попов, А.В. Токарев // Кузнечно-штамповочное производство. – 2008. - №8. – С. 29-30.

29. Патент RU №2252269, С1 МПК с21 D 7/00, 9/22,8/00 от 08.01.2004. Способ улучшения свойств инструментальной стали / Токарев А.В., Хван Д.В. и др. // Бюл. №14 от 20.05.2005г.

30. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

31. Бондаренко, М.Є. Дослідження структури та властивостей зміцненої термоциклічною обробкою сталі 5ХНМ [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 132 – матеріалознавство / М.Є. Бондаренко; наук. керівник Х.В. Берладір. – Суми: СумДУ, 2019. – 89 с.

32. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи Охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закл. За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела; Львів: Новий Світ-2000, 2003. - 408 с.

33. Закон України «Про охорону праці» № 2695-ХІІ від 14.10.2002 р.

34. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці / В. Ц. Жидецький. – Львів: Афіша, 2002. – 318 с.

35. НПАОП 28.5-1.02-07 Правила охорони праці при термічній обробці металів. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. Наказ 18.12.2007 N 315. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 28 січня 2008 р. за № 66/14757.