

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань 13 – Механічна інженерія
Спеціальність - 132 – Матеріалознавство
Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський
Освітньо-професійна програма - Матеріалознавство

«Підвищення рівня службових характеристик кріпильних виробів
шляхом вибору марки сталі та технології їх виготовлення»

Шифр: ДРМТВАТАМ 20125 ПЗ

Виконав студент 4 курсу, група МТВА 20-1  Владислав ПРУС

Керівник роботи к.т.н.



Ольга ДРОБОТ

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ



Олександр ДИХА

10 06 2024 р.

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 13 - Механічна інженерія

Спеціальність - 132 – Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

" 10 " 02 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

ПРУСУ ВЛАДИСЛАВУ ОЛЕГОВИЧУ

Прізвище, ім'я по батькові

1. Тема проєкту (роботи) «Підвищення рівня службових характеристик кріпильних виробів шляхом вибору марки сталі та технології їх виготовлення»

керівник проєкту (роботи) Дробот Ольга Савівна, к.т.н., доцент
Прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024р. № 8

2. Строк подання студентом проєкту на кафедру: 11 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно-технологічна документація по регулюванню вузла тертя; технічні вимоги до кріпильних болтів кришки шатуна ГРМ.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз конструкції та умов експлуатації болтів в якості кріпильних елементів кришки шатуна. 2. Описати технологічне і лабораторне устаткування для виготовлення та зміцнення болтів. 3. Запропонувати матеріал та розробити технологічний процес одержання та зміцнення болтів. 4. Дослідити структуру та властивості болтів.

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

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітки
1	Огляд літературних джерел	10.05.2024	
2	Технологічна частина	20.05.2024	
3	Експериментальна частина	30.05.2024	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	05.06.2024	
5	Оформлення презентаційних матеріалів	06.06.2024	
6	Нормоконтроль бакалаврської роботи	10.06.2024	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	11.06.2024	

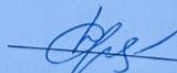
Студент



Владислав Прус

Підпис

Керівник проєкту (роботи)



Ольга Дробот

Підпис

	ЗМІСТ	
ВСТУП.....		6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ		
КРІПІЛЬНИХ БОЛТІВ.....		7
1.1. Штатунні болти.....		7
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПО ВИГОТОВЛЕННЮ		
ТА ОБРОБЦІ БОЛТІВ.....		13
2.1 Характеристика матеріалів для болтів.....		13
2.1.1. Вуглецеві сталі.....		15
2.1.2. Леговані сталі.....		16
2.1.3. Корозійностійкі та жароміцні сталі.....		16
2.1.4. Характеристика сталей для болтів з титаном і алюмінієм.....		17
2.2. Термічна обробка болтів.....		18
2.3. Виготовлення болтів.....		18
2.3.1. Виготовлення болтів точінням.....		20
2.3.2. Гаряче штампування.....		20
2.3.3. Холодне штампування.....		22
2.3.4. Підготовка поверхні прокату перед висадкою.....		27
2.3.5. Технологія висадки болтів.....		29
Постановка задачі.....		34
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА. МЕТОДИКА		
ДОСЛІДЖЕНЬ.....		
3.1. Вибір і обґрунтування матеріалу для болтів.....		35

					ДРБМТВА 24.20125.000 ПЗ			
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Підвищення рівня службових характеристик кріпильних виробів шляхом вибору марки сталі та технології їх виготовлення	Літ.	Арк.	Акція/ів
Розроб.		Прус					4	
Перевір.		Дробот						
Реценз.								
Н. Контр.		Бабак						
Затверд.		Диха			ХНУ група МТВА 20-1			

3.2. Розробка режимів термічної обробки.....	41
3.2.1. Обґрунтування вибору попередньої термічної обробки (ПТО).....	41
3.2.2. Обґрунтування вибору способу виготовлення болтів.....	47
3.3. Методика проведення досліджень.....	51
3.3.1. Механічні випробування.....	51
3.3.2. Вимірювання твердості.....	51
3.3.3. Металографічні дослідження.....	53
3.3.4. Визначення глибини знеуглецьованого шару.....	55
3.3.5. Визначення неметалевих включень (ДСТУ 8966 - 2019).....	55
3.3.6. Визначення ударної в'язкості.....	57
3.3.7. Контроль лінійних розмірів болтів.....	59
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БОЛТІВ.....	
4.1. Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «болт».....	60
4.2. Результати досліджень.....	64
4.2.1. Характеристика властивостей виготовлених болтів.....	64
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	69
ЛІТЕРАТУРА.....	70
ДОДАТКИ.....	73

						ДРЕМТВАТАМ 24 20125. 000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			5

ВСТУП

Болт – кріпильний виріб, широко використовується в будівництві, виробничих і промислових галузях. Болти застосовуються для створення різних різьбових з'єднань з використанням гайок і шайб. Болти мають багато переваг, серед яких універсальність, простота монтажу, надійність, тривалий експлуатаційний термін, можливість розбирати і заново збирати з'єднання (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Шатун в складеному стані

В автомобільній промисловості болти широко використовуються для складання різних частин транспортних засобів: для кріплення двигуна, елементів шатуна, підвіски та інших деталей, які вимагають високої міцності з'єднання. В конструкції автомобіля майже 65 % від його маси становлять кріпильні деталі.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КРІПІЛЬНИХ БОЛТІВ

1.1. Шатунні болти

Сучасні кріпильні болти відрізняються *формою головки, кроком і напрямом різьби, призначенням та класом міцності* (рис.1.2). Наприклад, башмачні, лемішні, футеровочні болти, рим-болти тощо. Всі кріпильні вироби виготовлені в

суворій відповідності до діючих стандартів. Механічні властивості болтів згідно ДСТУ ISO 898-1.2003 мають бути в таких межах (табл.1.1)

Таблиця 1.1. Механічні властивості болтів за нормативними документами

Показник	Значення
Номінальний тимчасовий опір розриванню, R_m , Н/мм ²	300; 400; 500; 600
Твердість, HV	95; 250; 385; 435
Твердість, HB	90; 114; 124; 181; 238; 385; 366
Твердість, HRB	67; 52; 71; 89; 95; 99,5
Твердість, HRC	32; 34; 37; 39; 44
Відносне звуження, ψ %	52; 48; 44
Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²	25 - 30; 20; 15



Болти кріплення кришки шатуна Erling від Mercedes



Болт кріплення кришки шатуна



Болт кришки шатуна довгий ЯМЗ 236-1004063-Б3. МАЗ-МТЗ



Болт М8 кришки шатуна для Opel Zafira C Tourer - 55562190



Болт на SKODA FABIA 1,4 16 V

Болт кріплення кришки шатуна	
 <p>Болт кріплення кришки шатуна AUDI, SEAT, VW</p>	 <p>Болт кріплення кришки шатуна 32902126 . Матеріал сталь. Виробник SWAG, зовнішній діаметр 13,2 мм, довжина 59,5 мм, поверхня фосфатова на. Довжина різьби 25мм. Зовнішня різьба M8 x 1мм.</p>
 <p>Болт кріплення кришки шатуна SUBARU</p>	 <p>Болт кріплення кришки шатуна Uyqir</p>

Рисунок 1.2 - Види болтів

Більшість болтів мають шестигранну головку, яка призначена для захоплення та закручування болта. Деякі болти мають різьбу по всій довжині хвостовика, вони переважно використовуються в різьбових отворах. Така конструкція болта забезпечує високу міцність зчеплення, завдяки розподілу натягу по всьому болту. Потовщена ділянка болта без різьби забезпечує міцність процесу кріплення. Болти з шестигранною головкою досить широко використовують в автомобільній промисловості.

Відповідальною деталлю кривошипно-шатунного механізму (КШМ) автомобільних двигунів є шатунні болти. Залежно від конструкції шатуна застосовують шатунні болти з гайками, шпильки з гайками, болти, що увертують у тіло шатуна.

Болт шатунний з'єднує стрижень з кришкою головки, знаходиться в поздовжніх отворах головки шатуна постійно в розтягнутому стані. Під час експлуатації болт залишається нерухомим, сприймає значні знакозмінні навантаження – розтягу, згинання, стискання від кривошипно-шатунного вузла, який переміщується з частотою до 300 об./хв., вага переміщених частин сягає 1500 кг [1].

При складанні вузла шатуна спеціальні гайки і сам болт щільно підганяють по посадочним поверхням і стопорять гайками.

Шатунні болти центрують кришку відносно шатуна і забезпечують зтяжку вкладишів. Центрування кришки відносно шатуна здійснюється паском на болті, що має зазор від 0 до 0,015 мм. Для виключення появи задирок на цей пасок наносять шар міді або тваринного (органічного) жиру.

На болти діють сили статичного зтягування та інерції мас поршня і стиржня шатуна. У зв'язку з цим зусилля зтягування болтів повинно забезпечити посадку вкладишів та бути більшим за діючі сили інерції з метою виключення розкриття стику.

Характер діючих сил свідчить, що болт сприймає знакозмінні навантаження, які викликають розтяг та вигин одночасно, тому матеріал болта повинен мати підвищену ударну в'язкість і високі показники міцності від втоми [2].

Болтові кріплення схильні до статичного старіння і старіння під навантаженням, оскільки всі з'єднання збираються з необхідним зусиллям зтяжки і сам кріпильний елемент знаходиться під дією не тільки робочих навантажень, але і під дією сили розтягування, яка виникає в стрижні кріплення при його зтягуванні.

Процеси старіння відбуваються переважно в низько вуглецевих сталях, супроводжуються зміною властивостей сталі без видимих змін структури. Внаслідок старіння відбувається скупчення атомів вуглецю, азоту на дислокаціях та виділення надлишкових фаз (карбідів, нітридів), що підвищує міцність, межу холодноламкості та знижує опір крихкому руйнуванню.

Деформаційне (механічне) старіння (ДС) відбувається після холодної пластичної деформації в результаті взаємодії домішкових атомів з дефектами кристалічної решітки, які утворились в процесі деформації, якщо вона відбувається за температури, нижчої від температури рекристалізації (холодної пластичної деформації). Таке старіння розвивається протягом 15—16 діб при кімнатній температурі і протягом декількох хвилин при 200...350 °С.

Деформаційне старіння може бути *природним* - відбуватись після деформації за температури навколишнього середовища (20°C), або *штучним* – коли метал після деформації нагрівають до 250°C і витримують близько однієї години.

Процеси, що відбуваються під час старіння впливають на параметри межі текучості і довжини площадки плинності, які залежать від кількості рухливих дислокацій, розміру частинок вторинної фази та відстані між ними.

Внаслідок деформаційного старіння відбувається зміцнення та окрихчення сталі, причиною цього є зменшення рухливості дислокацій [14].

Схильність сталі до деформаційного старіння знижують легуванням. Сталі з алюмінієм, титаном, ванадієм, ніобієм як правило, не схильні до старіння так як, ці елементи зв'язують вуглець і азот в часточки вторинної фази.

Для зниження схильності сталі до деформаційного старіння при виконанні операцій холодної обробки тиском використовують сталі з алюмінієм, який зв'язує азот у нітрид алюмінію (AlN), розблоковуючи дислокації, що сприяє підвищенню пластичності.

Для оцінки сталей до ДС використовують характеристики руйнування – поріг холодноламкості (T_{50}) і ударну в'язкість (KCU; KCV і ін.), порівнюючи їх значення в початковому стані і після штучного старіння.

Запобігти розвитку процесів деформаційного старіння для поліпшення штампує мості можна такими заходами: видалення під час плавки з рідкого металу шкідливих домішок – вуглецю та азоту обробкою рідкої сталі

синтетичними шлаками у ковші, вакуумуванням. Для видалення цих елементів з металу вже в твердому стані проводять нагрівання сталі у вакуумі. Під час витримки відбувається дифузійний процес переміщення атомів шкідливих домішок з серцевини до поверхні [15].

Від конструкції шатуна залежить вид болтів. Можуть використовуватись –

- шатунні болти з гайками;
- шпильки з гайками;
- болти, які ввертають у тіло шатуна.

Болт не повинен мати концентраторів напружень.

Для зменшення впливу різьби на зниження міцності від втоми різьбу виконують методом накатування. Обов'язковим є радіус по внутрішньому діаметру.

Шатунні болти центрують кришку відносно шатуна й забезпечують затяжку вкладишів. Кришка закріплена з шатуном чотирма болтами 4М14'1. Болти стопорять попарно шайбами.

Центрування кришки відносно шатуна здійснюють пояском на болті, що має зазор від 0 до 0,015 мм. Для запобігання появі задирок цей поясок вкривають шаром міді або змащують тваринним (органічним) жиром.

При установці болтів і гайок завжди використовують стопорні шайби або шплінти. Шпильки фіксують штифтами. Зусилля затягування болтів повинно забезпечити посадку вкладишів та бути більше діючих сил інерції з метою виключення розкриття стику. Характер діючих сил свідчить, що болт сприймає знакозмінні навантаження та у зв'язку з цим матеріал болта повинен мати підвищену ударну в'язкість і високу міцність від втоми.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ТА ОБРОБЦІ БОЛТІВ

2.1 Характеристика матеріалів для болтів

Діючими стандартами на виготовлення болтів передбачається використання різних матеріалів: вуглецевої та легованої сталі. Болти спеціального призначення

виготовляють з низьколегованих, жаростійких, нержавіючих сталей або сплавів на основі кольорових металів латуней та бронз. Від матеріалу, який обраний для виготовлення металовиробу, залежать його механічні та експлуатаційні властивості, термін служби, стійкість до впливу навантажень тощо [3].

Державний стандарт для виготовлення болтів пропонує значну кількість марок сталей двох класів – якісної та високоякісної.

Для виготовлення болтів використовують такі марки: Ст.2, Ст3кп, 08кп, 15кп, 20, 20ЮА, 15ХФ, 15ХГНМ, 40Х, 40ХН, 38ХГНМ, 40ХН2МА, 18Х2НЧМА, 20ХН3А та інші.

Залежно від призначення та способу подальшої термічної обробки сталі, що використовуються для виготовлення кріпильних деталей, прокат виготовляють із сталі вуглецевої (нелегованої), не призначеної для подальшої термічної обробки виробів, одержаних з неї; та — нелегованої і легованої цементованої; — нелегованої та легованої поліпшованої, що піддається термічному обробленню у готових виробах (гартуванню та відпуску) [5].

За станом матеріалу прокат може бути: — гарячекатаний без термічного оброблення, ГК; — холоднотягнутий (калібрований) без термічного оброблення, К; — гарячекатаний із спеціальним обробленням поверхні без термічного оброблення, ГКР; — холоднотягнутий із спеціальним обробленням поверхні без термічного оброблення, КР; — гарячекатаний після сфероїдизуючого відпалу, ГК+ТС; — холоднотягнутий після сфероїдизуючого відпалу, К+ТС; — гарячекатаний із спеціальним обробленням поверхні після сфероїдизуючого відпалу, ГКР+ТС; — холоднотягнутий із спеціальним обробленням поверхні після сфероїдизуючого відпалу, КР+ТС.

Усі види прокату повинні задовольняти вимогам стандарту за показниками вмісту основних компонентів та допустимих масових часток залишкових елементів (хрому, нікелю, міді) та азоту. Залишкові масові частки хрому, нікелю та міді в сталі не повинні перевищувати 0,25 %. Масова частка азоту в киснево-конвертерній сталі всіх марок не повинна перевищувати 0,008 %.

Прокат має мати задану макро – та мікроструктуру.

Макроструктура прокату з нелегованих та легуваних сталей під час перевірки на протравлених темплетях чи на зламі не повинна мати залишків усадкової раковини, пухкості, пузирів, тріщин, розшарувань, шлакових включень та флокенів, видимих без застосування збільшувальних приладів.

Центральна пористість, точкова неоднорідність, ліквацийний квадрат, підусадкова ліквация – обмежуються, а загальна плямиста ліквация, крайова плямиста ліквация підкіркові пузири, міжкристалітні тріщини не допускаються.

У макроструктурі прокату з киплячої сталі не допускається ліквацийний квадрат, що виходить на поверхню.

У мікроструктурі гарячекатаного, холоднотягнутого та із спеціальною обробкою поверхні прокату без термообробки з нелегованої сталі з масовою часткою вуглецю до 0,27 % і більше за нижньою границею в марці та з легуваної сталі всіх марок і всіх видів прокату без термообробки не повинно бути грубо пластинчастого перліту.

Поверхня гарячекатаного прокату повинна бути гладкою без тріщин, плен, закатів, неметалевих включень, розкатаних пузирів, забруднень і волосовин. На поверхні прокату не має бути відбитків, рябизни, окремих дрібних рисок.

Глибина часткового знеуглецювання (ферито-перлітна зона) не повинна перевищувати 1,3 % діаметра на сторону для гарячекатаного прокату та 1,5 % на сторону для холоднотягнутого прокату. На поверхні гарячекатаного і холоднотягнутого прокату із спеціальним обробленням поверхні, не підданого подальшій термічній обробці, не допускається знеуглецювання, в тому числі часткове.

На поверхні гарячекатаного і холоднотягнутого прокату із спеціальним обробленням поверхні, підданого після оброблення термічній обробці, допускається часткове знеуглецювання, глибина якого не повинна перевищувати: — 0,07 мм — для прокату діаметром до 10 мм включно; — 0,1 мм — для прокату

діаметром понад 10 до 20 мм включно; — 0,5 % — для прокату діаметром понад 20 мм.

Регламентується розмір аустенітного зерна в прокаті – він має бути не більшим ніж номер 5 [7].

Хімічний склад сталей для виготовлення прокату має відповідати нормам прописаним в ДСТУ. Показники механічних властивостей також мають відповідати стандарту.

2.1.1. Вуглецеві сталі

Конструкційні вуглецеві сталі класифікують за механічними і хімічними властивостями. За процентним вмістом вуглецю сталі поділяють на три групи:

- низько вуглецеві (вміст вуглецю до 0,25%)
- середньо вуглецеві (вміст вуглецю від 0,3 до 0,6%)
- високо вуглецеві (вміст вуглецю від 0,7 до 1,3 %).

В залежності від вмісту шкідливих домішок (сірки і фосфору) вуглецеву сталь також поділяють на груп:

- звичайної якості (вміст фосфору і сірки до 0,06%);
- якісні (вміст фосфору і сірки до 0,04%);
- високоякісні (вміст фосфору і сірки до 0,0025%).

Вуглецеві сталі мають досить високі механічні характеристики. Вироби з низько вуглецевих сталей зміцнюють хіміко-термічною обробкою, а середньо вуглецеві та високо вуглецеві сталі здатні загартовуватись, внаслідок термічної обробки, набуваючи високої твердості та зносостійкості. Вуглецеві сталі мають невисоку прогартовуваність та схильні до корозії [16].

Для шатунних болтів використовують якісні конструкційні вуглецеві сталі – 10, 10кп, 20, 20кп, 35, 40, 45; автоматні з вмістом сірки - 0,34 %, фосфору – 0,11% , свинцю - 0,35%; якісні сталі з вмістом вуглецю 0,2 - 0,55% та з присадками В, Mn, Cr.

2.1.2. Леговані сталі

Для виготовлення болтів, що працюють у важких умовах навантаження та мають розміри в діаметрі більше 20 мм рекомендовано використовувати леговані сталі. Леговані сталі у порівнянні з вуглецевими мають кращу прогартовуваність і вищі механічні властивості. Для болтів використовують сталі з хромом, марганцем, кремнієм, титаном, кобальтом, молібденом, алюмінієм, ванадієм. За кількістю легуючих елементів сталі поділяють на низьколеговані (легуючих елементів до 5%), середньолеговані (легуючих елементів від 5 до 10 %) і високолеговані (легуючих елементів більше 10%). Прикладами легованих сталей для болтів є 40Х, 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА, 35ХГСА, 40ХГСА та інші.

Підвищену ударну в'язкість і високу міцність від втоми мають сталі марок 18Х2Н4МА, 20ХН3А, 40ХН.

2.1.3. Корозійностійкі та жароміцні сталі

Болти, які працюють в умовах агресивного середовища та підвищених температур, виготовляють із сталей, які володіють особливими властивостями:

нержавіючі корозійно-стійкі сталі 10Х17Н13М2Т, AISI 316;

нержавіючі корозійно-стійкі жароміцні сталі 20Х13, 30Х13, 40Х13, AISI 304;

жароміцні релаксаційно стійкі сталі – 25Х1МФ, 25Х2М1Ф, 30ХМА інші.

Для виготовлення болтів використовують переважно аустенітні нержавіючі сталі (08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, рис.2.1) [18].



Рисунок 2.1. - Болти з аустенітної нержавіючої сталі

Сталь 40X «селект» володіє підвищеним опором деформації в холодному стані. Тому при виготовленні високоміцних болтів з цієї сталі найбільш ефективним способом - холодним штампуванням істотно знижується стійкість інструменту (особливо для обрізування на шестигранник та накатування різьби).

Іноді на голівці утворюються тріщини. Термообробка болтів зі сталі 40X «селект» здійснюється в маслі, що погіршує стан навколишнього середовища. Термічна обробка для досягнення верхнього рівня міцності (до 1300 МПа) підвищує ймовірність крихкого руйнування.

2.1.4. Характеристика сталей для болтів з титаном і алюмінієм

Легуючі елементи суттєво впливають на структуру та властивості сталі, але вплив вуглецю є визначальним. При збільшенні концентрації вуглецю в структурі зростає вміст цементиту. Цементит є твердою і крихкою фазою. При збільшенні в сталі цементиту збільшується твердість, міцність сталі, зменшується в'язкість і пластичність та підвищується крихкість. Кількість вуглецю в сталях для високоміцних кріпильних елементів рекомендовано вибирати в межах 0,35 %, що забезпечить сталі високі технологічні властивості [16].

2.2. Термічна обробка болтів

Види та режими термічної обробки болтів визначаються складом матеріалу з якого вони виготовлені та умов експлуатації.

Болти для неважких умов роботи після виготовлення термічної обробці не піддають. Болти для складних умов роботи піддають цементації, гартуванню та низькому відпуску, якщо вони виготовлені з низько вуглецевих сталей (15Х, 20, 18Х2Н4МА, 20ХН3А тощо). Болти, виготовлені з поліпшувальних сталей піддають гартуванню і високому відпуску.

Особлива увага приділяється властивостям прокату, який використовують для виготовлення болтів [12].

2.3. Виготовлення болтів

Для виробництва кріпильних виробів використовуються різні технології, що дозволяють отримати металовироби з необхідними механічними характеристиками. Сучасні виробники болтів використовують два методи – точіння чи штампування.

В даний час масове виробництво кріпильних деталей здійснюється за новітніми, прогресивними технологіями, завдяки яким продуктивність готових виробів досягла високого рівня. Виготовлення болтів великими партіями базується на застосуванні сучасних високопродуктивних холодновисадочних автоматів, які забезпечують випуск до 400 штук деталей на хвилину. Виробничий процес складається з ряду перерахованих нижче операцій, результати яких піддаються ретельному контролю.

Для виробництва болтів використовується покладена в моток катанка (металевий пруток) відповідного діаметра з необхідними характеристиками механічних властивостей, структурою і хімічним складом.

Операції технологічного процесу виготовлення стандартних болтів виконуються в такій послідовності:

- термічна обробка матеріалу заготовки;
- очищення від іржі в розчинах кислот;
- промивання у воді;
- нанесення на поверхню шару неорганічного фосфатного покриття і тонкого шару мастил;
- розмотування катанки;
- випрямлення;
- протяжка при нормальній температурі через формувальний вузол обладнання з отриманням правильної циліндричної форми і необхідного розміру перерізу;
- подача в конструктивний вузол різання, де є плоский рухливий ніж і кругла нерухома відрізна втулка.
- формування високоточної заготовки для болта.

Якість поверхні зрізу безпосередньо залежить від швидкості різання, конструкції ножа і радіусу його ріжучої кромки, радіального зазору між металом, нерухомою відрізною втулкою і рухомим ножем, а також від точності напрямку ріжучого інструменту і системи подачі дроту в даний вузол.

2.3.1. Отримання болтів точінням

Точіння використовують при виготовленні одиничних виробів, або невеликих партій. Всі операції по виготовленню болтів виконують на токарно - гвинторізних верстатах. Заготовку потрібної довжини відрізають від прутка і затискають в патроні верстата, торцюють і обточують до заданих розмірів. Фаску з заготовки знімають перед нарізанням різьби. Різьбу нарізають плашками або різьбовими різцями (рис.2.2).

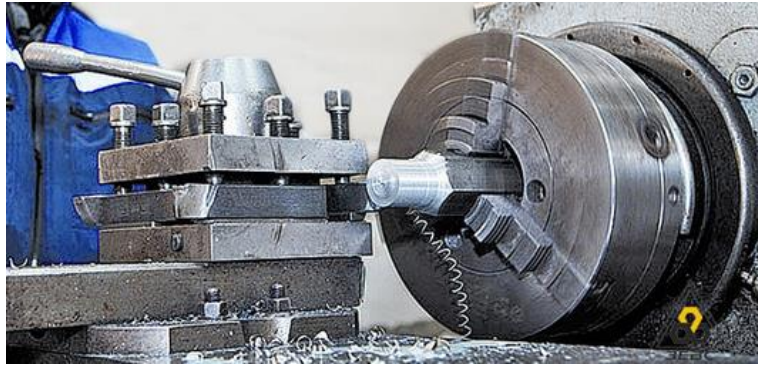


Рисунок 2.2 - Виготовлення болта на токарно - гвинторізальному верстаті

Після нарізання різьби ріжучий інструмент знімають і заготовку відрізним різцем відрізають. Процес виготовлення болтів таким способом досить тривалий і для великих партій його використовувати недоцільно.

При виготовленні болтів у масовому виробництві перевагу віддають способам гарячого штампування та холодної висадки [16].

2.3.2. Гаряче штампування.

Гаряче об'ємне штампування – процес одержання заготовки в штампах, коли переміщення металу заготовки від центра в бік обмежене бічними стінками порожнини штампу. Робоча порожнина штампа являє собою відбиток форми поковки, яку необхідно виготовити.

Заготовками для гарячого об'ємного штампування використовують прокат круглого, квадратного, прямокутного профілю.

Технологічний процес об'ємного штампування складається з таких операцій: різання прокату на заготовки; нагрівання заготовок; штампування нагрітих заготовок у штампах на молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах і згинальних машинах; обрізування зайвого металу (облою); правка поковок; первинна термічна обробка; очищення від окалини і холодне чеканення.

Штампування може відбуватися у відкритих або закритих штампах. У першому випадку на виробі утворюється залишок з металу – облой. Штампування з використанням закритих штамів називають безоблойним. На рис.2.3 представлена конструкція штамів відкритого та закритого типу.

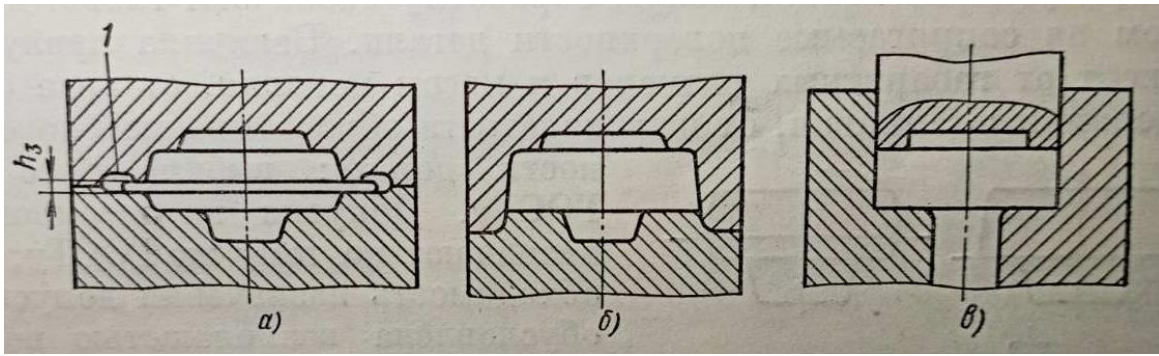


Рисунок 2.3 - Штампи відкритого (а) та закритого типу (б, в) для гарячого об'ємного штампування: 1 – облойна канавка

Конфігурація поковок різноманітна: поковки можуть мати видовжену форму, мати значне відношення довжини до ширини, або у вигляді кола чи квадрату у плані (рис.2.4).

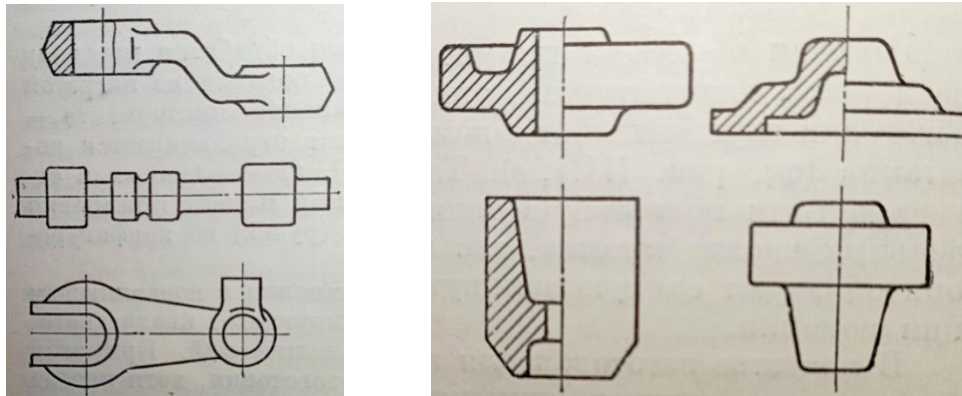


Рисунок 2.4 – Штамповані поковки

При виготовленні болтів гарячим об'ємним штампуванням з прокату на стрічкових верстатах нарізають заготовки заданої довжини. Заготовка нагрівається за допомогою індуктора до заданої температури (1000°C), подається на прес для формування головки. На фрезерному верстаті з торця стрижня знімається фаска. На автоматизованому нарізному верстаті формується різьба [16].

2.3.3. Холодне штампування

Найефективнішим способом болтового виробництва (5—6 тисяч болтів за 1 год.) є холодна висадка головок на автоматичних болтокувальних пресах.

Холодною висадкою виготовляють кріпильні деталі (болти, гвинти, гайки, заклепки, цвяхи і т. д.), кульки, ролики та дрібні кільця підшипників, штовхачі і

тарілки клапанів, з'єднувальні пальці, колісні спиці, спеціальні гайки, ковпачкові маслянки і багато інших порівняно дрібних масових деталей. Холодну висадку проводять головним чином на горизонтальних ковальсько - пресових автоматах. При цьому розміри штампованих деталей відповідають 3 і 4 - м класам точності, а їх поверхні - 6, 7 і навіть 8-му класам шорсткості, так що ніякої додаткової механічної обробки вони не потребують. Холодна висадка забезпечує отримання штампованих деталей, як правило, в готовому стані. Розміри штампованих деталей виходять з точністю від 0,03-0,05 до 0,15-0,2 мм в залежності від їх номіналу, а також від виготовленої їх кількості, ступеня зносу та налагодження штампа.

Холодній висадці піддають вуглецеву сталь, що містить до 0,45% С, леговану сталь багатьох марок, дуралюмін, латунь, червону мідь, монель і інші сплави, що проявляють в холодному стані досить великий запас пластичності. Здатність металів до холодного висаджування контролюють за показниками граничного ступеня деформації (до появи тріщини) при вільному осаджуванні зразків, який при кімнатній при кімнатній температурі складає, наприклад, 50% у сталі 60Г, 55% у сталі ШХ15, 75% у сталі 10,73 -74% у сталі 35 і 40Х, 87% у сталі 08 і 10 і у сталі 30ХГСА, 95% у міді і тощо. Здатність сталі піддаватися холодній висадці підвищується із збільшенням вмісту в ній молібдену і ванадію і навіть вольфраму (але тільки до 0,15-0,25%) і значно знижується з підвищенням у ній вмісту вуглецю і особливо кремнію, а також сірки і фосфору. Підвищення вмісту вуглецю з 0,45% до 1,1% знижує допустимий ступінь осаджування з 70 до 30%. До різкого зниження здатності деформуватися в холодному стані призводить забрудненість сплавів неметалевими включеннями (навіть при незначній їх кількості).

Холодне висаджування виконується на одно та багатопозиційних автоматах з цільними та роз'ємними матрицями. На холодно-висадочних автоматах (ХВА) з цільною матрицею разом з висаджуванням можна виконувати редуціювання частини стрижня під накатування різьби, пряме і зворотне видавлювання, уступи та виїмки.

Однопозиційні холодно-висаджувальні автомати характеризуються простотою конструкції, невеликою вартістю та невеликими витратами на

обслуговування. Їх застосовують дуже широко, особливо при штампуванні відносно малих виробів.

Деяке підвищення пластичності при холодній висадці досягається тим, що необхідна деформація здійснюється не відразу, а розподіляється на кілька переходів штампування або виконується за кілька операцій (з повторним штампуванням). При цьому сумарна деформація рівномірно розподіляється по переходам і операціям, а метал знеміцнюється термічною обробкою (відпалом), який проводять перед штампуванням та при потребі між окремими операціями штампування. Нагрівання виробів здійснюється в печах з захисною атмосферою.

Крім того, застосування в технології холодного висаджування процесів прямого і зворотного видавлювання (закритої прошивки), які виконуються в якості самостійних переходів штампування або в поєднанні з висадкою і іншими переходами або операціями, також істотно підвищує пластичність оброблюваного матеріалу у зв'язку зі сприятливою при цьому схемою напруженого стану металу. Створюється можливість отримання деталей більш складної форми. Останньому сприяє також можливість отримання при холодній висадці деталей без штампувальних ухилів.

Метал для холодного висаджування повинен бути калібрований і мати чисту блискучу поверхню. Все більш широко застосовують фосфатування поверхні металу з подальшим змащуванням його перед штампуванням. Підготовлений до штампування метал постачається в прутках довжиною до 6-7 м або в бунтах з зовнішнім діаметром до 1 м і масою 40-80 кг і більше. Для різних пресів-автоматів у відповідності з їх призначенням використовують дрід і калібруванні прутки діаметром 0,6-38 мм з граничними відхиленнями 0,025-0,15 мм. Рідше застосовують метал прямокутного, квадратного, шестигранного та інших профілів.

Набір металу для формування потовщеною частини виробу при відносній довжині висаджується частини до її діаметру не більше 2,5 (практично при відношенні рівному 2,1-2,3) може бути виконаний за один перехід, при відношенні не більше 4, 5 - за два переходи і при відношенні не більше 8 - за три переходи штампування

або відповідно за один, два і три удари. Набір більш ніж за два переходи в практиці холодного висадження використовують дуже рідко. При двопереходному штампуванні найбільш широко в якості першого переходу застосовують набір у конічної порожнини пуансона (рисунок 2.5), причому циліндричний кінець заготовки залишається недеформованим.

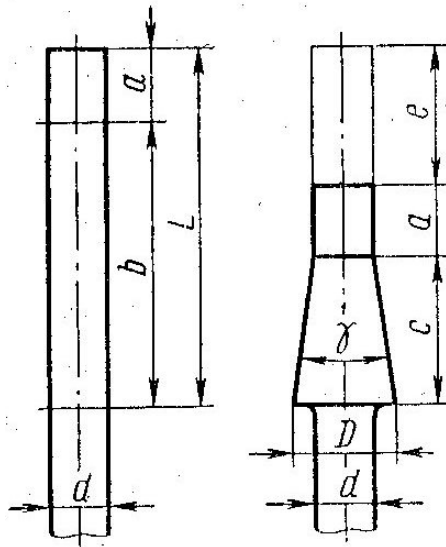


Рисунок 2.5 - Заготовка вихідна і після висадки в пуансоні з конічною порожниною.

Для виконання відповідних операцій використовують різні ковальсько - пресові автомати. На висадочних ковальсько - пресових автоматах, крім висадки, виробляють відрізки штучної заготовки від прутка або дроту, формовку, прошивку і наскрізне пробивання, а також редукування, видавлювання, гнуття. Обрізні ковальсько-пресові автомати призначені для обрізки висадженої раніше головки по необхідному контуру а також калібрування стержня і редукування його під накатку різьблення. На вирубних автоматах штамнують гайки і подібні вироби із стрічки вирубаням, пробиванням, обтисканням фасок, калібруванням граней тощо.

Для отримання готових виробів іноді необхідно послідовне виконання операцій на різних автоматах. При виготовленні болтів, наприклад, використовують висадочний, обрізний і різьбонакатний автомати, не пов'язані між собою або

об'єднані в автоматизовану або автоматичну лінію. Крім того, всі операції можуть бути виконані на одному комбінованому автоматі.

У більшості холодновисадочних автоматів вісь подачі заготовки не збігається з віссю штампування. На одноударних холодновисадочних автоматах з цільною матрицею 4 (рисунок 2.5, а) дріт або пруток 2 подається переривчасто обертовими жолобчастими роликками через отвір відрізний матриці 7 до упору 8. Під час руху ножа 10 заготовка відрізається від прутка і спеціальним захоплювачем переноситься на вісь штампування. Під час руху пуансона 5 до матриці 4 заготовка заштовхується в неї до упору в штовхач 5, після чого висаджується головка виробу. При зворотньому ході пуансона виштовхувач 8 викидає висаджений виріб з матриці.

На двохударних автоматах (рисунок 2.5, б) після відходу пуансона 5 на його місце на лінію штампування висувається пуансон 12 другого переходу, а виштовхувач вступає в дію тільки після закінчення другого переходу штампування. Аналогічно працюють триударні автомати (рисунок 2.6, в), які на санчатах головного повзуна мають по три пуансона. На рисунку 2.6 показані операції: 6 - висадки, 9 - подачі; 11 - штампування.

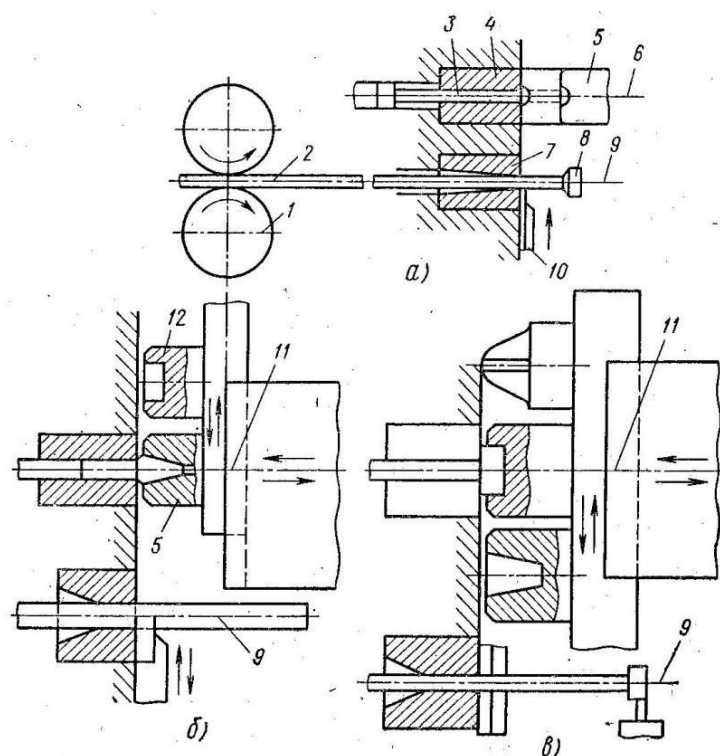


Рисунок - Рисунок 2.6 - Схема висадки на холодновисадочному автоматі з цільною матрицею

Метод холодного штампування підходить для серійного виготовлення болтів. Завдяки використанню сучасного обладнання, можна отримувати від 300 до 400 виробів за хвилину. Стабільність технологічного процесу і якість готового кріплення залежать від властивостей матеріалу, до якого висувають жорсткі вимоги. Метал повинен бути пластичним, мати рівномірні механічні властивості, поверхневі і внутрішні дефекти недопустимі. Поверхня сталі повинна бути чистою без тріщин і окалини.

2.3.4. Підготовка поверхні прокату перед висадкою

Сталі в процесі гарячої прокатки або гартування швидко окислюються і на їх поверхні утворюється окалина, яка складається із декількох шарів різних оксидів загальною товщиною від 5 до 60 мкм. При стиканні з вологою (вода, підвищена вологість повітря і т.п.) на поверхні сталених виробів утворюється іржа, яка є сумішшю гідроксидів і безводних оксидів заліза різного ступеня окиснення. На поверхні металів можуть бути і випадкові забруднення: сліди мастила і т.п.

Вихідний прокат, що надходить для холодного висаджування піддається очищенню від бруду, окислів, іржі, окалини. Очищення включає такі операції:

- знежирення;
- травлення розчинами кислот або лугів;
- нейтралізацію поверхні.

Після очищення метал потрібно промити в холодній і гарячій воді.

Знежирення - проводять у ванні з розплавом свинцю, або солей та лугів. Температура розплаву 300 - 650°C. Швидкість руху дроту під час обробки становить 30 – 500 м/хв. Охолодження дроту в лужному розчині, концентрація

якого становить від 30 до 600 г/дм³. Після лужного розчину дріт промивають і піддають труїнню.

Труїння виконують у водних розчинах сірчаної кислоти (8 -12%) при температурі 40 - 80°C або соляної кислоти (10 -20%) при температурі 30-60 °C. Тривалість процесу травлення 15 – 30 хвилин. Для видалення залишків сірчаної кислоти використовують вапнування.

Нейтралізація – після травлення прокат промивають холодною водою або підігрітою до 60 – 80 °C і піддають нейтралізації в гарячому лужному розчині протягом 5 – 8 хвилин.

В процесі травлення поверхня металу насичується воднем, що негативно впливає на його властивості, метал окричується, знижується його пластичність. Для усунення водневої крихкості прокат з травленою та нейтралізованою поверхнею залишають на відкритому повітрі на 5 – 15 годин.

Для нанесення підмастильного шару використовують фосфатування.

Волочіння здійснюють на волочильних верстатах чи барабанах. Ступінь обтискання 5 – 10%.

Враховуючи, що болти – деталі нескладної форми додаткову обробку поверхні перед холодним висаджуванням не проводять.

При одержанні деталей складної форми (коли треба виконати 3 і більше переходів) поверхню прокату обробляють оксалатами або проводять фосфатування.

Визначається діаметр і довжина вихідної заготовки.

Встановлюється кількість переходів висаджування.

Відношення довжини L висаджуваної частини стрижня h_0 до його діаметру d_0 може сягати 10 (в багатоопераційних автоматах), в однопозиційних трьох ударних – 8, в двох – і одно ударних – 4,5 і 2,5.

Болти з вуглецевої сталі, які будуть експлуатуватися в умовах високої вологості, потребують захисту від корозії. Для цієї мети на поверхні виробів

наносять покриття на основі цинку. На сьогоднішній день виробники використовують п'ять технологій оцинкування:

- гальванічне – хімічний процес електролізу, в результаті якого іони цинку покривають поверхню кріплення. Товщина захисного шару – від 5 до 25 мкм;
- гаряче – нанесення покриття шляхом занурення виробів у ванну з розплавленим цинком. Отримане покриття відрізняється високою корозійною стійкістю;
- термодифузійне – формування покриття методом поверхневої дифузії цинку. Товщина захисного шару може складати від 25 до 110 мкм;
- механічне – занурення кріпильних виробів в цинкову суспензію. В результаті виходить цинкове покриття з невисокою точністю нанесення;
- цинк-ламельне – покриття наноситься спеціальним розчином, що складається з цинку з додаванням алюмінію і сполучних компонентів. Товщина шару може становити від 4 до 100 мкм і більше. Технологія нанесення захисного покриття вибирається залежно від умов експлуатації болтів.

2.3.5. Технологія висадки болтів

Висадка передбачає осадку частини заготовки між рухомим і нерухомим інструментом

- формування проміжної форми головки;
- остаточне оформлення шестигранника;
- формування стержня необхідного розміру;
- зняття фаски.

Головку в формі шестикутника отримують обрізанням циліндричної заготовки або методом пластичної деформації. Фаску можна виконувати різанням або пластичною деформацією.

Послідовність виготовлення болта показано (рис.2.7). Спочатку відрізають від прутка заготовку і редукують стрижень 2, потім висаджують головку 3, обрізають

грані головки і калібрують під накатку різьби частину [стрижня](#) 4. Після цього накатують різь 5. Операції 1, 2 і 3 виконують на автоматичних болтокувальних пресах, 4 — на [обрізних автоматах](#), 5 — на різьбонакатних верстатах.

Застосовують також висадочнообрізні автомати, які виконують 1—4 операції, та спеціальні автомати для виконання всіх операцій болтового виробництва.

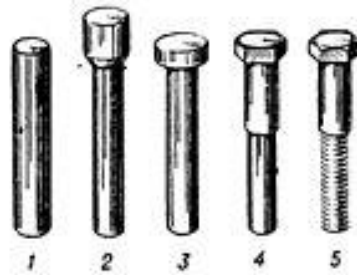


Рисунок 2.7 - Послідовність виготовлення болтів:

- 1 – заготовка – пруток; 2 – редукований стержень; 3 – стержень з висадженою головкою; 4 – заготовка з обрізаними гранями головки; 5 – болт з накатаною різьбою.

Всі виробничі операції здійснюються на одному автоматі або декількох автоматичних пресах, які утворюють автоматичну лінію. Крім основних операцій в ряді випадків проводяться додаткові. Це термічна обробка виробів і нанесення захисного покриття.

Основними характеристиками холодно-висаджувальних автоматів (ХВА) є максимальні довжина і діаметр стрижня виробів, а також загальне зусилля висаджування. Основні інструменти для висаджування показані на (рис.2.8), вироби, виготовлені на двох ударному автоматі показані на (рис.2.9) [15].





Рисунок 2.8 - Пуансони і матриці для першого і другого удару при виготовленні саморізів.



Рисунок 2.9 – Вироби, отримані на двохударному автоматі

Таблиця 2.1 - Сортамент метизної продукції, яка виготовляється методом зміцнення холодною деформацією.

Діаметр прокату, мм	Діаметр заготовки, мм /ступінь деформації, %	Види і розмір продукції		
		Гайка	Болт	Шпилька
6,0	5,60 / 55,6-12,9	-	M6	M6
8,0	7,40 / 14,4	-	M8	M8
9,0	8,60 / 8,7	M6	-	-
10,0	9,50 / 9,8	-	M10	M10

11, 0	10,40 / 10,6	M8	-	-
12, 0	11,50 / 8,7	-	M1 2	M12
14, 0	13,30 / 9,8	M10	-	-
14, 5	13,45 / 14,0	-	M1 4	M14
15, 0	14,25 / 9,8	M12	-	-
16, 0	15,40 / 7,4-12,0	M14	M1 6	M16

Таблиця 2.2 - Механічні властивості готових болтів

Марка сталі	Клас міцності	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_p , %	$\delta_{заг.}$, %	$\frac{\Delta\sigma_{НОМ}}{\delta_{ЛОК}} \cdot \frac{H}{H/мм^2}$ %
15кп	4.8	310	415	11,1	19	14,3
15кп	6.8	523	628	6,15	10,8	32,3
Ст3пс	6.8	613	712	5,53	10,7	37,73
20Г2	8.8	738	835	7,23	11,8	46,4
Ст5пс	8.8	745	904	6,39	10,5	58,3
10Г2	8.8	773	864	6	11	59,82
20Г	8.8	816	903	6,49	10	56,4
30Г1Р	10.9	967	1082	6,62	9,7	95,89
30Г2	10.9	1017	1116	6,56	11	94,69

Висновки по розділу.

Огляд літературних джерел показав, що болти кришки шатуна експлуатуються в умовах постійного та безперервного виникнення та накопичення внутрішніх дефектів, внаслідок чого деталі передчасно руйнуються. Цей факт обумовлює потребу в розробці нових технологічних процесів зміцнюючої обробки холоднодеформованих виробів масового призначення (болтів) для підвищення показників надійності, довговічності та безпеки в процесі експлуатації.

Як показав аналіз досліджень багатьох авторів, основні напрямки підвищення рівня службових характеристик кріпильних виробів передбачають вибір ефективних марок сталей з необхідними характеристиками пластичності і здатності до штампування, розробки раціональних режимів термічної обробки, що забезпечить високий рівень експлуатаційних властивостей виробам.

Постановка задачі: вибір марки сталі, яка здатна добре штампуватись при холодній обробці тиском; вибрати спосіб холодного штампування болтів, який забезпечить зміцнення та отримання необхідного рівня механічних властивостей без наступної термічної обробки виробів.

Об'єкт досліджень: болти кришки верхньої головки шатуна.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір і обґрунтування матеріалу для болтів.

Одним з напрямків зниження витрати палива і рівня шкідливих викидів автомобілів є зменшення розмірів двигуна при збереженні тієї ж потужності і моменту кручення. Принцип зменшення розмірів базується на застосуванні умов навантаження більш високого рівня, які так чи інакше впливають на всі вузли двигуна. Виробники кріплення ставлять завдання сприяти цим розробкам шляхом зменшення розмірів кріплення, переходячи на кріплення розміром \leq M10 [5], яке виготовляють з сталей, що містять мікродобавки алюмінію, бору, титану.

За кордоном кріпильні вироби підвищеної міцності складають 90 .. 95% від загального обсягу виробництва, в той час як в країнах Східної Європи частка кріплення підвищеної міцності становить 10-15% від загального випуску. Тому розширення виробництва і застосування кріпильних виробів підвищеної міцності є актуальною проблемою вітчизняної метисної промисловості [4].

Аналіз складу матеріалів, які використовують, показав, що для виготовлення кріпильних болтів доцільно вибрати марку сталі 20Г2Р.

Сталь містить недорогі компоненти і має властивості, яких вимагають від матеріалів, що переробляються у вироби холодним висаджуванням.

Сталь має достатню пластичність після термічної обробки – сфероїдируючого відпалу, має однорідну структуру та високі показники пластичності, які відповідають нормативно-технічній документації та виробничій технології.

Сталь 20Г2Р з ферито-цементитною структурою, отриманою проведенням попередньої термічної обробки має такі механічні характеристики табл.3.1-3.2.

Таблиця 3.1. Хімічний склад сталей для болтів

Марка	Хімічний склад, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Al	Ni
20кп	0,17-0,24	\leq 0,070	0,25-0,5	0,035	0,035	\leq 0,25	-	-	-

20ЮА	0,18- 0,23	≤ 0,10	0,30- 0,60	0,025	0,025	0,25	-	0,020- 0,08	-
20Г2Р	0,18- 0,26	0,17 – 0,30	1,3 – 1,6	0,035	0,035	-	0,001- 0,005	не ≤ 0,02	-

Таблиця 3.2. Механічні властивості сталей для болтів

Марка	Показники механічних властивостей					
	Без термічної обробки			Після сфероїдизуючого відпалу		
	Твердість, НВ	Номінальний тимчасовий опір розриванню Rm, Н/мм ²	Відносне звуження, ψ , %	Твердість, НВ	Номінальний тимчасовий опір розриванню Rm, Н/мм ² Відно сне звуження, ψ %	мм ² Відно сне звуження, ψ %
20кп	156	510	45	132	440	50
20ЮА	156	510	50	132	450	50
20Г2Р	187	600	55	179	550	60

З обраних для розгляду марок сталей найкращу пластичність має сталь 20Г2Р.

Характеристика складу сталі 20Г2Р.

Вплив вуглецю

Вуглець суттєво впливає на міцність і твердість сталі. Сталі з вмістом вуглецю до 0,3% мають досить високу пластичність, проте при збільшенні кількості вуглецю вона падає, а твердість і міцність зростають. Технологічні властивості (штампуємість, пластичність) погіршуються. В сталі вуглець знаходиться в твердих розчинах – фериті та аустеніті та у складі хімічних сполук - цементиту та карбідів легуючих елементів. За таких умов вуглець значно підвищує твердість сталі і погіршує пластичність.

Вплив марганцю (Mn).

Марганець є в кожній сталі (від 0,35 до 0,8%), де він не вважається легуючим елементом. Основна роль марганцю в цих сталях зменшення шкідливого впливу сірки, він діє як розкислювач при одержанні якісних та високоякісних сталей. Марганець, маючи високу хімічну спорідненість до сірки, утворює сульфід MnS, який при кристалізації металу виділяється з розчину у

вигляді тугоплавких, хаотично розташованих включень. Марганець з сіркою утворює сполуку MnS , перешкоджаючи утворенню легкоплавкої сполуки FeS . Як легуючий елемент марганець є γ -стабілізатором, він розширює область існування Fe_γ , тобто підвищує стійкість аустеніту і збільшує ступінь його переохолодження, що різко зменшує критичну швидкість гартування. Тому марганцевиста сталь прогартується значно глибше, ніж проста вуглецева. При концентраціях до 1,5% марганець підвищує межу міцності. Негативним впливом на властивості сталі є здатність марганцю сприяти росту зерна аустеніту при нагріванні до високих температур.

Вплив сірки (S).

Сірка майже не впливає на плинність і граничну міцність на розрив, але на поверхневе видовження та в'язкість сталі її вплив значний. Сірка викликає таке явище як червоноламкість в сталях з підвищеним вмістом сірки та зниженим вмістом марганцю. За цих умов сірка знаходиться в сталі у вигляді сульфіду заліза FeS , а не MnS . При $988^\circ C$ (температурах прокатування сталі), сульфід заліза утворюють з залізом евтектику, яка виділяється по границям кристалів і плавиться, сприяє появі тріщин по границям кристалів при деформації сталі.

.

Вплив фосфору (P).

Фосфор підвищує плинність і граничну міцність стали на розрив, погіршує здатність до поверхневого видовження, спричиняє виникнення холодноламкості, покращує оброблюваність різанням. Фосфор в складі сталі є шкідливою домішкою, яку видаляють у вигляді шлаку.

Кремній Si присутній в сталі як розкислювач, його вводять в сталь у вигляді феросиліцію також і для легування. Кремній зміцнює ферит, підвищує межу пружності (пропорційності) і затримує знеміцнення сталі під час відпуску. Оптимальний вміст кремнію в сталях 0,15 - 0,35%, сприяє утворенню крупнозернистого полігонального фериту. До недоліків цього легуючого елемента можна віднести зниження пластичності сталей (деформація при знижених температурах кременистих сталей призводить до розшарування металу) і здатність до розвитку відпускнуї крихкості. До недоліків кременистих сталей (з

0,6-0,8% Si) називають утворення неметалевих включень, які знижують утомну міцність високоміцних сталей, а також підвищену схильність сталей з кремнієм до зневуглецювання при нагріванні.

Вплив міді (Cu) – мідь не бажана в сталі в кількості, що перевершує 0,25%. Мідь викликає червоноламкість сталі. Мідь застосовують в спеціальних сталях як графітуючий елемент. При підвищенні її вмісту до 0,6% підвищується межа міцності при практично незмінному рівні межі текучості, а ударна в'язкість при цьому зменшується. Мідь уповільнює ріст частинок вторинної фази (може вводиться в сталь замість Mo).

Азот при зниженні його вмісту в межах від 0,008 до 0,001% збільшує об'ємну частку зміцнюючої фази від 20 до 30%, без зміни розміру феритного зерна. Збільшення вмісту азоту призводить до зменшення розчинності карбонітридів Nb, що сприяє їх інтенсивному випадінню в аустеніті. Азот використовують для подрібнення зерна аустеніту за рахунок утворення карбонітридів Nb, Ti, V або нітридів Al. Але азот одночасно є і шкідливою домішкою він окрихчує сталь. Запобігають цьому явищу введенням елементів, які зв'язують азот в нітриди.

Алюміній використовується як розкислювач сталі, він також подрібнює зерно аустеніту за рахунок утворення нітридів (в якості модифікатора для отримання спадково дрібнозернистих сталей), а також для усунення явища окрихчування сталі внаслідок деформаційного старіння(при виготовленні труб, кріпильних елементів тощо) і при їх експлуатації. Алюміній зв'язує вільний вуглець і азот в часточки вторинної фази.

Сталі з бором, титаном і алюмінієм (B, Ti та Al)

Характеристика сталей з бором

Для виготовлення кріплення з підвищеною міцністю застосовують економно леговані сталі, які містять бор [6,13]. Мікролегування бором дозволяє отримувати сталі, експлуатаційні характеристики яких багато в чому не поступаються, а навіть перевершують рівень властивостей сталей, отриманих традиційним легуванням [5,6]. Низька розчинність бору в залізі (0,001-0,006%), призводить до

виділення боридів, які подрібнюють зерно, підвищують прогартовуваність та механічні властивості. Бор значно підвищує характеристики сталі при уведенні його навіть в кількості $10^{-4} \dots 10^{-3} \%$. Подібні зміни підвищення властивостей сталі без бору можна досягти при легування хромом чи марганцем, але в кількостях, що перевищують вміст бору у сотні разів.

Бор (В) є одним з ефективних легуючих елементів по здатності впливу на рівень механічних властивостей металу виробів при мінімальній витраті легуючих елементів. Серед позитивних якостей мікролегування сталей бором відзначають: збільшення рідкотекучості і зменшення за рахунок цього осьової пористості злитка, здатність перерозподіляти шкідливі домішки в металі, очищати границі зерен, зменшувати ліквацію сірки, підвищувати прогартовуваність стали.

Ефект позитивного впливу бору на процеси структуроутворення в сталях обумовлений перш за все тим, що бор в порівнянні з вуглецем має більший атомний радіус і має більшу поверхневу активність до заліза.

Додавання бору в сталь при комплексному легуванні є особливо ефективним. Легування сталей марганцем, хромом, молібденом, титаном та бором покращує як технологічні (штампуємість) властивості після відпалу, так і характеристики міцності після гартування сталі.

Враховуючи, що бор має високу спорідненість до кисню та азоту, запобігають утворенню оксидів та нітридів бору уведенням в сталь більш активних елементів – алюмінію, кремнію, титану [5].

Сталі, які містять бор в порівнянні з хромистими (35Х, 38ХА, 40Х) мають менший опір деформації при холодному штампуванні, що забезпечує хорошу штампуємість, що сприяє підвищенню стійкості висадочних інструментів. Сталі, що містять бор, добре прогартовуються при охолодженні як у воді або водних розчинах, так і в маслі, а кріпильні вироби із них після термічної обробки володіють властивостями міцності на рівні кріплення з хромистих сталей при більш високих показниках пластичності і ударної в'язкості. Численні випробування показують, що кріпильні вироби з борвмісних сталей за

механічними властивостями відповідають вимогам Державного стандарту для класів міцності 8.8 ... 12.9 (болти) і 8 ... 12 (гайки).

3.2. Розробка режимів термічної обробки

3.2.1. Обґрунтування вибору попередньої термічної обробки (ПТО)

Для досягнення необхідних механічних властивостей болтів прокат піддають термічній обробці. Прокат, призначений для виготовлення різного кріпильних виробів обов'язково піддають попередній термічній обробці.

Попередню термічну обробку призначають для вирішення задач покращення технологічних властивостей металу або технологічності при виготовленні деталей.

Технологічні задачі, які вирішують методами попередньої обробки – підготовка чи отримання структури, яка б забезпечувала кращу оброблюваність різанням чи пластичним деформуванням, зменшення жолоблення і прискорення процесів дифузії під час остаточної термічної обробки. По трудомісткості виготовлення автомобільних деталей майже 45% припадає на операції обробки різанням та холодного видавлювання. Тому проблема покращення оброблюваності металів має важливе значення для підвищення продуктивності праці, особливо в умовах крупносерійного чи масового виробництва.

Мікроструктура металу є вирішальним фактором, який впливає на оброблюваність. Правильно підібраний режим термічної обробки, який забезпечує задану структуру важливіший за інші технологічні заходи, які призначають для покращення оброблюваності заготовки.

Особливості пластичної деформації при холодному видавлюванні за умов двоосного та триосного навантаження при значних ступенях деформації ($\geq 50\%$) висувають додаткові вимоги до стану металу. Важливість макроструктури зростає. Вона повинна мати високу однорідність та не повинно бути металургійних дефектів (пористості, рихлості, розшарувань і навіть мінімальних ліквіційних зон), кількість неметалевих включень повинна бути мінімальною, а форма їх – сферичною.

До однорідності мікроструктури також висувають вимоги. Не бажаним є виділення фаз по границям зерен матричної фази у вигляді неперервної сітки (прошарку), наприклад, цементитної сітки в сталях.

Для сталевих деталей першочерговим для покращення штампуємості є ступінь сфероїдизації цементиту. Для особливо складних умов об'ємного штампування кількість сфероїдизованого цементиту має бути $\geq 80\%$. Можна оцінювати стан сталі і її здатність до штампування за величиною допустимого осаджування без руйнування до $\frac{1}{4}$ висоти чи за показниками відносного звуження ($\geq 50\%$) під час одноосного розтягу [13].

Згідно роботам японських вчених високі показники відносного видовження в межах 65 - 70% після різних видів термічної обробки (нормалізації, поліпшення, сфероїдизуючого відпалу) забезпечують сталям добру штампуємість.

Оптимальні режими підготовки структури листового і пруткового металу, які забезпечують високу пластичність (за показниками відносного звуження) показані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Пластичність сталей після термічної обробки

Марка сталі	Режим термічної обробки	Поперечне звуження ψ , %
35	Відпал при 860°C + 680 -720 °C	75
45	Відпал при 850 - 870°C + відпал на зернистий перліт 680 -700 °C	60
35X	Гартування від 1150 °C в маслі, відпуск при 760 °C, 15 хв., охолодження в маслі + 730 °C	77
12ХН3А	Відпал при 720 °C	56
	Відпал при 720 °C, уповільнене охолодження (не менше 40 °C/с) до 500 °C	73

При виконанні спеціальних видів обробки металу (холодна висадка належить до таких видів) виникають додаткові вимоги до структури поверхневих шарів, складу і характеру розподілу в них домішок, наявності на поверхні спеціальних покриттів (фосфатування, оксалатів, омилювання тощо). В таких випадках попередня обробка для покращення холодного об'ємного штампування вимагає виконання додаткових технологічних процесів, які можуть складатись з операцій попередньої термічної обробки, термомеханічної обробки для створення спеціальних властивостей структури в об'ємі і на поверхні матеріалу.

В таблиці 3.4 наведено приклад комплексної підготовки сталі для холодного об'ємного штампування нормалей.

Таблиця 3.4. Підготовчі операції перед висаджуванням

Низьковуглецеві сталі	Високочуглецеві і леговані сталі
1. Знежирення при 70-80 °С , 15 - 20 хв.	1. Знежирення при 70-80 °С , 15 - 20 хв.
2. Промивання у воді при 60 °С, 1 - 3 хв.	2. Промивання у воді при 60 °С, 1 - 3 хв.
3. Травлення в розчині H ₂ SO ₄ і катапіну при 65-80 °С, 10 - 25 хв.	3. Травлення в розчині H ₂ SO ₄ і катапіну при 65-80 °С, 10 - 25 хв.
4. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.	4. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.
5. Активація NaNO ₃ при 60 -70 °С , 1 – 3 хв.	5. Відпал
6. Фосфатування при 80 – 90 °С, 7 – 10 хв.	6.Знежирення при 70-80 °С , 15 - 20 хв
7. Промивання у воді при 18 - 25 хв., 1-3 хв.	7. Травлення в розчині H ₂ SO ₄ і катапіну при 65-80 °С, 10 – 25 хв.
8. Нейтралізація фосфатування при 60-70 °С, 1-3 хв.	8. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.
9. Омилювання при 60- 80 °С, 5 -10 хв.	9. Активація NaNO ₃ при 60 -70 °С , 1 – 3 хв.

10. Сушка на повітрі	10. Фосфатування при 80 – 90 °С, 7 – 10 хв.
11. Підкалібровка з обтисканням 5 - 15%	11. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.
12. Випробування	12. Нейтралізація фосфатування при 60-70 °С, 1-3 хв.
13. Висаджування	13. Омилування при 60- 80 °С, 5 -10 хв.
	14. Сушка на повітрі
	15. Підкалібровка з обтисканням 5 - 15%
	16. Випробування
	17. Висаджування

Попередню термічну обробку прокату перед штампуванням проводять для вирішення двох основних задач:

- максимальної гомогенізації матриці;
- максимальної сфероїдизації часточок другої фази.

Таку обробку проводять у два етапи. На першому – проводять гомогенізуючий відпал, а на другому – сфероїдизуючий відпал для сфероїдизації часточок цементиту.

Гомогенізуючий відпал призначений для забезпечення рівномірного розподілу складових сплавів по об'єму заготовки.

Внаслідок первинної кристалізації можуть утворюватись вторинні метастабільні фази, грубі виділення по границям зерен, що призводить до зниження пластичності сталі і особливо технологічної пластичності. Ліквідаційні ділянки під час пластичної деформації можуть витягуватись, утворювати стрічкову структуру, що викликає анізотропію властивостей. Для проведення гомогенізуючого відпалу заготовки нагрівають в печах до температури 1100 -

1200°C, витримка в печі від 10 до 20 годин, охолодження повільне (у вимкнутій печі).

Тривала витримка забезпечує процеси розчинення та дифузії. За таких високих температур і тривалої витримки відбувається поступове вирівнювання хімічного складу в невеликих об'ємах заготовки. Нестабільні фази під час такого відпалу зникають. Вирівнювання хімічного складу сталі супроводжується зникненням дендритної структури, більш рівномірним розподілом мікротвердості.

Гомогенізуючий відпал також сприяє більш рівномірному розподілу неметалевих включень. Неметалеві включення частково переходять у твердий розчин і коагулюють. Внаслідок перерозподілу неметалевих включень підвищується пластичність і в'язкість сталі. Підвищується здатність сталі до деформації, менш виразним є стрічковий характер розміщення структурних складових. Гомогенізуючий відпал прокату сприяє вирівнюванню хімічного складу внаслідок покращення дифузійного обміну атомів внаслідок механічного подрібнення прикордонних виділень під час деформації. Заготовки для проведення гомогенізуючого відпалу нагрівають у печах зі швидкістю 0,8 – 1 хв на 1 см перерізу.

Після гомогенізуючого відпалу утворюється однорідна структура з великим зерном, яке подрібнюють під час наступної термічної обробки.

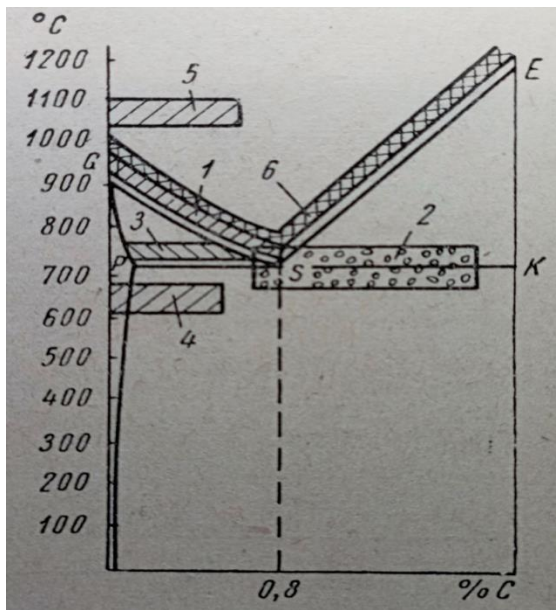
Сфероїдизуючий відпал

Зазвичай сфероїдизуючий відпал проводять для надання сталі кращої оброблюваності різанням (переважно інструментальні та шарикопідшипникові сталі) і отримання досконалішої структури перед гартуванням. Отримання заданих показників міцності.

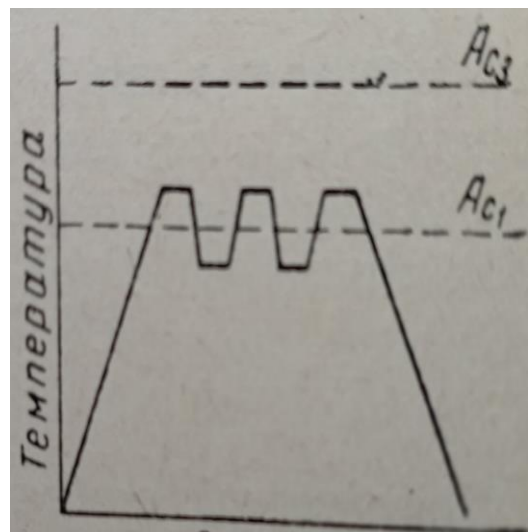
В нашому випадку сфероїдизуючий відпал потрібний для отримання сорбітної структури із заданими показниками механічних властивостей.

Після прокатування структура сталі 20Г2Р ферито-перлітна, де перліт має пластинчасту форму. Мета відпалу утворення в перліті зернистого цементиту внаслідок сфероїдизації пластинчастого цементиту. Зернистий перліт має меншу

твердість ніж пластинчастий, вищу пластичність. Режим сфероїдизуючого відпалу показано на рис 3.1. Найбільш ефективним режимом сфероїдизуючого (циклічного) відпалу рекомендують наступний: нагрівання сталі вище A_{c1} на $10...20^{\circ}C$ ($740 - 760^{\circ}C$), витримка, подальше повільне охолодження з піччю до $550 - 600^{\circ}C$, потім на повітрі. Такий режим нагрівання і охолодження повторюють 2-3 рази (рис.3.1, б).



а)



б)

Рисунок 3.1 – Режим сфероїдизуючого відпалу: а- температурні режими проведення термічної обробки: 1 – повний відпал доєвтектоїдної сталі; 2 – неповний відпал заєвтектоїдної сталі; 3 – неповний відпал доєвтектоїдної сталі; 4 – низькотемпературний і рекристалізаційний відпал; 5 – гомогенізуючий відпал; 6 – нормалізація заєвтектоїдних сталей; б – схема сфероїдизуючого (циклічного) відпалу.

Зерна цементиту, які утворились при першому охолодженні стають додатковими центрами кристалізації під час другого охолодження і т.д.

Сфероїдизуючий (циклічний відпал) забезпечує майже повну коагуляцію цементиту (рис. 3.2).



а)

б)

Рисунок 3.2 – Структура сталі 20Г2Р

40ХН з пластинчастим

(а) і зернистим (б) перлітом

Отже проведенням попередньої термічної обробки формується сприятлива структура сталі, яка забезпечить потрібні показники міцності і пластичності при виконанні процесу холодної висадки. Під час висадки пластична деформація в зоні деформації сягає 60.. 80% , що вимагає від матеріалу, який обробляється високої пластичності.

3.2.2. Обґрунтування вибору способу виготовлення болтів

З проведеного аналізу літературних джерел з'ясовано, що більш доцільним для виготовлення болтів є спосіб холодного об'ємного штампування описаний в розділі 1.

Цей спосіб виготовлення болтів не передбачає нагрівання прокату, що є енерговитратою операцією і не потребує проведення термічної обробки готових виробів (гартування з відпуском), а також наступних операцій промивки, рихтування тощо, які зазвичай виконують після проведення термічної обробки.

Підготовка структури і властивостей прокату перед холодним висаджуванням забезпечено попередньою термічною обробкою.

Внаслідок холодної висадки болтів відбувається підвищення міцності деформаційним зміцненням, яке досягається за рахунок використання підвищених

ступенів деформації при калібруванні металу холодному об'ємному штампуванні. Тому відпадає необхідність в зміцнюючій термічній обробці болтів. Утомна міцність виробів підвищується за рахунок виникнення залишкових стискаючих напружень в різьбі.

Холодне висаджування виконують на спеціальних холодновисаджувальних автоматах. Заготовками є прутки або дріт. Пруток подається до упора, поперечним рухом ножа відрізається заготовка потрібної довжини і послідовно переноситься з допомогою спеціального механізму в позиції штампування, де із заготовки отримують деталь. Основною операцією при виготовленні болтів є висадка – зменшення довжини частини заготовки з отриманням місцевого збільшення поперечних розмірів.

Штампуванням на холодновисадочних автоматах отримують вироби високої точності розмірів та якісною поверхнею. Більшість виробів, отриманих цим способом не потребують обробки різанням. Різьбу отримують накатуванням на автоматах (рис.3.3). Накатування дозволяє здійснити формоутворення різьби тиском без знімання стружки.

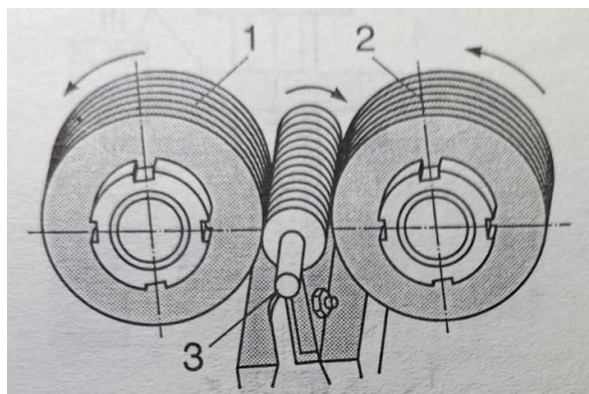


Рисунок 3.3 - Накатування різьби роликами:

1, 2 – накатні ролики; 3 - стрижень

Найбільш поширеними способами накатування різьби є використання плашок та різьбо накатних роликів. Накатуванням різьби плоскими плашками деталь деформується, набуваючи профілю рифлення плашок. Одна з плашок –

нерухома, інша має зворотно-поступальний рух – переміщенням вона змушує заготовку рухатися між плашками, внаслідок чого утворюється різьбовий профіль. Накатування різьби роликками полягає в тому, що стержень вільно обертається між двома обертовими в один бік роликками.

Ролик рухається в радіальному напрямку для вдавлення в метал заготовки на потрібну глибину. З допомогою роликів отримують різьбу з крупним кроком.

Для накатування різьби на універсальних верстатах застосовують різьбонакатувальні головки і плашки (рис. 3.4)

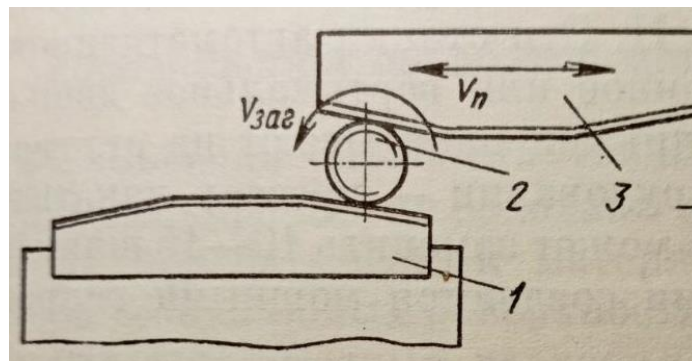


Рисунок 3.4 - Схема накатування різьби плашками:

1 – нерухома плашка; 2 – заготовка; 3 – рухома плашка

При накатуванні різьби плашками використовують схему (рис.). Заготовку розміщують між нерухомою та рухомою плашками, на робочих поверхнях яких нарізані рифлення, профіль і розміщення яких відповідають профілю і кроку різьби, яку накатують. Внаслідок переміщення рухомої плашки заготовка котиться між інструментами, а на її поверхні утворюється різьба.

Формоутворення фасонних поверхонь в холодному стані методом накатування має такі переваги. Накатані деталі мають більш високу механічну та утомну міцність. При формоутворенні накатуванням волокна вихідної заготовки не перерізаються, як під час обробки різанням, а повторюють профіль деталі. Поверхня накатаних деталей зміцнюється і стає більш зносостійкою. Важливою перевагою такого методу отримання різьби є висока продуктивність праці, низька вартість обробки, висока якість оброблених деталей.

Профіль накатаних деталей утворюється внаслідок вдавлення інструменту в матеріал заготовки і видавлення частини його у впадини інструменту.

Такі методи поєднують функції чорнової, чистової та викінчувальної обробки. Їх використовують для отримання різьб, валів з дрібними шліцами і зубчастих дрібно модульних коліс.

3.3. Види та методика проведення досліджень

3.3.1 Механічні випробування

За ДСТУ ISO 898-1:2003 регламентуються механічні властивості болтів. Для визначення механічних властивостей болтів проводять: випробування на розтяг – для визначення тимчасового опору руйнування під час розтягу ДСТУ ISO 898 -1 (Україна), ISO 898-1:2014 (Європа). Випробування на кручення ДСТУ ISO 898-7. Дане випробування призначене для визначення руйнівного моменту болтів з різьбленням від М3 до М10, які неможливо випробувати на розтяг або пробним навантаженням через їхню малу довжину. В даний час мінімальні руйнівні моменти можна встановити тільки для болтів класу міцності 8.8 - 12.9, оскільки для більш низьких класів міцності результати випробувань мають великі розбіжності, і тому потрібні додаткові дослідження. Стандартний зразок для випробувань на розтяг (рис.3.5).

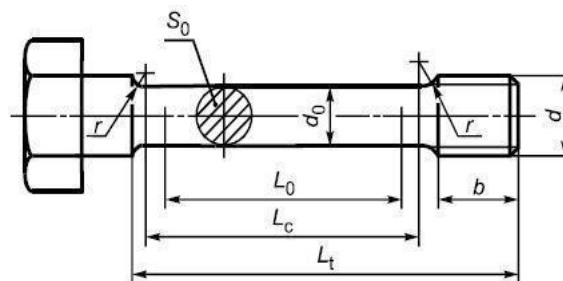


Рисунок 3.5 - Обточений зразок для випробувань на розтяг

Випробуванню на холодне осадження піддають прокат діаметром від 3 до 30 мм включно за ДСТУ 8972- 2019.

3.3.2. Вимірювання твердості

Твердість матеріалу - це здатність до опору різних деформуючих зусиль і інших руйнувань при проникненню в зовнішній шар більш твердого матеріалу. Твердість матеріалу визначають методом Віккерса, Брінелля, Роквелла та іншими в залежності від матеріалу та його структури. Від твердості безпосередньо залежать такі характеристики, як зносостійкість металу, можливість його обробки, а також міцність [8,9].

Вимірювання твердості за методом Віккерса

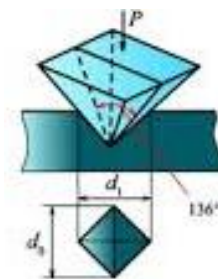


$$HV = \frac{P}{M} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d_1^2} = 1.854 \frac{P}{d_1^2}$$

а)

б)

Рисунок 3.6 - Прилад для вимірювання твердості за методом Віккерса (а); формула для розрахунку величини твердості (б)

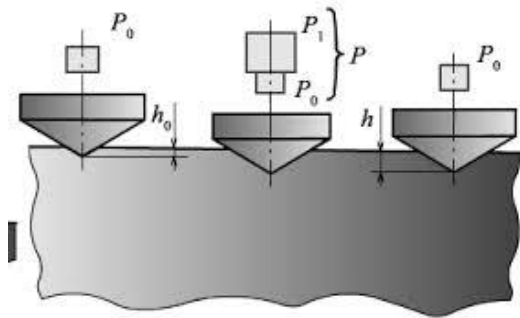


а)

б)

Рисунок 3.7 - Відбиток алмазної пірамідки (індентора) на поверхні зразка (а) ; схема вимірювання відбитка (б)

Схема вимірювання твердості за методом Роквелла



а)

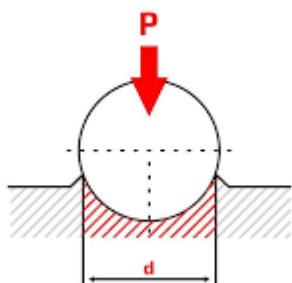
$$HR = \frac{K - (h_1 - h)}{C}$$

б)

Рисунок 3.8 - Схема вдавлювання алмазного конуса (а);

Формула для розрахунку величини твердості (б)

Вимірювання твердості за методом Брінелля



а)

$$HB = \frac{P}{S}$$

б)

Рисунок 3.9 - Схема вдавлювання сталеві кульки (а);

Формула для розрахунку величини твердості (б)

3.3.3. Металографічні дослідження

Мікроструктурний аналіз дозволяє визначати величину, форму, орієнтацію зерен, фази та структурні складові, дефекти структури (мікротріщини, неметалеві включення, рядковість), контролювати якість проведення термічної та хіміко-термічної обробки, гарячої та холодної обробки тиском, пояснити причини зміни властивостей сплавів від зміни хімічного складу та умов обробки. Корисне збільшення в оптичних мікроскопах сягає 2000 разів. Роздільна здатність оптичного мікроскопа 200 нм (0,2 мкм). Для дослідження мікроструктури металів і сплавів виготовляють мікрошліфи (рис. 3.10).

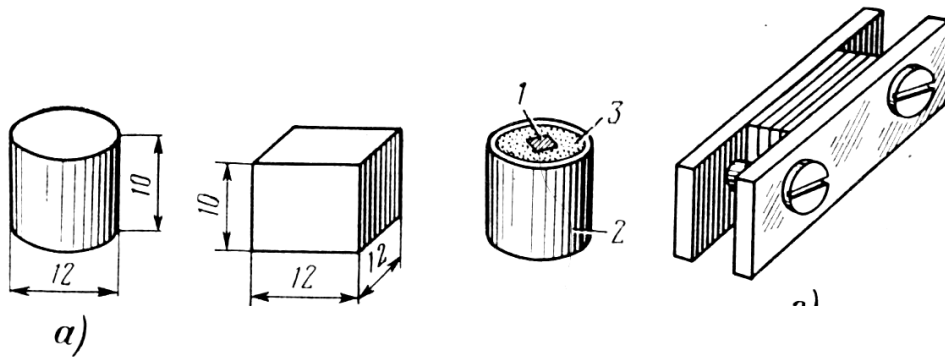


Рисунок 3.10 - Металографічні шліфи:

a, б – стандартні розміри; *в* – шліф, залитий пластмасою; *г* – шліф у струбціні

Стандартним розміром шліфа є зразок площею поперечного перерізу 10 см² (рис.23). Якщо шліф виготовляють з дрібних деталей (наприклад, дріт, тонколистовий прокат тощо), то зразок заливають легкоплавким сплавом, сіркою, пластмасою або затискають у спеціальній струбціні. Мікрошліф ретельно шліфують, полірують і піддають травленню спеціальним реактивом. В якості травників для виявлення мікроструктури використовують слабкі спиртові або водні розчини кислот, лугів, а також суміш різних кислот

Величину зерна визначають за ДСТУ 8972- 2019. Величина аустенітного і дійсного зерен вважається такою, що задовольняє умовам стандарту, якщо в полі зору мікрошліфа знаходиться в заданих межах не менш як 70 % зерен.

Оцінку крупнопластинчастого перліту виконують за ДСТУ 9074- 2021.

Оцінку ступеня сфероїдизації цементиту (співвідношення зернистого та пластинчастого перліту) виконують за ДСТУ 9074- 2021, орієнтуючись на еталони структур.

3.3.4. Визначення глибини знеуглецьованого шару.

З метою виявлення знеуглецювання, яке виникає внаслідок вигорання вуглецю в поверхневому шарі при проведенні нагрівання металу для прокатування, штампування тощо проводять мікроструктурні дослідження.

Найбільш інтенсивно зневуглецювання відбувається при 700 – 800 °С.

Зниження кількості вуглецю в поверхневому шарі є причиною зниження твердості, міцності сталі і передчасного руйнування деталі під час експлуатації.

Зневуглецьований шар досліджують мікроструктурним аналізом та вимірюванням твердості за ДСТУ 8967-2019. Глибину зневуглецювання при збільшенні $\times 100$ визначають як середнє значення чотирьох вимірювань на кінцях двох діаметрів шліфа, перпендикулярних між собою. Вимірювання виконують від краю шліфа до основної структури металу.

3.3.5. Визначення неметалевих включень

Сталь крім основних компонентів - заліза та вуглецю завжди має домішки. *Постійними домішками* сталі є марганець, кремній, сірка, фосфор та *приховані домішки* - гази: кисень, азот, водень. Постійні домішки поділяють на корисні та шкідливі. Корисними домішками є **марганець та кремній**. Їх вводять в сталь під час плавки для розкислення. Вуглецева сталь містить до 0,8% Mn та до 0,4% Si. **Марганець** розкислює сталь, зміцнює її, а також зменшує шкідливий вплив сірки. **Кремній** також розкислює сталь і зміцнює її. Шкідливими домішками є **сірка та фосфор**. Приховані домішки - **кисень, азот, водень** можуть знаходитись у вільному стані накопичуючись у порах металу, або утворюють хімічні сполуки - оксиди, нітриди, *гідриди*. Вони забруднюють сталь крихкими неметалевими включеннями, що погіршують в'язкість та пластичність сталі. **Водень** також окрихчує сталь і призводить до утворення внутрішніх тріщин – флокенів.

Операція розкислення призначена для видалення із сталі шкідливих домішок та газів. З цією метою в сталь вводять елементи, які мають більшу спорідненість до кисню. Такими елементами є кремній, алюміній, титан. Однак під час розкислення в сталі замість оксидів заліза утворюються оксиди відповідних елементів, які переважно переходять у шлак, і лише незначна їх частка залишається в сталі у вигляді простих і складних оксидних і силікатних включень (FeO , SiO_2 , FeO , Cr_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2), які знаходяться в сталі у вигляді неметалевих включень. Неметалеві включення мають різний склад та будову. В

основному це оксиди прості і складні, силікати, сульфідів, фосфідів, нітридів - продукти розкислення і рафінування металів і сплавів, а також шлаків, флюсів, часточок вогнетривів, графітових електродів, формівної суміші

Вміст неметалевих включень в сталях контролюють та регламентують. Неметалеві включення визначають за ДСТУ 8966- 2019. Визначають вид та кількість неметалевих включень в деформованих вуглецевих і легованих сталях, які виплавлені в мартенівських печах, конверторах, в дугових і індукційних печах. Стандартом передбачено декілька методів визначення неметалевих включень. Найбільш поширений « **Метод порівняння з еталонними шкалами**». Виявлення забрудненості неметалевими включеннями в цьому випадку полягає в огляді не травленого шліфа під мікроскопом при збільшенні у 90 -110 раз. Визначають найбільш забруднені місця (для кожного виду включень) і візуально порівнюють з стандартною шкалою. Шкала неметалевих включень п'ятибальна. Чим більшим є номер бала, тим бруднішою є сталь.

Шкалу ДСТУ 8966- 2019 використовують для контролю деформованого металу. В ній наводиться класифікація оксидів, силікатів, сульфідів і нітридів з карбонітридами.

Заготовки перевіряють на наявність тріщин, усадкової раковини, рихлості, розшарування магнітною дефектоскопією.

3.3.6. Визначення ударної в'язкості

Ударна в'язкість є одним з основних показників, які визначають схильність сталі до крихкого руйнування та застосування її в машинобудуванні. Високі показники ударної в'язкості забезпечують можливість роботи такої сталі при значних ударних навантаженнях чи мінусових температурах. Головна перевага ударної в'язкості полягає в її високій чутливості до зміни структури сталі після термічної обробки, причому цю залежність при статичних випробуваннях виявити неможливо.

ДСТУ EN 100 -1: 2006. Випробування на ударний вигин за Шарпі виконують на копрах (рис.3.11) з використанням зразків спеціальної форми (рис.3.12). Зразки

для випробувань мають надрізи типу V, U, T – тріщина, (радіуси концентратора $1 \pm 0,007$ мм, $0,25 \pm 0,025$ мм).

Випробування на ударну в'язкість засноване на руйнуванні зразка з надрізом посередині за один удар маятника масою P , який падає з певної висоти H (рис.3.11). При падінні він руйнує зразок і піднімається на висоту h .

Робота K , витрачена на руйнування зразка, визначається за формулою (3.1):

$$K = P(H - h); Pl(\cos \beta - \cos \alpha), \text{ Дж} \quad (3.1)$$

де P вага маятника, в кг;

H – висота підйому центру ваги маятника до удару в м;

h - висота підйому маятника після удару в м;

l - довжина маятника (відстань від його осі до центру тяжіння, м;

α і β – кути підйому маятника відповідно до та після руйнування зразка в градусах.

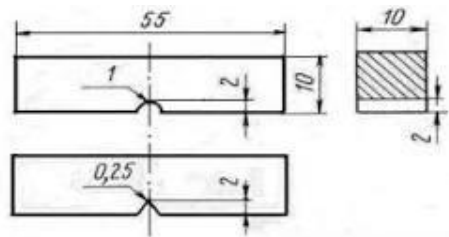
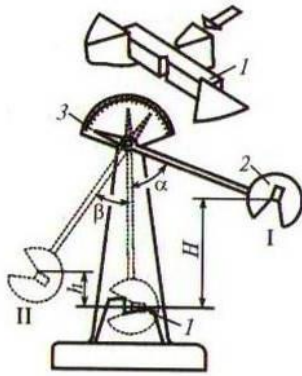


Рисунок 3.11 - Схема випробувань на ударну в'язкість

Рисунок 3.12 - Форма зразків для випробувань на ударну в'язкість

Значення ударної в'язкості K_C визначають за формулою (3.2)

$$K_C = K / F, \quad (3.2)$$

де K - робота, яка витрачена на руйнування зразка, Дж

F - площа поперечного перерізу зразка в місці надрізу, см²



Рисунок 3.13 – Електропіч для термічної обробки СНО-4.8.3/12,5

3.3.7. Контроль лінійних розмірів болтів

Точність різьби перевіряють за допомогою калібрів. З кожної партії готових виробів вибирають зразки для перевірки. Їх параметри звіряють з технічним завданням (рис.3.13). Вимірюють довжину металовиробів, ширину їх головки, перевіряють правильність нанесення різьблення. У разі виявлення відхилень технічний процес коригують.



Рисунок 3.13 - Контроль лінійних розмірів болтів

РОЗДІЛ 4 . ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БОЛТІВ

Болти, як уже зазначалось, є відповідальною деталлю КШМ, від яких вимагають високих показників міцності, достатньої твердості, ударної в'язкості, опору утомі та сталості сформованих під час виготовлення властивостей. Всі ці властивості можуть бути сформовані у болтах при раціональному виборі марки сталі, способу виготовлення болтів та режимів термічної обробки.

Виходячи з умов роботи болтів для кріплення шатунної головки, вибрано сталь 20Г2Ю, яка має високі показники пластичності і здатна піддаватись зміцненню при холодній пластичній деформації та завдяки наявності в складі сталі алюмінію не схильна до деформаційного старіння.

4.1. Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «болт»

Маршрутна технологія виготовлення деталі «болт шатунний» містить перелік технологічних операцій та послідовність їх виконання при виготовленні та термічній обробці вибраної деталі; опис обладнання для проведення зазначених операцій.

Маршрутна технологія складається з послідовних операцій: отримання прокату (дроту), який є заготовкою для болтів; попередня термічна обробка; підготовка поверхні до холодної пластичної деформації; висадка та накатування різьби; стабілізуючий відпал (проти старіння). В таблиці 4.1 наведено технологічний процес виготовлення деталі «болт».

Таблиця 4.1. Маршрутна технологія отримання деталі.

№ операції	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1. Отримання прокату					
1.1.	Прокатування	1	Обтискання злитків Отримання блюмів	Дуо – стан блюмінг	Нагрівальна піч

1.2	Прокатування	1	Отримання прутків Калібрування	Сортовий стан	Нагрівальна піч
1.3	Термічна обробка	2	Гомогенізація	Нагрівальна піч	
1.4	Контроль мікроструктур и	2	Металографічні дослідження	МІМ -7	Реактиви для травлення
1.5	Термічна обробка	2	Сфероїдизація	Нагрівальна піч	
1.6	Контроль мікроструктур и	2	Металографічні дослідження	МІМ -7	Реактиви для травлення
1.7	Контроль	2	Вимірювання твердості	Твердомір ТШ-2	Індентор
Етап 2 . Отримання болтів					
2.1	Підготовка поверхні	1	Різання прокату	Кривошипні прес-ножиці	
		2	Знежирення	Ванни	Розчини лугів
		3	Травлення	Ванни	Розчини кислот
		4	Нейтралізація	Ванни	Розчини лугів
		5	Зневоднення		Повітря
2.2	Контроль	6	Контроль дефектів	Дільниця контролю	Металографічні мікроскопи
2.2	Холодна висадка	6	Нанесення підмастильного шару	Ванни	Фосфатні розчини
		1	Волочіння	Волочільний барабан	
		2	Відрізання	Болтокувальний прес	
		3	Редукування	Болтокуваль	

			стрижня	ний прес	
		4	Висадка головки	Болтокуваль ний прес	
		5	Обрізання граней головки	Обрізний автомат	
		6	Калібровка стрижня	Різьбонакат ний верстат	
		7	Накатування різьби	Різьбонакат ний верстат	різьбонакату вальні головки і плашки
3. Термічна обробка					
3.1	Відпал стабілізуючий	3	Відпал	Електрична піч	Піддони, ящики
3.2	Контроль	3	Вимірювання твердості	Твердомір ТШ-2	Індентор
		3	Механічні випробування	Лабораторія	Розривні машини, маятниковий копер

Маршрутна технологія виготовлення деталі «болт» складається з послідовних етапів, які розроблені згідно властивостей вибраного матеріалу, наявним технологічним обладнанням на виробництві та об'ємом виробництва.

Виконання запропонованих операцій забезпечить виготовлення деталей «болт» за сучасними технологіями з використанням сучасних видів та режимів обробки на високопродуктивному обладнанні, скоротить витрати металу, сприятиме зниженню маси автомобіля та підвищенню строку його експлуатації.

Впровадження способу холодної висадки болтів з сталей легованих алюмінієм та бором, а також впровадження стабілізуючого відпалу після висадки зі збереженням деформаційного зміцнення готових болтів, дозволяє відмовитись від енергозатратних та трудомістких процесів термічної обробки.

4.2. Результати досліджень

4.2.1. Характеристика властивостей виготовлених болтів

Гуль

Розроблена технологія одержання болтів дозволяє зберегти зміни структури - збільшення кількості дефектів (лінійних і точкових) і пов'язане з цим явищем підвищення характеристик міцності та використати цей деформаційний вплив для формування експлуатаційних властивостей готових кріпильних виробів, не проводячи зміцнювальної термічної обробки - гартування та відпуску. Розроблена технологія базується на фундаментальних дослідженнях закономірностей одержання лінійних і точкових дефектів і взаємодії між цими дефектами, а також на закономірностях залежності властивостей сталі від її структури. Вибраний метод одержання болтів холодною висадкою дозволяє підвищити експлуатаційні характеристики готових виробів за рахунок перерозподілу дислокацій практично без зміни їх щільності і сформувати структуру нового типу з заданими властивостями.

Проведення після виготовлення болтів низькотемпературного відпалу, запропонованого в роботі [Гуль] позитивно впливає на властивості виробів.

Теплова обробка для зневоднення позитивно впливає на пластичність сталі (рис.xx).

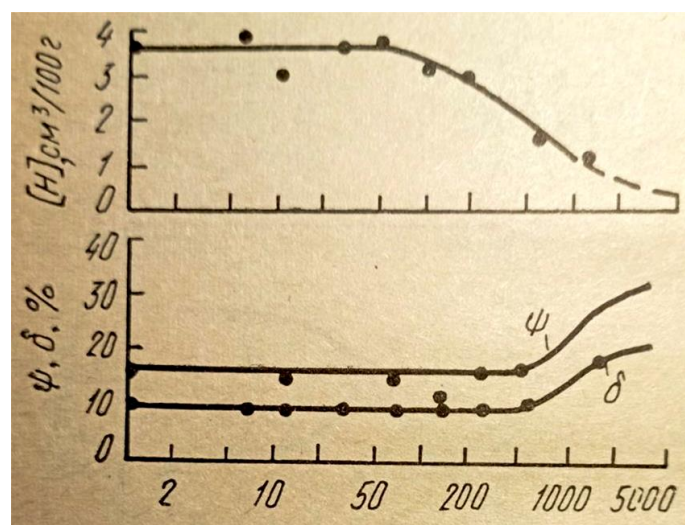


Рисунок - 4.1 - Зміна вмісту водню і пластичності в болтах при вилежуванні

При вмісті водню в сталі більше за $2 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ пластичність низька. При зменшенні кількості водню пластичність підвищується, а при вмісті $0,5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ досягає нормальних значень. (гуляєвЧС)

Запропонований відпал при 450°C рекомендований для зменшення деформаційного старіння холоднодеформованих болтів.

Низькотемпературна обробка холоднодеформованих виробів дозволяє підвищити межу міцності і плинності та характеристики пластичності болтів і зберегти характеристики опору деформації і пластичності протягом усього часу деформаційного старіння.

Нова технологія пропонує основні параметри технологічного процесу виготовлення кріпильних деталей без проведення заключної термічної обробки. Отримані показники опору руйнуванню, утомної міцності показали, що деталі виготовлені за запропонованою технологією мають службові характеристики, які відповідають вимогам стандарту, коли вироби виготовляються за традиційною технологією і передбачають проведення дороговартісних операцій гартування та відпуску.

Використання запропонованої технології висуває умови до прокату, з якого холодною висадкою будуть одержувати болти. Прокат має мати такі показники механічних властивостей: твердість НВ – 170 – 290; відносне звуження $\psi \geq 60\%$. При значеннях $\psi \geq 60\%$ прокат є дуже пластичним; при $50 \leq \psi \leq 60\%$ - прокат досить пластичний і при $\psi \leq 50$ – прокат не придатний для виготовлення болтів холодною обробкою тиском.

Співвідношення величини межі текучості та межі міцності має бути в межах $0,6 - 0,72$.

Холодна деформація прокату під час виготовлення болтів супроводжується наклепом, зміною структури, яка має високу твердість і значні залишкові напруження. Відносне видовження зменшується з 50% до $8 - 9\%$, відносне звуження не зазнає таких суттєвих змін – зменшується з 67 до 61% при деформації прокату до 30% (рис. 4.2, 4.3).

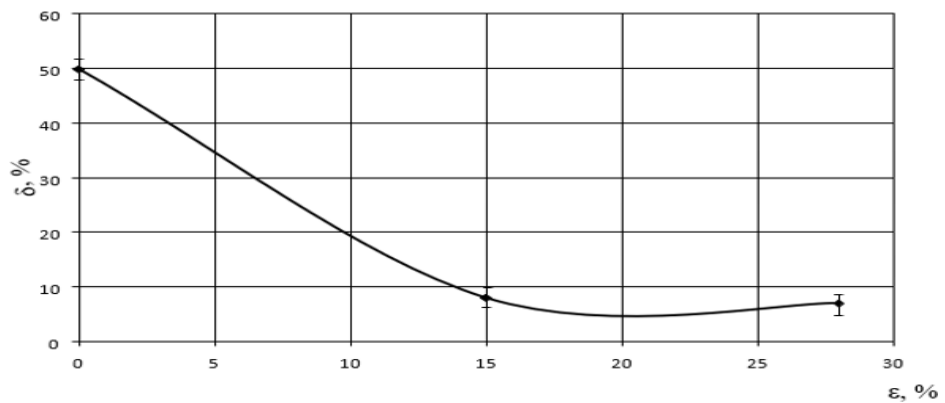


Рисунок 4.2 - Зміна відносного видовження в сталі 20Г2Р
після холодної висадки

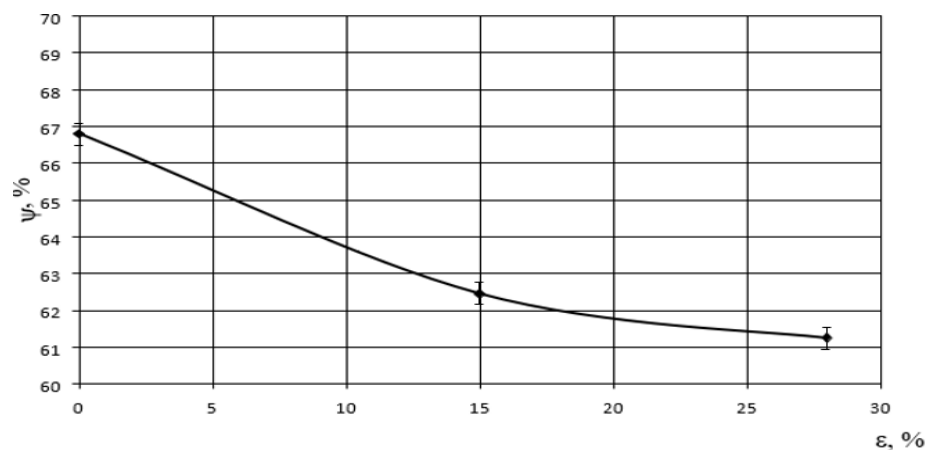


Рисунок 4.3 - Зміна відносного звуження в сталі 20Г2Р
після холодної висадки

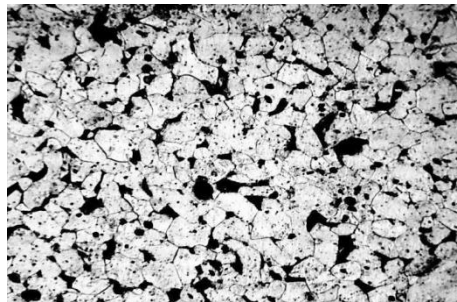
Таблиця 4. 2. Механічні властивості болтів отриманих на ПАТ «Дніпрометиз» [4].

Сортамент болтів	Діаметр прокату, мм	Ступінь деформації, %	Т-ра відпуску болтів, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	Клас міцності
М6	9,0	59,1	-	496	572	5.8

M6	9,0	59,1	300	519	582	5.8
M6	9,0	59,1	400	511	566	5.8
M8	11,0	49,7	-	595	724	6.8
M8	11,0	49,7	300	607	665	6.8
M8	11,0	49,7	400	637	720	6.8

Таблиця 4.3. Механічні властивості болтів, отриманих на ПАТ «Дружківський метизний завод» [4].

Сортамент болтів	Діаметр прокату, мм	Ступінь деформації, %	Т-ра відпуску болтів, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	Клас міцності
M6	9,0	59,1	-	680	820	8.8
M6	9,0	59,1	300	785	803	8.8
M6	9,0	59,1	400	736* ¹⁾	760	6.8



M8	11,0	49,7	-	609	722	6.8
M8	11,0	49,7	300	664* ¹⁾	705	8.8
M8	11,0	49,7	400	626	675	6.8

*¹⁾ - відповідає класу 8.8 за умовної межі текучості

Рисунок 4.4 - Мікроструктура болтів зі сталі 20Г2Р, х500

Висновки по роботі

На підставі визначення характеристик опору руйнуванню, втомної міцності доведено, що вироби, виготовлені шляхом холодної деформації, по службовим характеристикам не поступаються продукції, яка виробляється по традиційній технології з використанням енерговитратних операцій гартування та відпуску.

Впровадження способу холодної висадки болтів з сталей легованих алюмінієм та бором, а також впровадження стабілізуючого відпалу після висадки зі збереженням деформаційного зміцнення готових болтів, дозволяє відмовитись від енергозатратних та трудомістких процесів термічної обробки.

Відпал при 450°C рекомендований для зменшення деформаційного старіння холоднодеформованих болтів. Низькотемпературна обробка холоднодеформованих виробів дозволяє підвищити межу міцності і плинності та характеристики пластичності болтів і зберегти характеристики опору деформації і пластичності протягом усього часу деформаційного старіння.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кисликів В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. — К.: Либідь, 2006. — 400 с. — ISBN 966-06-0416-5.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання - Прес, 2003. – 511с.
3. ГОСТ 1759.4-87 «Болти, гвинти та шпильки. Механічні властивості і методи випробувань».
4. Кондратенко П.В. Удосконалення технології виробництва і методики випробувань високоміцних кріпильних виробів з вуглецевих та низьколегованих сталей// Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук Дніпро – 2021. - С.
5. Патент UA №114904. Спосіб визначення механічних властивостей стрижневих різьбових кріпильних виробів. Гуль Ю. П., Івченко О. В., Кондратенко П. В., Чмельова В. С., Перчун Г. І., опубл. 27.03.2017 р., бюл. № 6.
6. Гуль Ю. П., Івченко А. В., Кондратенко П. В., Чмелева В. С., Перчун Г. И. Удосконалення методів визначення механічних властивостей стрижневих різьбових кріпильних виробів на розтяг. Металургійна та гірничодобувна промисловість. 2016. № 6. С. 93-99.
Детальніше: <https://krepzevs.com.ua/ua/a462531-metodika-proizvodstva-boltov.html>
7. ДСТУ ISO 898-1-2006 (Україна) і ISO 898-1-2014 (Європа), ДСТУ ISO 898-1-2006 (Україна) ,
8. ДСТУ ISO 6506 HB, ДСТУ ISO 6507 –HV ДСТУ ISO 6508 – HR
9. ДСТУ ISO 898-1:2015. Механічні властивості кріпильних виробів, виготовлених з вуглецевої і легованої сталі. Частина 1. Болти, гвинти і шпильки.
10. ДСТУ ISO 6507-1:2007 вимірювання твердості за Брінеллем (HB).
11. ДСТУ 3684-98. Прокат із якісної конструкційної нелегованої та легованої сталі для холодного видавлювання та висаджування. Технічні умови.

12. Гуль Ю. П., Соболенко М. А., Івченко А. В. Комплексна інтенсифікація сфероїдируючого відпалу низьковуглецевих сталей для холодної висадки. *Сталь*. 2012. С.44-47.
13. Вплив деформації та термічної обробки на структуру та властивості матеріалів, частина I (Вплив пластичної деформації на властивості металів і полімерних матеріалів) [Текст]: методичні вказівки з дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство» до виконання лабораторного практикуму для студентів усіх форм навчання / В.В. Трофименко, О.П. Клименко, В.І. Овчаренко. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2013. – 27 с.
14. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 146 с. ISBN 978-966-657-612-8.
15. Дробот О.С., Підгайчук С.Я., Боровик Л.В. Технологія конструкційних матеріалів і основи матеріалознавства в технічних системах охорони державного кордону. Навчальний посібник. Рекомендований Вченою Радою Національної академії Державної прикордонної служби України ім.Б.Хмельницького. м. Хмельницький. НАДПСУ, 2019. 264с.
16. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. — Харків: Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с. : 52 іл. [ISBN 978-966-2989-39-7](https://doi.org/10.26907/2542-0402.2017.448)
17. Матеріалознавство. Навчальний посібник: навчально-методичний комплекс для студентів денної і заочної форм навчання / А.В. Галико, О.В. Кузик, В.М. Кропівний, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост – Кіровоград: КОД, 2015. – 168 с.

ДОДАТКИ

Слайд1

Хмельницький національний університет Факультет інженерії, транспорту та архітектури Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства	
Галузь знань –	13 – Механічна інженерія
Спеціальність	132 – Матеріалознавство
Рівень вищої освіти	- Перший бакалаврський
Тема проєкту (роботи) <i>Підвищення рівня службових характеристик кріпильних виробів шляхом вибору марки сталі та технології їх виготовлення</i>	
Студент групи МТВА 20-1	Прус Владислав Олегович
Керівник проєкту (роботи)	Дробот О. С. к.т.н., доцент

Слайд 2

Цілі та задачі бакалаврської роботи
Ціль роботи – Вибір матеріалу та розробка технології виготовлення болтів кришки верхньої головки шатуна
Завдання, поставлені в роботі: зробити аналіз умов роботи болтів кришки верхньої головки шатуна, на основі літературних джерел вибрати марку сталі, спосіб виготовлення болтів та технологію зміцнення.
Об'єкт досліджень: кріпильні елементи.
Предмет досліджень : кришка верхньої головки шатуна

Слайд 3

Механічні властивості болтів за нормативними документами	
Показник	Значення
Номінальний тимчасовий опір розриванню, R_m , Н/мм ²	300; 400; 500; 600
Твердість, HV	95; 250; 385; 435
Твердість, HB	90; 114; 124; 181; 238; 385; 366
Твердість, HRB	67; 52; 71; 89; 95; 99,5
Твердість, HRC	32; 34; 37; 39; 44
Відносне зрушення, ψ %	52; 48; 44
Ударна в'язкість KCU, Дж/см ²	25 - 30; 20; 15

Слайд 4 Загальний вигляд болтів

Слайд 4	Загальний вигляд болтів
 <p data-bbox="220 651 810 712">Болти кріплення кришки шатуна Erling від Mercedes</p>	 <p data-bbox="932 651 1369 689">Болт кріплення кришки шатуна</p>
 <p data-bbox="212 976 815 1048">Болт кришки шатуна довгий ЯМЗ 236-1004063-БЗ. МАЗ-МТЗ</p>	 <p data-bbox="847 1066 1442 1137">Болт М8 кришки шатуна для Opel Zafira C Tourer - 55562190</p>
 <p data-bbox="300 1554 735 1585">Болт кріплення кришки шатуна</p>	 <p data-bbox="927 1514 1374 1545">Болт на SKODA FABIA 1,4 16 V</p>
 <p data-bbox="300 1957 735 2029">Болт кріплення кришки шатуна AUDI, SEAT, VW</p>	 <p data-bbox="932 1883 1369 1915">Болт кріплення кришки шатуна 32902126 . Матеріал сталь. Виробник SWAG, зовнішній діаметр 13,2 мм, довжина 59,5 мм, поверхня фосфатова на. Довжина різьби 25мм. Зовнішня різьба М8 x 1мм.</p>

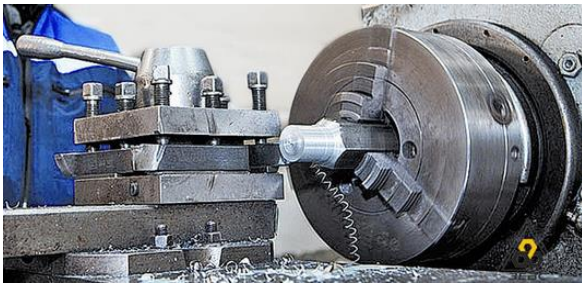


Слайд 5 Марки сталей для виготовлення болтів

Слайд 5		Марки сталей для виготовлення болтів	
Група сталі		Марки	
Якісні конструкційні вуглецеві		Сталь 10, 10 кп, 20, 20 кп, 35, 40, 45	
Автоматні з вмістом сірки 0,34%, фосфору 0,11%, свинцю - 0,35%		A20, AC20, AC12XH	
Конструкційні з присадками В, Mn, Cr		40X, 20XГР, 25XГСА, 30XГСА, 35XГСА, 40XГСА, 18X2H4MA, 20XH3A, 40XH	
Високолеговані – корозійностійкі та жароміцні		10X17H13M2T, AISI 316; 20X13, 30X13, 40X13, AISI 304; 08X18H10, 08X18H10T, 12X18H10T, 25X1MФ, 25X2M1Ф, 30XMA	

Слайд 6. Виготовлення болтів

6		Способи виготовлення болтів	
Механічна обробка		Гаряче об'ємне штампування	

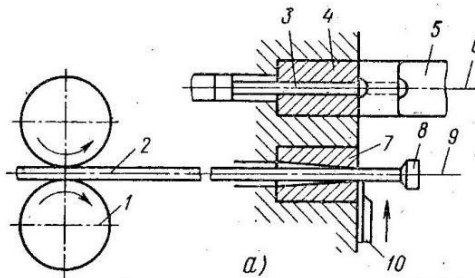


Виготовлення болта на токарно –
гвинторізальному верстаті

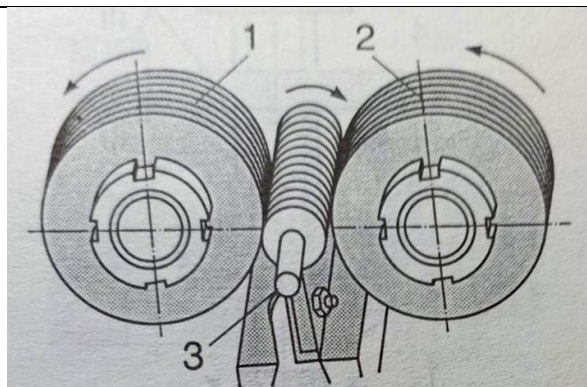


Формування головки болта на пресі
із заготовки розігрітої індуктором
до 1000°С

Схема висадки на холодновисадочному автоматі з цільною матрицею



а) 1 – валки; 2 – пруток; 3) – дріт; 4) – матриця; 5 – штовхач; 7 – матриця;
8 – упор; 10 – ніж; 12 - пуансон ; 6 – операції висадки; 9 – подачі;



Накатування різьби роликками:

1, 2 – накатні ролики; 3 - стрижень

Слайд 7. Операції процесу виготовлення болтів

Слайд 8.

8. Перелік операцій при виготовленні болтів	
№ п/п	Назва операції
1	Одержання прутків гарячою прокаткою.
2	Одержання дроту з прутків холодним волочінням.
3	Сфероїдизуючий відпал.
4	Видалення окалини – травлення
5	Холодне волочіння
6	Холодне кування
7	Отримання різі

Слайд 9

9 Операції очищення прокату перед висадкою		
№ п/п	Операція	Середовище
1	Знежирення	Розплав свинцю, або солей та лугів. Температура розплаву 300 - 650°C.
2	Труїння	Водні розчини сірчаної кислоти (8 -12%) температура 40 - 80°C або соляної кислоти (10 - 20%) при температурі 30-60 °C.
3	Вапнування, промивання	Розчин вапна, холодна вода
4	Нейтралізація	Холодна або підігріта до 60 – 80 °C вода, гарячий лужний розчин (5 – 8 хвилин)
5	Очищення	Холодна і гаряча вода

10	Послідовність виготовлення болта
Зміни форми заготовки при виготовленні болта	
1- заготовка – пруток	
2 – редукований стержень	
3 – стрижень з висадженою ГОЛОВКОЮ	
4 – заготовка з обрізаними гранями головки	
5 – болт з накатаною різьбою.	

Слайд 11

11.	Механічні властивості сталей для болтів					
Марка	Показники механічних властивостей					
	Без термічної обробки			Після сфероїдизуючого відпалу		
	Твердість, НВ	Номінальний тимчасовий опір розриванню Rm, Н/мм ²	Відносне звуження, ψ, %	Твердість, НВ	Номінальний тимчасовий опір розриванню Rm, Н/мм ²	Відносне звуження, ψ %
20кп	156	510	45	132	440	50
20ЮА	156	510	50	132	450	50
20Г2Р	187	600	55	179	550	60

З обраних для розгляду марок сталей найкращу пластичність має сталь 20Г2Р.

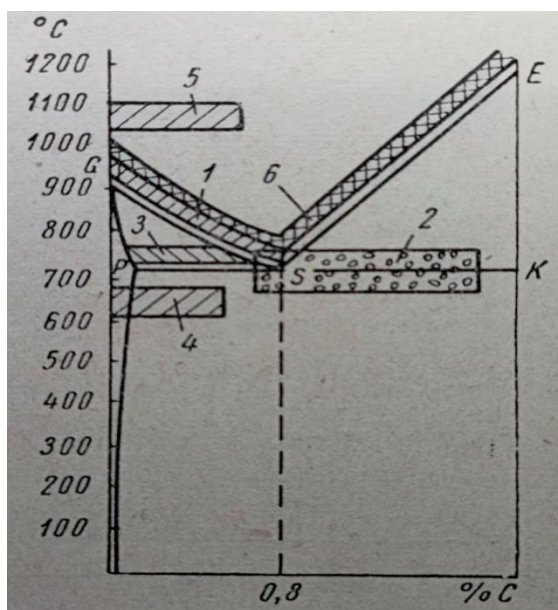
Сталь має склад представлений на [слайді 12](#).

Слайд 12	Хімічний склад сталей для болтів							
Марка	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Al
20кп	0,17-0,24	≤ 0,070	0,25-0,5	0,035	0,035	≤ 0,25	-	-

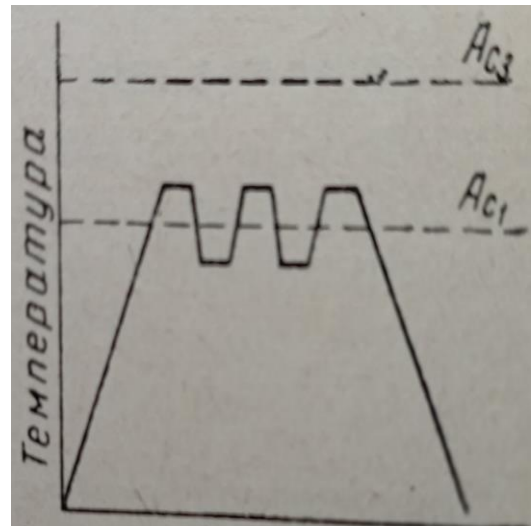
20ЮА	0,18-0,23	\leq 0,10	0,30-0,60	0,025	0,025	0,25	-	0,020 -0,08
20Г2Р	0,18-0,26	0,17 - 0,30	1,3 – 1,6	0,035	0,035	-	0,001 - 0,005	не \leq 0,02

Слайд 13

13. Режим гомогенізуючого та сфероїдизуючого відпалу



а)



б)

Температурні режими проведення термічної обробки - а: 1 – повний відпал доєвтектоїдної сталі; 2 – неповний відпал заєвтектоїдної сталі; 3 – неповний відпал доєвтектоїдної сталі; 4 – відпал низькотемпературний і рекристалізаційний; 5 – гомогенізуючий відпал; 6 – нормалізація заєвтектоїдних сталей; б – схема сфероїдизуючого (циклічного) відпалу.

Сфероїдизуючий (циклічний відпал) забезпечує майже повну коагуляцію цементиту (Слайд 14)



Перед висадкою прокату виконують підготовчі операції

Слайд 15

15 Підготовчі операції перед висадкою	
Низьковуглецеві сталі	Високовуглецеві і леговані сталі
1. Знежирення при 70-80 °С , 15 - 20 хв.	1. Знежирення при 70-80 °С , 15 - 20 хв.
2. Промивання у воді при 60 °С, 1 - 3 хв.	2. Промивання у воді при 60 °С, 1 - 3 хв.
3. Травлення в розчині H ₂ SO ₄ і катапіну при 65-80 °С, 10 - 25 хв.	3. Травлення в розчині H ₂ SO ₄ і катапіну при 65-80 °С, 10 - 25 хв.
4. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.	4. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.
5. Активація NaNO ₃ при 60 -70 °С , 1 – 3 хв.	5. Відпал
6. Фосфатування при 80 – 90 °С, 7 – 10 хв.	6.Знежирення при 70-80 °С , 15 - 20 хв
7. Промивання у воді при 18 - 25 хв., 1-3 хв.	7. Травлення в розчині H ₂ SO ₄ і катапіну при 65-80 °С, 10 – 25 хв.
8. Нейтралізація фосфатування при 60-70 °С, 1-3 хв.	8. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.
9.Омилювання при 60- 80 °С, 5-10 хв.	9. Активація NaNO ₃ при 60 -70 °С , 1 – 3 хв.

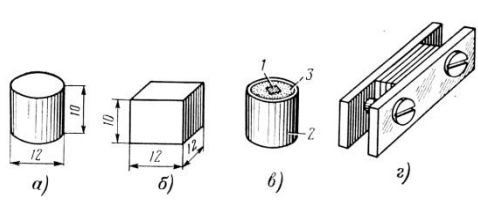
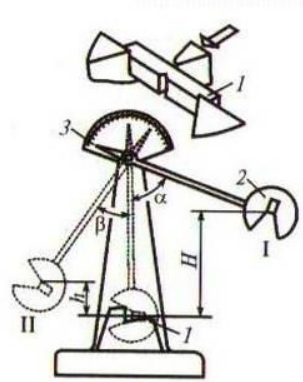
10. Сушка на повітрі	10. Фосфатування при 80 – 90 °С, 7 – 10 хв.
11. Підкалібровка з обтисканням 5 - 15%	11. Промивання у воді при 18 -25 °С, 1 -3 хв.
12. Випробування	12. Нейтралізація фосфатування при 60-70°С, 1-3 хв.
13. Висадка	13. Омилювання при 60- 80°С, 5 -10 хв.
	14. Сушка на повітрі
	15. Підкалібровка з обтисканням 5 - 15%
	16. Випробування
	17. Висадка

16 Маршрутна технологія отримання деталі «болт»					
№ операції	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1. Отримання прокату					
1.1.	Прокатування	1	Обтискання злитків Отримання блюмів	Дуо – стан блюмінг	Нагрівальна піч
1.2	Прокатування	1	Отримання прутків Калібрування	Сортовий стан	Нагрівальна піч
1.3	Термічна обробка	2	Гомогенізація	Нагрівальна піч	
1.4	Контроль	2	Металографічні	МІМ -7	Реактиви для

	мікроструктури		дослідження		травлення
1.5	Термічна обробка	2	Сфероїдизація	Нагрівальна піч	
1.6	Контроль мікроструктури	2	Металографічні дослідження	МІМ -7	Реактиви для травлення
1.7	Контроль	2	Вимірювання твердості	Твердомір ТШ-2	Індентор
Етап 2 . Отримання болтів					
2.1	Підготовка поверхні	1	Різання прокату	Кривошипні прес-ножиці	
		2	Знежирення	Ванни	Розчини лугів
		3	Травлення	Ванни	Розчини кислот
		4	Нейтралізація	Ванни	Розчини лугів
		5	Зневоднення		Повітря
2.2	Контроль	6	Контроль дефектів	Дільниця контролю	Металографічні мікроскопи
6		Нанесення підмастильного шару	Ванни	Фосфатні розчини	
2.2	Холодна висадка	1	Волочіння	Волочільний барабан	
		2	Відрізання	Болтокувальний прес	
		3	Редукування стрижня	Болтокувальний прес	
		4	Висадка головки	Болтокувальний прес	
		5	Обрізання граней головки	Обрізний автомат	
		6	Калібровка	Різьбонакат	

			стрижня	ний верстат	
		7	Накатування різьби	Різьбонакат ний верстат	різьбонакату вальні головки і плашки
3. Термічна обробка					
3.1	Відпал стабілізуючий	3	Відпал	Електрична піч	Піддони, ящики
3.2	Контроль	3	Вимірювання твердості	Твердомір ТШ-2	Індентор
		3	Механічні випробування	Лабораторія	Розривні машини, маятниковий копер

Проведені дослідження за методиками, які представлені на **слайді 17**, показали, що болти, виготовлені за розробленою технологією мають високі показники міцності, твердості. **Слайд 18, 19., 20, 22.**

17 Методика досліджень – прилади та обладнання	
<p>Металографічні дослідження</p> 	



Металографчний мікроскоп МІМ -7

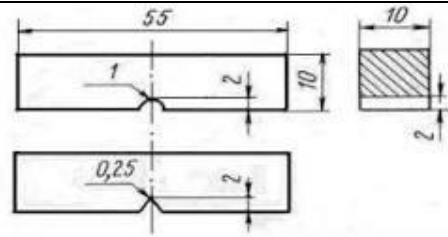
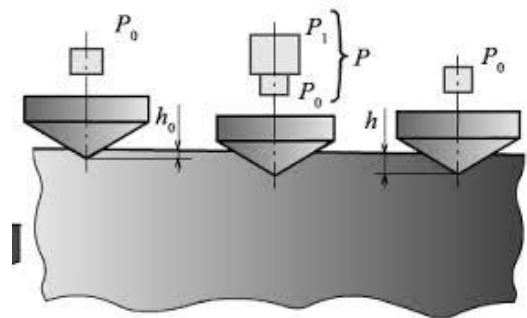


Схема випробувань на ударну в'язкість. Форма зразків для випробувань



Контроль лінійних розмірів болтів

Вимірювання твердості за методом Роквелла
Схема вдавлювання алмазного конуса

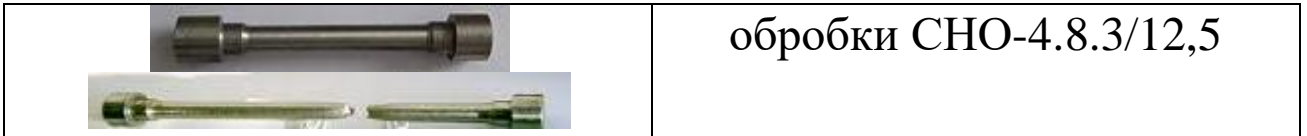


Випробування на розтяг

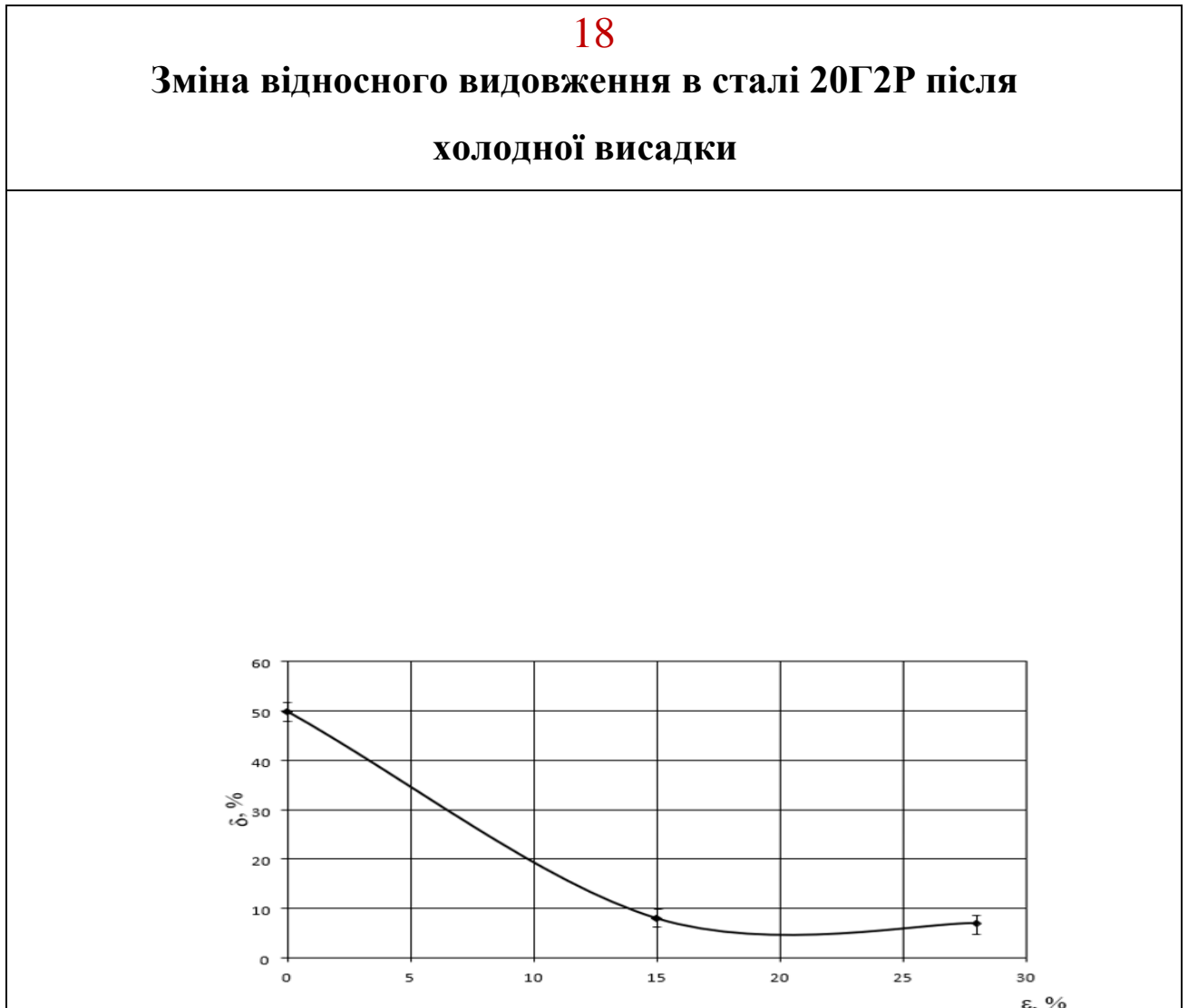


Електропіч для термічної



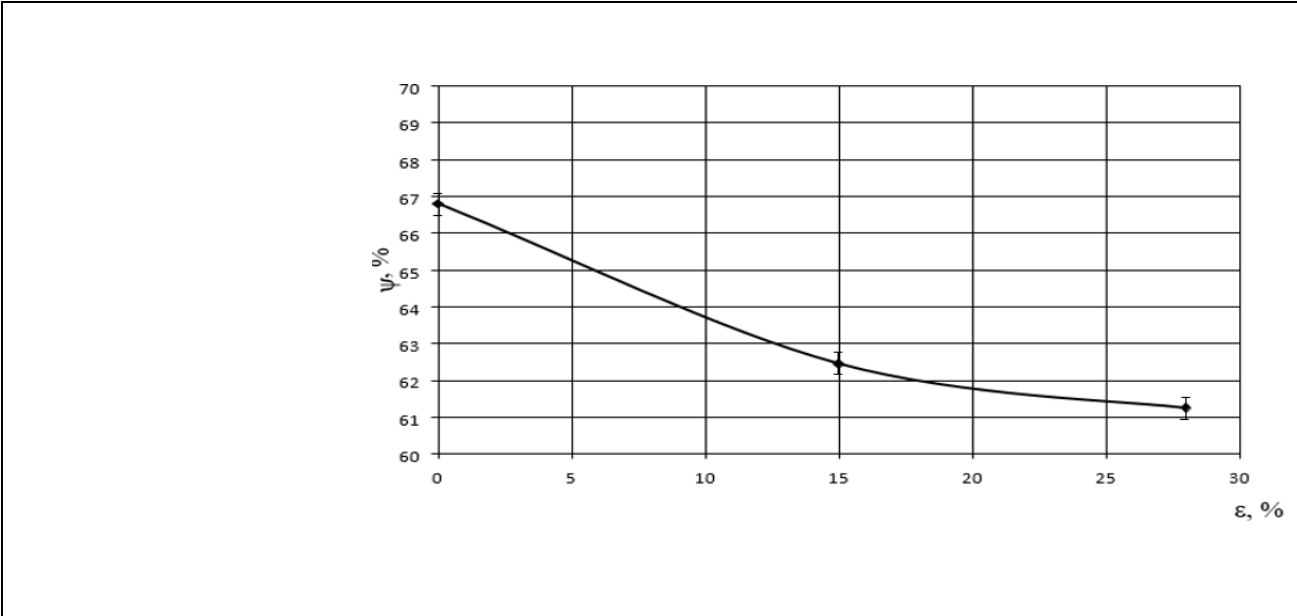


Слайд 18

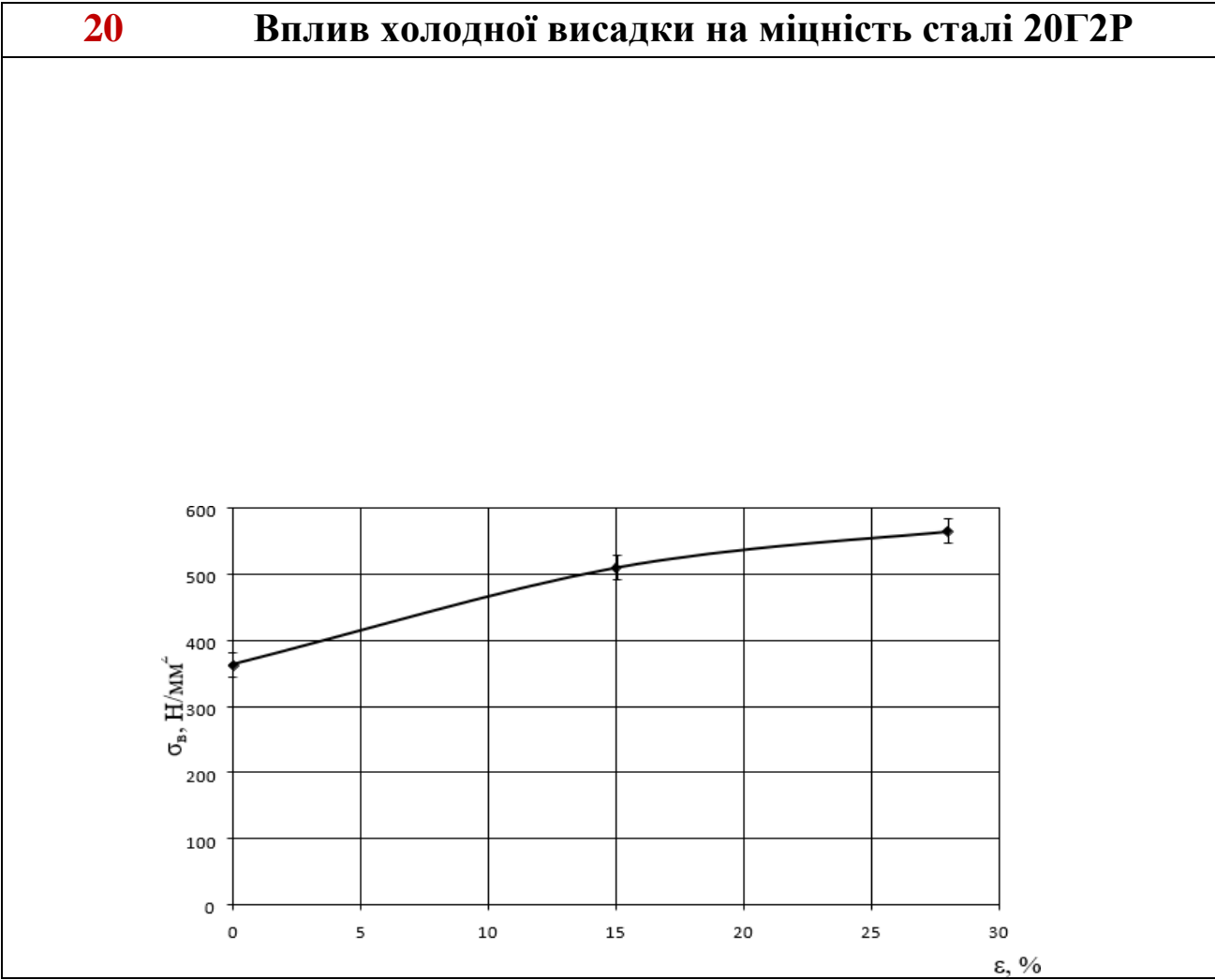


Слайд 19 Зміна відносного звуження в сталі 20Г2Р після
холодної висадки





Слайд 20



Холодна деформація прокату під час виготовлення болтів супроводжується наклепом, зміною структури, яка має високу твердість і значні залишкові напруження. Відносне видовження зменшується з 50% до 8 - 9 %, відносне звуження не зазнає таких суттєвих змін – зменшується з 67 до 61 % при деформації прокату до 30% .

Слайд 21.

21 Механічні властивості болтів отриманих на ПАТ «Дніпрометиз»						
Сортамент болтів	Діаметр прокату, мм	Ступінь деформації, %	Т-ра відпуску болтів, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	Клас міцності
М6	9,0	59,1	-	496	572	5.8
М6	9,0	59,1	300	519	582	5.8
М6	9,0	59,1	400	511	566	5.8
М8	11,0	49,7	-	595	724	6.8
М8	11,0	49,7	300	607	665	6.8
М8	11,0	49,7	400	637	720	6.8

22 Механічні властивості болтів, отриманих на ПАТ «Дружківський» метизний завод						
Сортамент болтів	Діаметр прокату, мм	Ступінь деформації, %	Т-ра відпуску болтів, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	Клас міцності
М6	9,0	59,1	-	680	820	8.8
М6	9,0	59,1	300	785	803	8.8

M6	9,0	59,1	400	736* ¹	760	6.8
M8	11,0	49,7	-	609	722	6.8
M8	11,0	49,7	300	664* ²	705	8.8
M8	11,0	49,7	400	626	675	6.8

Слайд 23

23

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. На основі вивчення умов роботи болтів та вивчення літературних джерел встановлено, що кріпильні болти класів міцності 6.6 – 8.8 для кришки шатуна можуть бути виготовлені холодною висадкою без проведення заключної термічної обробки: гартування і відпуску.
2. Впровадження способу холодної висадки болтів передбачає використання сталей з вмістом вуглецю від 0,2 до 0,55% з добавками алюмінію та бору, а також впровадження стабілізуючого відпалу після висадки зі збереженням деформаційного зміцнення готових болтів.
3. Відпал при 450°C рекомендований для зменшення деформаційного старіння холоднодеформованих болтів.
4. Низькотемпературна обробка холоднодеформованих виробів дозволяє підвищити межу міцності і плинності та характеристики пластичності болтів і зберегти характеристики опору деформації і пластичності протягом усього часу деформаційного старіння.