

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
АГРАРНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

МІСЯЙЛО ІЛЛЯ ВОЛОДИМИРОВИЧ

Допускається до захисту:
завідувач кафедри Механізації
сільського господарства
канд.техн. наук, доцент
_____ Анатолій Поляков
«___» _____ 2023 р.

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ ПЛАСТИЧНИМ
ДЕФОРМУВАННЯМ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ**

Спеціальність 208 Агроінженерія

Кваліфікаційна робота
на отримання ступеня вищої освіти магістра

Керівник: канд.техн.наук, доцент
Анатолій Поляков

Оцінка: _____ / _____ / _____
бали/за шкалою ЄКТС/за націон. шкалою

Київ - 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Аграрний
Кафедра «Механізації сільського господарства»
Рівень вищої освіти Другий - магістр
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____Анатолій Поляков

«_____» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

МІСЯЙЛА ІЛІ ВОЛОДИМИРОВИЧА

1. Тема роботи: «Підвищення якості наплавленого шару пластичним деформуванням при відновленні деталей»
керівник роботи Поляков А.М. канд.техн.наук, доцент
затверджено наказом СНУ ім. В. Даля від «___»___ 2023 р. № _____
2. Строк подання здобувачем роботи 27.11.2023р. _____
3. Вихідні дані до роботи
 - 1) завдання кафедри;
 - 2) матеріали огляду літературних джерел; нормативно - технічна документація.
4. Зміст основної частини роботи:
 - Аналітичний огляд і постановка завдань досліджень
 - Методика проведення експериментальних досліджень.
 - Проведення досліджень.
 - Аналіз отриманих результатів досліджень.
5. Перелік графічного матеріалу:
 - Актуальність теми.
 - Схеми основних видів зміцнення пластичним деформуванням поверхні.
 - Поширення наклепаної зони під поверхнею відбитку.
 - Характер зміни властивостей металу поверхневого шару від міри деформації .
 - Установка для наплавлення.
 - Кульовий інструмент у зборі і в розборі
 - Твердість поверхні залежно від кількості шарів наплавлення і зусилля обкатки
 - Шорсткість поверхні залежно від кількості шарів наплавлення і зусилля обкатки
 - Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 15.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд і постановка завдань досліджень	30.09.2023	
2	Методика проведення експериментальних досліджень	15.10.2023	
3	Проведення досліджень	10.11.2023	
4	Аналіз отриманих результатів досліджень	30.11.2023	

Здобувач вищої освіти _____ Ілля Місяйло

Керівник _____ Анатолій Поляков

АНОТАЦІЯ

Місйяло І.В. «Підвищення якості наплавленого шару пластичним деформуванням при відновленні деталей»: кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»: 208 «Агроінженерія»/
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.
Київ, 2023, 71 с.

У кваліфікаційній роботі розглянуто метод підвищення якісних характеристик поверхні відновленої деталі пластичною деформацією, для чого розроблено спеціальний інструмент – кульовий обкатник. Установлена ефективність запропонованого методу.

Ключові слова: технологія, пластична деформація, кульовий обкатник.

Кваліфікаційна робота: 71 сторінки, 13 таблиць, 33 рисунків, 30 літературних джерел.

ABSTRACT

Mysiailo I.V. "Increasing the quality of the deposited layer by plastic deformation during the restoration of parts": qualifying work for obtaining the degree of higher education "master": 208 "Agroengineering"/
Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl.
Kyiv, 2023, 71 p.

In the qualification work, the method of improving the quality characteristics of the surface of the restored part by plastic deformation is considered, for which a special tool - a ball run-in tool - has been developed. The effectiveness of the proposed method is established.

Key words: technology, plastic deformation, ball run-in.

Qualification work: 71 pages, 13 tables, 33 figures, 30 literary sources.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 Аналітичний огляд і постановка завдань досліджень	9
1.1 Аналіз особливостей експлуатації і зносу гідроциліндрів.....	9
1.2 Зміцнення поверхневою пластичною деформацією.	
Суть і класифікація методів	11
1.2.1 Поняття про поверхневий шар	11
1.2.2 Класифікація і особливості застосування методів поверхнево пластичної деформації.....	17
1.2.3 Явища, що відбуваються в поверхневому шарі при поверхневій пластичній деформації.....	25
1.3 Особливості поверхневого пластичного зміцнення для аустенітних сталей	38
1.4 Цілі і завдання роботи	40
2 Методика експериментальних досліджень.....	41
2.1 Визначення області дослідження	41
2.2 Визначення вимог до дослідного зразка	41
2.3 Визначення завдань експерименту	41
2.4 Підбір параметрів режиму і компонування устаткування для реалізації експерименту.....	42
2.4.1 Підбір наплавлювального матеріалу, режимів наплавлення і компонування експериментальної установки	42
2.4.2 Підбір устаткування для механообробки наплавлених ділянок і виміру твердості	46
2.4.3 Підбір режимів обкатки, розробка і виготовлення кульового інструменту	46
2.4.4 Компонування установки для обкатки кульовим інструментом	50
2.4.5 Підбір устаткування для виміру твердості дослідного зразка після обкатки	52

2.4.6 Підбір устаткування для виміру шорсткості досвідченого зразка після обкатки.....	52
2.5 Методика експерименту.....	52
2.6 Висновки по розділу 2.....	57
3 Проведення досліджень.....	58
3.1 Дугове наплавлення.....	58
3.2 Механообработка і завір твердості.....	58
3.3 Деформаційна обкатка кульовим інструментом	59
3.4 Вимір твердості після обкатки	60
3.5 Вимір шорсткості після обкатки	62
3.6 Висновки по розділу 3	63
4 Аналіз отриманих результатів досліджень.....	64
4.1 Висновки по розділу 4.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69

ВСТУП

Гідравлічні приводи широко застосовуються в машинобудуванні і в різних галузях промисловості. Гідроциліндри - основні і найбільш дорогі і трудомісткі у виробництві деталі гідравлічних приводів. Деталі гідроциліндрів, такі як штоки, плунжери і гільзи в процесі експлуатації випробовують постійні знакозмінні навантаження, супроводжуються тертям типу метал - метал, отже, вони піддаються абразивному зносу. Знос поверхні штоків, плунжерів і циліндрів призводить до виходу гідроциліндрів з ладу.

Згідно з літературними даними, для підвищення зносостійкості трущихся деталей гідроциліндрів рекомендується отримувати механічні якості поверхні деталей, що відрізняються високою твердістю від 50 HRC до 60 HRC і низькою шорсткістю від Ra 0,1 до Ra 0,5. Окрім необхідної твердості і шорсткості, що труться деталі гідроциліндрів повинні мати хороші антифрикційними властивостями, як правило, обидві деталі пари, що треться, повинні мати однакову твердість і шорсткість [1].

Найбільш популярні в промисловості способи набуття потрібних властивостей поверхні деталей шляхом наплавлення твердого шару з послідовною механообробкою до отримання необхідної шорсткості, мають ряд недоліків, таких як:

- висока трудомісткість механообробки унаслідок високої твердості наплавленого шару
- необхідна твердість поверхні задається тільки твердістю наплавленого металу
- необхідна шорсткість поверхні досягається тільки механообробкою, високою трудомісткістю, що володіє, з причини високої твердо- сти.

У цій роботі був запропонований один з найбільш ефективних і прогнзованих способів отримання необхідної твердості і шорсткості поверхні

деталі - дугове наплавлення в інертному газі порошкового дроту з отриманням наплавленого шару із структурою метастабільного аустеніту з подальшою поверхневою пластичною деформацією методом обкатки кульовим інструментом.

Запропонований спосіб має ряд переваг, таких як:

- наплавлений метал має невисоку твердість ~ 40 HRC, що полегшує механообробку
- можливість задавати твердість і шорсткість, що отримується після деформаційної обкатки, варіюючи режимами.

В ході виконання роботи була скомпонована установка для реалізації наплавлення порошковим дротом циліндричних заготівель і підібрані режими. Скомпонована установка для реалізації поверхневого пластичного деформації методом обкатки кульовим інструментом, розроблений і виготовлений шаровий інструмент і підібрані режими обкатки. Реалізований запропонований спосіб стосовно заготівлі, що має розміри і матеріал типовим для штоків і плунжерів гідроциліндрів, отриманий дослідний зразок.

Проведено дослідження дослідного зразка, виміряна твердість і шорсткість в змозі після наплавлення і після обкатки.

Результати дослідження підтверджують заявлені переваги запропонованого способу:

- отриманий легко оброблюваний наплавлений шар твердістю ~ 40 HRC
- реалізація обкатки дослідного зразка на підібраних режимах дозволила отримати задану твердість та шорсткість поверхні.

1 Аналітичний огляд і постановка завдань дослідження

1.1 Аналіз особливостей експлуатації і зносу штоків і плунжерів гідроциліндрів

У цій магістерській роботі піднімається проблема зносу штоків і плунжерів гідроциліндра. Розглянемо специфіку зносу цих деталей і їх експлуатації.

Широке застосування гідравлічного приводу в машинобудування і інших галузях промисловості пояснюється рядом його переваг :

- відносно малі габарити і маса;
- плавність ходу;
- пристосованість до різних умов роботи;
- здатність робочої рідини компенсувати ударні навантаження [1].

Проте важкі умови експлуатації з циклічними знакозмінними навантаженнями, що супроводжуються тертям типу метал - метал і метал, - ущільнення, негативно позначаються на ефективності їх використання унаслідок зносу одного з основних агрегатів - гідроциліндра.

Значний вплив на ресурс роботи гідроциліндра робить технічний стан найдорожчих деталей - штока і плунжера.

Окрім нормативного зносу, в процесі експлуатації на поверхні штока і плунжера гідроциліндра, зазвичай працюючого в жорстких температурних режимах і умовах підвищеної запиленості, осідає пил, краплі вологи і різні тверді частки. Переміщаючись, шток захоплює їх за собою, що призводить до порушення герметичності манжет і підвищеного абразивного зношування зв'язаних деталей.

Ці чинники є причиною зниження безпеки експлуатації, втомної міцності, зміни проектної геометрії і скороченню терміну служби гідроциліндрів.

Для підвищення зносостійкості і терміну служби гідроциліндрів рекомендується дотримуватися наступних вимог:

- твердість поверхні деталей близько 50-60 HRC;
- рівність твердості і шорсткості поверхонь деталей, що труться [1].

Проте найбільш популярні в промисловості способи набуття необхідних властивостей поверхні деталей шляхом наплавлення твердого шару з подальшою механообробкою до отримання необхідної шорсткості, мають ряд недоліків, таких як:

- висока трудомісткість механообробки унаслідок високої твердості наплавленого шару
- необхідна твердість поверхні задається тільки твердістю наплавленого металу
- необхідна шорсткість поверхні досягається тільки механообробкою, високою трудомісткістю, що володіє, з причини високої твердості.

У цій роботі пропонується застосувати один найбільш ефективних і прогнозованих способів отримання необхідної твердості і шорсткості поверхні деталі - дугове наплавлення в інертному газі порошковим дротом з отриманням наплавленого шару із структурою метастабільного аустеніту з подальшим поверхневим пластичним деформованим методом обкатки кульовим інструментом.

Розглянемо суть поверхневої пластичної деформації і методи реалізації.

1.2 Поверхнева пластична деформація. Суть і класифікація методів

1.2.1 Поняття про поверхневий шар

Поверхневий шар - шар, що має структуру, хімічний і фазовий склад, що відрізняється від основного металу.

При експлуатації устаткування поверхневий шар деталей піддається найбільш сильній дії:

- механічному
- тепловому
- магнітоелектричному
- світловому
- хімічному і ін. [2].

В ході експлуатації устаткування, у більшості випадків, у деталей починається і прогресує погіршення службових властивостей поверхні унаслідок зносу, ерозії, кавітації, корозії, появи втомних тріщин. Руйнування розвиваються спочатку на поверхні, тому до властивостей поверхневого шару деталей, зазвичай, пред'являються більш високі вимоги, чим до основної маси.

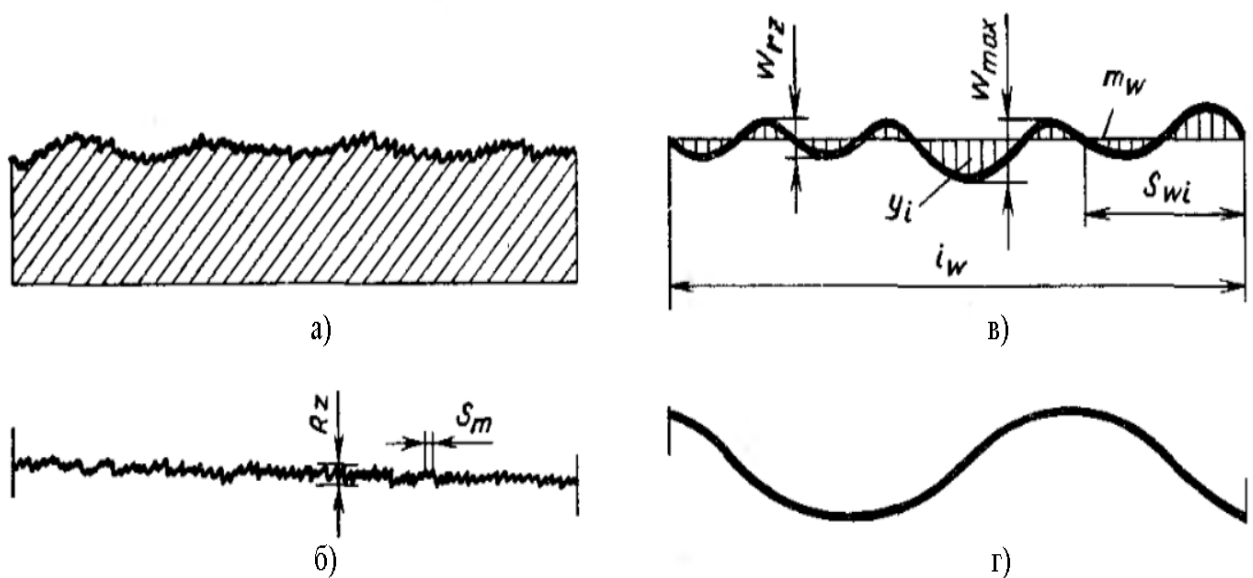
Реальний поверхневий шар фізичного тіла недосконалий. У залежності від відношення кроку S до висоти нерівностей R_z розрізняють следующие геометричні відхилення:

- $S/R_z < 50$ - шорсткість поверхні
- $S/R_z = 50 \dots 1000$ - хвилястість поверхні
- $S/R_z > 1000$ - макроскопічні відхилення або відхилення від правильної геометричної форми (конусність, овальність та ін.)
- дефекти поверхні - це окремі нерівності, сукупність нерівностей або ділянки поверхні, розміри яких істотно відрізняються від параметрів шорсткості і хвилястості (подряпини, риски, вмятини та ін.) [3].

Шорсткість поверхні регламентується за ГОСТ 2789-73, у якому передбачено нормування шорсткості за висотою (R_z , R_a , R_{max}) та за параметрами, що характеризують форму, розташування та напрямок мікронерівностей у межах базової довжини – середньому кроці нерівностей S_m , середньому кроці нерівностей по вершинах S та відносної опорної довжини профілю tr .

Хвилястість може утворитися на поверхні деталі при її виготовленні в результаті вібрацій системи верстат — пристосування — інструмент — заготівля. Хвилястість буває поперечна — з прихильністю хвиль перпендикулярно до руху різального інструменту і подовжня — з розташуванням хвиль у напрямі руху інструменту.

Хвилястість поверхні до теперішнього часу не стандартизована і при її призначенні керуються галузевими нормами або рекомендаціями СЭВ, які для оцінки хвилястості поверхні встановлюють три параметри: висоту хвилястості W_t , найбільшу висоту хвилястості W_{max} і середній крок хвилястості S_e , відповідно до малюнка 1.



а - характер реальної поверхні, б - мікрогеометрія, в - хвилястість, г - макрогеометрія

Рисунок 1 - Геометричні характеристики поверхні [3]

Фізико-механічні властивості поверхневого шару змінюються при виготовленні деталей, а потім - під час експлуатації під дією силових, температурних і інших чинників.

Тверда поверхня має багато особливостей в порівнянні з її внутрішньою частиною. Будь-який атом, розташований в твердому тілі з ідеальною кристалічною решіткою, знаходиться в стані стійкої рівноваги руху, тому що сила силового поля однакова на всіх напрямках.

Атоми на поверхні займають різні позиції: вони лише односторонньо пов'язані з металом, тому їх стани не збалансовані та нестабільні, вони більш активні та мають надмірну чи вільну енергію порівняно з внутрішніми атомами. В реальних умовах поверхня металу адсорбує атоми елементів навколишнього середовища, які покриті адсорбованими газами, водяною парою та жирowymi шарами, утворюючи різні оксиди.

У поверхневому шарі в результаті процесу дифузії утворюються хімічні і інші з'єднання основного металу речовини, проникаючи ззовні.

Дифузійна рухливість атомів може привести до перерозподілу концентрації легуючих елементів, внаслідок чого в деяких випадках знижується зміст деяких легуючих елементів в поверхневому шарі (знеуглецювання поверхневого шару в сталі і зниження вмісту високотемпературного нікелю і хрому в жароміцних никелевих сплавах)[3].

Дифузія поверхні робить сильний вплив на властивості металу і, найголовніше, на властивості їх поверхневих шарів. Це особливо характерно у разі високої температури обробки (шліфування, високошвидкісне точіння, склеювання, азотування і так далі).

Таблиця 2 - Класифікація параметрів поверхневого шару [4]

Група параметрів	Параметр		
	Найменування	Позначення	Одиниця виміру
1. Нерівності по- верхности: — шорсткість	— Найбільша висота нерівностей профілю	R_{max}	мкм
	— Висота нерівностей профілю	R_z	мкм
	— Середнє арифметичне відхилення профілю	R_a	мкм
	— Середній крок нерівностей	S_m	мм
	— Середній крок нерівностей по вершинах	S	мм
	— Відносна опорна довжина профілю	t_p	%
	— Радіус скруглення западин нерівностей	r	мм
	— Середнє квадратичне відхилення профілю	R_q	мкм
	— хвилястість	W_z	мкм
	— Середній крок хвилястості поверхні	S_w	мм

<p>2. Характеристики фізико-хімічного складу поверхневого шару:</p> <p>— структура</p>	<p>— Тип структури</p> <p>— Форма фаз</p> <p>— Розмір фаз (дисперсність)</p> <p>— Орієнтування структури</p> <p>— Розподіл фаз за об'ємом металу</p> <p>— Розмір блоків</p> <p>— Кут розорієнтування блоків</p> <p>— Щільність дислокацій</p> <p>— Концентрація вакансій</p>	<p>—</p> <p>K</p> <p>L</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>$\langle D \rangle$</p> <p>ab</p> <p>ζ</p> <p>C</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>мм</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>нм</p> <p>°</p> <p>см⁻²</p> <p>—</p>
<p>— фазовий склад</p>	<p>— Тип і число фаз</p> <p>— Кількість фаз в металі</p> <p>— Тип кристалічної решітки</p> <p>— Параметри кристалічної грати</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>—</p> <p>a, b, c</p> <p>α, γ</p>	<p>—</p> <p>%</p> <p>—</p> <p>мкм</p> <p>°</p>
<p>— хімічний со- ставши</p>	<p>— Елементний склад в об'ємі сплаву</p> <p>— Елементний склад фаз</p> <p>— Концентрація елементів в об'ємі сплаву</p> <p>— Концентрація елементів у фазі</p> <p>— Розподіл елементів в об'ємі сплаву</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>Ct</p> <p>$C\phi$</p> <p>—</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>—</p>

— деформація	— Міра еформации зерна	ε	%
	— Міра деформації шару	z	%
	— Мікродеформація	ε	%
	— Глибина наклепання	$\langle \varepsilon \rangle$	мкм
	— Міра наклепання	h	%
	— Градієнт наклепання	ΔHV HV_{2p}	МПа/мм
— залишкові на- пряження	— Мікронапруги	$O\sigma_{ст}$	МПа
	— Мікронапруги	$O\sigma_o$	МПа
	— Статичні спотворення	$\sigma_{ст}$	МПа
	— решітки	$O\sigma_{ост}$	
— екзоелектронна емісія	— Інтенсивність	I	имп/з
	— Робота виходу	E	эВ

Залишковою напругою називає така напруга, яка існує і урівноважуються усередині твердого тіла після усунення причин, що викликали їх появу. По протяжності силового поля розрізняють наступну залишкову напругу:

- напруга першого роду, або макронапруги, що охоплюють області, розміри яких соизмеримы з розмірами деталі. Вони мають орієнтацію, пов'язану з формою деталі, виникають від неоднорідності силового, температурного поля усередині деталі;
- напруга другого роду, або мікронапруги, що поширюються на окремі зерна або на групу зерен;
 - напруга третього роду (субмікроскопічні), що відноситься до спотворень атомних ґрат. В цьому випадку термін «напруги» є умовним, іноді їх називають статичними спотвореннями ґрат або спотвореннями третього роду [2].

Друга і третя напруга дезорієнтована, і коли частини різуться на шматки, вони не з'являються у викривленій формі. Основними причинами макроскопічної напруги є нерівномірність пластичної деформації та місце розташування поверхневого шару металу, нерівномірне нагрівання та різниця в обсязі структури, що виникає в результаті перетворення. Мікротиск - це локальна залишкова напруга в мікронній троянди. Вони є результатом фазових переходів, змін температури, анізотропії механічних властивостей окремих зерен та розкладання зерен на зерна за межзеренного кордону та пластичної деформації.

Причиною спотворення в кристалічній решітці є в основному дислокація і інжекція атомів. Міра і глибина роботи зміцнення обумовлена пластичною деформацією поверхневого шару і безпосередньо пов'язана зі збільшенням дислокацій, вакансій і інших дефектів металевих ґрат.

Таблиця 2 дає повнішу класифікацію параметрів поверхні.

1.2.2 Класифікація і особливості застосування методів поверхневої пластичної деформації

Відповідно до ГОСТ 18296-72, метод поверхневої пластичної деформації, далі ППД, поділяється на статичний та ударний. При статичному способі обробки інструмент, робочий орган або середовище впливають на оброблювану поверхню з певною постійною силою P і відбувається плавний рух удару (фокус) удару, який безперервно проходить через всю оброблювану поверхню. У цьому випадку сила інерції не істотно впливає на ППД. Ці методи включають різні типи згладжування –рис. 2-а і накочування - рис. 2-б, і основний метод обтиснення оброблюваної поверхні - рис. 2-в не має переміщення джерела удару.

У ударному методі – рис. 2-г - інструмент, робочий орган або середовище неодноразово впливають на усю поверхню або її частину, і сила впливу P в кожному циклі змінюється від нуля або від певного значення

Р_у до максимального значення і являється локально Вплив зони деформації у разі удару може (наприклад, в статичному методі) проходить рівномірно і послідовно по усій оброблюваній поверхні.

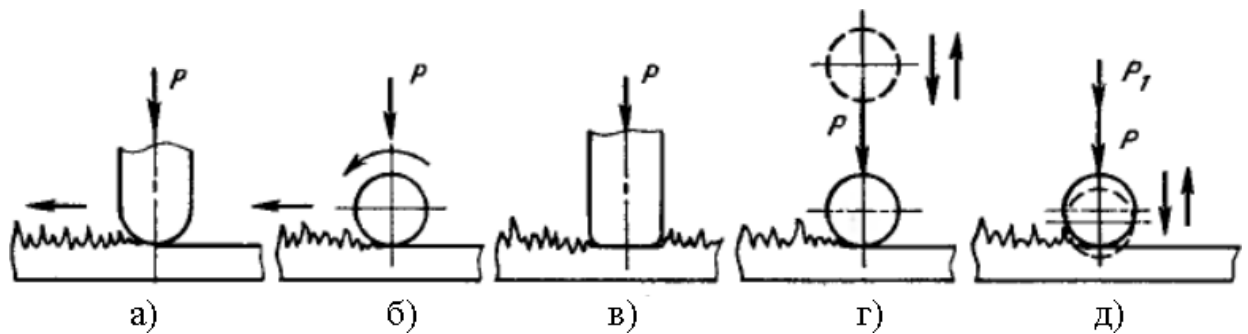


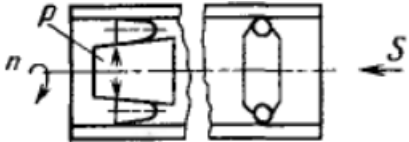

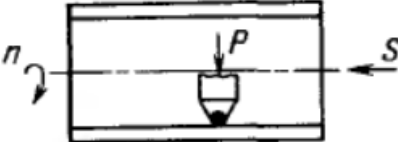
Рисунок 2 - Характер контактної взаємодії інструменту з оброблюваною поверхнею при різних методах ППД [4]

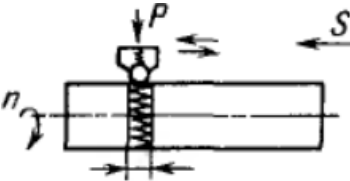
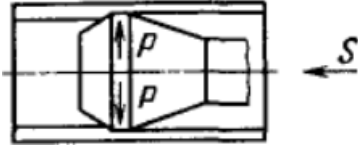
Інструмент для ППД може бути роликом, кулькою з валом, що обертається, або без нього, гладким колесом, оправлянням з нерозрізним кільцем, бло- кому молотка і тому подібним. Робочим середовищем для випалення сталевих кульок, скла, пластика і СПД можуть бути рідини, гази і суспензії з абразивними частками.

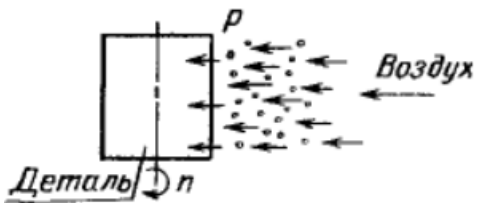
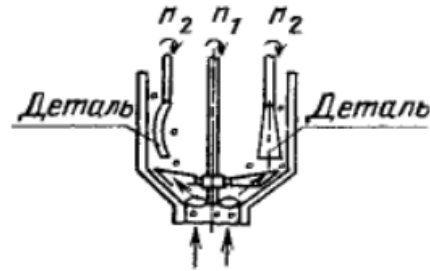
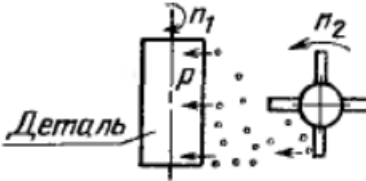
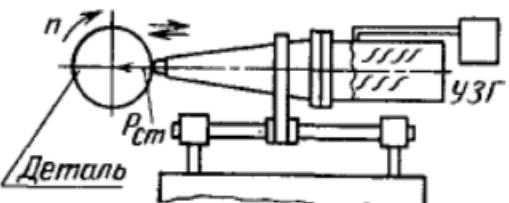
У таблиці 2 показана концепція обробки з використанням основного, найбільш поширеного методу ППД. Статичні методи ППД зазвичай забезпечують меншу шорсткість поверхні і хорошу форму микронервностей. За допомогою ударного методу досягається висока міра зміцнення, яка характеризується мірою збільшення мікротвердості, величиною залишкової напруги при стискуванні і завтовшки зміцненого шару.


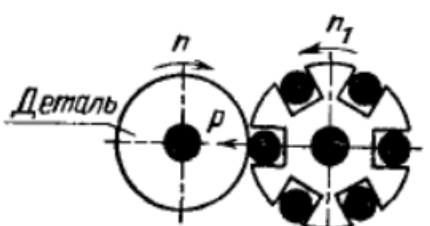
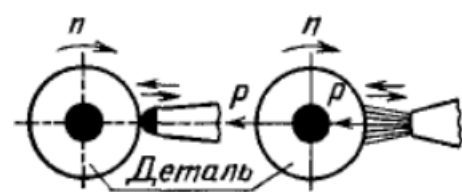
Це відноситься до статичних і ударних методів, близьких по питомих навантаженням і частоті їх застосування. Проте обробка деякими способами дії поступається мірі зміцнення, і міра зміцнення зазвичай менше, ніж плющення статичним способом, наприклад, при обробці вібраційним ударом.

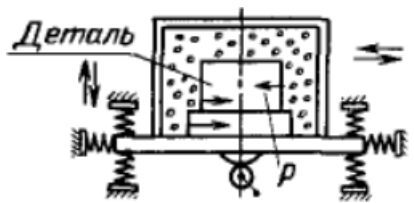
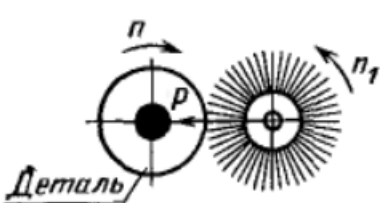
Таблиця 3 - Основні методи ППД [2]

Метод ППД	Суть методу, оброблювані поверхні, устаткування, характер виробництва
<p>— Зміцнююче розкочування.</p>  <p>— Зміцнююче обкатування.</p> 	<p>— Кочення інструменту (ролик, куля) по оброблюваній поверхності для плоских і опуклих поверхонь - обкатування, для внутрішніх поверхонь - розкочування</p> <p>— поверхні тіл обертання типу втулок, валів і плоскі поверхні , $HRC \leq 45-55$</p> <p>— універсальне і спеціальне устаткування</p> <p>— серійне і масове виробництво</p>
<p>— Випрасовування.</p> 	<p>— Ковзання інструменту по локально поверхні, що контактує з ним.</p> <p>— поверхні тіл обертання, тонкостінні деталі, $HRC \leq 70$</p> <p>— універсальне устаткування</p> <p>— одиничне і серійне виробництво</p>

<p>— Вібраційне накочення і випрасування.</p> 	<p>— Накочення або випрасування при вібрації інструменту (куля, що вигладжує наконечник) по дотичній до поверхні деформованого металу</p> <p>— поверхні тіл обертання і плоскі поверхні</p> <p>— універсальне устаткування</p> <p>— одиничне і серійне виробництво</p>
<p>— Поверхнєве дорнование.</p> 	<p>— Поступальне ковзання дорна по тій, що охоплює його поверхню</p> <p>— деталі типу втулок і труб, $HRC \leq 40$</p> <p>— спеціальне або протяжне і пресове устаткування</p> <p>— серійне і масове виробництво.</p>

<p>— Дробеструйна обробка.</p>  <p>— Дробеметна обробка.</p>  <p>— Гідродробеструйна обробка.</p> 	<p>— Удари дробу по металу, що деформується. Залежно від витoku кінематичної енергії (струмiнь газу, рiдина, газ з жид-кiсткою, обертання ротора (дробемета)) обробка називається гiд-родробеструйною, дробеметною i так далi</p> <p>— поверхнi рiзної конфiгурацiї, HRC ≤ 55</p> <p>— спецiальне устаткування</p> <p>— серiйне i масове виробництво.</p>
<p>— Ультразвукова обробка.</p> 	<p>— До постійної сили додається сила ударiв ультразвукових ко-лебаний</p> <p>— поверхнi тiл обертання</p> <p>— унiверсальне устаткування, ос-нащенне ультразвуковим гене-ратором i голiвкою</p> <p>— одиничне i серiйне производ-ство.</p>

<p>— Ударне розкочування.</p> 	<p>— Ролики створюють удари у момент проходження елементів опори, що виступають.</p> <p>— поверхні типу втулок і труб, $HRC \leq 50$</p> <p>— універсальне і спеціальне устаткування</p> <p>серійне і масове виробництво</p>
<p>— Відцентрова обробка.</p> 	<p>— Удари інструменту по оброблюваної поверхні під дією відцентрової сили.</p> <p>— поверхні тіл обертання і плоскі поверхні, $HRC \leq 50$</p> <p>— універсальне устаткування</p> <p>— серійне і масове виробництво</p>
<p>— Зміцнююче карбування.</p> 	<p>— Ударний додаток деформуючої сили при зворотно-поступального переміщенні інструменту</p> <p>— поверхні тіл обертання і плоскі поверхні, $HRC \leq 50$</p> <p>— універсальне і спеціальне устаткування</p> <p>— одиничне серійне і масове виробництво.</p>

<p>— Вібраційна ударна обробка.</p> 	<p>— Удари робочими тілами (дріб) закріплених деталей в замкнутому об'ємі при його вібрації</p> <p>— поверхні різної конфігурації, HRC ≤ 55</p> <p>— спеціальне устаткування</p> <p>— серійне і масове виробництво</p>
<p>— Обробка механічною щіткою.</p> 	<p>— Удари кінцями дроту механічної щітки, що обертається</p> <p>— Поверхні різної конфігурації, HRC ≤ 55</p> <p>— універсальне і спеціальне устаткування</p> <p>— одиничне серійне і масове виробництво.</p>

Загальні вимоги до ГОСТ 20299-74 включають вісім груп: вимоги до продукту для обробки, технічні процеси для обробки ППД, обладнання, оснащення та інструменти, основні технічні матеріали, продукти переробки, контроль процесу, технологією процесу ППД, переробка та складання продукції, техніка безпеки та виробнича гігієна. Необхідно враховувати, що обробка, заснована на пластичній деформації тонкого поверхневого шару, має в порівнянні з обробкою точінням, шліфуванням, поліруванням, доведенням ряд переваг, у тому числі:

- зберігається цілість волокон металу і утворюється мелкозерни- зграя структура-текстура в поверхневому шарі
- відсутнє шаржування оброблюваної поверхні частичками шліфувальних кругів, полірувальних паст
- відсутні термічні дефекти
- стабільні процеси обробки, що забезпечують стабільну якість поверхні
- можна досягати мінімального параметра шорсткості поверхні ($Ra = 0.1 \dots 0,05$ мкм і менш) як на термічно необроблених сталях, кольорових сплавах, так і на високоміцних матеріалах, зберігаючи вихідну форму заготівель
- можна зменшити шорсткість поверхні у декілька разів за один робочий хід
- створюється сприятлива форма мікронерівностей з більшою долею опорної площі
- можна утворювати регулярні мікрорельєфи із заданою пло- щадью поглиблень для затримання мастильного матеріалу
- створюється сприятлива стискуюча залишкова напруга в поверхневому шарі
- плавно і стабільно підвищується мікротвердість поверхні [2]. Ці і інші переваги методу ППД призводять до підвищення изно- стойкости, втомного опору і інших експлуатаційних властивостей заготівлі на 20-50%, а в деяких випадках в 2,3 разу (за умови найбільш розумного режиму обробки)[2].

Забезпечуючи високу якість поверхні, ППД у багатьох випадках допускає механізувати ручну працю і підвищує продуктивність операції.

Необхідно також враховувати наступні особливості методів ППД :

— переважна більшість методів не підвищують геометричної точності поверхні, зазвичай зберігається точність, досягнута на передуючій операції

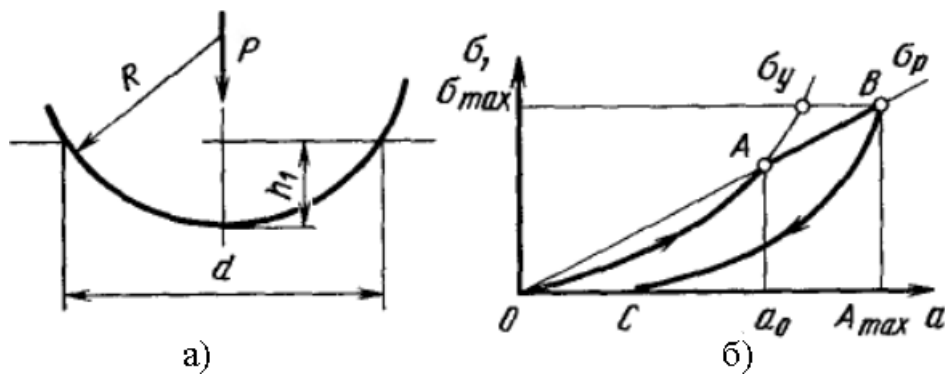
— у зв'язку із створенням корисних стискаючих залишкових напружень у поверхневому шарі при обробці тонкостінних і нерівножестких деталей (завтовшки 3-5 мм) може відбуватися деформація поверхні 5-10 мкм і більше

— у зв'язку з пластичною течією металу при використанні деяких методів обробки ППД на кромках оброблюваних поверхонь утворюються рівномірні напливи металу завтовшки 0,03-0,3 мм [2].

1.2.3 Явища, що відбуваються в поверхневому шарі при ППД

Поверхневий шар при обробці деталей ППД формується в результаті складних взаємозв'язаних явищ, що відбуваються у вогнищі деформації і прилеглих до нього зонах : багатократних пружних і пластичних деформацій, зміни прочностних і пластичних властивостей металу, що деформується, тертя і теплових процесів, зміни мікро- і макроструктури, мікрогеометрія самої поверхні та ін.

Основними параметрами ППД є: пружна і пластична деформація зони деформації, площа контакту інструменту з оброблюваною поверхнею, сила, діюча на інструмент, напругу, створюване силою, і кратність прикладеної сили.



а - відбиток, σ - залежність пружної і пластичної деформацій від напруги втискування

Рисунок 3 - Течія металу при втискуванні сферичного індентора [4]

Рисунок 4 - Зона поширення пластичної деформації по спотворенню прямокутної сітки [4]

Як при статичній, так і при ударній дії на оброблюваній поверхні в первинний момент утворюється відбиток від інструменту, який потім перетворюється на сліди, що примикають один до одного, або в серію відбитків. При вантаженні твердої кулі статичною або ударною силою P , відповідно до малюнка 3-а він вдавлюється в оброблюваний матеріал у міру збільшення сили P спочатку відбувається пружна деформація поверхні, а потім пластична (лінія OAB , відповідно до малюнка 3-б. Із-за пластичної деформації оборотний процес происходит уздовж лінії BC . Залишкова пластична деформація представлена розміром друкарського матеріалу 4, що відповідає OC . Пластична деформація під відбитком поширюється рівномірно, і, згідно мал. 4, деяка деформація відтворюється на поверхні кулі.

Глибина наклепання h прямо пропорційна глибині відбитку h_1 , тобто

$h = m h_1$. Для різних умов обробки коефіцієнт $m = 2.20$ [4].

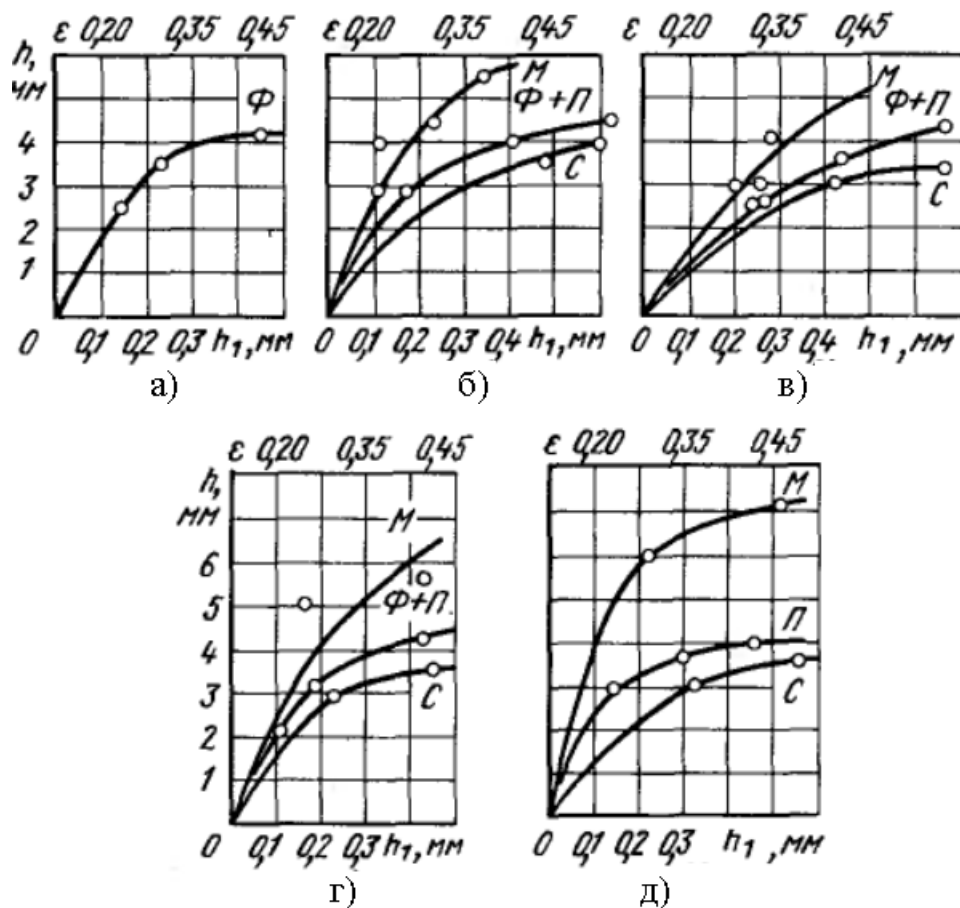
Залежність між діаметром відбитку d і навантаженням P на куля при його впровадженні в пружній і пластичній областях описується рівняннями Герца і Мейєра :

$$P = \frac{1}{3 \times D \left(\frac{1-\mu^2}{E} + \frac{1-\mu_1^2}{E_1} \right)} \times d^3 \quad (1)$$

$$P = a \times d^n \quad (2)$$

де D - діаметр кулі, E , E_1 - модулі пружності кулі і оброблюваного матеріалу μ ; μ_1 - коефіцієнти Пуассона кулі і матеріалу, a , $n = 2$ - константи пластичності.

Ці формули справедливі для умов деформації без урахування тертя, коли контактуючі тіла ізотропні, підкоряються закону Гуку, площа контакту мала і навантаження прикладені перпендикулярно до оброблюваної поверхні. Процес ППД відбуваються в складніших умовах, тому ці формули обмежені у використанні, але вони показують фундаментальну залежність сили в ППД. Міра пластичного деформування $\varepsilon = d/D$, де d - діаметр відбитку (лунки), D - діаметр вдавлюваної сфери [4].



а - залізо армко, би - сталь 35, в - сталь 45, г - сталь 50, д - У8,
 Ф - ферит, М - мартенсит, П - перліт, С - сорбіт
 Рисунок 5 - Залежність глибини наклепаної зони h від глибини відбитку h_1
 для вуглецевих сталей з різними структурами [4]

Для різних методів ППД і різних умов обробки $\varepsilon = 0,1,0,9$, а для конструкційних сталей $\varepsilon = 0,3,0,7$.

Структурні складові мають різну здатність до зміцнення. Для структури мартенситу глибина наклепаної зони більша, ніж за тих же умов для інших структур. Структури сорбіту мають найменшу глибину наклепаного шару, відповідно до малюнка 5.

Міра наклепання різних структур, оцінена по відносному приросту

Твердості ΔHV і отримана за одних і тих же умов, показана на рис. 6. Сорбіт має не лише мінімальну глибину, але і мінімальну міру наклепання [4].

Глибина наклепання h пов'язана з силою деформації P співвідношенням $h = \sqrt{P \div (2 \times \sigma_T)}$ де σ_T - межа плинності матеріалу.

Для конструкційних сталей з погрішністю не більше $\pm 10\%$ справедливо співвідношення $\sigma_T = HB/3$, тому $h = \sqrt{3P/HB}$, $h = 1,5 \times d$, відповідно до рис. 7.

Багатократний додаток одного і того ж статичного навантаження при втискуванні кулі в одне і те ж місце не призводить до помітного збільшення розмірів пластичного відбитку. На відміну від статичного, при ударному втискуванні кулі зі збільшенням числа ударів до 15-20 розмір відбитку для різних умов обробки збільшується в 1,25-1,55 разу, відповідно до рис. 8 [2].

Це збільшення буде меншим, якщо стали твердіші, при цьому діаметр кулі не робить істотного впливу: $d_{max}/d = 1,55 - HB/1000$.

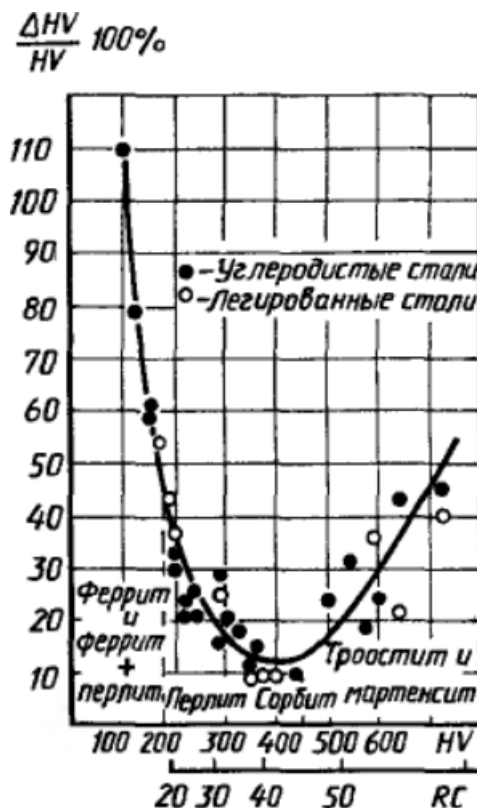


Рисунок 6 - Міра максимального наклепання для металу різної твердості [4]

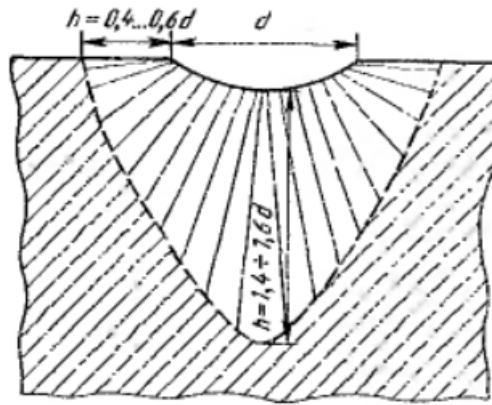
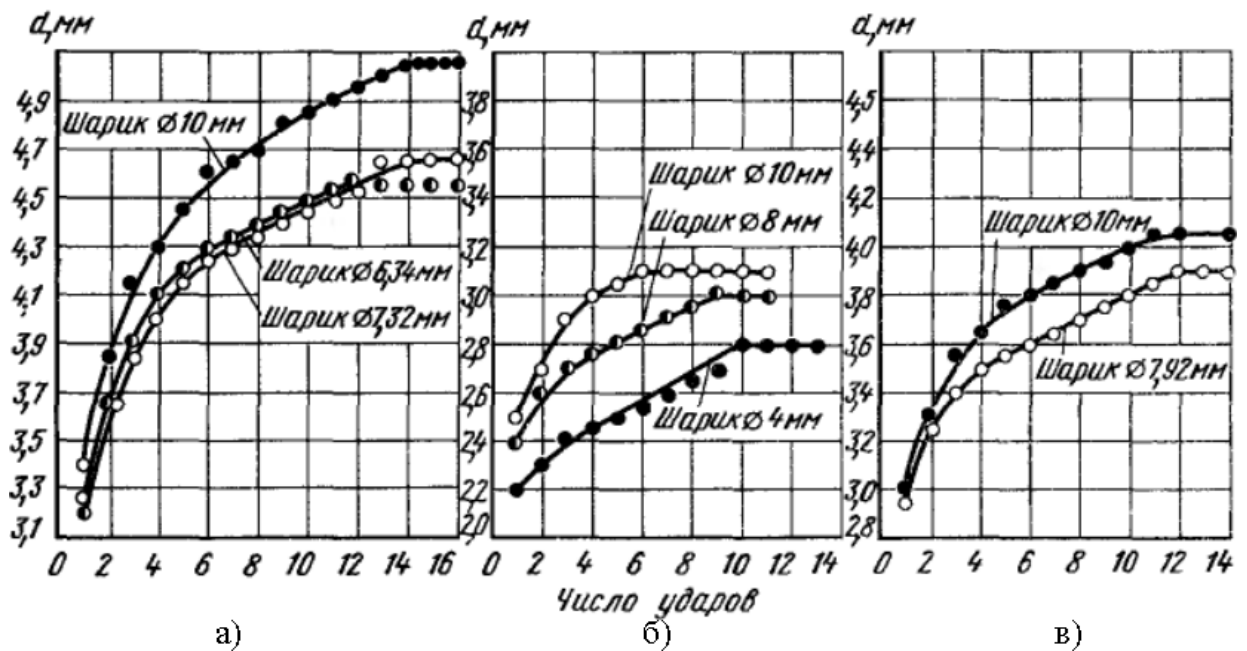


Рисунок 7 - Поширення наклепаної зони під поверхнею відбитку [4]

Глибина наклепаної зони, отриманої при ударному втискуванні кулі, практично дорівнює глибині наклепаної зони, отриманої при статичному одноразовому втискуванні кулі, за умови рівності діаметрів відбитку. Тому залежності параметрів від глибини наклепаного шару для умов статичного втискування можуть бути застосовані для ударного вантаження.



а - Ст3, HB112, би - 12ХН4ВА, HB 340, в - 35ХМ, HB 207

Рисунок 8 - Зміна діаметру відбитку при збільшенні числа ударів [4]

Ударне навантаження визначається енергією удару і швидкістю деформації, прикладеними до інструменту або робочого органу. Ударна енергія

робиться різними способами: за допомогою стислого повітря, тиску рідини, відцентрової сили, вібраційного руху робочого тіла, за допомогою пневматичних і пружинних пристроїв для передачі певних параметрів струменю або сталевій кульці для передачі ударного навантаження деформуючого інструменту (вперед).

Наприклад, бойок, окрім корисної роботи деформації, витрачає енергію на пружний відскік і на подолання сил тертя. Тому потенціальна енергія бойка при обробці конструкційних сталей має бути на 15-20% більше корисної роботи деформації.

Величина енергії пружного відскоку бойка ЕОТ залежить від маси, жорсткості оброблюваної деталі і характеристик її матеріалу, вона може становити 25-30 % і більше. Знаючи силу стискування пружини P_{cp} і хід бойка X , можна з достатньою точністю визначити потенційну енергію бойка E_p і енергію удару E_y :

$$E_p = P_{cp} X = E_y + E_{OT} \quad (3)$$

Залежно від діаметру вдавлюваного бойка (кулі) і твердості оброблюваного матеріалу оптимальне значення енергії удару складає 5-80 Дж, для конструкційних сталей 15-50 Дж, відповідно до рис. 9.

Ударне втискування в порівнянні із статичним залежно від твердості оброблюваного матеріалу вимагає в 1,7-2,8 рази більше енергії, відповідно до рис. 10.

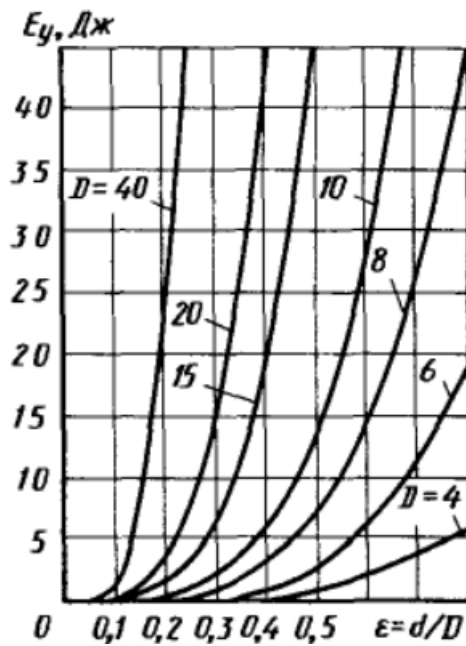


Рисунок 9 - Залежність енергії одноразового динамічного втискування E_y сферичної кулі від міри деформації ε для куль різних діаметрів [6]

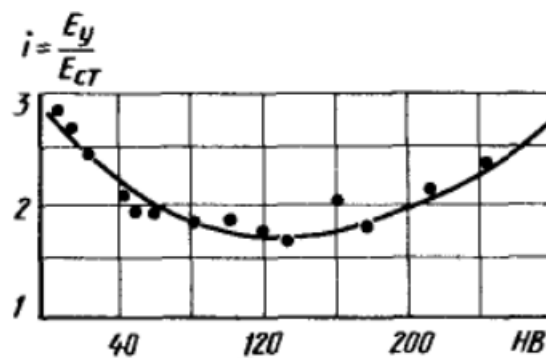
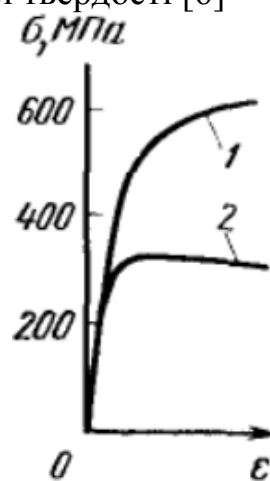


Рисунок 10 - Збільшення енергії втискування $i = E_y / E_{ст}$ при ударному вантаженні в порівнянні із статичним вантаженням для матеріалів різної твердості [6]



1 – ударне, 2 - статичне

Рисунок 11 - Залежності напруги від міри деформації для сталі невисокої твердості при вантаженні [6]



Рисунок 12 - Характер зміни властивостей металу поверхневого шару від міри деформації [6]

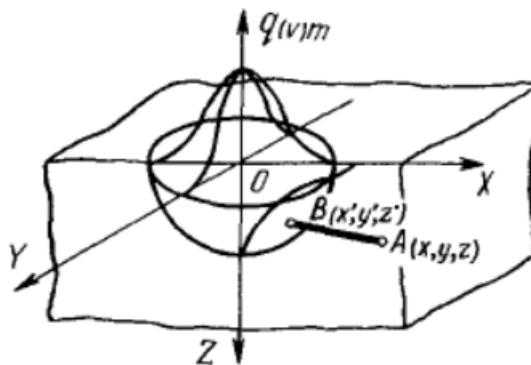


Рисунок 13 - Схема дії миттєвого джерела теплоти у поверхні тіла [6]

Одна з причин полягає в тому, що чим більше швидкість нагруження, тим менше час протікання пластичної деформації, а відповідно, вище напруження, при якій відбувається перехід від пружної деформації до пластичної. При збільшенні швидкості удару до 7,8 м/с динамічна межа міцності сталі інтенсивно зростає, при дальшому збільшенні швидкості межа міцності змінюється трохи. Залежність напруження від деформації для динамічного навантаження рясно покладена вище за таку залежність для статичного навантаження, в соответствии з рис. 11. Межа пружності при одноразовому ударі практично не збільшується, але значно підвищуються межі пластичності і міцності. Збільшення швидкості навантаження до 100 м/с приводить до підвищення межі пластичності, наприклад, для заліза армко - в 3,4 рази, для сталі 45 - в 3 рази, для Ст3 - в 2,8 рази. Межа міцності для вуглецевих термооброблених сталей зростає на 43 %, для заліза армко - на 55 %, т. е. зі збільшенням твердості матеріалу інтенсивність зміни цих характеристик зменшується.

Менше всього вказані характеристики змінюються для високопрочних сталей [6].

Характер зміни механічних властивостей металу поверхневого шару при обробці методами ППД показаний на малюнку 12. Так, при алмазному випрасовуванні корозійностійкої сталі і алюмінієвого сплаву на оптимальних режимах межа міцності матеріалу зміцненого поверхнотно-го шару збільшується до двох разів.

В процесі обробки поверхні пластичною деформацією і тренням металевого поверхневого шару виділяється тепло для нагріву заготовки, робочого органу, інструменту і довкілля. Тепло образується в основному за рахунок пластичної деформації, тому джерело тепла відповідає формі центру деформації згідно з малюнком 13, а сам процес характеризується миттєвим локальним нагрівом і швидким розсіюванням тепла у внутрішній частині заготовки.

Час взаємодії поверхневого шару заготовки з джерелом теплоти безпосередньо залежить від швидкості переміщення джерела і його розмірів у напрямі переміщення. Найбільший час контакту з джерелом теплоти мають точки, що лежать на осі X, у разі переміщення джерела по осі X. Для цих точок, розташованих в глибині, $z > 0$, час взаємодії з джерелом менше. Нарешті, для точки, що знаходиться на осі Z на межі джерела, контакт буде миттєвим. Якщо позначити через l раз- заходів джерела у напрямі осі його переміщення, то час нагріву будь-якої точки, розташованої на цій осі $t = l/v$ [6].

Унаслідок впливу багатьох параметрів обробки на розміри вогнища деформації, той час, що витрачається на нагрів, залежить не лише від швидкості, але і від тиску і розмірів інструменту. Якщо відома температура θ , отримана в результаті дії джерела, то швидкість нагріву

$$V_0 = \theta/t \text{ [6].}$$

При інтенсивних режимах обробки локальні ділянки поверхневих шарів нагріваються до різної температури: при обкатуванні до 300- 400.°С.

Це тепло викликає термопластическую деформацію і інші явища, які

зменшують ефекти затвердіння. Термопластическая деформація викликає різке падіння залишкової стискуючої напруги на поверхні і в деяких випадках призводить до їх перетворення на растягиваю- щие напруги. Також можливо сформувати вторинну структуру, яка знижує працездатність поверхні. З'єднання конструкції являється концентратором напруги, що призводить до утворення усталост- ных тріщин. Для конкретних матеріалів необхідно встановлювати такі тиски і швидкості обробки, які не приводять до підвищення темпера- тури поверхні вище за допустиме значення.

Згідно з таблицею 1, обробка ППД супроводжується складними структурними і фазовими перетвореннями поверхневого шару. У початковий момент відбувається дроблення зерен металу на блоки (полиганизация) і утворюється мозаїчна структура. Далі внаслідок посилення розвитку зрушень по площинах ковзання утворюються нові, значно подрібнені зерна. В ході чого кристаліти сплющуються, витягуються, змінюючи свою глобoidну форму. Різко змінюється співвідношення їх розмірів утворюється впорядкована орієнтована структура волокнистого характеру з анізотропними механічними властивостями, коли пластичність уздовж волокон вища, ніж в поперечному напрямі.

Головною причиною зміцнення є лавиноподібний розвиток дислокацій - дефектів в металевих ґратах, які накопичуються поблизу лінії зрушення. В результаті вони застрягли перед різними перешкодами, такими як перетин дислокацій, їх рухи, що перетинаються один з одним під кутом, зона деформації або межзеренный пограничний шар, який існував до цього, накопичення домішкових атомів, друга фаза Елементи і багато що інше. Подрібнення в об'ємі металу між лініями ковзання, обертання блоків, вигин поверхні ковзання і накоплення кристалічної решітки кристалічного продукту на ній допомагає збільшити шорсткість уздовж поверхні ковзання [7].

При наклепанні перенасичених твердих розчинів відбувається їх частковий розпад, в результаті якого виділяються найдрібніші частки нових структурних утворень. Останні, потрапивши на площині ковзання, блокують

розвиток зрушень. При поверхневому пластичному деформуванні сталі з феррито-перлитної структурою відбувається розпад твердого розчин α -железа і вуглецю.

Роль «шпильок» утворює карбід заліза і виділяється у виді дуже мілких карбідних включень. Можлива втрата азотистого з'єднання нитри- так. Зміцнення при поверхневій пластичній деформації сталі, які мають мартенситну структуру, пояснюється перетворенням залишкового аустениту в загартований мартенсит.

Питомий об'єм структурних компонентів розташовується в порядку убування таким чином: мартенсит тетрагона, мартенсит з кубічними ґратами, перліт (сорбіт, троостит), аустеніт [7].

У разі структурного перетворення під час обробки питомий об'єм потім збільшується, наприклад, від аустеніту до мартенситу, і потім утворюється залишкова напруга стискування. А в зворотному процесі - розтягуючі напруги.

Лінійність кристалічної структури і збільшення концентрації точкових дефектів і образование субмікроскопічних - безпечних і безпечних - також збільшують питомий об'єм металу. Загальне збільшення питомої місткості сталі складає до 1,1% [8].

Це призводить до утворення залишкової стискуючої напруги в заклепувальних областях, які досягають 1200-1500 МПа. Глибина напружений зазвичай варіюється від 10 до 50% і перевищує глибину шару з підвищеною твердістю [8].

Максимальна напруга найчастіше безпосередньо на поверхні або на деякій відстані від поверхні (що викликане тепловими явищами).

При підвищених зусиллях обробки можливий перенаклеп, результатом якого, є появою в поверхневому шарі небезпечних мікротріщин, також намічається утворення частинок металу, що відшаровується.

При перенаклепе поверхневі зерна сплющуються так, що стають майже невиразними. Також різко збільшується шорсткість поверхні. Наклепання металу можна частково або повністю зняти шляхом відпалу. Перенаклеп -

безповоротний процес, при якому нагріваючи не відновлює початкову структуру металу і його механічні властивості.

Поверхнева пластична деформація особливо ефективно для сталей із структурою метастабільного аустеніту, який перетвориться в твердий мартенсит при деформації. Розглянемо опис процесу перетворення для аустенітних сталей.

1.3 Особливості пластичної деформації для аустенітних сталей

Для зміцнення аустенітних сталей широко застосовується пластична деформація. Розглянемо в основному такі міри пластичної деформації ($D < 30\%$), які призводять до інтенсивної зміни дислокаційної структури [10].

При невеликих деформаціях (до 10%) утворюються скупчення і клубки дислокацій. Скупчення дислокацій є плоскими тільки в тих сталях, в яких досить низька енергія дефектів упаковки ($\sim 0,02$ МДж/м²). При збільшенні міри деформації відстань між окремими групами дислокацій зменшується і починає формуватися комірчаста структура. Вона є областями, що чергуються, з високою і низькою щільністю дислокацій. Формування комірчастої структури відбувається тим раніше, чим вище ΔG аустеніту. В результаті збільшення щільності дислокацій спостерігається монотонний ріст міцності (σ_u , $\sigma_{0,2}$) і зменшення відносного подовження аустенітної сталі [10].

При подальшому збільшенні міри пластичної деформації (вище 30%) розподіл осередків по розмірах звужується, а самі осередки зменшуються. Товщина субмеж осередків зменшується, а щільність дислокацій усередині субмеж збільшується (так само змінюється і середня за об'ємом щільність дислокацій).

При пластичній деформації залізомарганцевий аустеніт зміцнюється сильніший, ніж залізоникель. Це обумовлено тим, що, останній має більш високу ΔG . Чим нижче енергія дефектів упаковки аустеніту, тим менше

схильність розщеплених дислокацій до поперечного ковзання.

Нагрів деформованої сталі призводить до зниження щільності дислокацій. Температура, при якій спостерігається розміщення сталі, сильно залежить від легування аустеніту, особливо такими елементами, як молібден, вольфрам, хром, і помітно розрізняється для сталей. Зменшення міцності супроводжується підвищенням пластичних властивостей. Тепло деформація (при температурах вище за кімнатну, але нижче температури рекристалізації), в порівнянні з холодною деформацією (при кімнатній і більш низьких температурах), дозволяє отримувати в сталях менші міцносні властивості, але більш високі пластичні. Тому операції відпалу деформованого аустеніту і тепло деформація еквівалентні з точки зору зміни механічних властивостей.

У метастабільних сталях, зміцнених термомеханічною обробкою (ТМО), під час випробування розвивається мартенситне перетворення $\gamma \rightarrow (\epsilon, \alpha)$. Для сталей, що мають інтенсивну кінетику перетворення, необхідно проводити термомеханічну обробку таким чином, щоб стабілізувати аустеніт. Ступінь стабілізації має відповідати оптимальній кінетиці мартенситного перетворення. Зазначена стабілізація досягається в результаті формування комірчастої структури, закріплення дислокацій домішковими атомами, найбільш повного розчинення легуючих елементів в аустеніті. Для стабільних матеріалів та сталей з млявою кінетикою мартенситного перетворення необхідна дестабілізація аустеніту в процесі термомеханічної обробки за рахунок збіднення твердого розчину легуючими елементами. У цьому випадку дестабілізація аустеніту дозволяє отримати оптимальну кінетику мартенситного перетворення, що забезпечує високі пластичні властивості.

У деяких метастабільних аустенітних сталях старіння, як метод зміцнення неефективно. Проте в таких матеріалах спостерігається розпад твердого розчину при нагріві заздалегідь деформованого аустеніту (деформаційне старіння). Аустеніт таких сталей, в результаті деформаційного старіння дестабілізується, що забезпечує набуття високих

пластичних властивостей. Межа плинності, як правило, монотонно знижується у міру збільшення температури деформації ТД. Міра зниження $\sigma_{0,2}$ залежить від легування стали.

Ширші можливості зміни механічних властивостей аустеніту відкриваються при використанні таких сталей, в яких в результаті старіння відбувається значне зміцнення аустеніту (збільшення $\sigma_{0,2}$ в 1,5-2 рази). Застосування таких сталей дозволяє розробити принципово нові схеми комбінованого зміцнення, що включають старіння і пластичну деформацію [10].

1.4 Цілі і завдання роботи

Згідно з проведеним аналітичним оглядом сформована мета і завдання магістерської дисертації.

Мета роботи - підвищення зносостійкості штоків і плунжерів гідроциліндрів шляхом набуття необхідних властивостей поверхні деталей.

Запропонований спосіб досягнення мети - дугове наплавлення в захитом газі порошковим дротом з отриманням наплавленого металу із структурою метастабільного аустеніту з подальшою поверхневою пластичною деформацією методом обкатки кульовим інструментом.

Завдання роботи :

- підібрати режим і скомпонувати експериментальну установку для реалізації наплавлення дослідного зразка, що має розміри і матеріал типовими для штоків і плунжерів гідроциліндрів
- підібрати режим і скомпонувати експериментальну установку для реалізації обкатки дослідного зразка, після наплавлення
- розробити методику експериментальних досліджень
- провести експериментальне дослідження дослідного зразка
- зробити висновки за результатами дослідження.

2. Методика експериментальних досліджень

2.1 Визначення області дослідження

Областю дослідження магістерської дисертації є:

- реалізація запропонованого способу набуття необхідних властивостей поверхні деталей, стосовно дослідного зразка, що має розміри і матеріал типовими для штоків і плунжерів гідроциліндрів
- дослідження отриманого дослідного зразка, що включає заміри твердості і шорсткості на різних етапах реалізації запропонованого способу.
-

2.2 Визначення вимог до дослідного зразка

Дослідний зразок повинен мати розміри і матеріал типовими для штоків і плунжерів гідроциліндрів.

В якості заготовлі виберемо циліндр діаметром 40 мм, виготовлений із сталі Ст30 (далі заготовля), геометричні розміри вибраного заготування представлені на ескізі, відповідно до рис. 14. Цей діаметр, довжина і матеріал частенько застосовується для виробництва деталей типу шток і плунжер гідроциліндра.

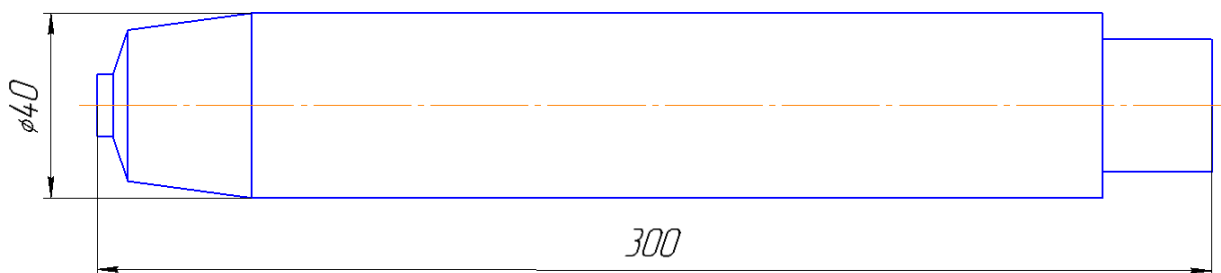


Рисунок 14 - Ескіз заготовлі

2.3 Визначення завдань експерименту

Визначимо завдання, які необхідно виконати в результаті проведення експерименту по реалізації запропонованого способу :

а) підібрати режим наплавлення, що забезпечує мінімальну долю участі основного металу, тим самим отримати структуру металу шва близьку до метастабільного аустеніту за рахунок присадного металу

б) отримати дві напавлені ділянки зразка, згідно з малюнком 15, ділянка 1 - одношарове напавлення завтовшки не менше 4 мм на сторону, ділянка 2 - двошарове напавлення завтовшки не менше 8 мм на сторону

в) провести механообробку напавлених ділянок, згідно рисунку 16

г) зробити вимір твердості поверхонь ділянок 1 і 2 після механообробки в одиницях HRC

д) підібрати режим обкатки кульовим інструментом, забезпечуючий підвищення твердості і зниження шорсткості поверхні зразка, тим самим отримати твердість після обкатки від 50 до 60 HRC, шорсткість від Ra 0,1 до Ra 0,5

е) розробити шаровий інструмент що дозволяє реалізувати підібрати режими обкатки

ж) реалізувати обкатку кульовим інструментом поверхні участ- ков 1 і 2 на двох різних режимах, згідно з малюнком 17,

з) зробити вимір твердості поверхонь ділянок 1 і 2 після обкатки в одиницях HRC.

и) зробити вимір шорсткості поверхонь ділянок 1 і 2 після обкатки в одиницях Ra.

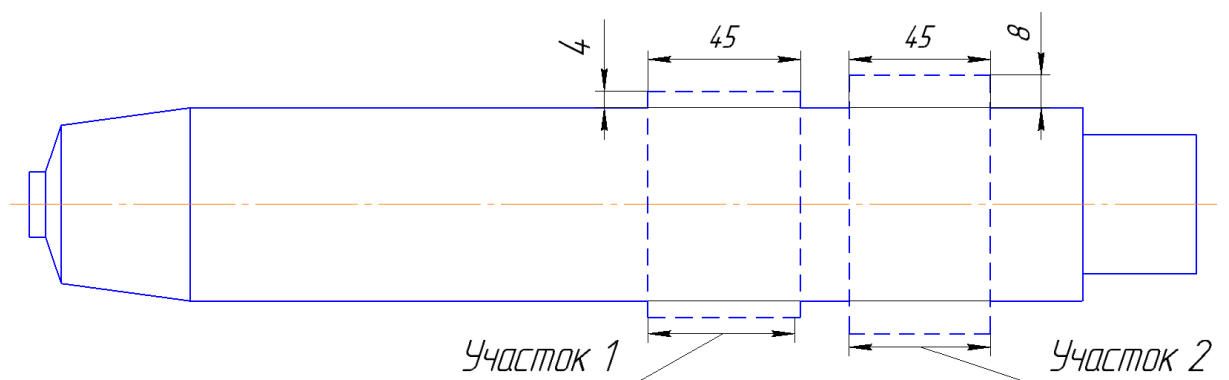


Рисунок 15 - Ескіз напавлення

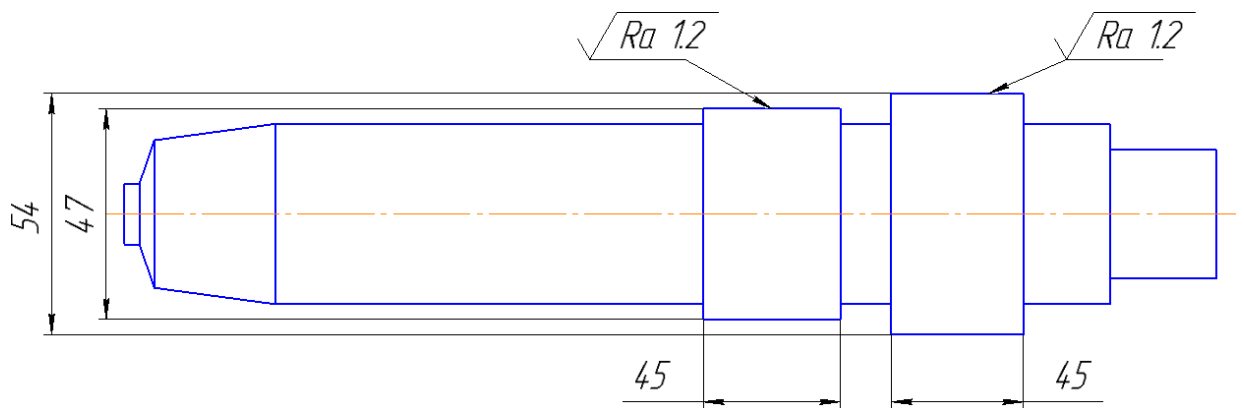


Рисунок 16 - Ескіз механообробки

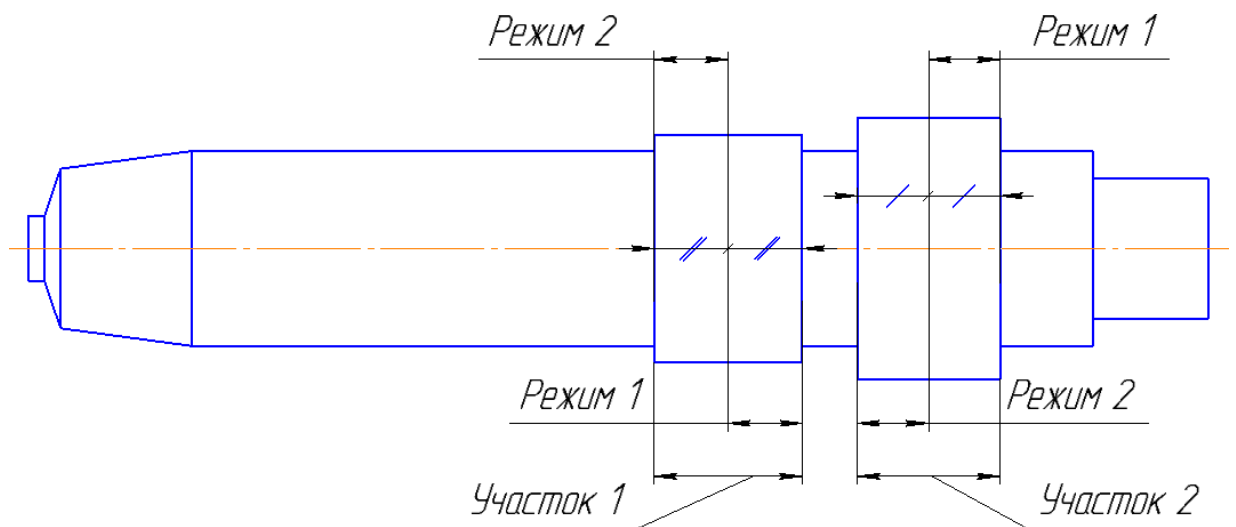


Рисунок 17 - Ескіз обкатки кульовим інструментом

2.4 Підбір параметрів режиму і компоновання устаткування для реалізації експерименту

Для виконання завдань, сформованих в підрозділі 2.3 справжньої роботи, виконуємо підбір режимів і компоновання устаткування.

2.4.1 Підбір наплавлювального матеріалу, режимів наплавлення і компонов-но експериментальної установки

В якості наплавлювального матеріалу вибираємо порошковий дріт ПП УГМ- 7/3-17,5 типу 50X18 діаметром 1,2 мм.

При використанні цього дроту передбачається отримання наплавленого металу того, що має в складі хром 18-20%, що у поєднанні з невисоким легуванням вуглецем, до 0,35%, забезпечує хорошу корозійну стійкість

і азот 0,2 % для можливості отримання в наплавленому шарі структури метастабільного аустеніту.

Параметри режиму повинні забезпечити отримання геометричних розмірів наплавлених ділянок згідно з малюнком 15 підрозділу 2.1 цієї роботи і отримання найменшої долі участі основного металу в металі шва з метою отримання в наплавленому шарі структури метастабільного аустеніта.

Підбір параметрів режиму наплавлення вироблюваний досвідченим шляхом. По-лученные параметри режиму наплавлення представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Параметри режиму наплавлення

№ з/п	Параметр	Значення
1	Зварювальний дріт	ПП УГМ- 7/3-17,5 типу 50X18
2	Режим зварювання	Імпульс
3	Діаметр дроту	1,2 мм
4	Захисний газ	Ar/CO ₂ , 98%/2%
5	Зварювальний струм	102 А
6	Напруга	19 В
7	Швидкість обертання	1 про/мін
8	Зміщення zenіту наплавлення	3 мм
9	Положення пальника	під кутом 20°, кутом назад

Для виконання завдання наплавлення дослідного зразка експериментальна установка повинна забезпечити виконання наступних вимог :

- а) закріплення зразка
- б) обертання зразка навколо його осі із заданою швидкістю
- в) можливість реалізації наплавлення згідно параметрів режиму, представлених в таблиці 4
- г) закріплення і позиціонування зварювального пальника відносно зразка для зміщення пальника і зміщення zenіту наплавлення.

Для задоволення поставлених вимог, вибираємо наступне устаткування:

Зварювальний позиціонер «ШТОРМ МАК500» оснащений затискним трикулачковим патроном і консоллю з хрестоподібним ручним супортом зварювального пальника.

Технічні характеристики зварювального позиціонера представлені в таблиці 5. Представлені технічні характеристики задовольняють вимогам «а», «б» і «г» цього пункту.

Таблиця 5 - Технічні характеристики «ШТОРМ МАК500»

№ з/п	Параметр	Значення
1	Максимальна вантажопідйомність, кг	500
2	Швидкість обертання, про/мін	0,12 – 1,20
4	Наявність консолі для кріплення і позиціонування зварювального пальника	+
5	Наявність затискного патрона	+
6	Діапазон діаметрів затиску патрона, мм	10 – 100

Зварювальний апарат «ШТОРМ LORCH S5» оснащений зварювальною го-релкою «Autogen Ritter SB500W».

Технічні характеристики зварювального апарату «ШТОРМ LORCH S5» представлені в таблиці 6. Представлені технічні характеристики задовольняють вимозі «в» цього пункту.

Таблиця 6 - Технічні характеристики «ШТОРМ LORCH S5»

№ з/п	Параметр	Значення
1	Зварювальний струм, А	30 – 400
2	Наявність режиму імпульсного зварювання	+
3	Можливість зварювання в інертному газі і сумішей газів	+

Експериментальна установка для наплавлення зі встановленими при підборі параметрами режиму представлена на рис. 19.



2.4.2 Підбір устаткування для механообробки наплавлених участ- ков і виміру твердості

Устаткування повинне забезпечити:

а) реалізацію механообробки наплавлених ділянок 1 і 2 дослідні зразки до геометричних розмірів і шорсткості, згідно з малюнком 16 підрозділу 2.1 цієї роботи

б) реалізацію виміру твердості ділянок 1 і 2 в одиницях HRC. Виходячи з пред'явлених вимог, вибираємо наступне обладнання

Токарно-гвинторізний верстат «1к62». Цей верстат задовольняє вимозі «а», а також доступний для користування авторів цієї роботи.

Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстата «1к62» представлені в табл. 7. Представлені характеристики задовольняють вимозі «а» цього пункту.

Таблиця 7 - Технічні характеристики «1к62»

№ з/п	Параметр	Значення
1	Максимальний діаметр обробки, мм	400
2	Максимальна довжина заготівлі, мм	1500

Твердомер «ПМТ-3». Має можливість виміру твердості в одиницях HRC і можливістю виміру твердості циліндричних тіл відповідних діаметрів ділянок 1 і 2 згідно з малюнком 16 підрозділу 2.1 цієї роботи.

2.4.3 Підбір режимів обкатки, розробка і виготовлення кульового інструменту

Підбір параметрів режиму обкатки проводимо згідно з даними [2].

Згідно з діаметром наплавлених ділянок дослідного зразка вибирається діаметр кулі, зусилля обкатки, швидкість подання кульового інструменту уздовж осі зразка і швидкість обертання зразка.

Необхідні параметри обкатки представлені в таблиці 8.

Таблиця 8 - Необхідні параметри обкатки

№ р- ма	Діаметр кулі, мм	Швидкість подання кульового инстру- менту, ммхв	Швидкість обертання про/хв	Зусилля обкатки кг	Кількість проходів, шт
1	15	0,07	60	150 – 200	1

Для реалізації параметрів обкатки представлених в таблиці 8, розробимо кульовий інструмент.

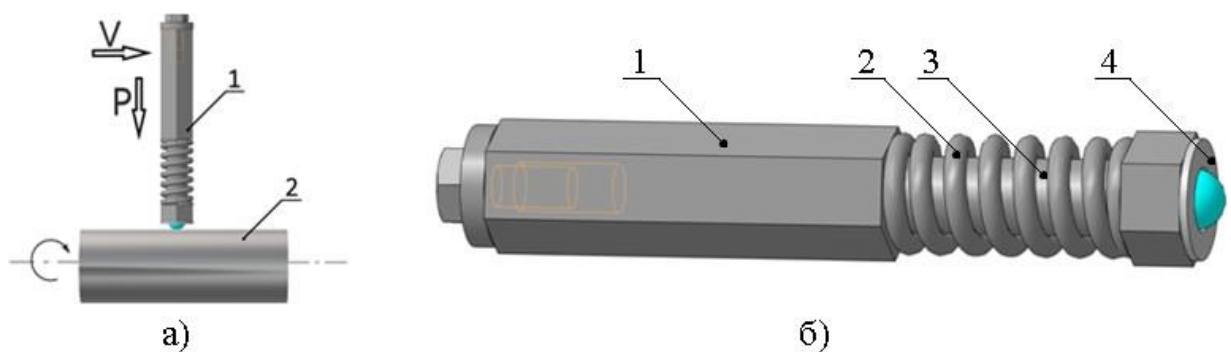
Шаровий інструмент повинен забезпечити виконання наступних вимог.

- а) реалізацію обкатки на режимах згідно з таблицею 8,
- б) можливість реалізації обкатки кульовим інструментом з

використуванням стандартного токарно-гвинторізного верстата.

Розробляємо конструкцію кульового інструменту і схему передачі зусилля обкатки, що задовольняє поставленим вимогам.

Схема передачі зусилля обкатки і ескіз конструкції кульового інструмента представлені на рис. 20.



- а - схема передачі зусилля : 1 - шаровий інструмент, 2 - зразок,
- би - шаровий інструмент: 1 - втулка, 2 - тарована пружина
- 3 – стержень, 4 - кульова опора

Рисунок 20 - Ескіз конструкції і схема передачі зусилля

Вибір тарованої пружини кульового інструменту вироблюваний виходячи з необхідних зусиль обкатки в 150 і 200 кг Вибираємо пружину 1086

0992 по ГОСТ 13772-80.

Тарировочный графік пружини представлений на малюнку 21.

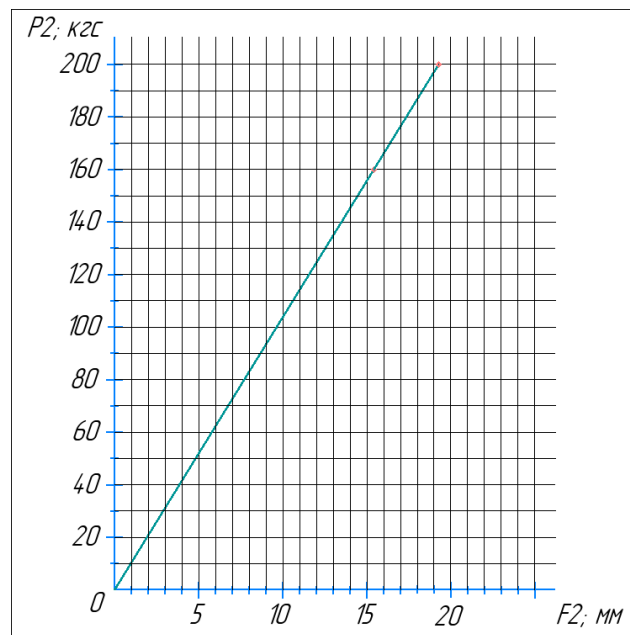


Рисунок 21 - Тарировочный графік пружини 1086-0992 по ГОСТ 13772-80 Вибір кульової опори вироблюваний згідно з необхідним діаметром шара - 15 мм.

Вибираємо кульову опору «SPM В 15», діаметр кулі - 15 мм.

Згідно конструкції кульового інструменту формуємо параметри режиму обкатки стосовно токарно-гвинторізного верстата, режими представлені в таблиці 9.

Таблица 9 - Параметры режима обкатки

№ р-ма	Подовжнє подання* мм/мін	Швидкість обертання шпинделя про/мін	Стискування пру- жини** мм (зусилля, кг)	Кількість проходів, шт.
1	0,07	60	14,45 (150)	1
2	0,07	60	19,28 (200)	1

*0.07 чи мінімальне значення подовжного подання верстата.

**Величина сжатия пружины (поперечной подачи суппорта станка) в мм. после касания шарика обрабатываемой поверхности

Готуємо складальне креслення кульового інструменту і виготовляємо шаровий інструмент згідно із складальним кресленням.

Складальне креслення кульового інструменту представлено на рис. 22, фото кульового інструменту у зборі і в розборі представлені на рис. 23.

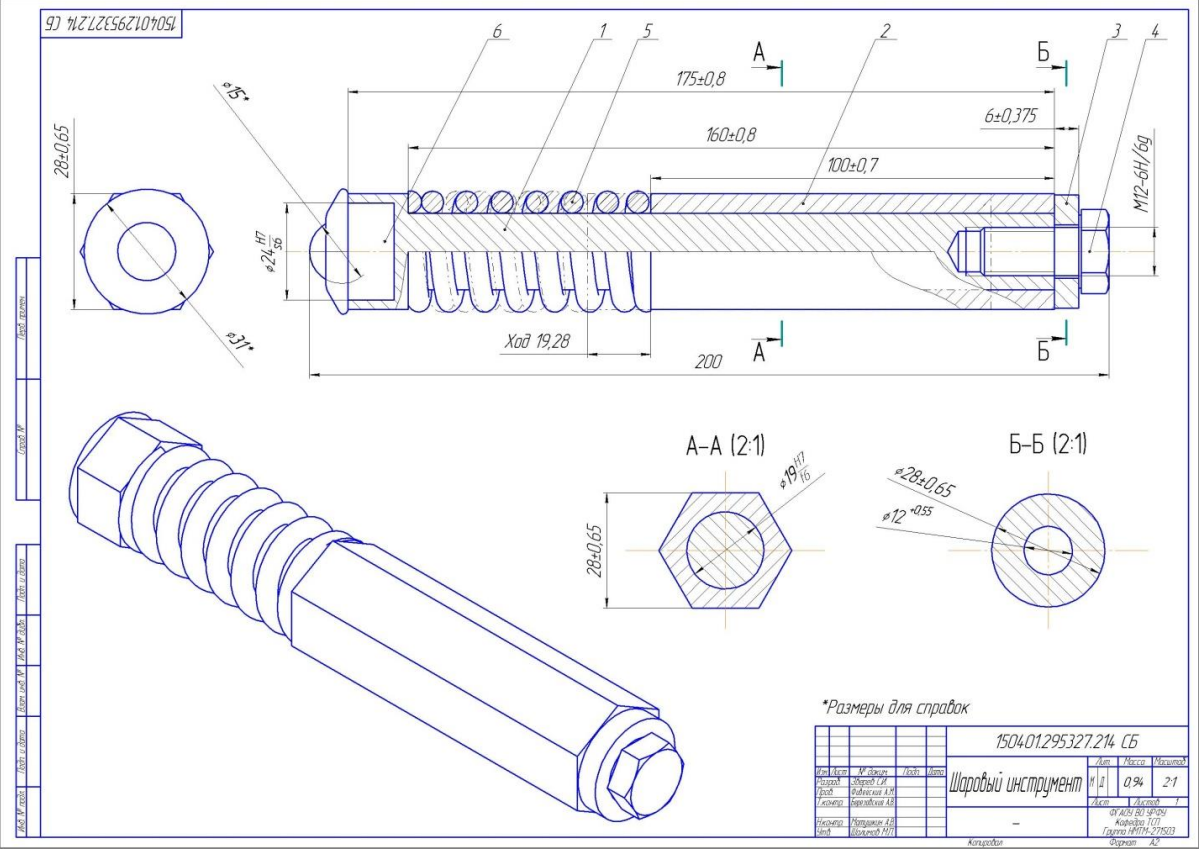


Рисунок 22 - Складальне креслення кульового інструменту

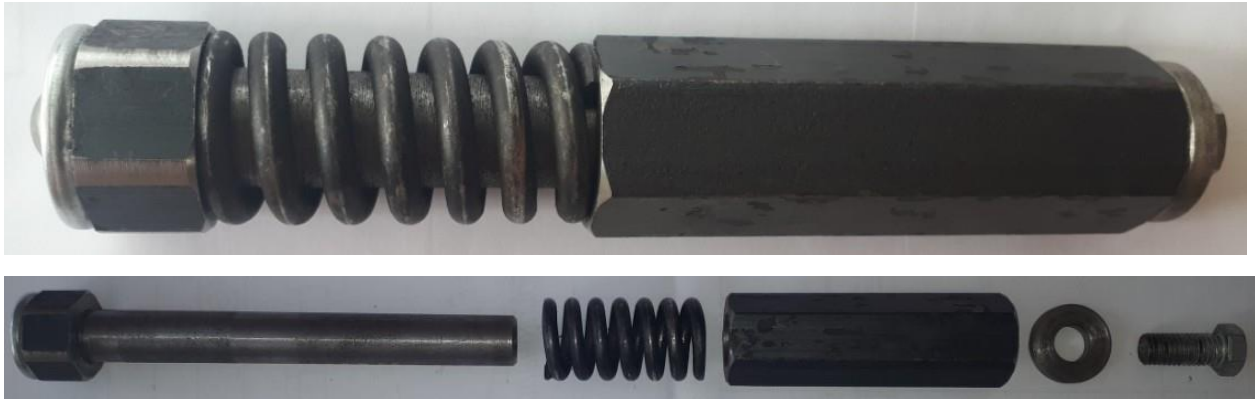


Рисунок 23 - Кульовий інструмент у зборі і в розборі

2.4.4 Компонування установки для обкатки кульовим інструментом

Установка повинна забезпечувати виконання наступних вимог :

- а) закріплення дослідного зразка;
- б) обертання дослідного зразка навколо його осі із заданою швидкістю;
- в) закріплення кульового інструменту;
- г) реалізацію подовжнього подання кульового інструменту із заданою швидкістю;
- д) реалізацію поперечного подання кульового інструменту на задане відстань.

Виходячи з пред'явлених вимог, вибираємо наступне обладнання.

Токарно-гвинторізний верстат «1к62». Цей верстат забезпечує реалізацію поставлених вимог від «а» до «д», а також доступний для користування авторів роботи.

Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстата «1к62» представлені в таблиці 7 цієї роботи.

Проведено комплектування установки для деформаційної обкатки кульовим інструментом, згідно із заявленими вимогами. Сформовано креслення загального вигляду установки і графічно представлений нарис. 24 і 25.

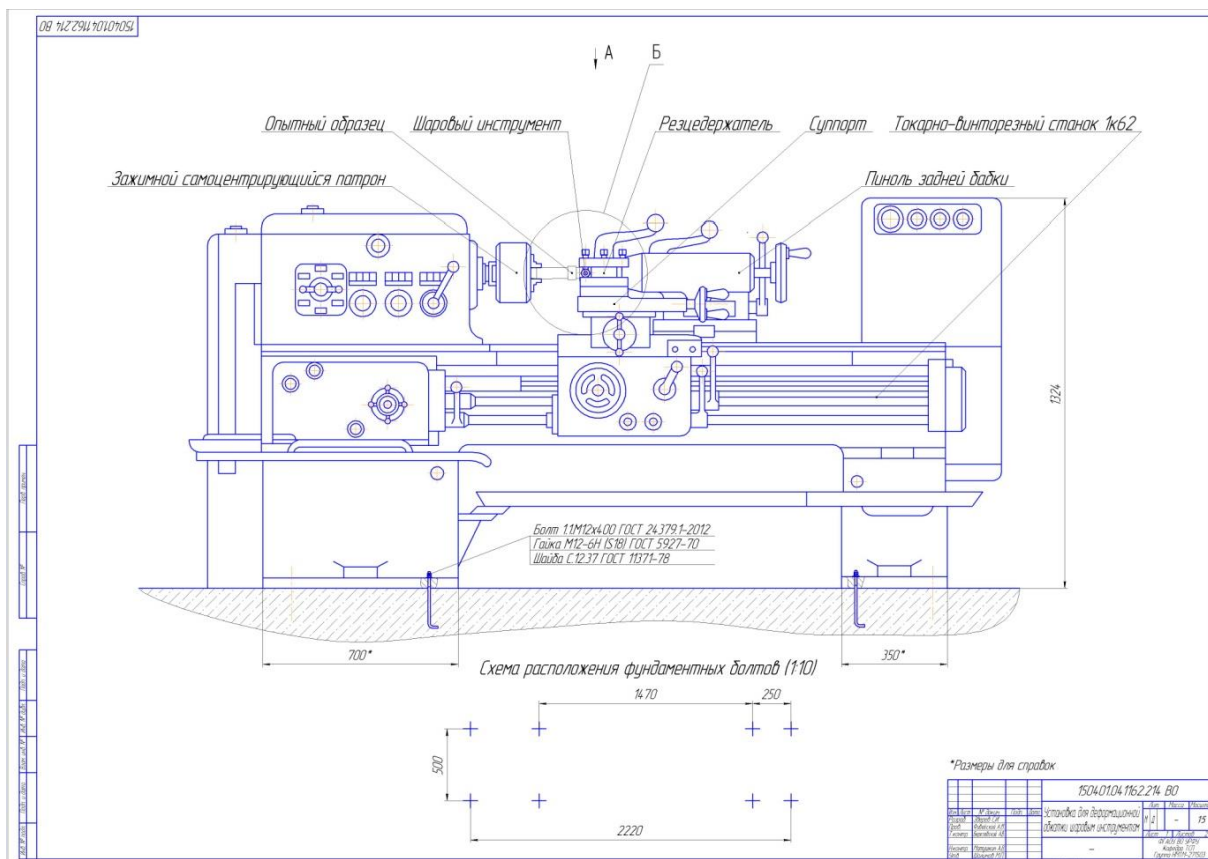


Рисунок 24 - Загальний вигляд установки для деформаційної обкатки кульовим інструментом, лист 1

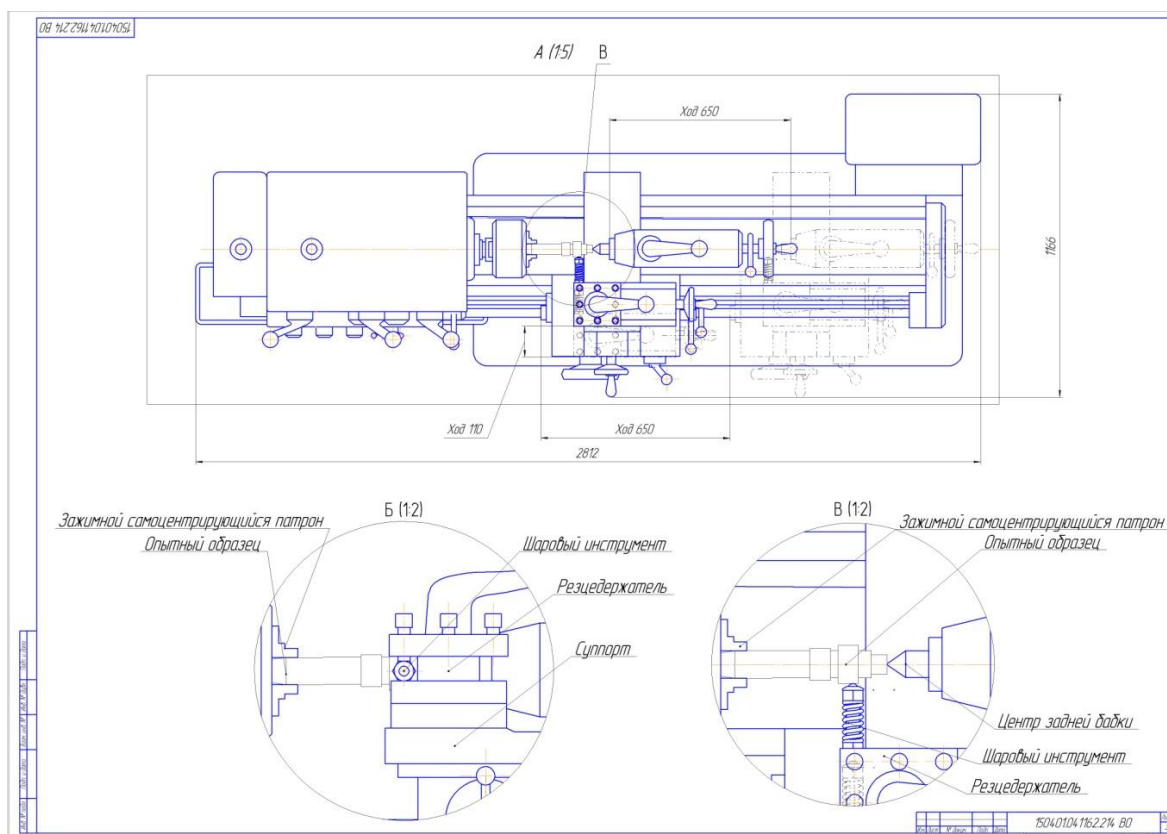


Рисунок 25 - Загальний вигляд установки для деформаційної обкатки кульовим інструментом, лист 2

2.4.5 Підбір устаткування для виміру твердості дослідного зразка після обкатки

Устаткування повинне забезпечити виконання наступних вимог : а) реалізацію виміру твердості ділянок 1 і 2 в одиницях HRC. Виходячи з пред'явлених вимог, вибираємо наступне обладнання.

Твердомер «Т-УДЗ». Має можливість виміру твердості в одиницях HRC і можливістю виміру твердості циліндричних тіл ділянок 1 і 2 відповідних діаметрів згідно з рис. 16 підрозділу 2.1 цієї роботи.

2.4.6 Підбір устаткування для виміру шорсткості дослідного зразка після обкатки

Устаткування повинне забезпечити виконання наступних вимог : а) реалізацію виміру шорсткості ділянок 1 і 2 в одиницях

Ra.

Виходячи з пред'явлених вимог, вибираємо наступне обладнання.

Профілометр «MarSurf M 300». Задовольняє поставленим вимогам. Компактний і зручний в експлуатації при роботі з відносно невеликими тілами, такими як дослідний зразок в цій роботі.

2.5 Методика експерименту

Методика експерименту оформлена у вигляді таблиці такою, що описує дій- ствия і послідовність заходів, що відповідає їм, направлених на виконання завдань експерименту і формування результатів дослідження.

Методика експерименту представлена в таблиці 10.

Таблиця 10 - Методика експерименту

№	Дія	Послідовність заходів
1	Наплавлення: наплавити участки 1 і 2 со- гласно малюнку «ескіз наплав- ки» і таблиці «параметри ре- жиму наплавлення»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Підібрати заготівлю згідно з малюнком «ескіз заготівлі» 2. встановити заготівлю в затискний патрон сварочного позиціонера 3. встановити бухту з дротом соответствующів марки згідно з таблицею «параметри режиму наплавлення» в зварювальний апарат 4. позиціонувати зварювальний пальник до заготівлі, змістити зеніт наплавлення і кут нахилу на відстань що відповідає параметру «зміщення зеніту наплавлення» і »положення пальника відповідно, згідно з таблицею »параметри режиму наплавлення» і встановити кут нахилу горелки за допомогою консолі з хрестоподібним суппортом на величину згідно з таблицею «параметри режиму наплавлення» 5. на панелі управління зварювального апарату задати параметри «режим зварювання», «діаметр дроту, »зварювальний струм« і »напруга« згідно таблиці «параметри режиму наплавлення» 6. на панелі управління зварювального позиціонера задати параметр «швидкість обертання» згідно таблиці «параметри режиму наплавлення» 7. запустити цикл зварювання, натиснувши на кнопку стартзварювання 8. отримати кільцевий наплавлений валик

		<p>9. змістити пальник уздовж осі заготівлі на постійного рівня 0,75 від ширини ва-лиця, що вийшла</p> <p>10. натиснути кнопку старт зварювання</p> <p>11. повторювати останні 4 заходи з цієї послідовності до досягнення ширини на-павленої ділянки згідно з малюнком «ескіз на-павки»</p> <p>12. при двошаровому напавленні повторити послед-ние 5 заходів з цієї послідовності.</p>
2	<p><i>Механооб- ботка:</i></p> <p><i>реалізувати ме- ханообработку згідно рисун- ку «ескіз меха- нообработки»</i></p>	<p>1. Встановити дослідний зразок в затискній па-трон задньої токарного верстата</p> <p>2. проточити до досягнення розмірів згідно з малюнком «ескіз механообработки».</p>
3	<p><i>Завмер твердо- сти після меха- нообработки:</i></p> <p><i>виміряти</i></p> <p><i>твер</i></p> <p><i>- достъ</i></p> <p><i>поверхно- сти</i></p> <p><i>ділянок 1 і</i></p> <p><i>2 після механо- обработки</i></p>	<p>1. Встановити дослідний зразок на рівну твер-дму поверхню</p> <p>2. встановити відповідну насадку на твер-домірювання згідно з паспортом твердомера і вибрати режим вимір твердості в одиницях HRC</p> <p>3. зробити ряд вимірів твердості поверхні ділянок 1 і 2 за методикою описаної в паспорті твердомера</p> <p>4. занести результати вимірів в таблицю сле-дуючого виду :</p>

		№ ділянки	Твердість, HRC
		1	ряд вимірів (середнє значення)
		2	ряд вимірів (середнє значення)
4	Деформацион- ная обкатка кульовим инст- рументом: реалізувати об- катку кульови м інструментом згідно рисун- ку «ескіз обкат- ки кульовим ин- струментом»	1. Встановити дослідний зразок в затискний па- трон верстата і підібгати центром задньої бабки 2. встановити шаровий інструмент в резцедер- жатель верстата 3. вручну поперечна подать супорт до торкання кульового інструменту поверхні досвідченого об- разца 4. вручну поперечна подать супорт на рас- стояння згідно з таблицею «параметри режиму об- катки» 5. встановити параметри швидкості подовжнього подання і швидкості обертання верстата згідно таб- особі «параметри режиму обкатки» 6. запустити верстат згідно інструкції по экс- плуатации верстата	
5	Завмер твердо- сти після об- катки кульовим інструментом: виміряти твер- дость поверхно- сти ділянок 1 і 2 після обкатки кульовим инст- рументом	1. Встановити дослідний зразок на рівну твер- дму поверхню 2. встановити відповідну насадку на твер- домірювання згідно з паспортом твердомера і вибрати режим вимір твердості в одиницях HRC 3. зробити ряд вимірів твердості поверхні ділянок 1 і 2 за методикою описаної в паспорті твердомера 4. занести результати вимірів в таблицю сле- дуючого виду :	

		№ ділянки		Твердість, HRC
		1	Режим 1	діапазон (середнє значення/розмах)
			Режим 2	діапазон (середнє значення/розмах)
		2	Режим 1	діапазон (середнє значення/розмах)
			Режим 2	діапазон (середнє значення/розмах)
6	<p><i>Завмер шерохуватости після обкатки шаровым инструментом:</i></p> <p>виміряти шерохуватость поверхності участков 1 і 2 після обкатки шаровым инструментом</p>	<p>1. Встановити дослідний зразок на рівну твердому поверхню</p> <p>2. встановити відповідну насадку на профілометр згідно з паспортом профілометра і вибрати режим виміру твердості згідно паспорту</p> <p>3. зробити ряд вимірів шорсткості поверхності ділянок 1 і 2 за методикою описаної в паспорті твердомера</p> <p>4. занести результати вимірів в таблицю следующего виду:</p>		
		№ ділянки		Шорсткість, Ra
		1	Режим 1	діаграма вимірів (середнє значення)
			Режим 2	діаграма вимірів (середнє значення)
		2	Режим 1	діаграма вимірів (середнє значення)
			Режим 2	діаграма вимірів (середнє значення)

2.6 Висновки по розділу 2

- 1) підібраний режим дугового наплавлення в захисному газі, забезпечує отримання мінімальної долі участі основного металу в наплавленому металі, що дозволяє розраховувати на отримання в структурі наплавленого металу метастабільного аустеніту
- 2) скомпонована експериментальна установка для наплавлення согласно підбраному режиму на базі зварювального позиціонера «ШТОРМ МАК500» і зварювального апарату «ШТОРМ LORCH S5»
- 3) підібрані режими деформаційної обкатки кульовим інструментом що дозволяють реалізувати обкатку дослідного зразка із зусиллями 150 кг і 200 кг
- 4) розроблений шаровий інструмент з тарованою пружиною для реалізації обкатки із зусиллями 150 і 200 кг
- 5) скомпонована експериментальна установка для обкатки згідно підбраному режиму на базі токарно-гвинторізного верстата «1к62»,
- 6) розроблена методика проведення експерименту по наплавленню дослідного зразка з подальшою обкаткою використовуючи підібрані режими і скомпоновані експериментальні установки.

3 Проведення досліджень

3.1 Наплавлення

Згідно з пунктом 1 методики експерименту, реалізована дугова наплавка в захисному газі порошковим дротом типу 50X18 діаметром 1,2 мм на режимах згідно з таблицею 4 цих роботи.

В результаті отримана дві ділянки наплавленого металу, згідно з малюнком 15 підрозділу 2.1 цієї роботи.

Процес наплавлення дослідного зразка показаний на малюнку 26.



Рисунок 26 - Процес наплавлення дослідного зразка

3.2 Механообработка і завімер твердості

Згідно з пунктом 2-3 методики експерименту, здійснена токарна обробка наплавлених ділянок дослідного зразка, згідно з малюнком 16 підрозділу 2.1 цієї роботи.

Зроблений вимір твердості наплавлених ділянок 1 і 2 після токарної

обробки.

В результаті отримані ці виміри твердості, приведені в таблиці 11.

Таблиця 11 - Результати виміру твердості після токарної обробки

№ ділянки	Твердість, HRC
	ряд вимірів (ср-е значення)
1	39,0; 41,0; 42,0; 38,0 (40)
2	42,0; 43,0; 40,0; 39,0 (40,5)

Зовнішній вигляд дослідного зразка після механообробки і виміру твердості представлений на малюнку 27.



Рисунок 27 - Дослідний зразок після механообробки і виміру твердості

3.3 Деформаційна обкатка кульовим інструментом

Згідно з пунктом 4 методики експерименту, реалізована деформаційна обкатка кульовим інструментом з використанням кульового інструмента і підібраних режимів, згідно з малюнком 17 підрозділу 2.1 даною роботи.

Процес обкатки кульовим інструментом показаний на рис. 28.



Рис.нок 28 - Процес обкатки кульовим інструментом

3.4 Вимір твердості після обкатки

Згідно з пунктом 5 методик експерименту, зроблений вимір твердості ділянок 1 і 2 після обкатки.

Результати виміру твердості автоматично формуються у виді протоколів, що включають інформацію по даті контролю, вибраній шкалі вимірів, діапазону заміряних твердостей, середній заміряній твердості і так далі. Протоколи виміру представлені на рис. 29.

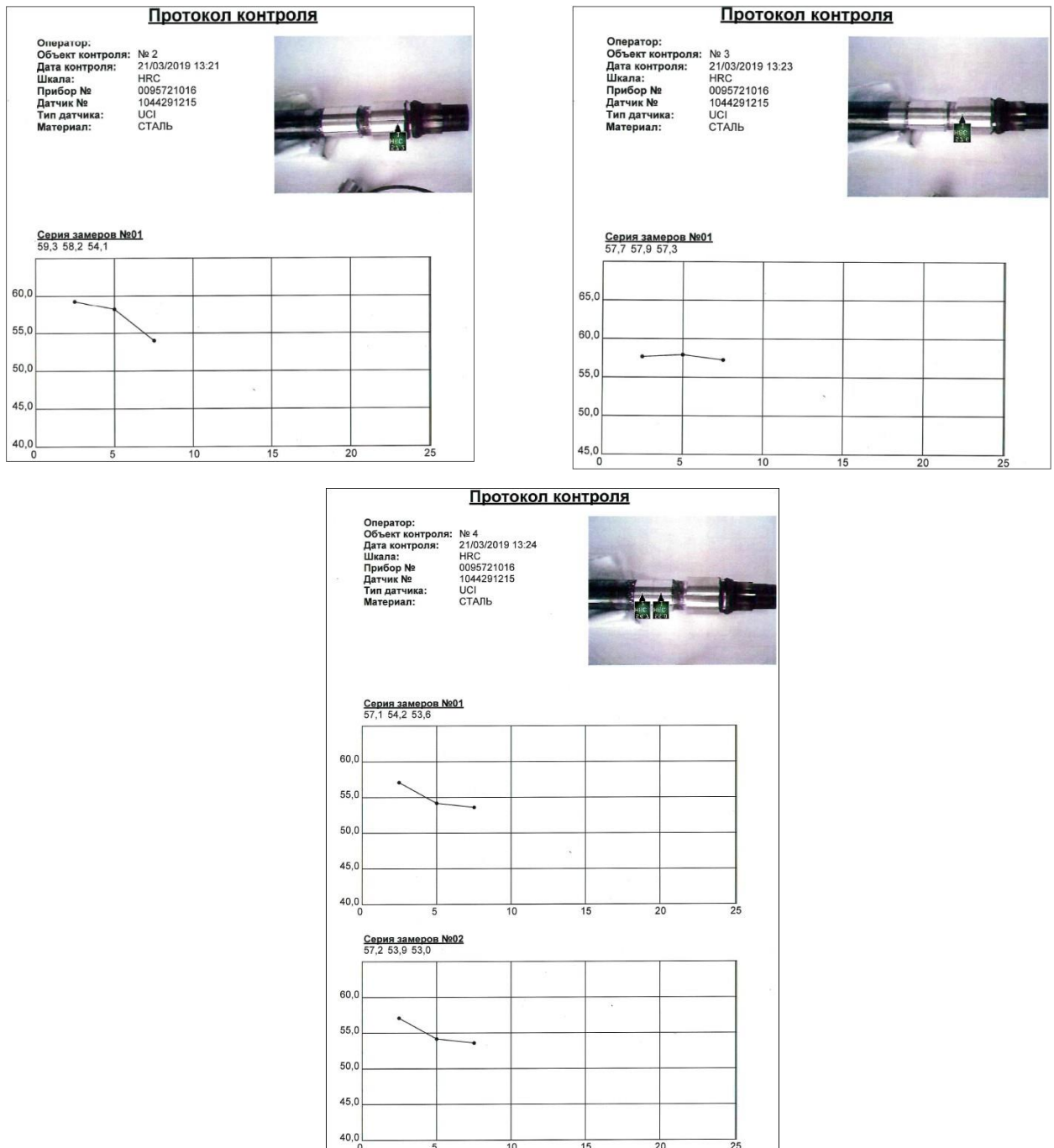


Рисунок 29 - Протоколы виміру твердості

В результаті отримані дані твердості, приведені в таблиці 12.

Таблиця 12 - Результати виміру твердості після обкатки

№ ділянки		Твердість, HRC діапазон вимірів (ср-е значення / розмах)
1	Режим 1	53,6 – 57,1 (ср-е 55,0 / розмах 3,5)
	Режим 2	53,0 – 57,2 (ср-е 55,1 / розмах 4,2)
2	Режим 1	54,1 - 59,3 (ср-е 57,2 / розмах 5,2)
	Режим 2	57,3 – 57,9 (ср-е 57,6 / розмах 0,7)

3.5 Вимір шорсткості після обкатки

Згідно з пунктом 6 методик експерименту, зроблений вимір шероховатости ділянок 1 і 2 після обкатки.

Результати виміру шорсткості автоматично формуються у вигляді протоколу, що містить інформацію по даті і часу виміру, заміряній шорсткості в різних одиницях вимірів, діаграми вимірів і так далі

Сформированные протоколы представлены на малюнку 30.

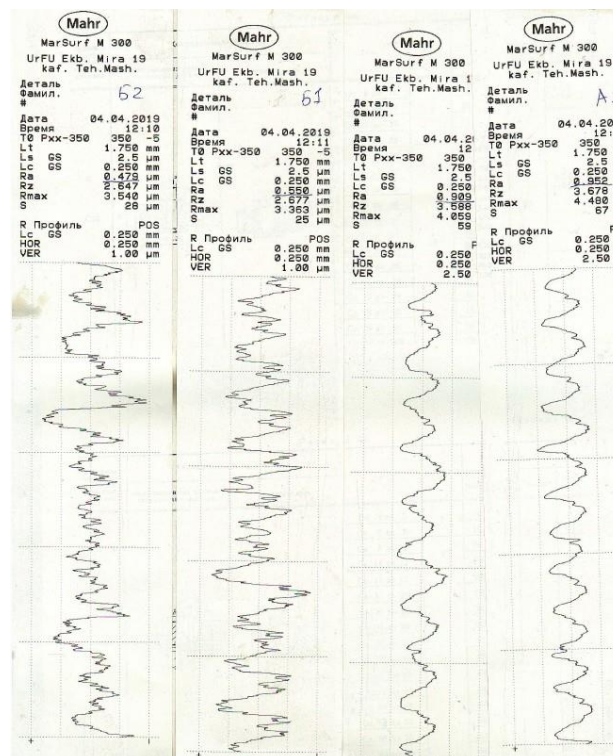


Рисунок 30 - Протоколи виміру шорсткості

В результаті отримані ці шорсткості, приведені в таблиці 13.

Таблиця 13 - Результати виміру шорсткості після обкатки

№ ділянки		Шорсткість, R_a
1	Режим 1	0,952
	Режим 2	0,909
2	Режим 1	0,550
	Режим 2	0,479

Процес виміру шорсткості представлений на малюнку 31.



Рисунок 31 - Процес виміру шорсткості

3.6 Висновки по розділу 3

- 1) проведено досвідчене наплавлення зразка згідно розробленої методики, отримана дві наплавлені ділянки, ділянка 1 - одношарове наплавлення, ділянка 2 - двошарове наплавлення
- 2) проведена токарна обробка наплавлених ділянок і заміряна твердість, виміри показали твердість ділянки 1 - 40,0 HRC, твердість ділянки 2 - 40,5 HRC
- 3) проведена досвідчена обкатка ділянок 1 і 2 згідно розробленої методики на різних режимах з варіацією зусиль обкатки 150 кг і 200 кг
- 4) зроблений вимір твердості ділянок 1 і 2 на режимі 1 - зусилля обкатки 150 кг і режимі 2 - зусилля обкатки 200 кг. Виміри показали твердість ділянки 1 - 50,0 HRC і 50,1 HRC (на режимах 1 і 2 відповідно), ділянки 2 - 57,2 HRC і 57,6 HRC (на режимах 1 і 2 відповідно). Виявлений помітний ріст зміцнення при збільшенні шарів наплавлення, який може бути обґрунтований отриманням більше вираженої структури метастабільного аустеніту за рахунок збільшення долі участі присадного металу
- 5) зроблений вимір шорсткості ділянок 1 і 2 на режимах 1 і 2, виміри показали шорсткість ділянки 1 - 0,95 Ra і 0,91 Ra (на режимах 1 і 2 відповідно), ділянки 2 - 0,55 Ra і 0,48 Ra (на режимах 1 і 2 відповідно). Виявлено зменшення шорсткості на 30% при збільшенні шарів наплавлення і зменшення на 10% при збільшенні зусиль обкатки.

4 Аналіз отриманих результатів досліджень

На підставі результатів дослідження сформовані звідні графіки, рис. 32 і рис. 33, що наочно демонструють наступне:

— наплавлений метал після механообробки (до обкатки) має твердість в межах 40,0-40,5 HRC

— після обкатки кульовим інструментом твердість поверхні зросла до 55,0-55,1 HRC (при одношаровому наплавленні) і до 57,2-57,6 HRC (при двошаровому наплавленні)

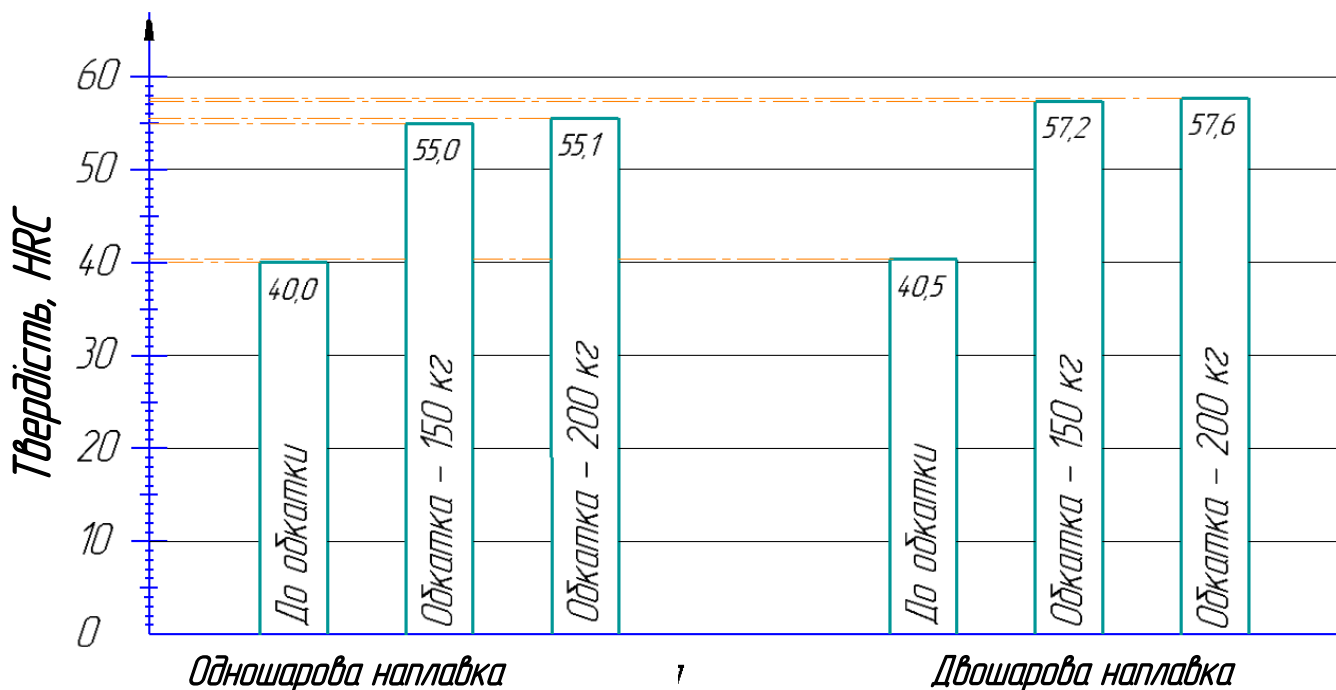


Рисунок 32 - Твердість поверхні дослідного зразка залежно від кількості шарів наплавлення і зусилля обкатки

— після обкатки шорсткість поверхні зменшилася від $Ra=1,2$ до $Ra=0,9$ при одношаровому наплавленні і від $Ra=1,2$ до $Ra=0,5$ при двошаровому наплавленні

— спостерігається зменшення шорсткості на 30% при збільшенні шарів наплавлення і зменшення на 10% при збільшенні зусилля обкатки, у відповідності з рис. 24.

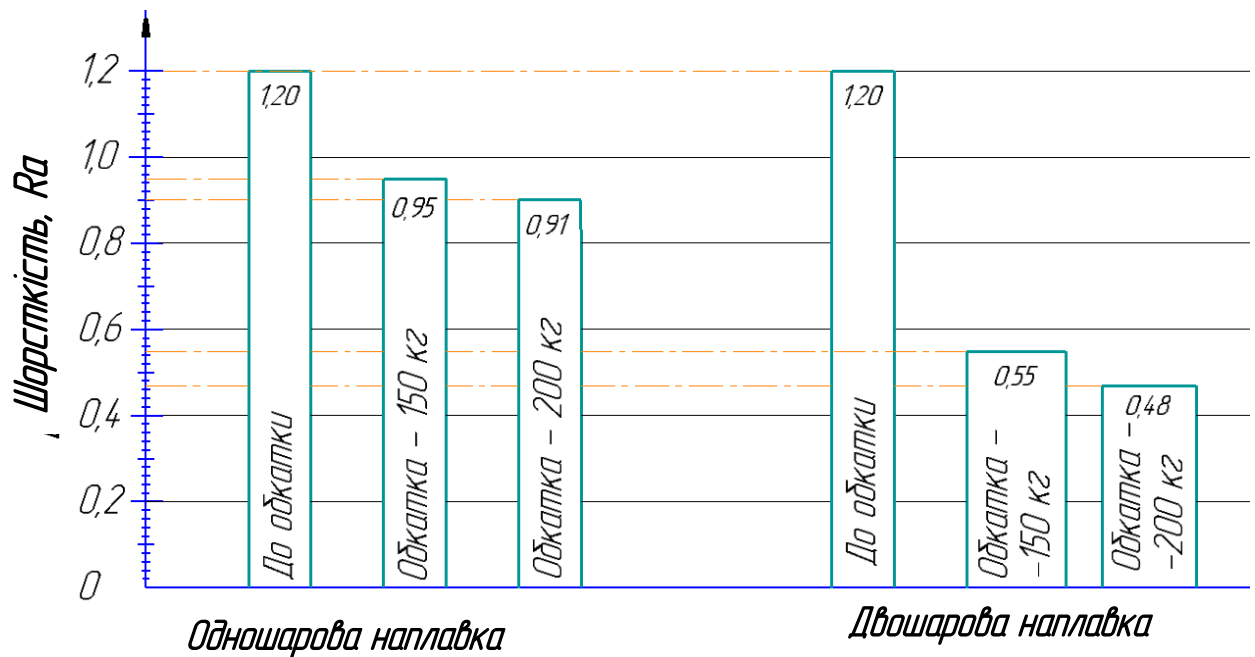


Рисунок 33 - Шорсткість поверхні залежно від кількості шарів наплавлення і зусилля обкатки

4.1 Висновки по розділу 4

- 1) отримана після напавлен
- 2) ня твердість напавленого шару 40,0-40,5 HRC підтверджує, що напавлений шар легко піддається механообробці
- 3) отримана після обкатки твердість напавленого шару 55,0-57,6 HRC, є високою і переважною для штоків і плунже- рів гідроциліндрів
- 4) при збільшенні кількості шарів напавлення спостерігається ріст зміцнення, що імовірно пов'язане з підвищенням долі участі присадного металу в металі напавлення, що викликає збільшення кількості метастабільного аустеніту в структурі напавлення.
- 5) Отримана після обкатки шорсткість поверхні, при двохшаровому напавленні і обкатці із зусиллям 200 кг, потрапляє в діапазон від $Ra=0,1$ до $Ra=0,5$, ця шорсткість є придатною для експлуатації стосовно до штоків і плунжерів гідроциліндрів
- 6) спостерігається зниження шорсткості на 30% при збільшенні кількості шарів напавлення і зниження на 10% при збільшенні зусилля

обкатки, що імовірно пов'язане з отриманням структури наплавлення відмінного від одношарової

7) реалізована заявлена перевага запропонованого способу - отримання наплавленого шару легке механообробке, що піддається, до необхідних розмірів і подальше прогнозоване зміцнення і зниження шорсткості.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 1) підібраний режим наплавлення дослідного зразка, що забезпечує отримання мінімальної долі участі основного металу в наплавленому металі, що дозволяє розраховувати на отримання в структурі наплавленого металу метастабільного аустеніту
- 2) скомпонована експериментальна установка для наплавлення опыт- ного зразка того, що володіє розмірами і матеріалом типовим для плунжерів і штоків гідроциліндрів
- 3) підібраний режим обкатки дослідного зразка із зусиллями 150 кг і 200 кг
- 4) скомпонована експериментальна установка для обкатки дослідного зразка на базі токарно-гвинторізного верстата і спеціально розробленого і виготовленого кульового інструменту
- 5) розроблена методика що дозволяє провести експериментальне дослідження по наплавленню з подальшою обкаткою дослідного зразка
- 6) твердість наплавленого шару після наплавлення 40,0 - 40,5 HRC підтверджує, що наплавлений шар легко обробляється до необхідного розміру
- 7) твердість наплавленого шару після обкатки 50,0 - 57,6 HRC вказує на отримання високої твердості поверхні, придатної для експлуатації стосовно штоків і плунжерів гідроциліндрів
- 8) шорсткість наплавленого шару після обкатки потрапляє в діапазон $Ra=0,1$ - $Ra=0,5$, ця шорсткість є придатною для експлуатації стосовно штоків і плунжерів гідроциліндрів і не вимагає додаткової механообробки;
- 9) експериментально доведена заявлена перевага запропонованого способу - отримання наплавленого шару легке механообробке, що піддається, до необхідних розмірів і подальше прогнозоване зміцнення і зниження шорсткості
- 10) показано, що дугове наплавлення в інертних газах порошковим

дротом типу 50X18 з подальшою деформаційною обкаткою кульовим інструментом забезпечує збільшення твердості поверхні дослідного зразка з 40 HRC до 57 HRC і зменшення шорсткості від $Ra=1,2$ до $Ra=0,4$.

Запропонований спосіб рекомендований для зміцнення і відновлення штоків і плунжерів гідроциліндрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Башта Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. М., «Машиностроение», 1972, 320 с.
- 2 Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник. - М.: Машиностроение, 1987. 327 с.
- 3 Хворостухин Л.А., Борисов В.В., Чуфистов В.А. Влияние шероховатости и упрочнения поверхностей на начало их пластического деформирования при контактных деформациях. Известия вузов. 1976. №5 с 9-14.
- 4 Браславский В.М., Деформационное упрочнение деталей машин. Вестник машиностроения. 1981. №1, с.19-21.
- 5 Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1968, 472 с.
- 6 Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. - М.: Машиностроение, 1987. 152 с.
- 7 Восстановление и упрочнение деталей автомобилей : учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. - Орел : ОрелГТУ, 2006 .- 336 с. - 334 с.
- 8 Папшев Д.Д. Эффективность методом отделочно-упрочняющей обработки. - Вестник машиностроения. 1983. №7, с 42-44.
- 9 Износостойкие стали для отливок: монография / М. А. Филиппов, А.А. Филиппенков, Г.Н. Плотников. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009, 358 с.
- 10 Сагарадзе В.В., Уваров А.И. Упрочнение аустенитных сталей. – М.: Наука, 1989, 274 с.
- 1.1.Бутаков Б.И. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами // Вестник машиностроения. – 1984. – № 7. – С. 50 – 53
- 12.Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. Поверхностное упрочнение металлов. – К.: Наукова думка, 1995. – 255 с.
- 13.Папшев Д. Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. – М.: Машиностроение, 1968. – 132 с.
- 14.Шнейдер Ю. Г. Чистовая обработка металлов давлением. – М.:

Машиностроение, 1963. – 272 с.

15. Балтер М. А. Упрочнение деталей машин. – М.: Машиностроение, 1978– 184 с.

16. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1987.- 328 с.

17. Коновалов Е. Г. Основы новых способов металлообработки. Минск, Из во АН БССР, 1961. – 185 с.

18. Браславский В. М. Волнистость поверхности при обкатке роликами // Станки и инструмент. – 1960. – № 6. – С. 15-0.

19. Школьник Л.М., Шахов В.И. Технология и приспособления для упрочнения и отделки деталей накатыванием. – М.: Машностроение, 1964. – 184 с.

20. Андрианов А. Ю., Черников А. П., Щедрин А. В., Прилепин М. М., Алешина С.В., Павлов А. М. Технологические возможности перспективных методов комбинированной деформирующе-режущей обработки СТИН. — 2003. — № 3. — С.

21. Полюдов О. М. Механіка поліграфічних і пакувальних машин. Видво УАД, 2005 — 180 с.

22. Пшибыльский М. Технология поверхностной пластической обработки. — М.: Металлургия, 1991. — 47 9 с.

23. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами / А.Г. Бойцов, В. Н. Машков, В. А. Смоленцев, Л. А. Хворостухин. — М.: Машиностроение, 1991. — 144 с.

24. Хейфец М. Л. Проектирование процессов комбинированной обработки. — М.: Машиностроение, 2005. — 272 с.

25. Хмілярчук О. І. Пристрої та інструмент для виконання віброобробки деталей поліграфічного обладнання. Технологія і техніка друкарства. — 2006. — № 1—2(11 — 12). — С. 133—137.

26. Чехман Я. І. та ін. Друкарське устаткування: Підручник Я. І.

Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич, В. О. Босак. — Львів: УАД, 2005. — 468 с.

27. Шатуров Г. Ф., Мрочек Ж. А. Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей. - Мн.: УП «Технопринт», 2001.— 460 с.

28. Шнейдер Ю. Г. Технология финишной обработки давлением: Справочник. — СПб.: Политехника, 1998. — 414 с.

29. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие / Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009.- 64с.- ISBN – 5-9616-0315-4.

30. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.