

**Міністерство освіти і науки України
Поліський національний університет**

Факультет інженерії та енергетики

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ
Завідувач кафедри механіки та
інженерії агроєкосистем,
д. т. н., професор
_____ Б. А. Шелудченко
«____» _____ 2024 р.

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту
на тему: «Розроблення конструкції пристосування для зміцнення
поверхневого шару циліндричних деталей гвинтовим роликом»

ДП.133.020.003.00.ПЗ

Виконав студент групи ГМ-20:
_____ В. А. Ратушинський

Керівник: д. т. н., професор
_____ Р. І. Сивак

Житомир 2024

**Міністерство освіти і науки України
Поліський національний університет**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедри механіки та інженерії агроєкосистем**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри механіки та
інженерії агроєкосистем,

д. т. н., професор

_____ Б. А. Шелудченко

«_____» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт**

студенту Ратушинському Володимирі Анатолійовичу

на тему Розроблення конструкції пристосування для зміцнення поверхневого шару циліндричних деталей гвинтовим роликом

Термін подання дипломного проєкту

на кафедру для попереднього захисту 2.05.2024 р.

Вихідні дані для проєкту матеріал деталі (валу) – сталь 45; діаметр обкатного ролика – 50мм; профільний радіус ролика - 5 мм; вихідна твердість сталі 45 – 211МПа; подача – 0,19...0,67 мм/об; методичні вказівки до виконання дипломних проєктів.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи	Обсяг сторінок	Термін підготовки
Анотація		24.10.23
Вступ		30.11.23
Розділ 1		29.12.23
Розділ 2		28.02.24
Розділ 3		15.03.24
Висновки		29.03.24
Список використаних джерел		24.04.24

Термін подання роботи на кафедру

Для попереднього захисту «_____» _____ 2024 р.

Завдання видав

Керівник: д. т. н., професор Сивак Роман Іванович

«_____» _____ 2024 р.

Підпис _____

Анотація

Ратушинський В. А. *Розроблення конструкції пристосування для зміцнення поверхневого шару циліндричних деталей гвинтовим роликом.*

Поліський національний університет, факультет інженерії та енергетики, кафедра механіки та інженерії агроєкосистем.

Обсяг пояснювальної записки – 27 стор., рисунків – 16, таблиць – 1, специфікації – 1 арк., креслень формату А3 – 4 арк.

Метою роботи є підвищення експлуатаційних характеристик циліндричних деталей шляхом розроблення конструкції пристосування та інструменту для зміцнення поверхневого шару гвинтовим роликом.

Досягнення поставленої мети здійснюється шляхом проведення аналізу стану питання і перспектив розвитку методів поверхневого пластичного деформування. На цій основі виконується ознайомлення з особливостями процесів зміцнення циліндричних поверхонь обкочуванням роликом та визначаються шляхи вирішення поставленої задачі. Також здійснюється порівняльний аналіз глибини зміцнення при поверхневій пластичній деформації різними методами.

В результаті показана можливість застосування обладнання обкочування роликом для зміцнення поверхневого шару, а також з метою економії матеріальних і трудових ресурсів в процесах обробки металів тиском.

Запропонована конструкція пристосування для обкочування роликом забезпечує позитивний вплив параметрів процесу поверхневого пластичного деформування на технологічну спадковість.

Запропонована конструкція пристосування для обкочування роликом значно покращує процес зміцнення поверхонь шляхом поверхневого пластичного деформування. Використання обладнання для обкочування та дотримання технології зміцнення поверхневого шару дозволяють підвищити експлуатаційні властивості деталей, а також отримати значний економічний ефект.

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Аналіз стану питання і перспективи розвитку методів поверхневого пластичного деформування.....	7
1.1. Методи поверхневого пластичного деформування.....	7
1.2. Параметри процесу та властивості пластично деформованого поверхневого шару.....	10
Розділ 2. Конструювання обладнання для обкочування.....	13
2.1. Конструкція пристосування для зміцнення поверхневого шару циліндричних деталей.....	13
2.2. Розробка конструкції ролика для обкочування.....	16
Розділ 3. Моделювання процесу обкочування деталі роликом.....	18
3.1. Напружено-деформований стан в осередку деформації.....	18
3.2. Моделювання процесу обкочування заготовки роликом	20
Висновки.....	23
Список використаних джерел	24
Додатки.....	26

					ДП.133.020.003.00.ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розроблення конструкції пристосування для зміцнення поверхневого шару циліндричних деталей гвинтовим роликом</i>			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Ратушинський В. А.</i>									
<i>Перевірив</i>	<i>Сивак Р. І.</i>				<i>Поліський національний університет, гр. ГМ-20</i>					
<i>Н. контр.</i>	<i>Сивак Р. І.</i>									
<i>Затв.</i>	<i>Шелудченко Б. А</i>									

ВСТУП

Однією із важливих задач при виготовленні деталей обробкою металів тиском є покращення фізико-механічних характеристик матеріалу поверхневого шару і забезпечення високої якості робочих поверхонь. Одним із найбільш ефективних та найменш енергозатратним шляхом вирішення цієї проблеми є зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням. Поверхнєве пластичне деформування є розповсюдженим способом підвищення несучої здатності деталей машин, що дозволяє повніше реалізувати потенційні фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів.

В роботі пропонується використання нової конструкції обладнання, інструменту і технології обробки. Удосконалена конструкція пристосування для обкочування забезпечить якість поверхневого шару шляхом покращення механічних характеристик металу. Обкочування деталі роликком із гвинтовою робочою поверхнею у прямому і зворотному напрямі забезпечить необхідну технологічну спадковість виробу.

Конструкція ролика із гвинтовою робочою поверхнею дозволить підвищити якість поверхневого шару металу і ступінь зміцнення за рахунок створення сприятливої закономірності зміни схеми напруженого стану в процесі пластичного деформування. Рекомендовані конструктивні параметри ролика в залежності від механічних характеристик матеріалу обкочуваних деталей забезпечать необхідний рівень зміцнення при мінімальному використанні ресурсу пластичності металу.

У зв'язку з цим удосконалення конструкції ролика та пристосування для обкочування циліндричних деталей з метою підвищення ефективності процесу поверхневого пластичного деформування та покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару є актуальним.

					<i>ДП.133.020.003.06.ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1

Аналіз стану питання і перспективи розвитку методів поверхневого пластичного деформування

1.1. Методи поверхневого пластичного деформування

Зміцненням поверхневих шарів при поверхневому деформуванні забезпечується покращення фізико-механічних властивостей металу. Це відбувається внаслідок структурних перетворень, а також формування в поверхневому шарі залишкових напружень стиску. Ці залишкові напруження виникають в результаті розвитку зсувів кристалічної ґратки. Експлуатаційні властивості деталей визначаються цими спільними факторами. Крім структурних перетворень і залишкових напружень відбувається покращення якості поверхні. Покращення якості поверхні проявляється в зменшенні висоти нерівностей [1].

Форма, розміри, матеріал деталі, якість поверхні, виробничі та інші умови визначають різні способи зміцнювального оброблювання поверхневим пластичним деформуванням. Різниця між ними проявляється в залежності від схем силової дії на оброблювану деталь, продуктивністю, економічністю тощо (рис. 1.1). Спільними класифікаційними ознаками виступають: швидкість деформування; схема контакту деформуючих тіл з поверхнею деталі; форма робочої ділянки деформуючого тіла; зв'язок деформуючих тіл з джерелом руху та спосіб передачі енергії до інструмента [2].

Обкочування поверхні деталей роликami це найбільш розповсюджений спосіб зміцнення пластичним деформуванням. Початковим етапом при обкочуванні є деформація металу, що виникає під час втиснення ролика в поверхню деталі. При цьому контакт ролика з деталлю може бути точковим або лінійним залежно від конфігурації контактуючих тіл [3].

					ДП.133.020.003.07.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

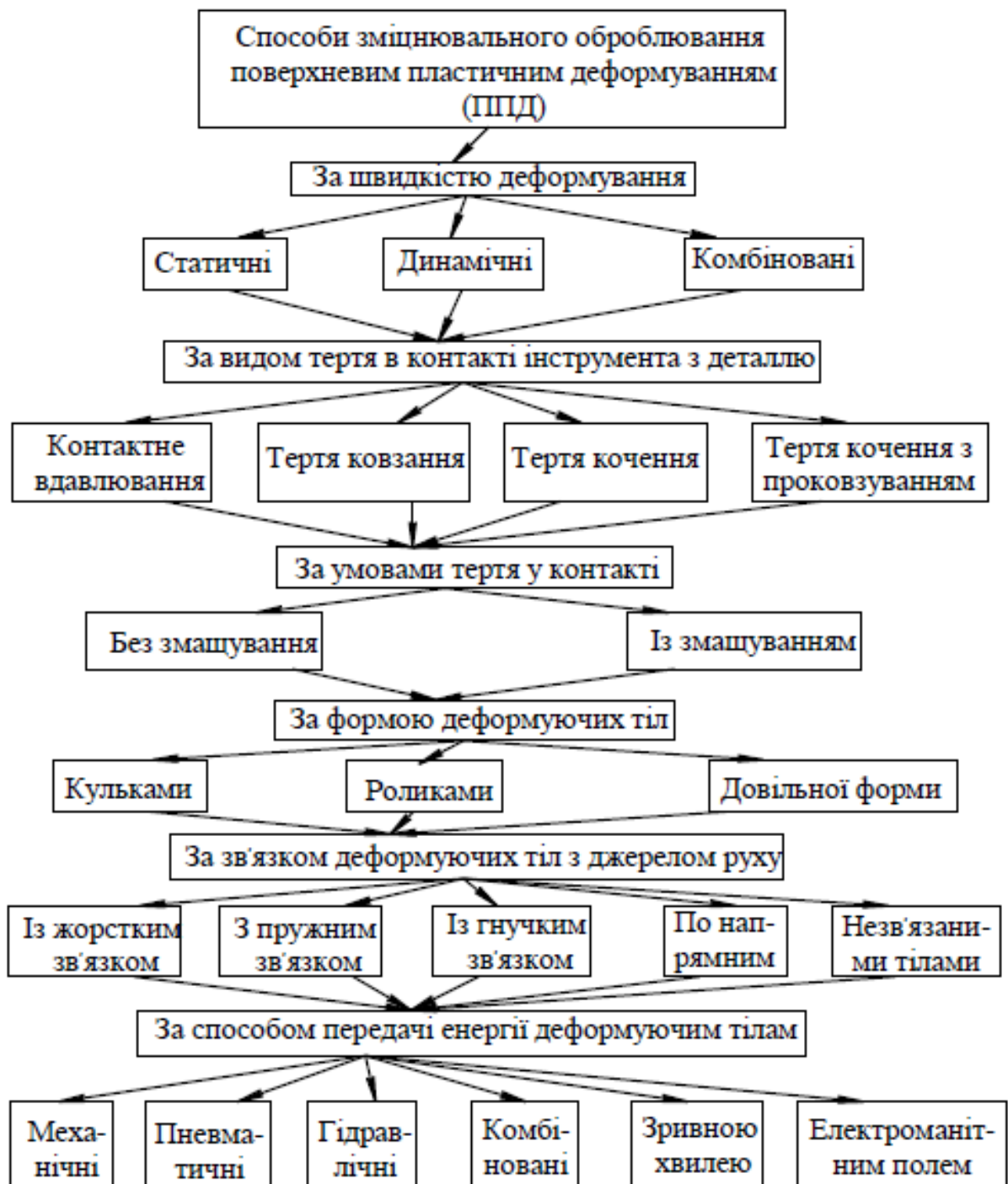


Рисунок 1.1 - Класифікація способів зміцнювальної обробки поверхневим пластичним деформуванням

Умова утворення лінійного контакту це рівність абсолютних величин кривизни профілю ролика і деталі. Наприклад, циліндрична деталь з роликом прямокутного профілю при рівнобіжних утворюючих мають лінійний

контакт, галтель і гороподібний ролик мають лінійний контакт при рівних по абсолютній величині радіусах кривизни і т.д. Найкращі умови деформації при обкочуванні без подовжньої подачі коротких поверхонь створює прямокутний відбиток. Такі ролики називаються повноконтактні, оскільки в цьому випадку ширина ролика перекриває довжину ділянки [4].

При створенні роликом і деталлю лінійного контакту обкочування з подовжньою подачею вимагає заходів по усуненню концентрації контактних напружень. Такі напруження виникають на краю відбитка, протилежному напрямкові подачі. Оскільки в цьому місці відбувається припинення контакту деталі з роликом і формується обкочена поверхня в остаточному вигляді [5].

Зазвичай ролики виготовляють зі сталей марок X12, X12M, ХВГ, 5ХНМ, ШХ15, У10, У12. перед застосуванням їх гартують до твердості HRC58—65. Робочі поверхні роликів можна наплавляти твердими сплавами для підвищення зносостійкості. На рис. 1.2. схематично показані основні види роликів, що застосовуються при чистовому обкочуванні [6].

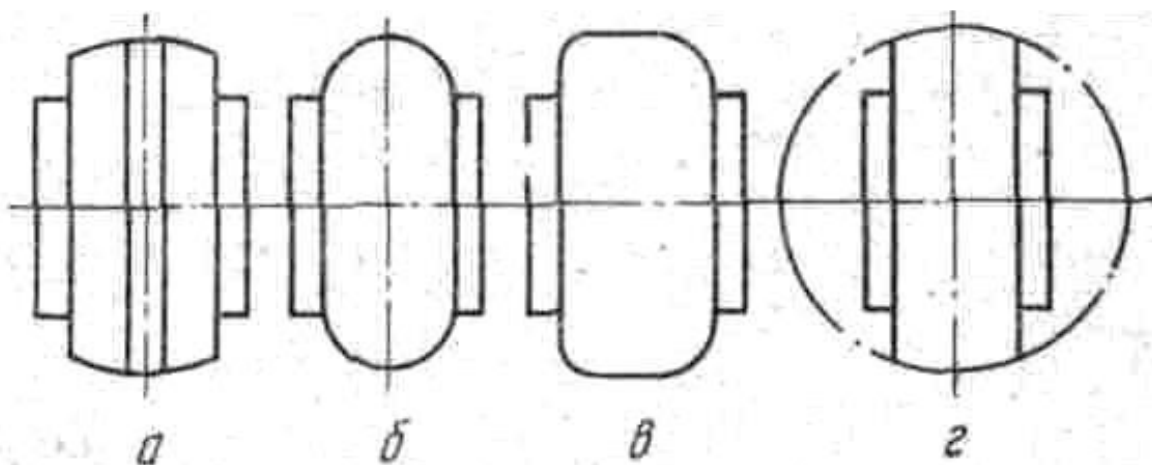


Рисунок 1.2 - Ролики для обкочування: а - з циліндричним паском; б - з тороїдальним контуром; в - із спеціальним контуром; г - із сферичним контуром

Деформація поверхні залежить від сили обкочування, профільного радіуса ролика, подачі, співвідношення діаметрів деталі і ролика. Створення великої деформації поверхні приводить до утворення впадини і як наслідок зменшення діаметра деталі. Таке явище спостерігається на початку обкатаної поверхні. Глибина впадини залежить від сили, радіуса профілю ролика і подачі. Якщо використовувати ролики з великим профільним радіусом впадина буде невелика. При зміцненні вона може досягати десятих часток міліметра, що характерно для чистового обкочування [7].

1.2. Параметри процесу та властивості пластично деформованого поверхневого шару

Головні фактори зменшення твердості:

- а) знакозмінні деформації, що посилюються зі зростанням пластичної хвилі та з ростом глибини впровадження (ефект Баушінгера);
- б) контактне тертя і температура в зоні контакту;
- в) вичерпання ресурсу пластичності.

Тривале пластичне зміцнення ускладнює уявлення про ступінь деформації зміцненого шару вимірюванням твердості. В цьому випадку твердість побічно пов'язана з залишковими напруженнями. Накопичена ступінь деформації за певне число проходів за допомогою вимірювання твердості визначається при обмеженому часі обробки. Чим менший коефіцієнт зміцнення металу, тим менший час деформування. Накопичена за весь процес обробки ступінь деформації визначається як сумарна по проходах. При цьому необхідно врахувати поетапне зменшення накопиченої деформації внаслідок зміцнення металу, якщо деформування ведеться при постійному навантаженні [8].

					<i>ДП.133.020.003.10.ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтенсивне пластичне розміцнення металу [9] спостерігається на певному етапі поверхневого пластичного деформування і супроводжується падінням твердості (рис. 1.3).

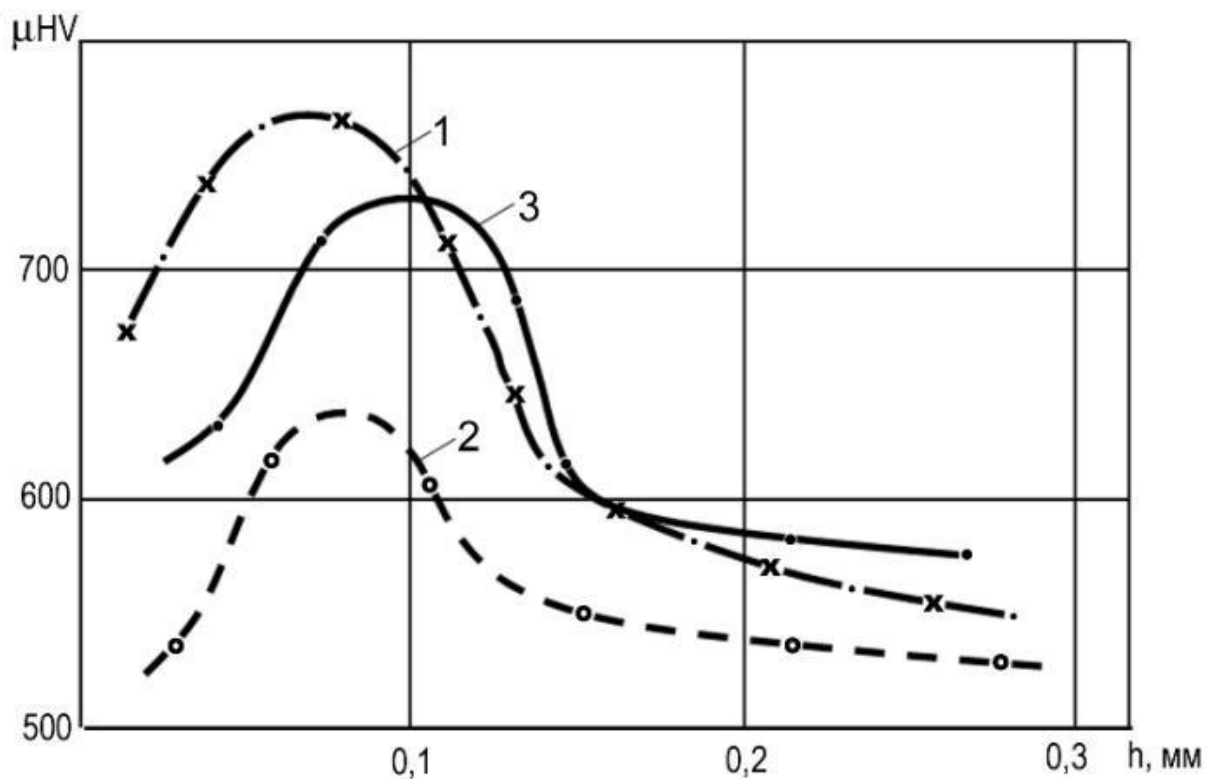


Рисунок 1.3 - Характер розподілу мікротвердості по глибині поверхневого шару при обкочуванні прутка ЕП718 кульками з обтиском $\Delta h=0.04$ мм: 1 - 2 проходи; 2 - 15 проходів; 3 - 1 прохід

З аналізу рис. 1.3 випливає, що максимальне значення інтенсивності деформацій, для кривих 1 і 3, спостерігалось на глибині 0,1 мм. Накопичена деформація за результатами кривої 2 не визначається [10].

Вимір твердості використовується для визначення напружено-деформованого стану матеріалу поверхневого шару заготовки на початкових стадіях процесу поверхневого пластичного деформування. А також для визначення факторів зміщення області максимальних деформацій до поверхні заготовки. Може бути використаний як критерій процесу обробки по моменту падіння твердості зміцненого шару [11].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Всі способи поверхневої пластичної деформації створюють на поверхні різні за величиною і глибиною розповсюдження залишкові напруження стиску [12], які в подальшому на глибині переходять в залишкові напруження розтягу (рис. 1.4).

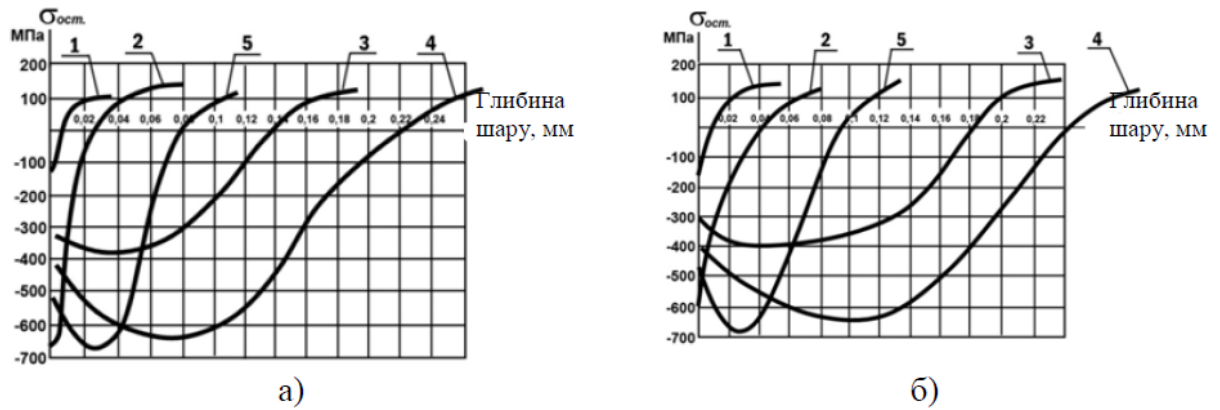


Рисунок 1.4 – Розподіл залишкових напружень в поверхневому шарі лопаток зі сплавів VT8 (а) і EP718 (б) при різних видах фінішної обробки: 1 нормалізуюча термообробка; 2 – віброгалтовка стальними кульками діаметром 1,0-1,3 мм; 3 – ультразвукове зміцнення; 4 – гідродробоструменеве зміцнення кульками діаметром 1,6 мм; 5 – дробоструменеве зміцнення стальними кульками діаметром 0,1-0,2 мм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.133.020.003.12.ПЗ

Арк.

12

Розділ 2

Конструювання обладнання для обкочування

2.1. Конструкція пристосування для зміцнення поверхневого шару циліндричних деталей

Зміцнення поверхневим пластичним деформуванням викликає появу в шарі металу залишкових напружень. Підвищена твердість пов'язана із дробленням кристалів, викривленням кристалічної решітки, збільшенням дислокацій і вакансій. Якщо середня щільність сталі 45 оцінюється величиною $10^6-10^8 \text{ см}^{-2}$ то після поверхневої пластичної деформації - $5,52 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ [13]. При дослідженні дислокацій в аустенітній сталі було встановлено, що середнє число дислокацій на 1 см^2 перетину складає 10^9 см^{-2} до пластичної деформації (1%) і 10^{12} см^{-2} після (20%) [14]. Все ці явища збільшують кількість мікронерівностей по площинам ковзання пропорційно деформації матеріалу і призводить до збільшення твердості і міцності.

Деталі оброблені поверхневим пластичним деформуванням використовуються в залежності від величина твердості. Також після обробки деталі має велике значення товщина зміцненого шару металу. На рис. 2.1 показане пристосування для пластичної обробки поверхневого шару циліндричної деталі із можливістю визначення величин твердості і товщини зміцненого шару.

Конструкція пристосування проста як зовні так і у використанні. На токарному верстаті у різцетримачі кріпиться обкатник. Пневматичний циліндр притискає ролик до деталі. Для контролю зусилля обкатки побудовано градуювальний графік, який є залежністю зусилля притискання ролику до деталі від тиску у системі. Для визначення величини зусилля притискання використовується динамометр.

					<i>ДП.133.020.003.13.ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

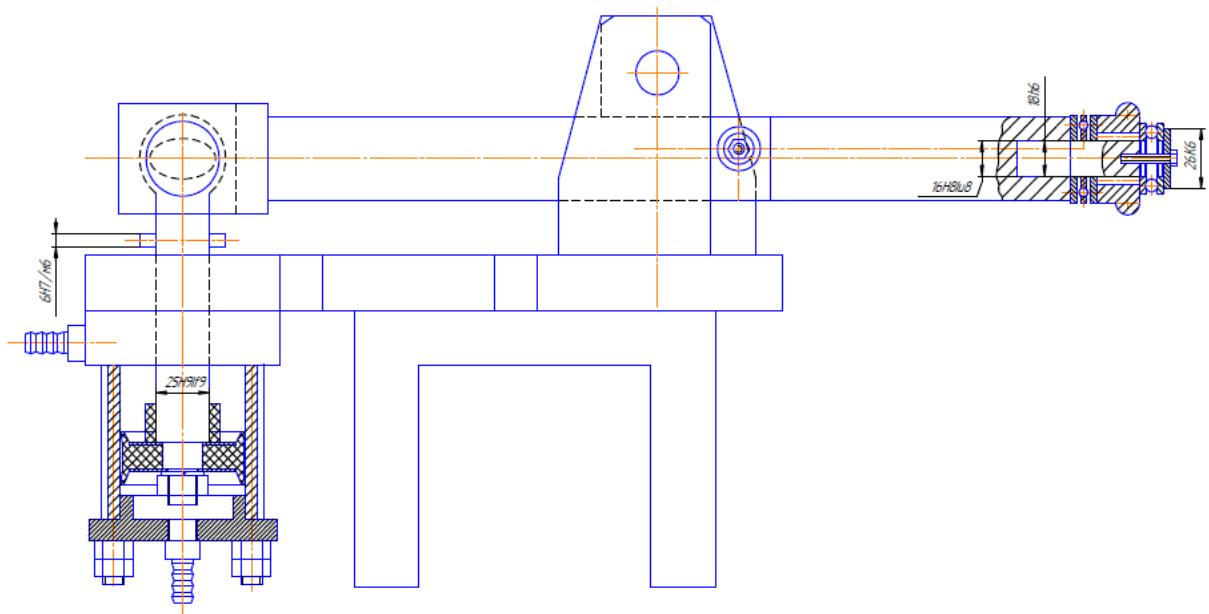


Рисунок 2.1 – Пристосування для обкатки циліндричної деталі роликом

На рис. 2.2 показана експериментальна залежність твердості обкатаної заготовки із сталі 3 від подачі. Із графіка випливає, що із збільшенням подачі твердість отримуваної поверхні зменшується. Але у порівнянні із початковим значенням зростає на 10%. Тобто, сталь 3 легко піддається пластичному деформуванню, але ефект зміцнення від цього не значний.

Після обкочування заготовки із сталі 20 твердість зросла на 36 МПа. Це значно кращий результат у порівнянні із сталю 3 оскільки становить 16% від початкової твердості. Ще кращий результат показала сталь 45, її твердість зросла на 25%. Таким чином обкатка роликом підвищує твердість деталі приблизно на 71МПа.

При цьому із збільшенням подачі твердість поверхневого шару після пластичного деформування зменшується.

Після обкочування шорсткість поверхні деталей із сталі 3 та сталі 20 знизилася, а на деталі із сталі 45 покращилася. Твердість зростає при повторному обкочуванні, але в порівнянні із першим проходом на значно меншу величину. При обкатці сталі 45 з початковою твердістю 211 МПа,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.133.020.003.14.ПЗ

Арк.

14

після першого проходу ролика було досягнуто 278 МПа, а після третього проходу ця величина зросла лише до 286 МПа.

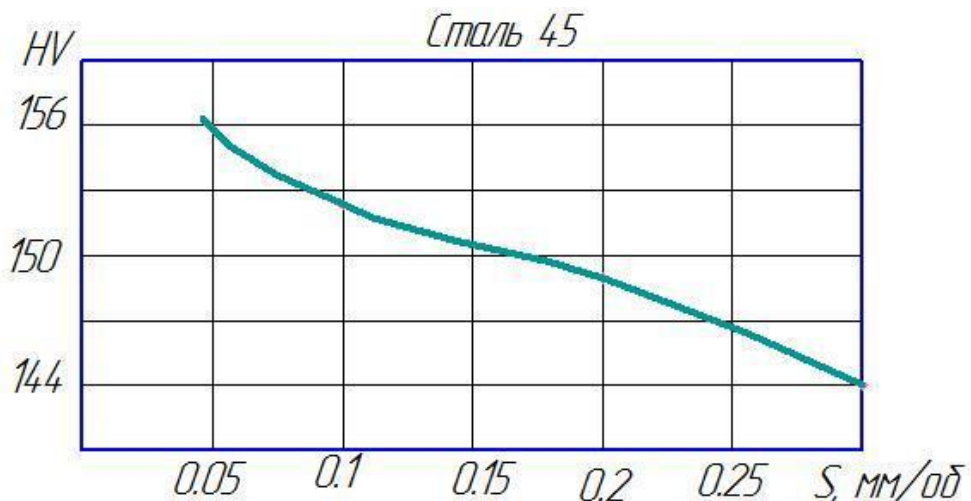
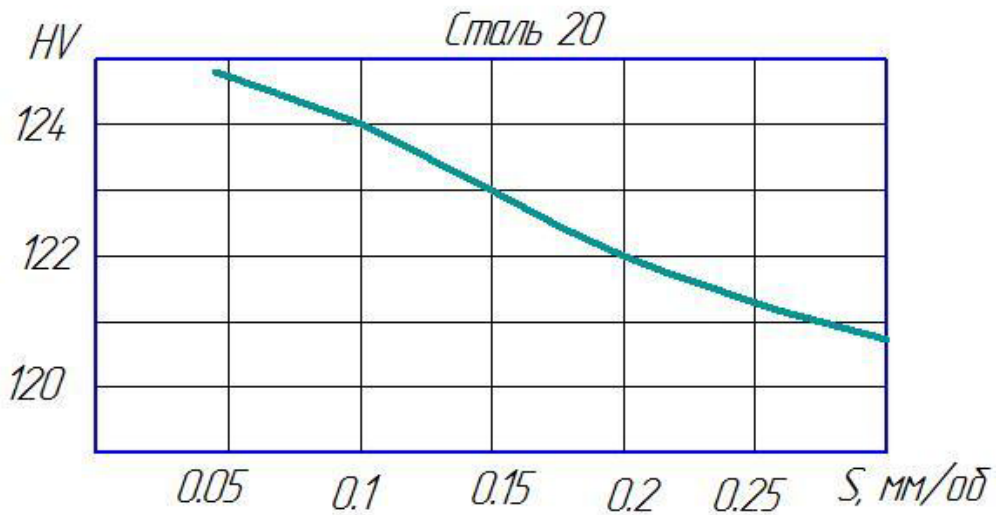
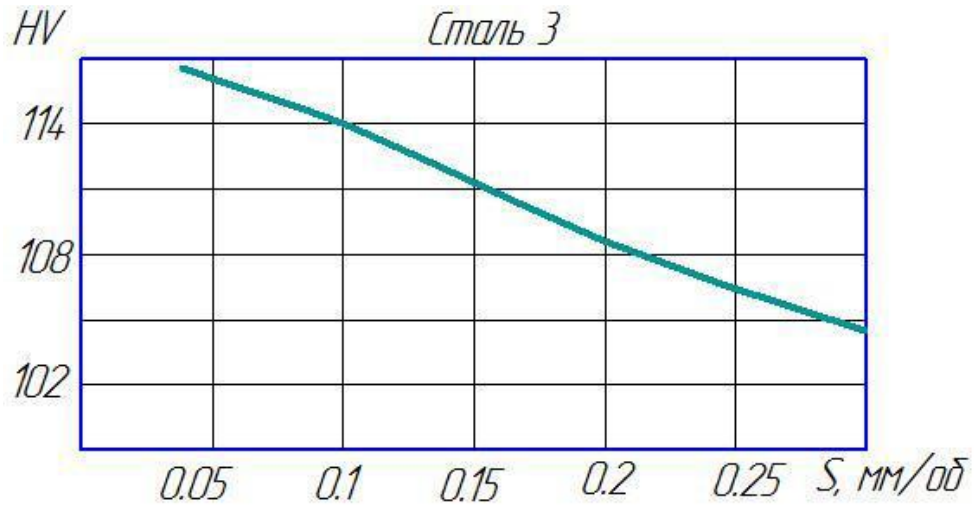


Рисунок 2.2 – Залежність отримуваної твердості поверхні від подачі при застосуванні поверхневого пластичного деформування

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.133.020.003.15.ПЗ

Арк.

15

2.2. Розробка конструкції ролика для обкочування

Теоретичні та експериментальні досліджень зміцнення поверхневого шару пластичною деформацією стали основою для розробки конструкції ролика. Робочий профіль ролика пропонується виконати у вигляді циліндричної спіралі з змінним кроком. Крок має складати від 2 до 0.5 від ширина смуги зміцнення. Таке співвідношення забезпечує необхідне перекриття смуг при одному оберті оброблюваної деталі і дозволяє уникнути перенаклепу зміцнюваних поверхонь. А це дозволяє отримати рівномірний розподіл пластичних деформацій та залишкових напружень по довжині поверхні.

На рис. 2.3 показаний вид суцільного ролику для обкочування металевих циліндричних деталей, який складається із циліндричної спіралі 3 та опорного циліндру 2.

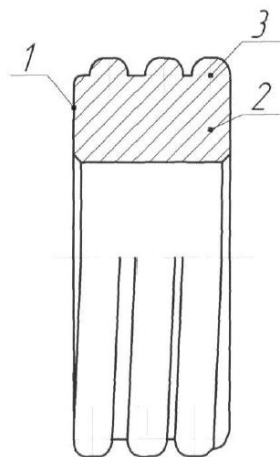


Рисунок 2.3 – Ролик для обкочування металевих циліндричних деталей

Функціональне призначення ролика наступне. Ролик вільно обертається в підшипниках тримача. Механізм, що забезпечує створення зусилля притискання ролику до деталі закріплюється в різцетримачі токарного верстату. Ролик підводиться до деталі, що обертається разом із шпинделем верстату. Силовий механізм створює необхідне зусилля. Ролик

обертається разом із деталлю та з певною подачею переміщується вздовж оброблюваної поверхні. Процес обробки є високопродуктивним і високоякісним оскільки проходить в один або два проходи за одну операцію.

Отримані результати моделювання обкочування тороїдальним роликком (рис. 2.4) дають можливість виконати оцінку твердості поверхневого шару металу. Результати моделювання наведені в таблиці 2.1.

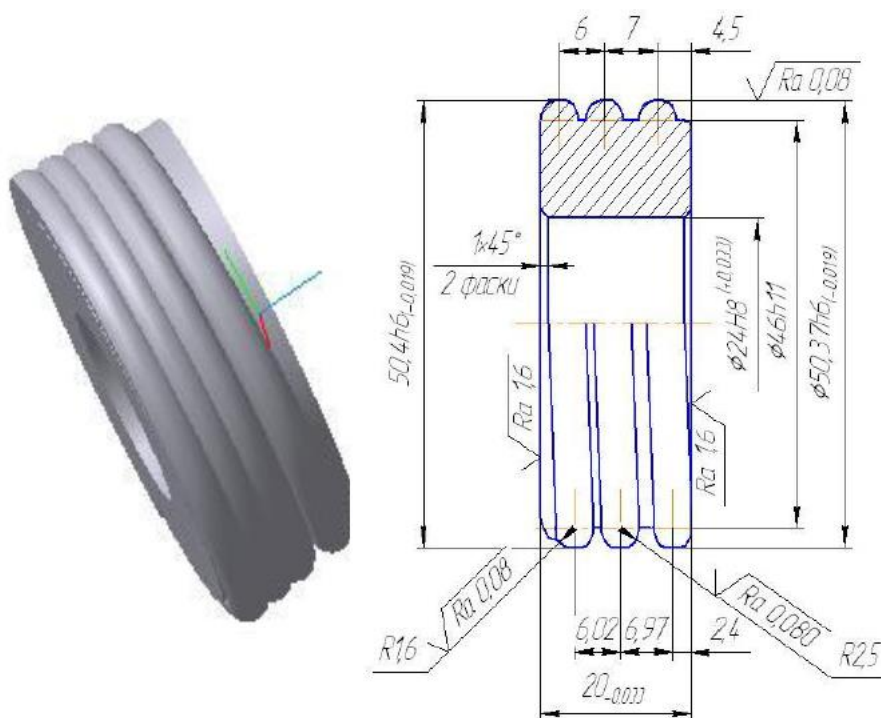


Рисунок 2.4 - Інструмент для поверхневого пластичного деформування

Таблиця 2.1 - Твердість пластично деформованого поверхневого шару

Вид обробки	Твердість, НВ
Вихідна	92,3
Обкатка інструментом тороїдальної форми за один прохід (рис. 5.3 а)	125,4
Обкатка інструментом с гвинтовою робочою поверхнею (рис. 5.3б)	131,3
Обкатка інструментом с гвинтовою робочою поверхнею в прямому і зворотньому напрямі (рис. 5.3 в)	172,7
Обкатка інструментом тороїдальної форми за два проходи в одному напрямку (рис. 5.3 г)	132,6

Розділ 3

Моделювання процесу обкочування деталі роликком

3.1. Напружено-деформований стан в осередку деформації

Розподіл напружень в осередку деформації

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{r_0} \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{1-2\mu}{\rho(\rho+z)} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right) \sin^2 \varphi + (1-2\mu) \left(\frac{z}{\rho^3} - \frac{1}{\rho(\rho+z)} \right) \cos^2 \varphi \right] \rho r dr d\varphi; \\ \sigma_y &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{r_0} \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{1-2\mu}{\rho(\rho+z)} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right) \cos^2 \varphi + (1-2\mu) \left(\frac{z}{\rho^3} - \frac{1}{\rho(\rho+z)} \right) \sin^2 \varphi \right] \rho r dr d\varphi; \\ \sigma_z &= -\frac{3}{2\pi} \int_0^{r_0} \int_0^{2\pi} \frac{z^3}{\rho^5} \rho r dr d\varphi; \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

де $\rho = \sqrt{r^2 + z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ (3.2)

$$r_0 = \left(\frac{\sin^2 \varphi}{a^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{b^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad - \text{полярний радіус } r \text{ на контурі площадки}$$

контакту;

p – тиск в довільній точці з полярними координатами r і φ ;

μ - коефіцієнт Пуассона матеріалу контртіла;

$$L = \frac{z}{b} \left(\frac{1}{1 - e^2 \sin^2 \varphi} - \frac{z^2}{b^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a} \right)^2} \quad - \text{ексцентриситет площадки контакту};$$

ν – коефіцієнт Пуассона

Головні лінійні деформації

$$\varepsilon_x = \frac{1}{2} \ln \left[1 + \frac{4}{3} \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right]$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \ln \left[1 + \frac{4}{3} \left(\frac{h}{b} \right)^2 \right]$$
(3.4)

$$\varepsilon_z = -v_z h \cdot \exp(-v_z \cdot z) = -\frac{c}{h_s} h \cdot \exp\left(-\frac{c}{h_s} \cdot z\right)$$

Інтенсивність деформацій

$$\varepsilon_u = \frac{\sqrt{2}}{3} |\varepsilon_z| \sqrt{(m-n)^2 + (m+1)^2 + (n+1)^2} = \frac{\sqrt{2}}{3} F \left(\frac{b}{a} \right) |\varepsilon_z|$$
(3.5)

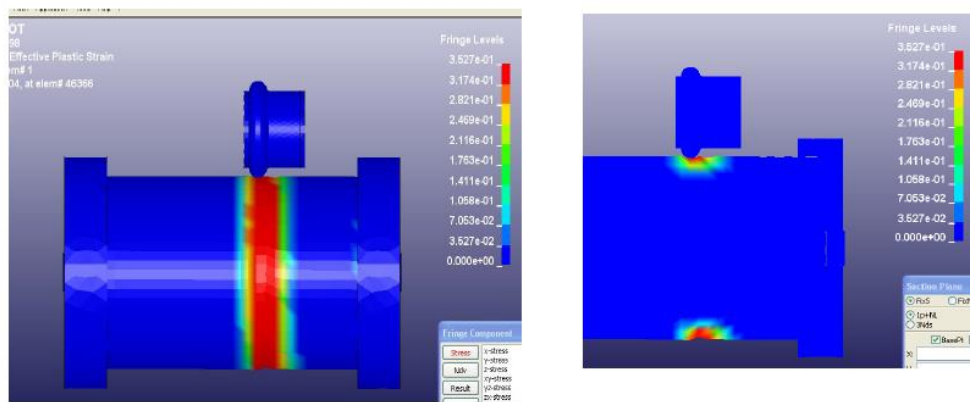


Рисунок 3.1 – Інтенсивність пластичних деформацій під час обкочування тороїдальним роликом

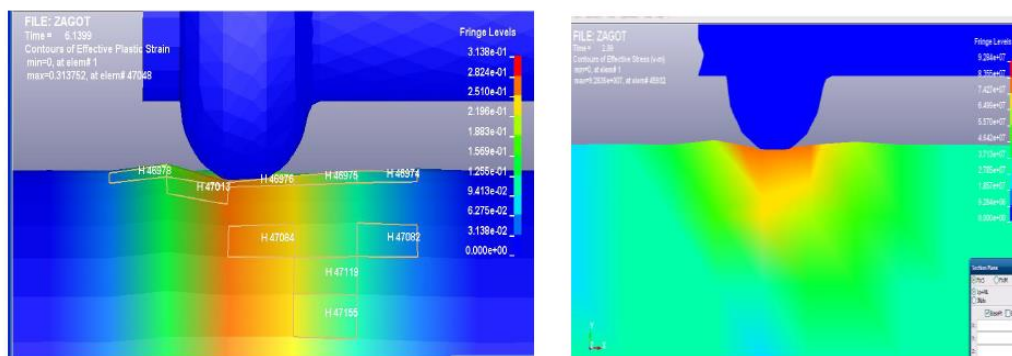


Рисунок 3.2 – Інтенсивність пластичних деформацій в об'ємній хвилі перед роликом

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

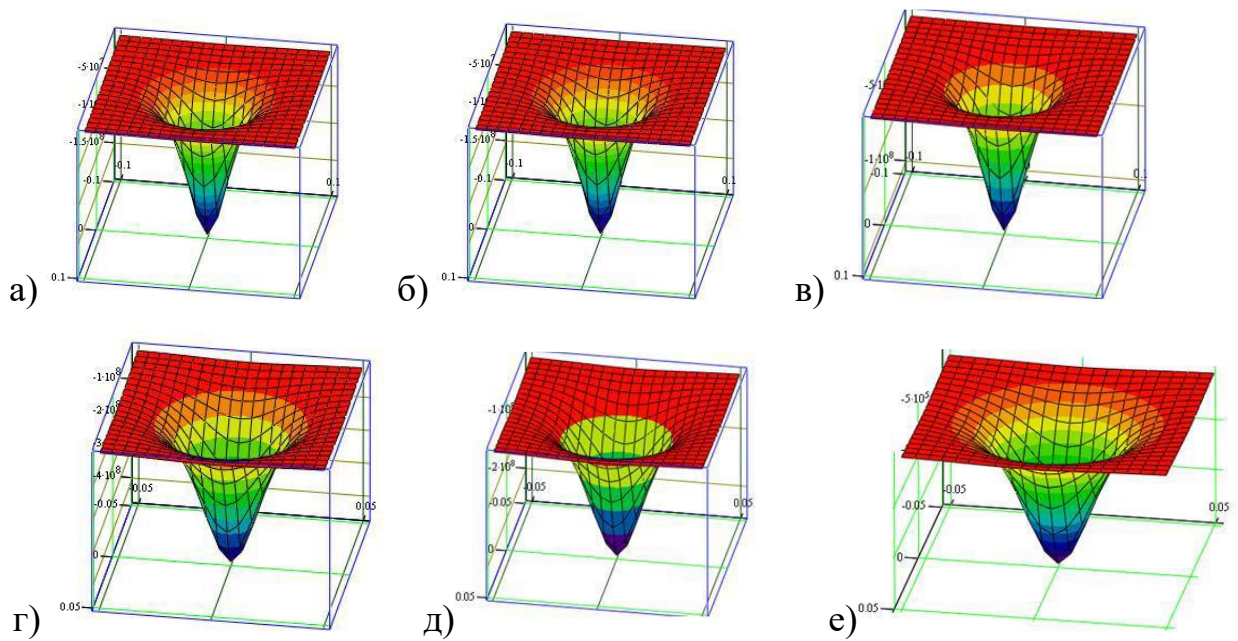


Рисунок 3.3 - Розподіл σ_x (а, г), σ_y (б, д), σ_z (в, е) в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,014\text{мм}$ (а, б, в) $h = 0,028\text{мм}$ (г, д, е)

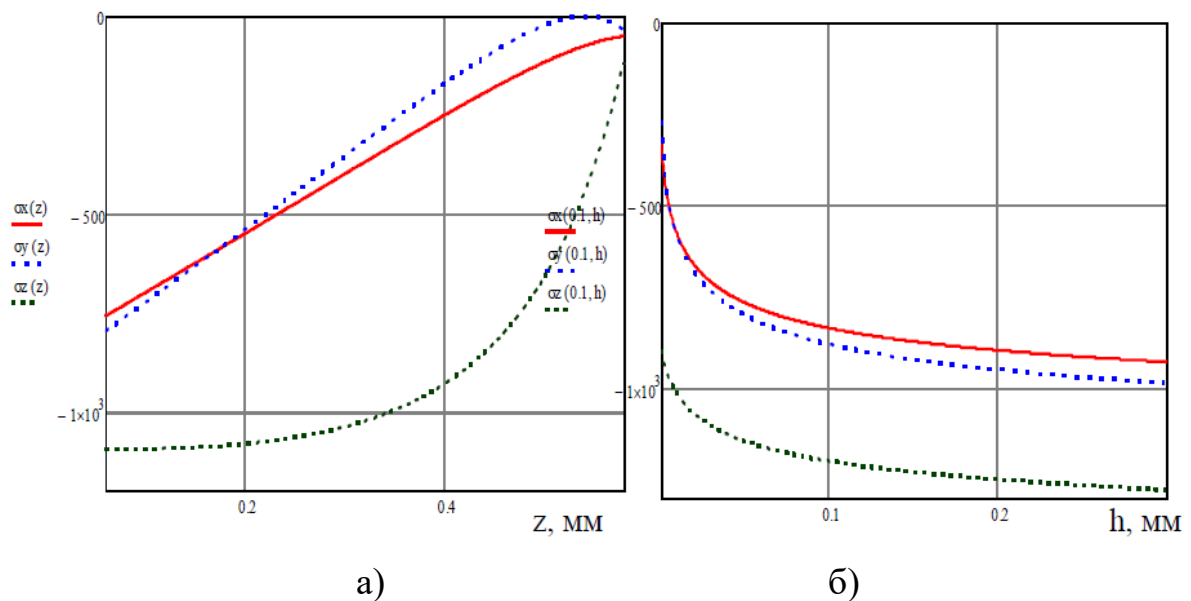


Рисунок 3.4 - Залежність напружень від відстані від поверхні z (а) та глибини вдавлювання ролика h (б)

3.2. Моделювання процесу обкочування заготовки роликом

Виконано моделювання обкати сталевго валу із сталі 45, роликом діаметром 50мм і профільним радіусом – 5 мм. Модель розбивається на

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

кінцеві елементи (рис. 3.5). В результаті виділяються три зони деформування [15]: область випередження; область контакту ролика і деталі; область відставання. Формування даних зони представлені на рис. 3.6.

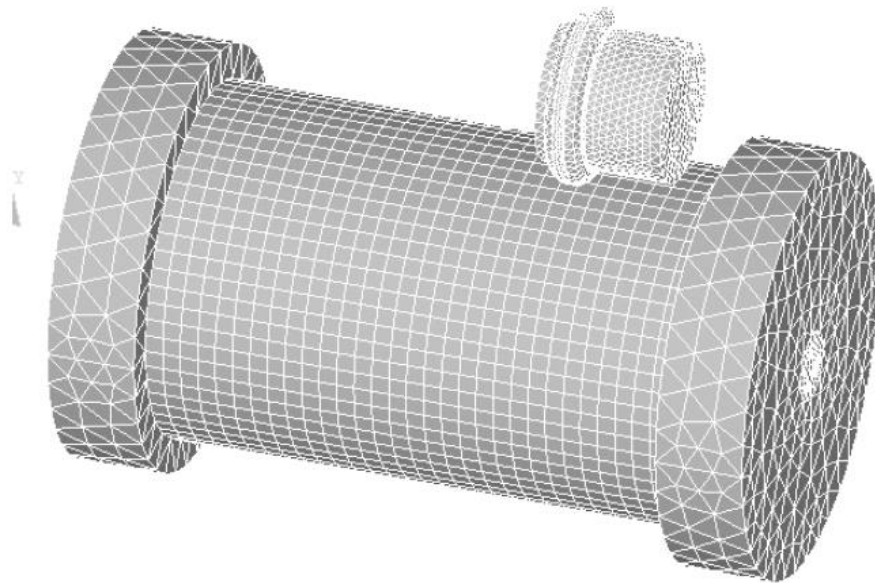
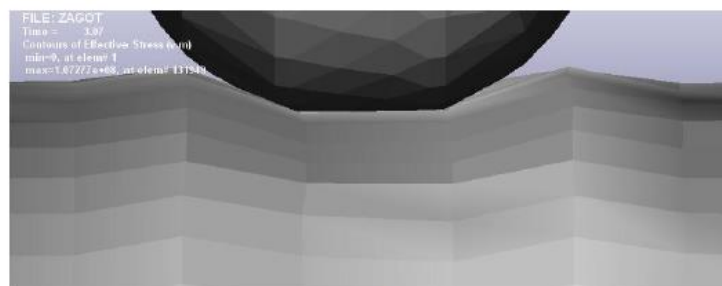


Рисунок 3.5 – Геометрична модель розбиття на кінцеві елементи



а)



б)

Рисунок 3.6 – Пластична хвиля перед роликом та після нього на поверхні деталі (а) та у розрізі (б)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.133.020.003.21.ПЗ

Арк.

21

Незворотна пошкодженість металу поверхневого шару деталі при обкачуванні спостерігається в зоні вершини пластичної хвилі. Величина цієї пошкодженості може частково знизитися і буде визначати експлуатаційні характеристики поверхневого шару деталі (рис. 3.7, 3.8)

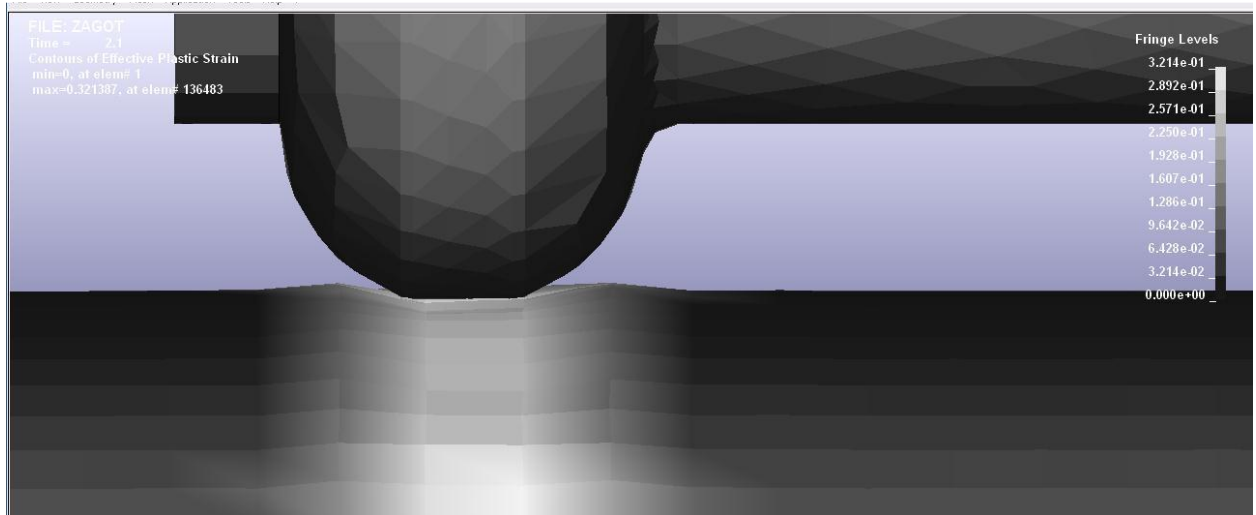


Рисунок 3.7 – Інтенсивність пластичних деформацій

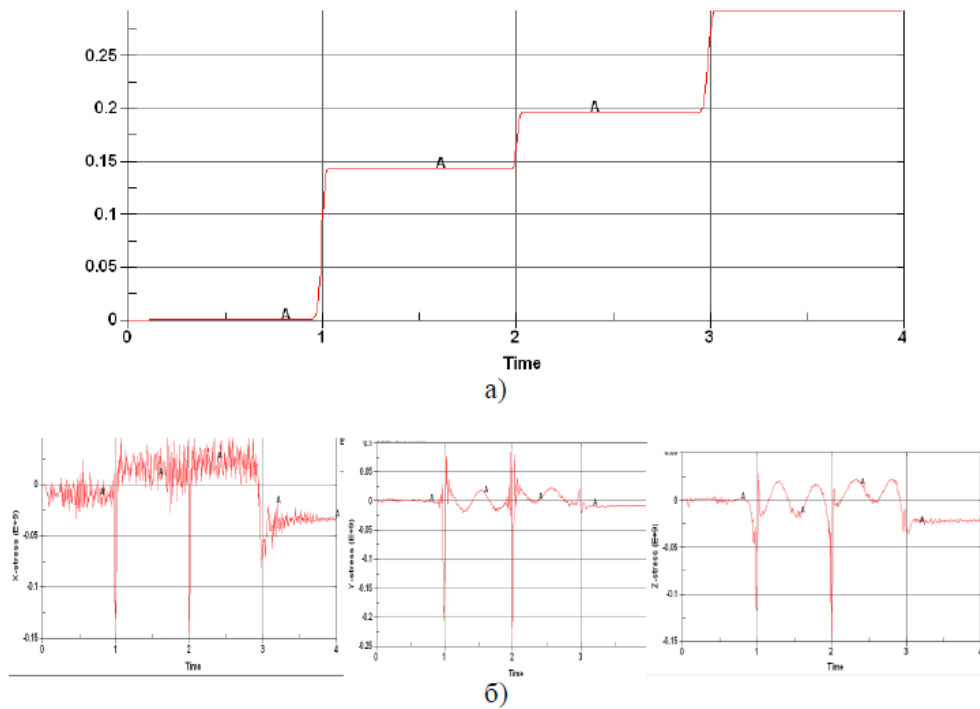


Рисунок 3.8 - Пластична деформація (а) та головні напруження (б) отримані методом скінчених елементів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.133.020.003.22.ПЗ

Арк.

22

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу сучасного стану і перспектив розвитку процесів поверхневого пластичного деформування шляхом обкочування деталей роликком визначені їх недоліки та сформульовані основні задачі дослідження. Розв'язок цих задач забезпечить високі параметри якості поверхневого шару деталей та покращення фізико-механічних властивостей виробів.

2. Запропоновано нову конструкцію ролика з гвинтовою робочою поверхнею. Завдяки запропонованій конструкції вдалося збільшити зміцнення поверхневого шару за кілька проходів шляхом створення сприятливої схеми напруженого стану в процесі деформування.

3. Виконано чисельне моделювання процесу деформування поверхневого шару матеріалу деталей при обкочуванні роликком з використанням методу скінчених елементів. В результаті якого визначено напружено-деформований стан в осередку деформації вдавлюванні ролика.

4. Запропонована конструкція обкатного ролика і обладнання для обкочування циліндричних поверхонь деталей дозволить збільшити термін їх гарантованої експлуатації та в результаті дозволить отримати вагомий економічний ефект.

					<i>ДП.133.020.003.23.ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Alieva, L. I., Markov, O. E., Aliiev, I. S., Levchenko, V. N., Malii, K. V. Analysis of Power Parameters of Combined Three-Direction Deformation of Parts with Flange. *FME Transactions*, 2021, 49(2), pp. 344–355. DOI:[10.5937/fme2102344A](https://doi.org/10.5937/fme2102344A).
2. Faraji, G., & Torabzadeh, H. (2019). An overview on the continuous severe plastic deformation methods. *Materials transactions*, 60(7), 1316-1330. <https://doi.org/10.2320/matertrans.MF201905>
3. Aliev I. S., Sivak R. I., Markov O. E., Levchenko V. N. The evaluation of workpiece deformability for the process of two-stage extrusion of hollow hull / *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2023. 129(3-4). PP. 1345–1353. DOI:[10.1007/s00170-023-12353-6](https://doi.org/10.1007/s00170-023-12353-6).
4. Beygelzimer, Y., Filippov, A., Estrin, Y. ‘Turbulent’ shear flow of solids under high-pressure torsion. *Philosophical Magazine*, 2023, 103(11), pp. 1017–1028. DOI:[10.1080/14786435.2023.2180681](https://doi.org/10.1080/14786435.2023.2180681).
5. Palmieri. V. Spinning of TESLA-type Cavities: Status of Art. *Proc. of the 9th Workshop on RF Superconductivity*, Santa Fe, New Mexico USA, November 1-5. 2019. pp 532-537.
6. Mykhalevych, V., Dobraniuk, Y., Matviichuk, V., Smailova, S., Kozbakova, A. A comparative study of various models of equivalent plastic strain to fracture. *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Srodowiska*, 2023, 13(1), pp. 64–70. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3496>.
7. Kukhar, V., Hrushko, O., Markov, O., Anishchenko, O., Prysiashnyi, A. Bypass Bends Deformability of CuZn5 Brass, X10CrNiTi18-9 and C22 Steel at Forming by Euler-Mode Buckling. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023, 510, pp. 1533–1542. DOI:[10.1007/978-3-031-11051-1_158](https://doi.org/10.1007/978-3-031-11051-1_158).

					ДП.133.020.003.24.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Brüning M, Koirala S, Gerke S. A stress-state-dependent damage criterion for metals with plastic anisotropy. *International Journal of Damage Mechanics*. 2023; 32(6): 811-832. doi:[10.1177/10567895231160810](https://doi.org/10.1177/10567895231160810).

9. Zhou, L., & Wen, H. (2019). A new dynamic plasticity and failure model for metals. *Metals*, 9(8), 905. <https://doi.org/10.3390/met9080905>.

10. Shtern, M. B., Mikhailov, O. V., & Mikhailov, A. O. (2021). Generalized continuum model of plasticity of powder and porous materials. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 60(1-2), 20-34. doi:[10.1007/s11106-021-00211-7](https://doi.org/10.1007/s11106-021-00211-7).

11. Rothman, D., Sansome D. H. An investigation of rod-drawing with die-rotation. *International Journal of Machine Tool Design and Research*. June 2020. Vol. 10. №2. P. 179–192.

12. Sree Lakshmi Gundebommu, Matvijchuk Victor, Rubanenko Olena, Branitskyi Yurii. Justification and development of methods building curves boundary deformation of metals. *Materials Today: Proceedings*, Volume 38, Part 5, 2021, Pages 3337-3344, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.243>.

13. G. Hasemann, C. Müller, D. Grüner, E. Wessel, M. Krüger. Room temperature plastic deformability in V-rich V–Si–B alloys. *Acta Materialia*, Volume 175, 2019, Pages 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.06.007>.

14. Seong-Yong Yoon, Frédéric Barlat, Shin-Yeong Lee, Jin-Hwan Kim, Min-Su Wi, Dong-Jin Kim. Finite element implementation of hydrostatic pressure-sensitive plasticity and its application to distortional hardening model and sheet metal forming simulations. *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 302, 2022, 117494. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2022.117494>.

15. Longfei Lin, Wenfei Peng, Viacheslav Titov, Moliar Oleksandr, Xiaocheng Wu, He Li. Interface phenomena and bonding mechanism in the new method of cross wedge rolling bimetallic shaft. *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 24, 2023, Pages 1132-1149. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.03.049>.

					ДП.133.020.003.25.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДП.133.020.003.26.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

