

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра ГМ

Мальований Ярослав Олександрович

**«ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ
ПОВЕРХОНЬ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ ПРКАТНОГО
СТАНУ»**

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи :
к.т.н. доц. Шиліна О.П.**

Вінниця, ВНТУ - 2019

Актуальність теми

Металопрокат в сучасному світі набув широкого застосування у будь-яких галузях, в тому числі будівництві, енергетиці, хімічній і нафтовій промисловості, в газовій сфері і так далі. Це обумовлено величезним вибором різновидів виробів, які випускаються з металопрокату. Прути, кутники, двотаври, листи та багато іншого, все це використовується у великих кількостях. Для їх виготовлення використовують прокатні стани, валки яких від важких умов роботи швидко зношуються, тому тема є актуальною.



Мета та задачі досліджень.

Підвищення якості відновлення робочих поверхонь прокатних валків за рахунок автоматизації робочого процесу, використання новітніх розробок відновлювального обладнання, вибір та обґрунтування раціональних параметрів і режимів технологічного процесу.

Для здійснення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- 1) на основі аналізу службового призначення вузла та деталі провести дефектацію прокатних валків з метою виявлення поверхонь з недостатньою зносостійкістю;
- 2) дослідити вплив температурних полів, які виникають в процесі відновлення на структуру та експлуатаційні якості наплавленого шару;
- 3) дослідити вплив кількості графіту доданого у флюс на твердість наплавленого шару;
- 4) вибрати та обґрунтувати раціональний спосіб відновлення та зміцнення зношених поверхонь і на основі цього розробити маршрут технологічного процесу відновлення прокатного валка;
- 5) розрахувати виробничу собівартість та ціну реалізації нового технічного рішення з метою визначення прибутку, який може отримати виробник протягом року від реалізації нового технічного рішення.

Об'єкт дослідження. Процеси формування зносостійких покриттів шляхом наплавлення з додаванням графіту у флюс та розповсюдження температури при накладанні валиків.

Предмет дослідження. Механізм впливу кількості графіту у флюсі при наплавленні на структуру нанесеного покриття.

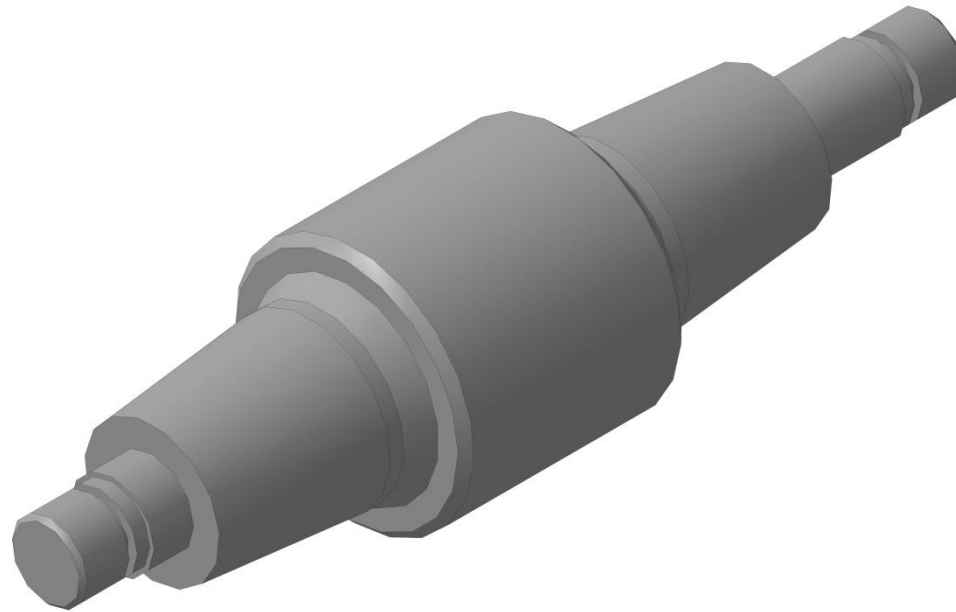
Наукова новизна одержаних результатів. Основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень магістерської кваліфікаційної роботи наступні:

- вперше досліджено на натуральних зразках та імітаційній моделі вплив параметрів тепловкладень на формування полів температур та напружень;
- досліджено, що кількість наплавлених валиків впливає на функціональне покриття та здатні створювати поверхневий шар необхідних функціональних властивостей;
- показано, що графіт істотно впливає на твердість наплавленого шару при додаванні у флюс, але при надмірному додаванні твердість зменшилась і становить близько 50 HRC_c та далі знижується;
- доведено, що твердість деталі зменшується в прямому порядку від місця початку наплавлення, до місця закінчення наплавлення, а вирівнювання твердості потребує додаткового нагріву.

Практичне значення одержаних результатів.

- 1. Проведені автором і за його участю дослідження дозволили зробити рекомендації про модернізацію технологічного процесу відновлення робочих поверхонь прокатних валків.
- 2. При дослідженні дефектів були виявлені наступні залежності: чим більша сила струму тим дефектів менше, при високій силі струму та великій площі поверхні, що наплавляється, виділення тепла дуже високе – з'являються пропали при великій зоні термічного впливу, а також структурні перетворення, які суттєво змінюють властивості наплавленого шару.
- 3. Для відновлення прокатного валка із сталі 40X під час наплавлення доцільно додавати у флюс 25% графітового порошку, та наносити його товщиною шару 1мм, це забезпечить потрібну твердість наплавленого шару та прискорить процес відновлення і тоді термічна обробка стає непотрібною.

3D модель прокатного валка



Прокатний валок – робочий орган (інструмент) прокатного стану. Валками виконується основна операція прокатки – деформація (обтиснення) металу для надання йому необхідних розмірів і форми.

Дослідження зон температурного впливу в процесі наплавлення функціональних поверхонь

Особливість фазових і структурних перетворень при зварюванні в порівнянні з термічною обробкою полягає в тому, що вони протікають в нерівноважних умовах зварювального термомодеформаційного циклу (ЗТДЦ), тобто в умовах швидкого нагрівання і охолодження і одночасного розвитку зварювальних напружень і деформацій. Характер перетворень залежить від складу сплаву, максимальних температур нагрівання, а їх завершеність - від швидкісних і деформаційних параметрів зварювального циклу.

Вихідні параметри дослідів

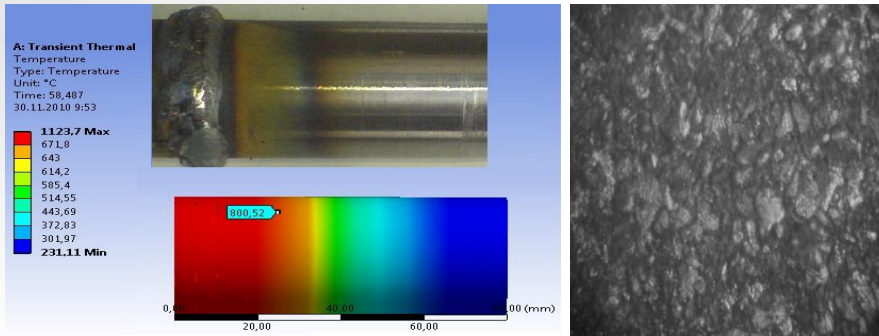
| № п/п | $I_{зв},$ А | U, В | n (кількість валків) | t (крок наплавки) |
|-------|----------------|---------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 140 | 24 | 2 | 2,8 |
| 2 | 60 | 19 | 4 | 2,8 |
| 3 | 140 | 24 | 6 | 2,8 |
| 4 | 60 | 19 | 8 | 2,8 |
| 5 | 127 | 22 | 2 | 2,8 |
| 6 | 127 | 22 | 4 | 2,8 |

Дослід проводили на шести однакових валах Ст3 діаметром 32мм. В процесі дослідів змінювали:

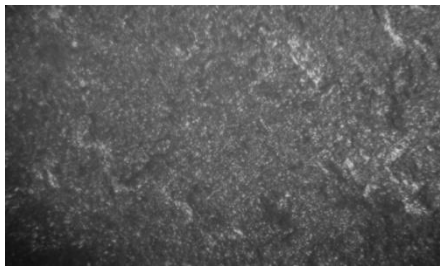
- силу струму
- напругу
- кількість валків

Після наплавлення шести зразків, які досліджуються, кожен з них був сфотографований, для кожного з них побудована модель розподілу температур за допомогою програми кінцевого елементного аналізу та проведено мікроструктурний аналіз основного та наплавленого металу.

Зразок №1



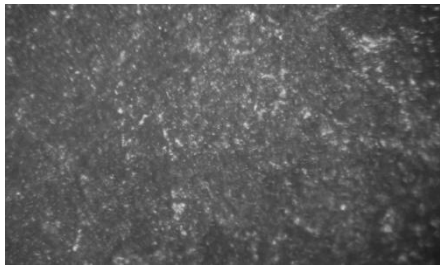
Основний метал



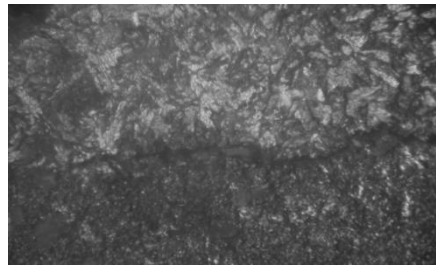
дрібнозерниста структура
повна перекристалізація



ділянка перегріву

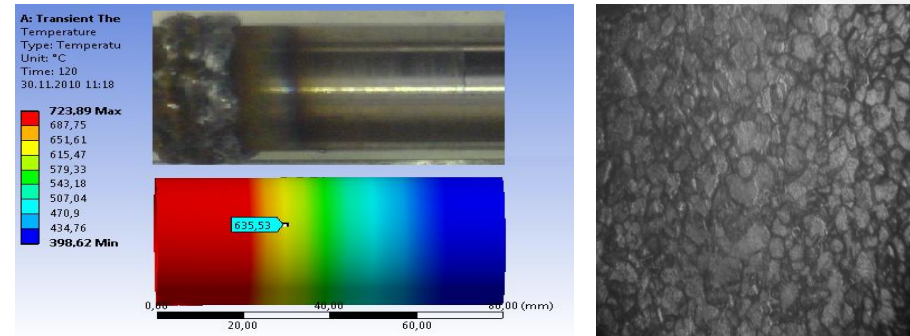


дрібнозерниста структура
повна перекристалізація

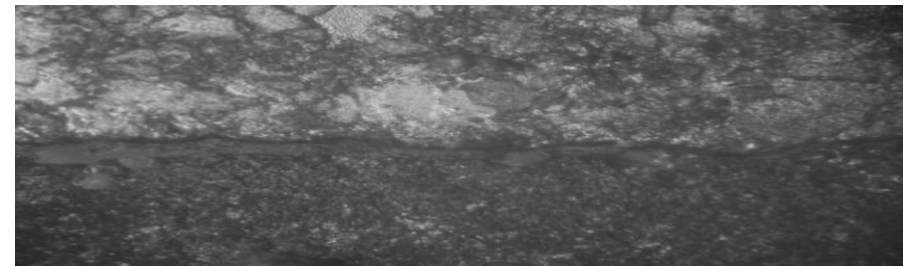


Перехід між основним металом
та наплавленим

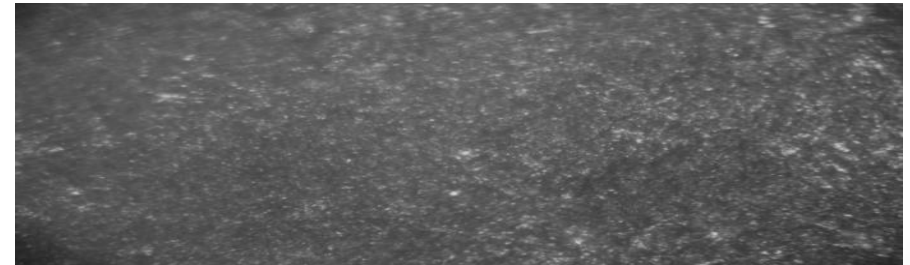
Зразок №2



Основний метал

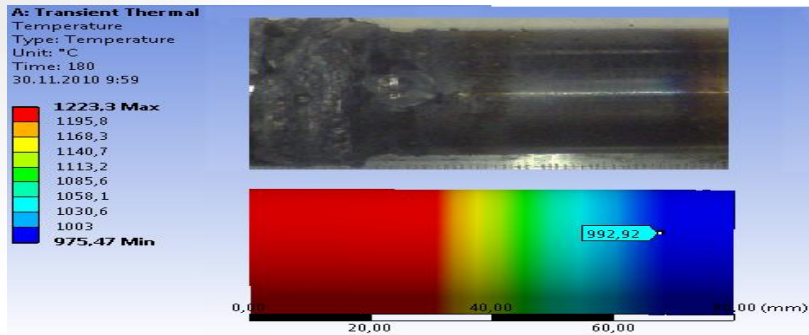


перехідна зона між першим валиком
і основним металом

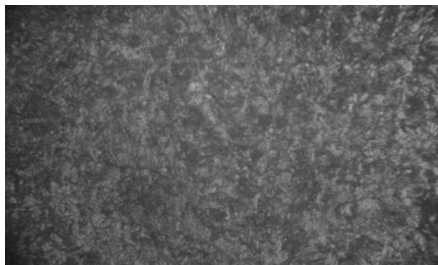
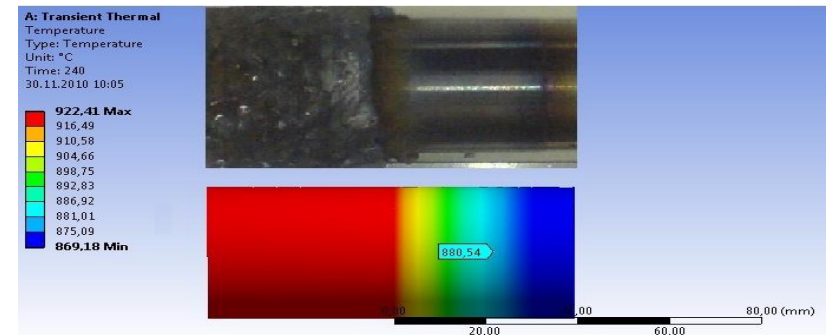


дрібнозерниста структура що утворилась
внаслідок повної перекристалізації

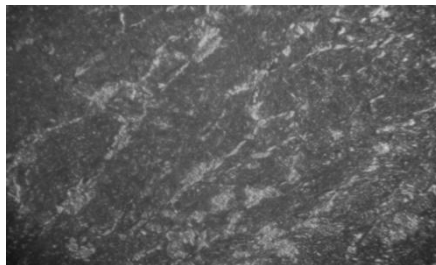
Зразок №3



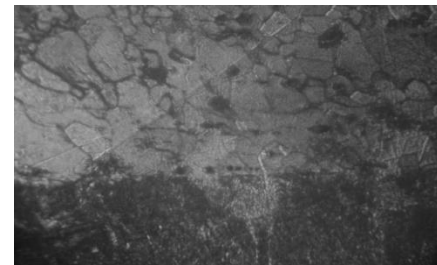
Зразок №4



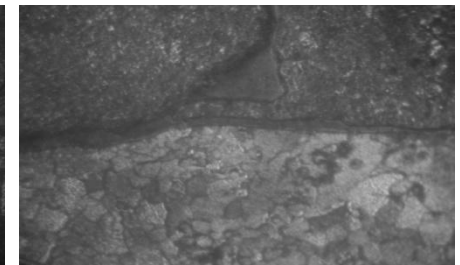
середина між
1 і 2 валиком



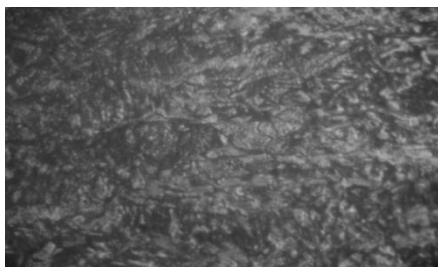
середина 3 валка



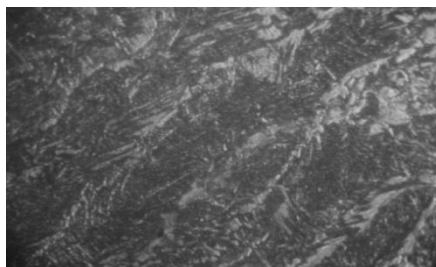
між 1 валком і
основним металом



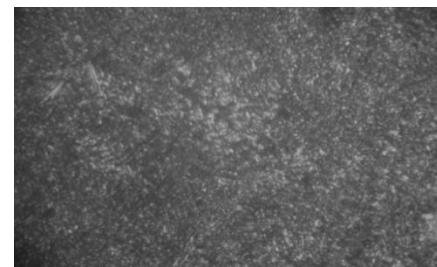
Непровар між
1 та 2 валком



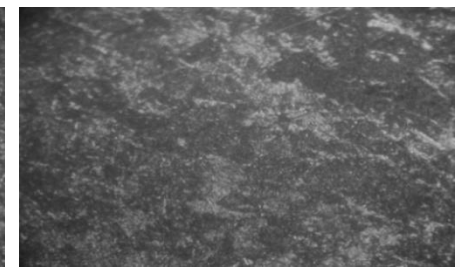
середина 6 валка



середина 5 валка

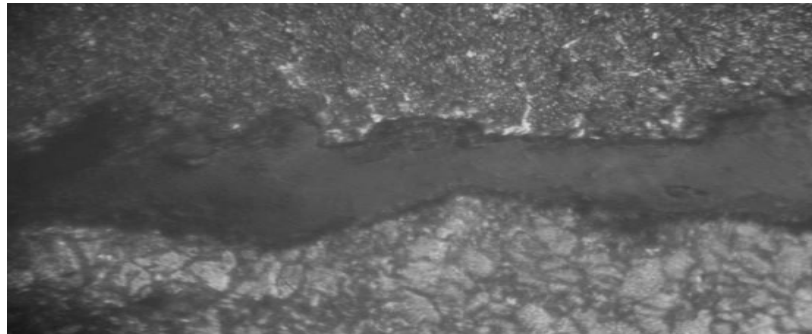
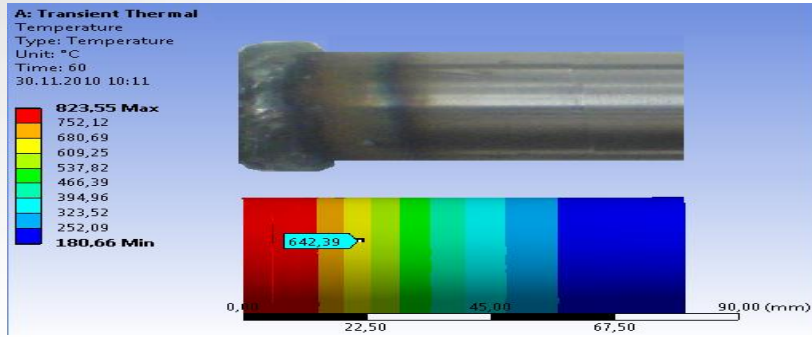


середина 4-го валка

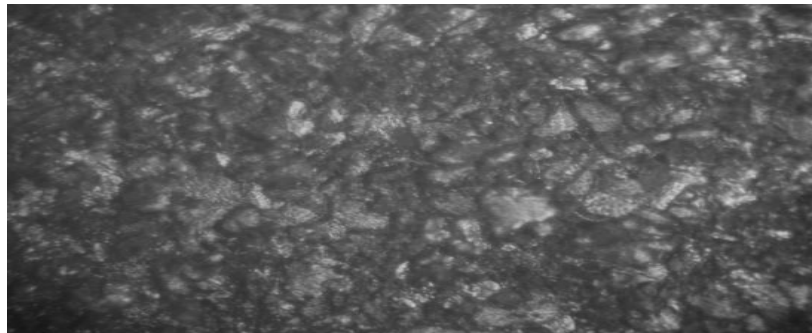


між 6 валком та
основним металом

Зразок №5

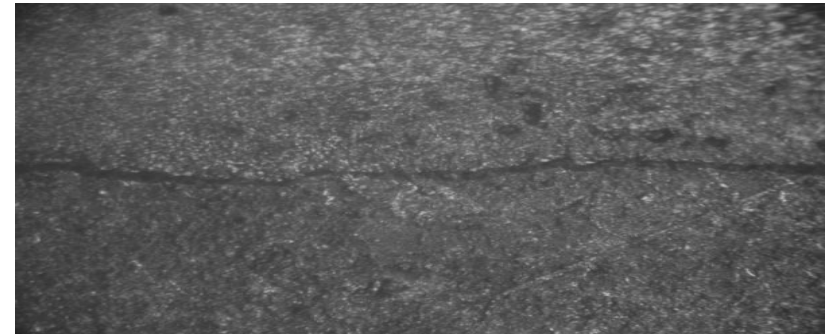
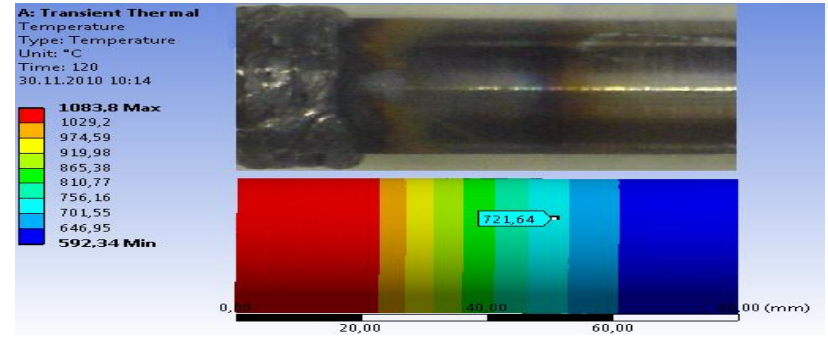


Непровар між першим валком та основним металом

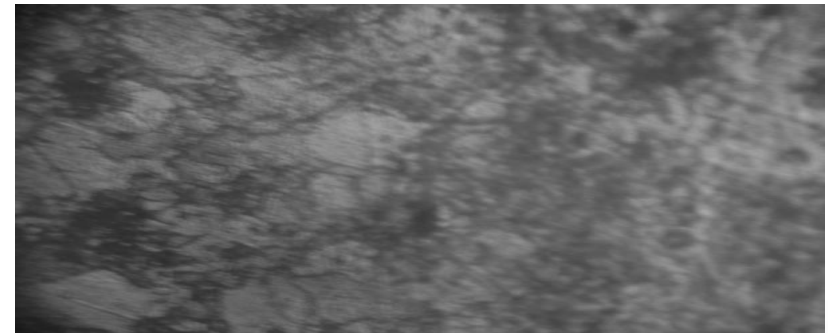


основний метал

Зразок №6



між першим валком та основним металом

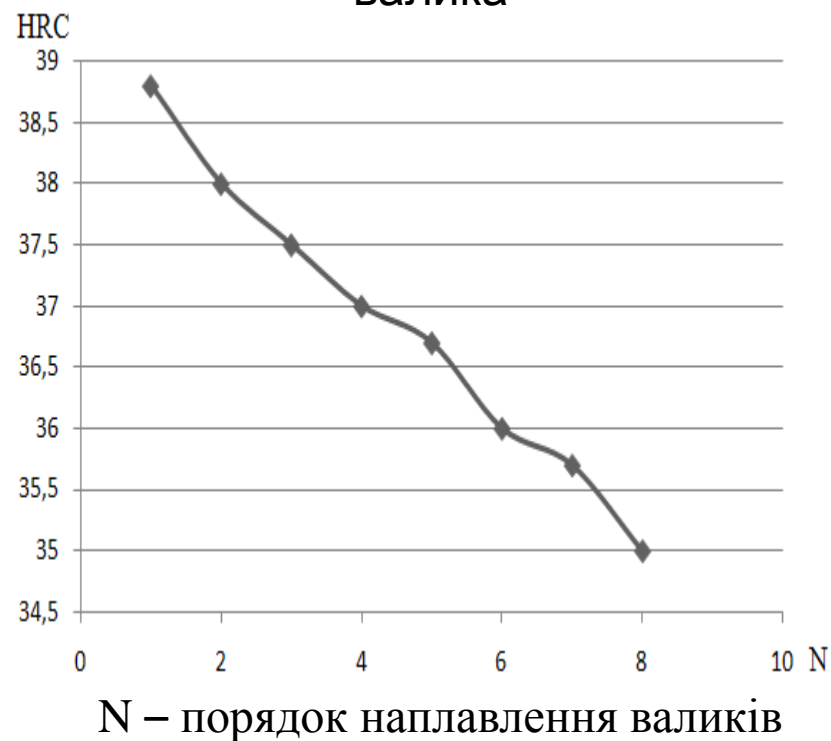


ділянка неповної перекристалізації

Результати вимірювання твердості валиків

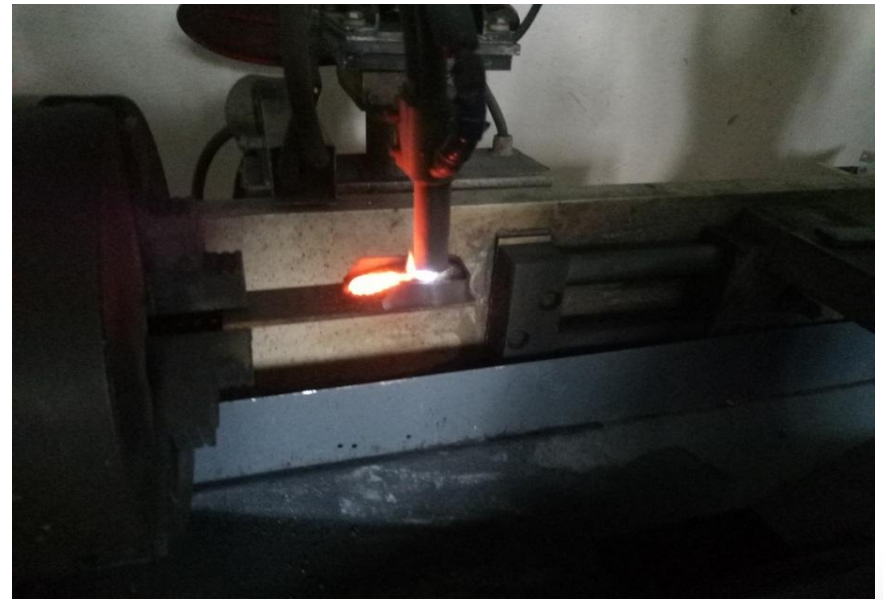
| Твердість HRC основного металу | Твердість HRC валиків | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----|------|----|------|----|------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 21 | 41 | 37 | - | - | - | - | - | - |
| 19 | 38 | 37 | 37 | 34 | - | - | - | - |
| 22 | 42 | 41 | 41 | 40 | 40 | 38 | - | - |
| 21 | 38,8 | 38 | 37,5 | 37 | 36,7 | 36 | 35,7 | 35 |
| 20 | 40 | 37 | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 41 | 40 | 40 | 38 | - | - | - | - |

Графічно показана залежність твердості від порядку накладання валика



Дослідження впливу кількості графіту у флюсі на твердість наплавленого шару

Було проведено дослід, в ході якого зразки із сталі 40Х по черзі затискали у патроні установки та рівномірно наносили різну кількість графітового порошку у співвідношенні до флюсу від 0 до 50% і наплавляли, після чого повільно, в однакових умовах для всіх зразків охолоджували та в подальшому замірювали твердість наплавлених зразків.





Зразок №1
без додавання графіту



Зразок №2, наплавлений з шаром
графіту товщиною – 1мм



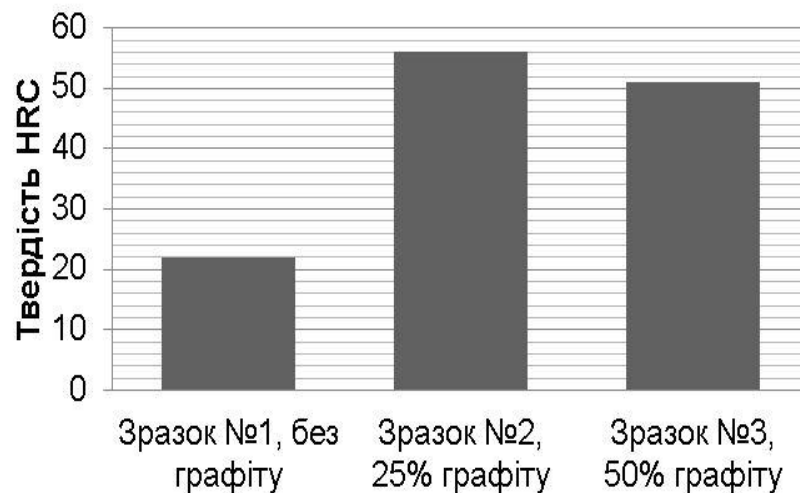
Зразок №3, наплавлений з шаром
графіту товщиною – 2мм

Дослід показав, що із збільшенням кількості графіту процес наплавлення погіршується а твердість наплавленого шару зростає. Але є певна межа, після якої графіт припиняє розчинятись в металі наплавленого валка, при цьому твердість наплавленого шару зменшується

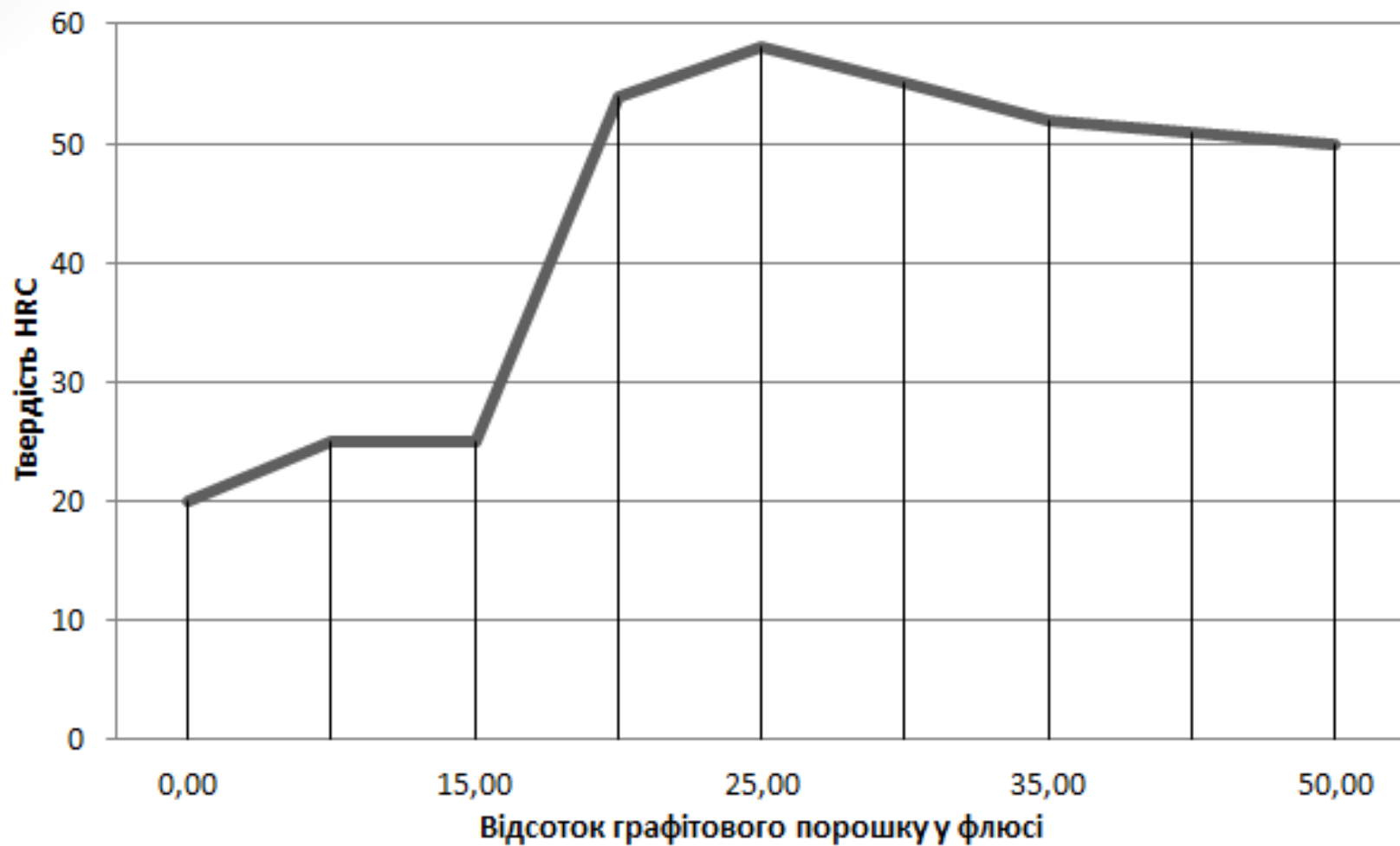
Наплавленні зразки були підготовлені до заміру твердості та досліджені



Результати виміру твердості



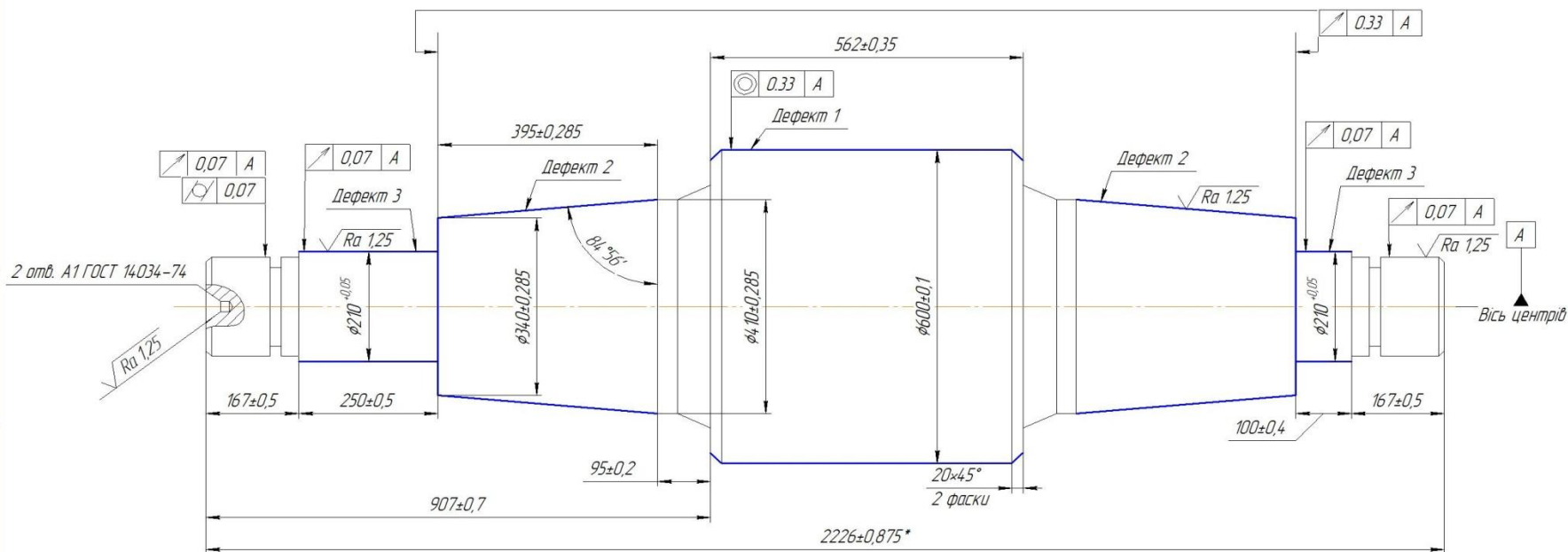
Графічне зображення впливу вуглецю у флюсі на твердість наплавленого шару



Ремонтне креслення

08-27.МКР.004.01.001Р

√ Ra 12,5 (√)



| № дефекту | Вид дефекту | Коефіцієнт повторюваності дефекту від загальної кількості деталей | Основний спосіб усунення дефекту | Допустимий спосіб усунення дефекту |
|-----------|--|---|---|---|
| 1 | Знос робочої поверхні прокатного валка до розміру φ599,5 | 0,7 | Автоматичне наплавлення під шаром флюсу | Автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів |
| 2 | Знос опорних поверхонь прокатного валка | 0,4 | Автоматичне наплавлення під шаром флюсу | Автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів |
| 3 | Знос поверхонь під підшипники до розміру φ209 | 0,4 | Автоматичне наплавлення під шаром флюсу | Автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів |

Прокатний валок не приймається на відновлення при наявності сколів та тріщин.

Технічні вимоги:

- *Розміри для довідок
- Твердість 55-58HRC
- Не вказані радіуси скруглень 1мм
- H14, h14

| 08-27.МКР.004.01.001Р | | | | | | Лист | Маса | Масштаб |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|-----------|--------|---------|
| Прокатний валок (ремонтне креслення) | | | | | | | | 1:5 |
| Сталь 40Х ГСТ 4543-71 | | | | | | Лист | Листов | 1 |
| Копіюваль | | | | | | Формат А2 | | |

Вибір способу відновлення

Проаналізувавши умови роботи деталі та способи відновлення, обираємо наплавлення під шаром флюсу, яке має наступні переваги:

- високу продуктивність;
- високу надійність способу;
- високу якість наплавленого шару;
- високий коефіцієнт використання електроенергії;
- надійний захист працюючих від шкідливих випромінювань та аерозолів;
- мінімальне виділення шкідливих домішок при наплавленні.

Технологічний маршрут відновлення

| № | Назва операції та зміст переходу | Ескіз обробки та схема установки | Обладнання |
|-----|--|----------------------------------|---|
| 005 | Миття Мити валок в розчині МС-6 | | Високашлірна установка М-1112 |
| 010 | Відпуск Нагріти деталь до температури 500° із витримкою 2 години, та повільно остиудити разом із пічком | | Відпускна піч СКЗ-08.30.01/7 |
| 015 | Токарна 1. Встановити деталь. 2. Точити поверхню 1, до розмірів за ескізом. 3. Точити поверхні 2 та 3, до розмірів за ескізом. 4. Точити поверхні 4 та 5 до розмірів за ескізом. 5. Зняти деталь. | | 1. Токарний верстат моделі 16К-40П. 2. Різці із твердосплавними пластинами ВК8КС. |
| 020 | Наплавлявальна 1. Встановити деталь. 2. Наплавити поверхню 1. 3. Наплавити поверхні 2 та 3. 4. Наплавити поверхні 4 та 5. 5. Зняти деталь. | | 1. Установка для наплавлення РМ-10. 2. Наплавлявальна головка А-1406. 3. Дріт Нп-30ХГСА. 4. Флюс АН348 |
| 025 | Відпуск Нагріти деталь до температури 500°С із витримкою 12 - 20 години, та повільно остиудити у піску | | Тара з піском |

| № | Назва операції та зміст переходу | Ескіз обробки та схема установки | Обладнання |
|-----|--|----------------------------------|---|
| 030 | Токарна 1. Встановити деталь. 2. Точити поверхню 1, (до розмірів за ескізом). 3. Точити поверхні 2 та 3, (до розмірів за ескізом). 4. Точити поверхні 4 та 5 (до розмірів за ескізом). 5. Зняти деталь. | | 1. Токарний верстат моделі 16К-40П. 2. Різці із твердосплавними пластинами ВК8КС. |
| 035 | Термообробка Нагріти поверхні 1, 2, 3, 4 та 5 за допомогою індуктора до температури 830°С | | ТВ4 індуктор марки ВЧ-160АВ |
| 040 | Шліфувальна 1. Встановити деталь. 2. Шліфувати поверхню 4, до розмірів за ескізом. 3. Шліфувати поверхню 5, до розмірів за ескізом. 4. Зняти деталь. | | |
| 045 | Контрольна 1. Встановити деталь. 2. Перевірити допуски форми деталі шорсткості та розміри. 3. Зняти деталь. | | 1. Контрольний стіл з центрами. 2. Магнітний стяг з індикатором. 3. Штангенциркуль. 4. Мікрометр. 5. Зразки шорсткості поверхні ГОСТ-2789-73. |

Загальні висновки:

- показано, що графіт істотно впливає на твердість наплавленого шару при додаванні у флюс. При додаванні 25% графіту твердість зросла у два рази і становить 55...58 HRC_e.
- досліджено, що кількість наплавлених валиків впливає на функціональне покриття та здатні створювати поверхневий шар необхідних функціональних властивостей;
- доведено, що твердість деталі зменшується в прямому порядку від місця початку наплавлення, до місця закінчення наплавлення, а вирівнювання твердості потребує додаткового нагріву;
- при дослідженні дефектів були виявлені наступні залежності: чим більша сила струму тим дефектів менше, при високій силі струму та великій площі поверхні, що наплавляється, виділення тепла дуже високе – з'являються пропали при великій зоні термічного впливу, а також структурні перетворення, які суттєво змінюють властивості наплавленого шару;
- розроблено технологічний процес відновлення прокатного валка електродуговим дуговим наплавленням з використанням проволочки Нп-30ХГСА;
- оптимізована термічна обробка, яка виключає довготривалий нагрів прокатного валка в печі на супутній нагрів деталі в процесі наплавлення з повільним охолодженням після наплавлення у піску, що відповідає операції відпалу після наплавлення;
- проведені розрахунки САПР за допомогою «КОМПАС-3D V12» та експертної програми «Наплавка», яка підтвердила вибір наплавлювального дроту та розрахунки режимів наплавки, що забезпечують високу продуктивність відновлення і зменшують трудомісткість та витрати часу.
- - термін окупності 0,19 року.

Дякую за увагу!