

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи №2

“Дослідження здатності до самозміцнення і зносостійкості в умовах абразивного зношування металу наплавленого стандартними матеріалами” з дисципліни “Матеріали для наплавлення та напилення” для студентів освітньої програми „Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій” усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №2  
“Дослідження здатності до самозміцнення і зносостійкості в умовах абразивного зношування металу наплавленого стандартними матеріалами” з дисципліни “Матеріали для наплавлення та напилення” для студентів освітньої програми „Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій” усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 18 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент  
О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ОТЗВ  
Протокол № 1 від 22.08.2017

Рекомендовано до видання  
НМК ІФФ  
Протокол № 1 від 19.09.2017

## ЗМІСТ

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 МЕТА РОБОТИ.....                                                                                  | 4  |
| 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ .....                                                                          | 4  |
| 2.1 Основні сучасні уявлення про абразивне зношування матеріалів                                    | 4  |
| 2.2 Методика та лабораторний стенд для випробувань на<br>зносостійкість зношуванню.....             | 9  |
| 3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І<br>КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО<br>РОБОТИ ..... | 12 |
| 4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ<br>.....                                               | 16 |
| 5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....                                                                  | 17 |
| 6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ...                                                         | 17 |
| 7 ЗМІСТ ЗВІТУ .....                                                                                 | 17 |
| РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....                                                                      | 18 |

## 1 МЕТА РОБОТИ

Освоїти методику випробувань на опірність абразивному зношуванню напівзакріпленим абразивом. Визначити вплив стуктури і здатність наплавленого металу до самозміцнення при дії абразиву і її вплив на зносостійкість.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

### 2.1 Основні сучасні уявлення про абразивне зношування матеріалів

Серед різних видів зношування найбільш поширеним і інтенсивним є абразивне (до 50 % від усіх видів зношування, що призводить до величезних втрат матеріальних засобів). Із-за різноманіття варіантів поєднання "матеріал - умови експлуатації" до теперішнього часу немає стандартної термінології, узагальненої теорії опірності зношуванню і універсальних критеріїв зносостійкості. Проте, завдяки багатьом роботам склалося загальноприйняті уявлення про основні закономірності абразивного зношування, вплив умов експлуатації і властивостей матеріалів на зносостійкість.

Абразивним називають зношування в результаті різання , або дряпання твердих тіл або часток, при якій відбувається видалення матеріалу зі зношеної поверхні у вигляді дрібної стружки або фрагментів передзруйнованого поверхневого шару. Утворення мікростружки відбувається в процесі одноразової механічної дії (різання) абразиву на матеріал. Зазвичай це супроводить утворення навалювань (пластичне відтиснення) по краях подряпини, які при подальших діях абразиву легко віддаляються з поверхні зношування. Доля переважання одного з цих двох процесів (різання і пластичне відтиснення) визначає інтенсивність зношування матеріалу.

Загальним процесом при взаємодії абразивних тіл з металами, як при знятті мікростружки, так і за відсутності мікрорізання, являється створення напруги в зоні контакту і мікрооб'ємах, що примикають до нього. Причому, формування напруженого стану залежить як від нормального, так і від тангенціального навантаження. Рівень напруги і

кінетика напруженого стану в активному поверхневому шарі є визначальний при зношуванні, оскільки вони відповідальні за процеси утворення мікротріщин і інші явища, що призводять до руйнування поверхневий шару. Контактна напруга на зношуваний поверхні ( $s_k$ ) може бути набагато більша, ніж при звичайних процесах деформації. Залежно від їх величини, кількості повторень і характеристик міцності поверхневого шару зношуваного матеріалу (межа міцності  $s_b$ , межа плинності  $\sigma_t$  і межа втоми  $\sigma_y$ ) розрізняють процеси прямого руйнування, коли  $s_k > s_b$ , полідеформаційного руйнування (малоциклова втома) при  $s_t < s_k < s_b$  або втоми в результаті мільйонів циклів при пружній деформації матеріалу :  $s_k < s_t$ . При переході від прямого різання до полідеформаційному або втомного руйнування інтенсивність зношування зменшується на один і два порядки відповідно.

Таким чином, процес абразивного зношування здійснюється в результаті багатократної дії абразивних зерен на поверхню деталі. При цьому відбувається пружна або пластична деформація матеріалу і відділення його мікрооб'ємів в результаті втоми. У тих випадках, коли контактна напруга перевищує межу міцності матеріалу, відбувається пряме різання поверхні. Інтенсивність зношування при цьому більш ніж в 10 разів вище, ніж в результаті втомних процесів.

Тому, враховуючи складність і багатогранність процесу руйнування поверхні деталей абразивом, багато дослідників аргументовано стверджують, що зносостійкість не властивість матеріалу, а один з параметрів системи : "матеріал - умови зношування". Найважливішим параметром такої системи є відношення твердості абразиву до твердості зношуваного матеріалу  $H_a/H_m$ . Більше 50 років тому Ваалем, Хрущовим М.М. і Бабичевым М.А. були встановлені закономірності зміни інтенсивності зношування матеріалів від величини цього співвідношення (рис. 1). Характерною для них була наявність трьох зон, з різною інтенсивністю зношування. При співвідношеннях  $H_a/H_m$  що відповідають першій зоні, механічне зношування практично не спостерігається до досягнення деякого критичного значення цієї величини, в третій зоні інтенсивність зношування досягає найбільшого рівня, який при подальшому збільшенні твердості абразиву практично залишається незмінним. Друга зона є проміжною,

в її межах можна управляти зносостійкістю шляхом зміни співвідношення  $H_a/H_m$ . Головний висновок, який витікає з аналізу цих закономірностей, полягає в тому, що існує можливість різкого зменшення інтенсивності зношування шляхом досягнення критичних значень співвідношення  $H_a/H_m$ .

Істотне підвищення зносостійкості, іноді близьке до стрибкоподібного, при критичних значеннях співвідношення  $H_a/H_m$  пов'язано зі зміною механізму зношування в результаті зниження твердості абразиву, або збільшення твердості зношуваної поверхні. При зменшенні значення  $H_a/H_m$  пряме різання змінюється полідеформаційним зношуванням, яке у свою чергу "поступається" місцем слабопротікаючому механохімічному процесу. Інтенсивність зношування при переході від одного механізму поверхневого руйнування до іншого зменшується на порядок. Свідченням протікання прямого різання є наявність мікростружки в продуктах зношування, а при полідеформаційному процесі руйнування утворюються лускоподібні частинки. Відсутність продуктів обох видів вказує на те, що процес зношування являється механохімічним. Прийнято вважати, що нижня межа діапазону значень  $H_a/H_m$  при яких відбувається перехід від механізму прямого різання до полідеформаційного зношування складає 1,3, а полідеформаційне зношування міняється на механохімічне при співвідношенні 0,7.

Окрім співвідношення твердості матеріалу і абразиву на зносостійкість металу впливають:

- орієнтація різальної кромки абразивного зерна до поверхні тертя,
- форма, розміри, міцність і інші характеристики абразивних часток

З іншого боку опірність матеріалу абразивному зношуванню визначається поведінкою окремих структурних складових при зіткненні з абразивом.

Феритна і проміжні структури (сорбіт, тростит, бейніт). Не можуть опиратися як впровадженню абразивних часток, так і їх подальшому переміщенню, передусім з низької твердості. В результаті на поверхні деталі можуть утворюватися глибокі, протяжні канавки (рис. 2.1). У продуктах зношування міститься велика кількість мікростружки. Це вказує на те, що зношування відбувається з великою часткою прямого одноактного різання.

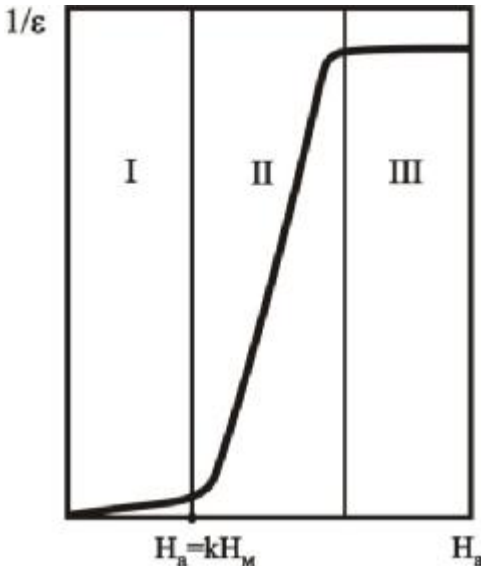


Рисунок 2.1 - Схема зміни інтенсивності зношування матеріалу твердістю  $H_M$  залежно від твердості абразиву  $H_a$

Мартенситні і мартенсито-аустеніти (з невеликою кількістю аустеніту) структури мають помітно більш високу зносостійкість, ніж проміжні. Це відбувається в результаті зменшення відношення  $H_a/H_M$  і зниженням долі прямого різання.

Ще вищий опір зношуванню наплавленого металу, якщо в його структурі міститься велика кількість (до 100 %) аустеніту здатного значною мірою (40 - 90 % від початкового), до перетворень на мартенсит деформації при багатократній дії абразиву. Мартенсит деформації має підвищену твердість і дисперсність в порівнянні з мартенситом загартування. Тому твердість поверхні тертя в даному випадку може досягати 12-12,5 ГПа, що і обумовлює, (в першу чергу), підвищення зносостійкості більш ніж в два рази в порівнянні із структурами, з мартенситом загартування. Проте, якщо аустеніт стабільний і не зазнає перетворень, то опірність зношуванню значно нижче, ніж наплавлень з початковою мартенситною структурою.

Найбільш ефективним засобом підвищення зносостійкості є збільшення в структурі кількості фази що зміцнює (карбідів, карбоборидов та ін.), твердість яких може значно перевершувати твердість зерен поширених абразивних мас. Будучи бар'єром на шляху

руху абразивних зерен, карбіди можуть призводити до їх руйнування. Проте переваги твердих фаз які зміцнюють реалізуються тільки у тому випадку, якщо вони міцно утримуються основою, яка також повинна чинити опір зношуванню. Інакш карбіди виступають над поверхнею (рис. 2.2) і із-за їх дуже низької пластичності кришаться та вириваються з поверхні тертя.

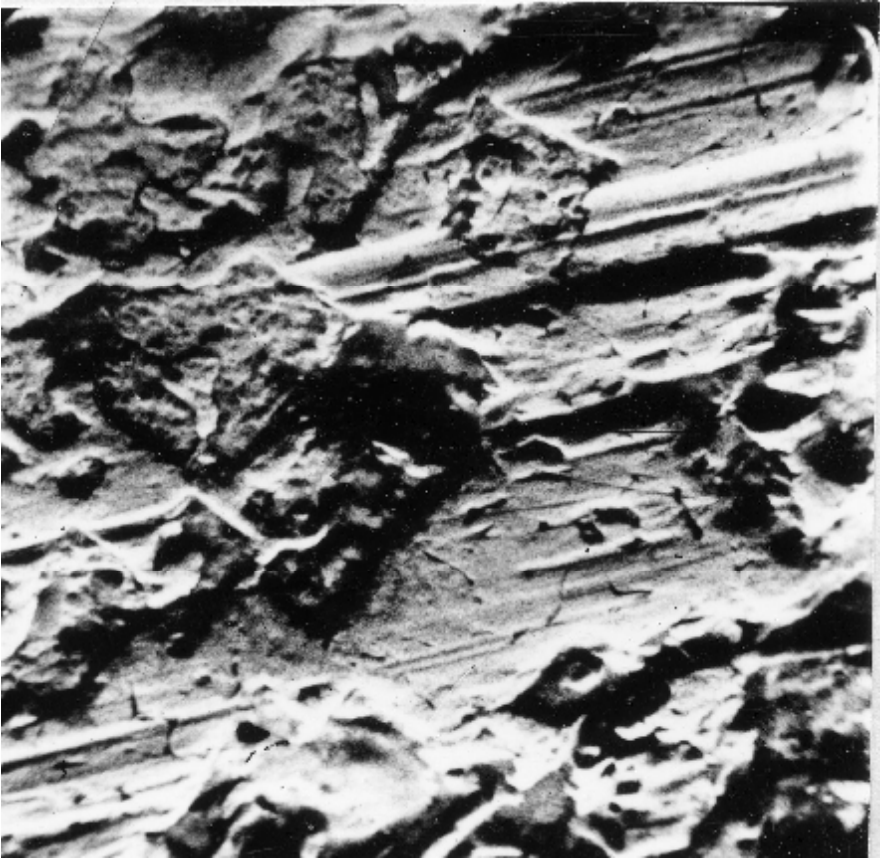


Рисунок 2.2 - Характер зношеної поверхні при зниженій зносостійкості металевої матриці.

Таким чином, радикальне підвищення опору абразивному зношуванню може досягатися в результаті одночасного забезпечення необхідних властивостей матриці і фази що зміцнює. Проте таке поєднання для багатьох умов роботи деталей не завжди можливо

реалізувати (наприклад, штампи прес-форм та ін.), передусім із-за різкого зниження рівня в'язкості і пластичності при збільшенні кількості карбідів. Визначення здатності до зміцнення наплавленого металу і його зносостійкості, при одночасній оцінці рівня експлуатаційної надійності, є основою для аргументованого вибору матеріалів для наплавлення відносно конкретних умов зношування.

Матеріали які досліджуються в даній лабораторній роботі з точки зору прогнозування і дослідження їх структури, а також вихідних властивостей наплавленого металу (твердість, мікротвердість) були розглянуті в попередній роботі. Результати в вигляді таблиці приведені в додатку даних методичних вказівок. Основна задача цієї роботи вивчення здатності до самозміцнення поверхні тертя та опору наплавленого металу

## **2.2 Методика та лабораторний стенд для випробувань на зносостійкість зношуванню**

Загальновизнано, що виробничі випробування дозволяють встановити закономірності експлуатації, що найближче відповідають реальним умовам. Проте, цей вид випробувань, що проводиться на діючому виробництві, як правило, трудомісткий і вимагає значних матеріальних витрат. Тому кафедрі ОТЗВ ЗНТУ, був створений лабораторний стенд, який дозволяє імітувати виробничі умови зношування (рис. 2.3).

Принцип роботи лабораторного стенду полягає в наступному. Зношування зразка (рис. 2.4), що здійснює зворотно-поступальний рух, виконується стовпом стиснутої пуансоном абразивної маси, що знаходиться в нерухомій обоймі, яка армована твердим сплавом. Зусилля на пуансон від вантажу передається через важільну систему. З кожним ходом зразка шар абразиву, що безпосередньо контактує з поверхнею тертя, автоматично віддається з обойми через проміжок між її торцем і зразком.

Основними параметрами режиму випробувань були:

- тип і фракційний склад абразиву;
- ступінь оновленості абразивної маси (регулюється величиною зазору);

- висота стовпа стислої абразивної маси;
- температура поверхні тертя;
- швидкість тертя;
- тиск.



Рисунок 2.3 – Лабораторний стенд для проведення випробувань

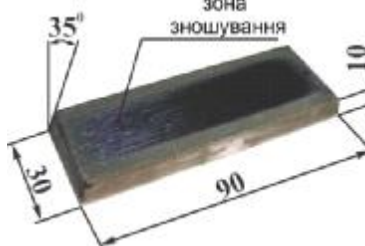


Рисунок 2.4 – Зразок для випробувань на лабораторному стенді

В якості абразиву використовується шамот (рис. 2.5). Фракційний склад абразивних зерен знаходиться в межах 0,63...1,0 мм. Початкова висота стовпа абразивної маси над зразком складає 17 мм. Таке співвідношення розмірів зерен і висоти засипки абразиву дозволяє здійснювати десять ходів зразка при досить повній оновлюваності абразивних зерен. Потім процес випробувань призупиняється, і обійма поповнюється новою порцією абразиву

Режими лабораторних випробувань:

- середня швидкість переміщення зразка – 24,8 мм/с:

- тиск – 5 МПа:
- температура не перевищувала 20-50° С.



Рисунок 2.5 – Зерна шамоту

Кількість ходів за один цикл випробувань вибирається таким чином, щоб втрата маси зразка складала не менше 0,0080 г, що забезпечувало при зважуванні погрішність не більше 5 %. Як правило, достатньо 100 ходів для забезпечення необхідної точності зважування.

Інтенсивність зношування зразків визначається за втратою їх маси за один хід –  $q/l$ , г/хід. Перед зважуванням зразки розмагнічувалися в зникаючому магнітному полі промислової

частоти, щоб виключити вплив взаємодії магнітного поля зразка і деталей вагів.

Відносна зносостійкість визначалася відношенням середніх значень втрати маси зразків еталонного ( $\Delta q_{yo}$ ) і випробовуваного матеріалів ( $\Delta q_{ei}$ ):

$$e = \frac{\Delta q_{yo}}{\Delta q_{ei}}$$

### **З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ**

1. Які механізми поверхневого руйнування можуть діяти в процесі абразивного зношування, від яких факторів вони залежать і як при цьому змінюється інтенсивність зношування?
2. Який показник системи зношування «абразив – метал» найбільше впливає на зносостійкість?
3. Які фактори окрім співвідношення твердості матеріалу і абразиву також впливають на зносостійкість металу?
4. Механізми зміцнення сплавів на основі заліза в процесі зношування.
5. Вплив легуючих елементів на поліморфні перетворення. Їх класифікація за цією ознакою.
6. Вплив хрому на положення аустенітної області на політермічному розрізі діаграми залізо-вуглець - хром.
7. Вплив марганцю на положення аустенітної області на політермічному розрізі діаграми залізо вуглець марганець.
8. Діаграми ізотермічного перетворення аустеніту. Спосіб побудови. Варіанти назв.
9. Вплив легуючих елементів на характер розпаду аустеніту при охолодженні. Приклади діаграм ізотермічного перетворення аустеніту різних систем легування.
10. Поняття «температура початку мартенситного

перетворення Mn». Варіанти позначення. Зображення на діаграмах ізотермічного перетворення аустеніту. Вплив легуючих елементів.

11. Залежність кількості залишкового аустеніту від температури початку мартенситного перетворення.

12. Утворення карбідів в сплавах на основі заліза при однокомпонентному легуванні карбідоутворюючими елементами (на прикладі хрому).

13. Утворення карбідів в сплавах на основі заліза при багатокомпонентному легуванні карбідоутворюючими елементами

14. Явище і механізми зміцнення поверхні тертя в процесі зношування.

15. Принципи легування наплавленого металу, який повинен володіти здатністю до зміцнення в умовах безударного абразивного зношування за рахунок перетворень залишкового аустеніту в мартенсит деформації.

16. Розрахувати кількість хрому або марганцю в твердому розчині в наплавленому металі при наявності в ньому 0,8 % вуглецю з метою забезпечення його здатності до самозміцнення в умовах безударного абразивного зношування.

17. Визначити вміст вуглецю в твердому розчині наплавленого металу типу 80X5 після його відпалу.

18. Внести зміни в хімічний склад наплавленого металу типу 70X3 (на крайках штампів прес-форм) у зв'язку з тим, що відбувається крихке сколювання металу через підвищену твердість.

19. Бор в наплавленому металі (вплив на фазовий стан). Типи боридних і карбоборидних фаз.

20. Область раціонального використання матеріалів для наплавлення, які містять значну кількість бору (1 – 4 %). Приклади таких матеріалів.

21. Принципи легування наплавленого металу для роботи при підвищених температурах. Приклади порошкових дрітків.

22. Яку слід очікувати структуру наплавленого металу типів: У8; 80X3Г; 60Г6Х6; 110Г13?

23. Метал типу 80Х6Г6 наплавлений на ножі гільйотинних ножиць зминається із-за зниженою твердості. Змінити його хімічний склад з метою підвищення твердості до рівня 55-62HRC.

24. Виберіть і обґрунтуйте матеріал для наплавлення шнеків пресів для виробництва будівельної цегли з наступного ряду

матеріалів: У20, 110Г13, 70Х5С; 65Г, 80Х20РЗ, 140 Х10Г10, 300Х2 (умови зношування: абразивне, без ударне).

25. Визначити тип карбідів в сталях 200Х2, 100Х13, 60Х23.

26. Принципи прогнозування структури і рівня її стабільності при деформації по Мн.

27. Принципи легування наплавленого металу для роботи в умовах абразивного зношування при високому тиску без динамічних навантажень. Приклади електродів і порошкового дроту.

28. Метал типу (№№) при охолодженні?

29. Які структурні складові зумовили високу твердість металу (№)?

30. Розрахуйте температуру початку мартенситного перетворення металу (№№), для швидкості охолодження, що виключає проміжні перетворення.

31. Які типи карбідів можна очікувати в наплавленнях (№№)?

32. Вкажіть імовірно тип металевої матриці в наплавленнях (№№).

33. Яким чином змінити хімічний склад металу наплавлення № 8 щоб в ньому при охолодженні утворилася невелика кількість мартенситу?

34. Основні морфологічні ознаки наплавлень (№№).

35. Припустімо, чому при одній і тій же твердості HRC мікротвердість металу № 8 помітно вище ніж №19.

36. Прогнозують ряд зносостійкості в умовах абразивного зношування металу (№№) в порядку зростання.

37. Твердість наплавленого металу 100 ГЗХ5 після охолодження зі швидкістю вище критичної становить 32 HRC. Як зміниться твердість, якщо в метал не буде хрому.

38. Твердість наплавленого металу 70 ХЗ після охолодження зі швидкістю вище критичної становить 60 HRC. Як зміниться твердість якщо склад змінити на наступний: 90Х4ГЗ.

39. Твердість наплавленого металу 110Г15 після охолодження зі швидкістю вище критичної становить 25 HRC. Як зміниться твердість якщо склад змінити на 120Г8.

40. Як зміниться кількість залишкового аустеніту при зміні складу наплавленого металу з 130Г10Х5 на 130Г5Х5?

41. Яку структуру (фазовий стан) слід очікувати при наплавленні поверхні деталі металом типу 80Х20РЗ

42. Яку структуру наплавленого металу слід вважати оптимальною якщо деталь працює в умовах безударного абразивного зношування при високому тиску. При цьому за умовами експлуатаційної надійності присутність в структурі карбідів не допустимо.

43. Який тип наплавленого металу слід вважати оптимальним, якщо деталь працює в умовах абразивного зношування при підвищених температурах (до 500 °C).

44. Чи потрібно прийняти міри запобігання утворенню холодних тріщин при наплавленні валу із сталі 50ХН дротом НП 45Х2Н.

45. При наплавленні деталі металом типу 80Х5Г6 в структурі утворюється 100 % стабільного залишкового аустеніту, в той як час як за умовами роботи деталі оптимальна кількість аустеніту 70 %, решта мартенсит. Як необхідно змінити хімічний склад, щоб забезпечити необхідну структуру.

46. При наплавленні деталі порошковим дротом ПП АН103 (200Х12М) утворюється надмірна велика кількість залишкового аустеніту (до 100 %). Як технологічним шляхом забезпечити утворення в структурі поряд з аустенітом достатньої кількості мартенситу і збільшити кількість карбідів.

47. Яка структура наплавленого металу є оптимальною при роботі деталі в умовах абразивного зношування при відсутності динамічного навантаження (лопаті змішувачів, шнеки та інш.).

48. Яку структуру (фазовий стан) слід очікувати при наплавленні поверхні деталі дротом ПП ФН 105 (тип металу 110Г13Н4)

49. Який вид матеріалу для наплавлення слід вважати оптимальним з точки зору технологічності та продуктивності при відновлення валків прокатних станів.

50. Яка з структурних складових металу типу 150Х20РЗ в найбільшій мірі зберігає твердість та опір зношуванню при підвищених температурах.

## 4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки металу наплавленого стандартними електродами і порошковими проволоками (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

| №<br>п/п | Марка<br>електродів | Тип наплавленого<br>металу | Твердість<br>HRC <sub>9</sub> | Мікротвердість<br>H <sub>0,5</sub> , ГПа |
|----------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| 1        | АНО-4               | Сталь 10                   | -                             | 2,5                                      |
| 2        | 13КН-ЛИВТ           | 80Х4С                      | 47-51                         | 7,5                                      |
| 3        | Т-590               | 320Х25С2ГР                 | 55-58                         | 8,7                                      |
| 4        | ОЗН-300М            | 15Г3С1                     | 21-23                         | 5,0                                      |
| 5        | ОЗЛ-8               | 07Х20Н9                    | -                             | 2,6                                      |
| 6        | ОЗШ-3               | 37Х9С2                     | 56-58                         | 7,9                                      |
| 7        | ОЗН-6               | 50С4Г3Х2Р                  | 57-59                         | 7,6                                      |
| 8        | ЗНГ-13М2            | 110Г13                     | 16-20                         | 5,4                                      |
| 9        | УОНИ-13НЖ           | 20Х13                      | 47-50                         | 6,0                                      |
| 10       | ЭН-60М              | 70Х3СМТ                    | 58-60                         | 8,2                                      |
| 11       | ЭН-ИТС-01           | 350Х3ЗР                    | 54-56                         | 7,5                                      |
| 12       | ОЗШ-7               | 40Х11С3М                   | 57-61                         | 7,8                                      |
| 13       | ОЗН-400М            | 17Г4С1                     | 23-24                         | 2,7                                      |
| 14       | ЭНУ-2               | 350Х15Г3Р1                 | 55-57                         | 8,9                                      |
| 15       | ВСН-6               | 110Х14В13Ф2                | 62-66                         | 9,3                                      |
| 16       | ОМГ-Н               | 65Х11Н3                    | 27-29                         | 7,0                                      |
| 17       | ОЗИ-6               | 110Х4М7Ф2В2С2ТЮ            | 60-63                         | 8,9                                      |
| 18       | ОЗИ-3               | 90Х4М4ВФ                   | 58-63                         | 8,0                                      |
| 19       | ЦНИИН-4             | Х14Г14Н3Т                  | 16-20                         | 3,2                                      |

2. Набор шліфувальних шкірок.
3. Реактиви.
4. Прилад ПМТ 3.
5. Мікроскоп NU-2.
6. Ваги АДВ-200.

7. Стенд для випробувань на опірність абразивному зношуванню.

## 5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

При виконанні роботи не допускати можливості нанесення травм при випадковому падінні зразків чи нанесенні подряпин їх гострими кромками.

## 6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

6.1 Визначається твердість HRC і мікротвердість наплавленого металу

6.2. Проводиться розмагнічування зразків.

6.3. Визначається вага зразків до зношування

6.4 Проводяться випробування зразків на зносостійкість на лабораторному стенді

6.5 Визначається вага зразків після зношування

6.6 Знаходиться відносна зносостійкість

6.7 Заповнюється таблиця.

| Марка електродного матеріалу | Тип наплавленого металу | Твердість, HRC | Мікротвердість $H_{0,5}$ , ГПа |                  | Відносна зносостійкість |
|------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|------------------|-------------------------|
|                              |                         |                | до зношування                  | після зношування |                         |
|                              |                         |                |                                |                  |                         |

## 7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи..
2. Стислий опис основних положення теорії абразивного зношування матеріалів обґрунтування власного прогнозу структур.

3. Побудувати стовпчасті діаграми зносостійкості і мікротвердості поверхні тертя наплавлених матеріалів згрупувавши їх заздалегідь за загальними структурними ознаками
4. Пояснення отриманих результатів припущень про рівні відносної зносостійкості.
5. Висновки по роботі.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Багрянский К.В. Электродуговая сварка и наплавка под керамическими флюсами. – К.: Техніка, 1976.- 184 с.
2. Зварювальні матеріали для зварювання сталей і чавуну (електроди, флюси, дріт). Довідник під ред. В.Н. Горпенюка. - К: Наукова думка, 1994. - 622 с.
3. Наплавочные материалы стран-членов СЭВ. Каталог. Под ред. Й. И. Фрумина, В. Б. Еремеева - К.-М.: Международный центр научно-технической информации, 1979. – 619 с.
4. Петров Г.Л. Сварочные материалы. - Л.: Машиностроение. 1972. - 279 с.
5. Подгаецкий В.В., Люборецкий И.И. Сварочные флюсы. К.: Техніка, 1984. – 166 с.
6. Порошковые проволоки для электродуговой сварки. Каталог-справочник. Под редакцией Походни И.К. - К.: Наукова думка, 1980. – 180 с.
7. Сварка в машиностроении. Справочник. т. 2. Под редакцией д.т.н. Акулова А.И. - М: Машиностроение, 1978. – 462 с.
8. Сварочные материалы для дуговой сварки т. 1. Защитные газы и сварочные флюсы. Под редакцией Потапова Н.Н. – М: Машиностроение, 1989. - 544 с.