

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №3

«Дослідження матеріалів та технології підвищення зносостійкості деталей машин комбінованим способом – наплавленням з наступним насиченням вуглецем» з дисципліни «Спеціальні методи підвищення зносостійкості деталей машин» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 3
«Дослідження матеріалів та технології підвищення зносостійкості
деталей машин комбінованим способом – наплавленням з наступним
насиченням вуглецем» з дисципліни «Спеціальні методи підвищення
зносостійкості деталей машин» для студентів освітньої програми
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян. –
Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 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 № 4 від 25.10.2018

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 3 від 13.11.2018

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Суть і причини проблеми	4
2.2 Вплив хрому та вихідного вмісту вуглецю на здатність до утворення цементованого шару на сталях.....	6
2.3 Технологія комбінованого зміцнення або відновлення штампів прес-форм	11
3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ	14
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ	16
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	16
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ..	17
7 ЗМІСТ ЗВІТУ.....	17
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	18

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідження технології відновлення та підвищення зносостійкості деталей пресового оснащення комбінованим способом – наплавленням з наступною хіміко-термічною обробкою.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Суть і причини проблеми

Однією з важливих складових промисловості України є виробництво вогнетривів (більше 10 заводів), будівельних матеріалів та інш. Ефективність роботи цих галузей в значній мірі залежить від терміну служби деталей устаткування й пресового оснащення. Одними з масових швидкозношуваних деталей пресового оснащення є змінні штампи прес-форм (рис. 2.1). Часто їх строк служби складає всього 5-8 год. Тому проблема підвищення зносостійкості деталей, що експлуатуються в важких умовах абразивного зношування, є досить актуальною та гострою. Однак, незважаючи це дотепер штампи прес-форм на багатьох заводах не відновлюються, а відправляються в металобрухт після однократного використання, або ж наплавляються електродами, що дозволяють тільки відновити вихідні розміри деталей, але не забезпечують достатньої опірності робочих крайок абразивному зношуванню. Відсутність ефективного технологічного процесу зміцнення й відновлення штампів обумовлено рядом причин:

- матеріали, які містять в структурі карбіди практично не придатні для відновлення оскільки мають недостатній рівень в'язкопластичних властивостей наплавленого металу.

- механічна обробка різальним інструментом поверхні наплавленої зносостійкими матеріалами високої твердості ускладнена, а в ряді випадків практично неможлива.

- у процесі наплавлення внаслідок нагрівання відбувається надмірне зниження твердості робочої поверхні, що приводить при повторній експлуатації штампів до налипання вогнетривкої маси й браку пресованого виробу.



Рисунок 2.1 - Штампи для пресування різних видів вогнетривів.

Крім того, складність полягає в тому, що деталі прес-форм поряд з високою зносостійкістю повинні мати добру міцність і пластичність.

Відомо, що одним із шляхів підвищення зносостійкості є використання матеріалів, що містять у структурі карбіди хрому, які перебувають в аустенітно-мартенситній матриці. Однак високохромисті чавуни, або ледебуритні сталі типу X12, у яких велика кількість карбідів, не мають достатнього запасу пластичності.

Тому підвищення зносостійкості деталей в таких випадках при збереженні їхньої пластичності можна досягти шляхом використання комбінованої технології, яка включає наплавлення деталей низьковуглецевими високохромистими сталями, механічну обробку «у розмір» з наступним насиченням вуглецем до рівня чавунів.

Однак реалізація цього підходу ускладнена тим, що для забезпечення в структурі наплавленого шару, шляхом цементації карбідів, високої твердості, в наплавленому металі повинно бути

набагато більше хрому, ніж у відомих сталях, які призначені для цементації. Відомо, що високохромисті сталі мають низьку здатність до насичення вуглецем, високу схильність до неоднорідності шару.

Тому важливим є вибір типу наплавленого металу здатного до насичення вуглецем, режимів цементації наплавлених деталей та впливу вихідного хімічного складу на структуру, зносостійкість та інші властивості цементованого шару.

2.2 Вплив хрому та вихідного вмісту вуглецю на здатність до утворення цементованого шару на сталях

В ЗНТУ вивчення впливу хрому в інтервалі 3...18 % проводилося на спеціально виплавлених сталях зі вмістом вуглецю 0,05...0,06 % (табл. 2.1). Цементацію зразків здійснювали в карбюризаторі при температурі 990...1000° С протягом 5 годин.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад дослідних сталей, мас. дол. %

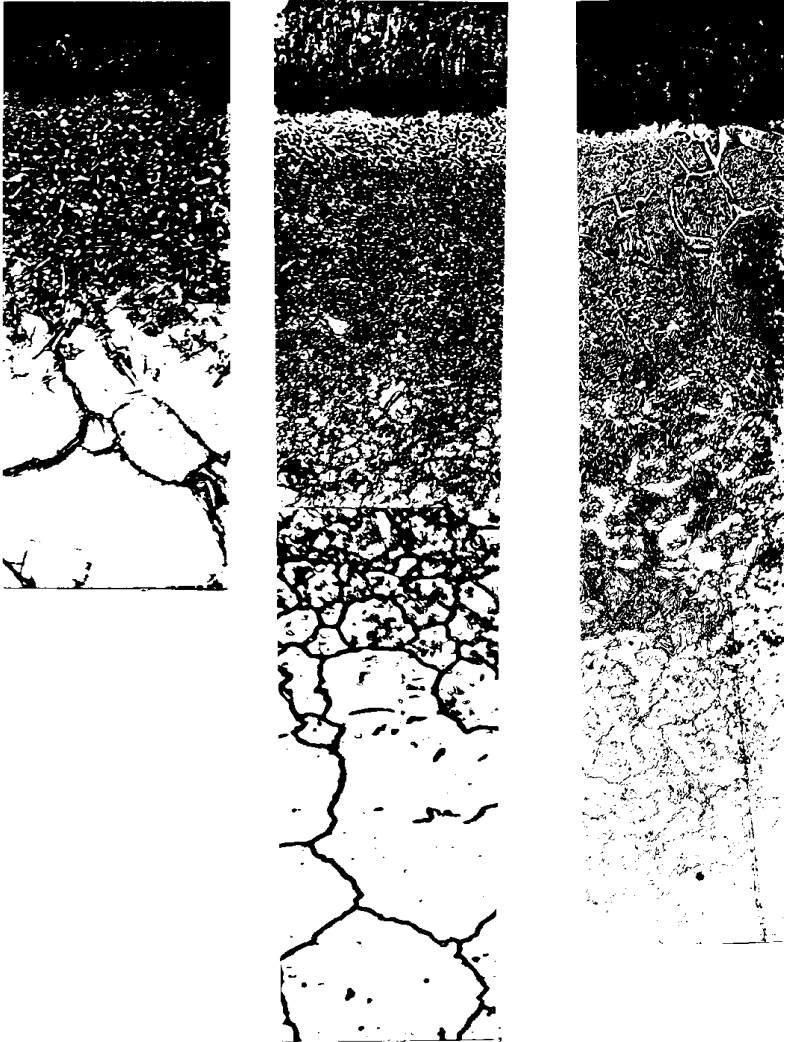
C	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
Cr	3,2	7,9	9,8	12,5	16,9	18,5

Металографічні дослідження насиченого шару сталей показали, що він складається із трьох (рис. 3.1 а), або із чотирьох зон (рис. 3.1 б і в). Три зони характерні для низькохромистого сплаву (3,2 %). Чотири - для високохромистих (12,5 % і 18,5 %). При цьому всі шари включають окисну зону (рис. 2.3), безпосередньо на поверхні, за тим слідує такі, що включають 15-25 % карбідів, а після знаходиться перехідна до серцевини зона, в якій карбіди розташовані тільки по межах зерен.

Зона, що складається практично з одних карбідів знаходиться відразу після окисної зони, характерна для сталей з підвищеним вмістом хрому. Відмінність при цьому спостерігається як в протяжності цих зон, так і у кількості в них карбідів.

Сталі леговані хромом, який має високу спорідненість з киснем, найбільш інтенсивно схильні до внутрішнього окислення. В окисній зоні на цементованій сталі переважають високохромисті окисли. В процесі окислення катіони хрому переміщуються від центру карбідної частинки до периферії назустріч фронту окислення. У результаті обсяг

карбідної частинки збіднюється на хром і карбід $(Cr, Fe)_7C_3$, перетворюється на цементит.



а)

б)

в)

а – 3,2% Cr, б – 12,5% Cr, в – 18,5% Cr

Рисунок 2.2 - Мікроструктури цементованих шарів феритних сталей з різним вмістом хрому



Рисунок 2.3 – Мікроструктура окисленої зони нетравленого цементованого шару

На кромці зразка глибина окисленої зони більше, ніж на плоскій поверхні (рис. 2.4).

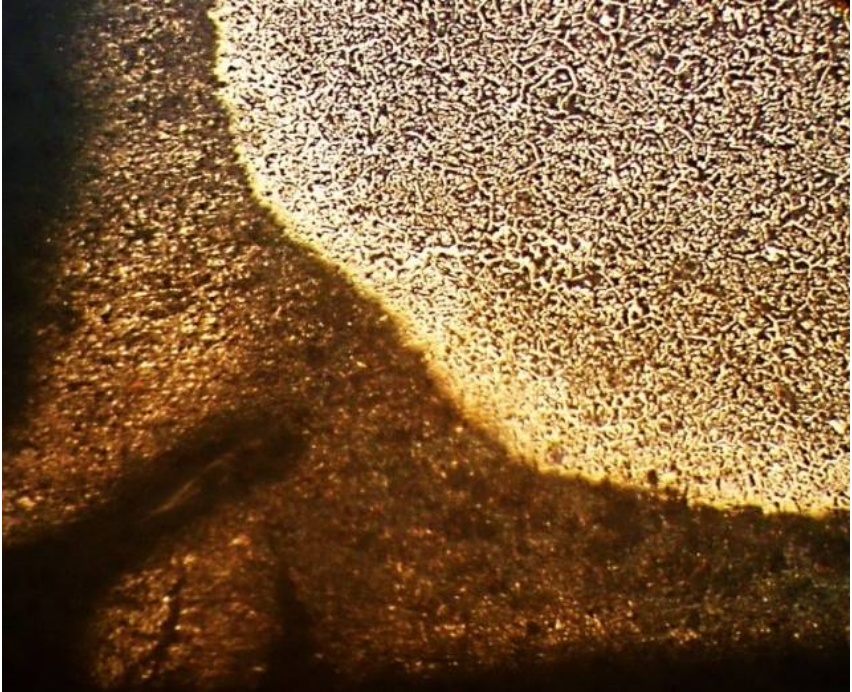


Рисунок 2.4 - Характер окисленої зони на кромці зразка зі сталі 12Х13

Результати досліджень властивостей цементованого шару методом дряпання проведених в ЗНТУ, показали (рис. 2.5), що ширина подряпин при переході від оксидної зони до карбідної різко зменшується і, відповідно, збільшується опір абразивному зношуванню.

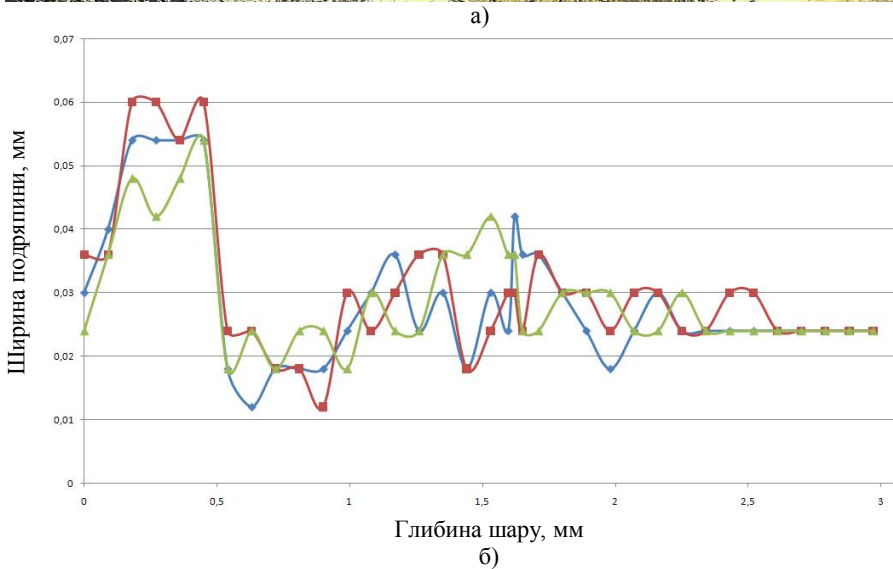
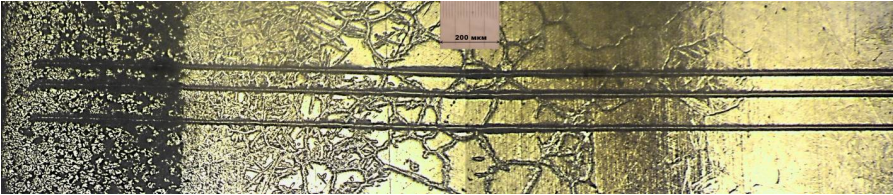


Рисунок 2.5 - Структура (а) і характер (б) зміни ширини подряпини в межах цементованого шару

Для визначення типу карбідів можна використовувати горизонтальні розрізи діаграм стану Fe-C-Cr при кімнатних (рис. 2.6), або високих (рис. 2.7), температурах.

В цілому аналіз структур, результатів випробувань дряпанням та на зносостійкість (лабораторна робота № 1) показав що склад наплавленого металу повинен знаходитись в межах: хром - 12-14 %, вуглець – 0,8 – 0,15 %.

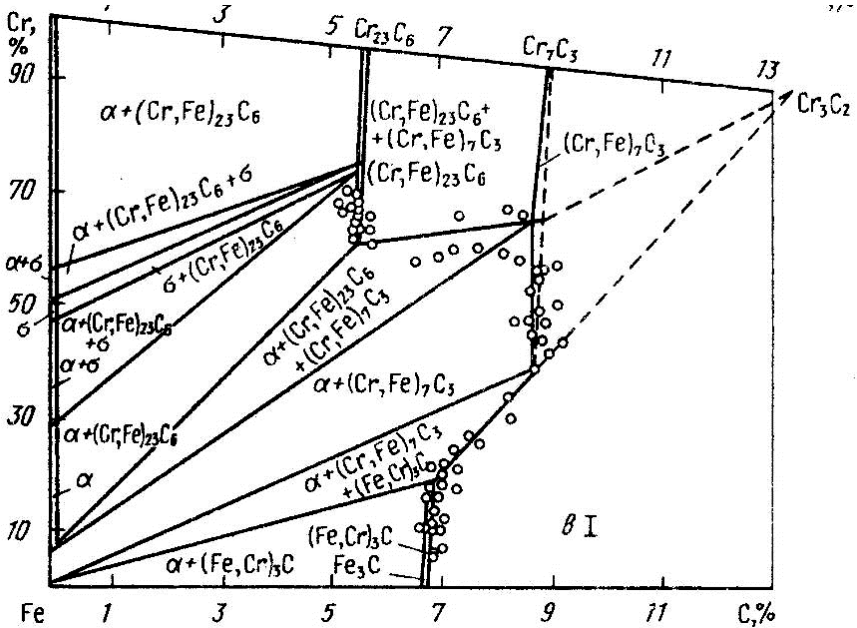


Рисунок 2.6 - Ізотермічний розріз діаграми Fe-C-Cr при кімнатній температурі

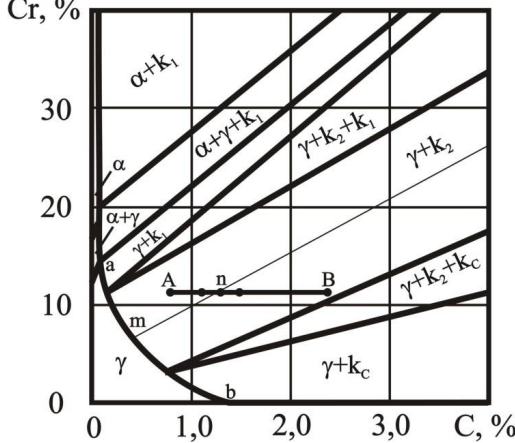
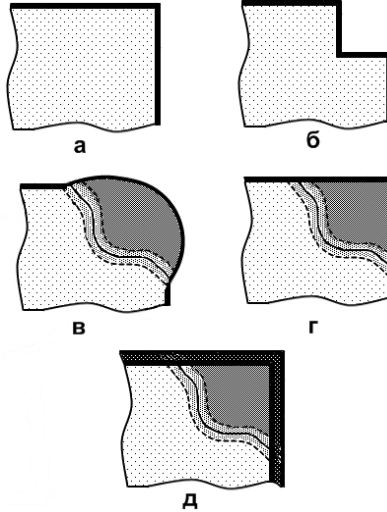


Рисунок 2.7 - Схема визначення хімічного складу основи цементованого шару за ізотермічним розрізом діаграми Fe -C- Cr при 1000° C

2.3 Технологія комбінованого зміцнення або відновлення штампів прес-форм

Технологія включає декілька етапів, відповідно схемі (рис. 2.8).



а - робоча кромка штампа; б - кромка підготовлена під наплавлення; в - наплавлена кромка; г - кромка після механічної обробки; д - наплавлена кромка після цементації

Рисунок 2.8 - Схема кромок штампів, які зміцнюються комбінованим способом на різних етапах технології

У процесі розробки технології наплавлення штампів з наступною цементацією, крім досліджень, результати яких розглянуті вище, слід вивчати також вплив способів (ручна, напівавтоматична) і режимів наплавлення, кута нахилу кромки штампа при напавленні, швидкості наплавлення на форму і якість напавленого валика.

Найбільш повно із відомих матеріалів для наплавлення, що за хімічним складом відповідає необхідному (п. 2.2), можна вважати дріт Нп-12Х13, який можна використовувати для напівавтоматичного наплавлення кромок штампів в аргоні.

Таблиця 2.2 - Типовий склад металу, напавленого дротом Нп-12Х13

С	Si	Mn	Cr	Ti
0,09-0,15	≤ 0,8	≤ 0,8	12-14	≤ 0,12

При виборі режимів наплавлення слід виходити з таких загальноприйнятих вимог до технологічних процесів при наплавочних роботах:

- режими не повинні виходити за межі діапазону, при яких склад напавленого металу відхиляється більш, ніж на 10 % від номінального;
- мінімально можлива участь основного металу в напавленому валику;
- стійке горіння дуги;
- висока продуктивність за умови дотримання вищенаведених вимог.

Діапазон режимів, які рекомендуються в літературі, досить широкий. Середні значення цього діапазону, які відповідають рекомендаціям можна вважати наступними: режими наплавлення пуансонів прес-форм в середовищі захисних газів з використанням кристалізатора:

- діаметр дроту - 1,2 мм;
- струм - 160-180 А;
- напруга дуги - 28- 32 В;
- рід струму - постійний, зворотної полярності;
- захисний газ - аргон;
- швидкість наплавлення - 0,4...0,8 м / хв, і вибирається зварювальником залежно від величини необхідного розміру напавленого валика.

При виборі режимів цементації виходили з наступного:

- глибина робочого шару повинна бути порівняна з величиною припустимого зношування (0,6 – 0,8 мм);
- перехідна зона - мінімально можлива, однак надмірно різкий перехід від шару до серцевини може приводити до його відшаровування;
- металева матриця в робочому шарі повинна включати 70 – 80 % залишкового аустеніту.

Встановлено, що зі збільшенням температури від 950° С до 1030° С ростуть окислена, робоча й перехідна зони.

Температура цементації помітно впливає на дисперсність і морфологію карбідної фази. При температурі насичення 950° С дрібнодисперсні карбіди округлої форми утворюються, як по границях

зерен по гетерогенному механізмі, так і на дефектах, що усередині зерен (гомогенний механізм карбідоутворювання).

З ростом температури до 1000°C відбувається часткове злиття карбідів та їхнє укрупнення переважно на границях зерен. Подальше збільшення температури цементації до 1050°C приводить до утворення практично безперервної карбідної сітки і до росту порівняно великих стержневих карбідів усередині зерен.

Очевидно, що укрупнення карбідної фази може привести до зниження опірності зношуванню й підвищенню крихкості шару.

Таким чином, підвищення температури цементації вище 1030°C недоцільно, оскільки приводить до збільшення окисленої зони, вище припустимого для штамів, значення, зменшенню насиченості вуглецем та зниженню кількості карбідів у робочому шарі. Крім того, при температурі цементації вище 1030°C знижується пластичність цементованого шару через збільшення глибини перехідної зони, загальної глибини шару та крупнозернистої структури.

Зі збільшенням часу цементації від 6 до 9 годин глибина робочого (карбідного) шару зростає. Але подальше збільшення тривалості процесу більше 9 год приводить до зменшення глибини робочого шару та до збільшення загальної глибини. При цьому також ростуть розміри окисленої й перехідної зон. Як і при підвищенні температури понад 1030°C , надмірна тривалість процесу цементації приводить до росту зерна, що є однією із причин зниження ступеня насичення й зменшення довжини робочого шару.

Виходячи з цього, можна вибрати режими насичення, що забезпечують одержання в наплавленому металі насичених вуглецем шарів, які відповідають вимогам по однорідності, глибині зон, ступеню насичення й кількості карбідної фази.

Однак оптимальні хімічний склад та структуру металевої матриці можна забезпечити лише режимом остаточної термообробки цементованих деталей.

Необхідний фазовий склад основи шару (20-30 % мартенситу й 70...80 % аустеніту), при відсутності в ньому тріщин, досягається після загартування із цементаційного муфеля від (1030 - 1050°C).

Таким чином оптимальним режимом хіміко-термічної обробки слід вважати наступний: температура цементації (1020 - 1030°C), час цементації 9 год, температура гартування 1030 - 1050°C .

3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Чим обумовлена необхідність комбінованого способу відновлення та зміцнення деталей?
2. Які переваги має високохромистий цементований наплавлений метал порівняно із інструментальними ледебуритними сталями, чавунами та низьколегованими сталями, призначеними для цементації?
3. Який хімічний склад наплавленого металу слід вважати оптимальним для комбінованого способу відновлення та зміцнення деталей?
4. Зобразіть схеми кромок штампів, які зміцнюються комбінованим способом на різних етапах технології.
5. З яких загальноприйнятих вимог до технологічних процесів при наплавочних роботах слід виходити при виборі режимів наплавлення?
6. Назвіть орієнтовно режими напівавтоматичного наплавлення кромок штампів прес-форм дротом Нп-12Х13 діаметром 1,2 мм у середовищі захисних газів.
7. З яких вимог слід виходити при виборі режимів цементації наплавлених штампів?
8. Як впливає температура цементації на розміри зон цементованого шару?
9. Як визначити тип карбідів в цементованому шарі на високохромистому наплавленому металі?
10. Причини недостатньої здатності високохромистих низьковуглецевих сталей до насичення вуглецем.
11. Чим обумовлена схильність високохромистих матеріалів до нерівномірності цементованого шару?
12. Способи підвищення здатності високохромистих сталей до цементації.
13. Як запобігти неоднорідності цементованого шару?
14. Як змінюється морфологія карбідної фази в цементованому шарі з підвищенням температури цементації?

15. Який тип карбідів слід очікувати в наплавленому цементованому шарі на його глибині з вмістом вуглецю 3,0 %, а хрому 13,0 %?

16. Як можна визначити кількість хрому та вуглецю в аустеніті цементованого шару залежно від температури гартування, користуючись ізотермічними розрізами діаграми Fe-C-Cr?

17. Як можна прогнозувати фазовий склад металевої матриці цементованого шару, знаючи кількість хрому та вуглецю в аустеніті?

18. Морфологічні відмінності структури цементованого шару з великою кількістю карбідів порівняно з структурою чавуна такого ж хімічного складу.

19. Схематично відтворіть характер зміни твердості по глибині цементованого шару після гартування на переважно аустенітну матрицю безпосередньо на поверхні деталі (твердість 50 HRC).

20. Яку кількість вуглецю в твердому розчині основи цементованого шару слід вважати оптимальною, якщо цементована та загартована деталь призначена для роботи в умовах абразивного зношування при високому тиску?

21. Як впливає кірка суцільних карбідів на характер зношування цементованого шару?

22. Схематично покажіть, як змінюється кількість та тип карбідів за глибиною цементованого шару, виходячи із його структури, даних про кількість в ньому вуглецю та користуючись ізотермічними розрізами діаграми Fe-C-Cr.

23. Назвіть основні можливі типи металевої матриці наплавленого та цементованого металу.

24. Зробіть прогноз структури за хімічним складом металу (за завданням викладача).

25. За якою прикметою можна прогнозувати стабільність залишкового аустеніту при роботі деталі в умовах абразивного зношування?

26. Приведіть приклади раціонального використання комбінованого способу відновлення та зміцнення деталей.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Цементовані зразки дослідного металу.
2. Зразки основного металу із низьколегованої, або нелегованої сталі феритного, або аустенітного класу.
3. Дріт для наплавлення, який буде вибраний студентами при виконанні першого етапу лабораторної роботи, електроди.
4. Набір шліфувальних шкурок та алмазної пасту.
5. Реактиви для травлення.
6. Прилад ПМТ-3.
7. Мікроскоп NU-2.
8. Комп'ютер.
9. Пост для наплавлення варгоні.
10. Полірувальний верстат.
11. Установка для випробування на зносостійкість.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Верстати і прилади, які використовуються при виконанні даної роботи підключаються до мережі змінного струму напругою 380 і 220 В. Тому існує небезпека ураження електричним струмом, а також травмування зразком при його поліруванні або шліфуванні. Для попередження нещасних випадків, а також пошкодження приладів і обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки:

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу з техніки безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.
2. Включати прилади тільки за вказівкою викладача або лаборанта.
3. Виконувати тільки роботу, передбачену завданням.
4. Переконатися в надійності заземлення верстата, електроізоляції кабелю і проводів.
5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.
6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.

7. Працювати на верстаті із застебнутими манжетами рукавів.
8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про виниклі несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.
9. Виконувати роботу 'при наявності в лабораторії не менше двох осіб.
10. Після закінчення роботи вимкнути обладнання і привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Провести аналіз структури цементованого шару на дослідних зразках.
2. Вибрати тип наплавленого металу і електродний матеріал для наплавлення.
3. Здійснити наплавлення зразків.
4. Підготувати шліфи.
5. Праналізувати структуру основного і наплавленого металу до цементації.
6. Провести цементацію наплавлених зразків (за межами даної лабораторної роботи в іншій організації).
7. Праналізувати структуру наплавленого і основного металу після цементації.
8. Вивчити деякі властивості наплавленого і основного металу після цементації (мікротвердість в стандартний спосіб, шляхом царапання, зносостійкість).
9. Підготувати звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Основні відомості з даної тематики, суть проблеми, яка існує при відновленні і зміцненні деталей традиційними методами і обґрунтування необхідності використання комбінованого способу і в

яких випадках.

3. Характеристика матеріалів, які досліджуються.
4. Опис технологій наплавлення і хіміко-термічної обробки.
5. Опис структур і властивостей наплавленого і основного металу до і після цементації наплавленого металу.
6. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Влияние углерода и хрома на способность к упрочнению и износостойкость бескарбидных сталей в условиях абразивного изнашивания / Андрущенко М.И., Рузов О.Э., Куликовский Р.А., Брыков Н.Н. // Проблемы трибологии. – 2003. - № . – С. .
2. Влияние хрома на глубину и свойства низкоуглеродистой стали/ Ляхович Л.С и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1977 - №2. - С. 53-53.
3. Науглероживание высокохромистых сталей с целью повышения их износостойкости в абразивной среде / Слободинский И.Н., Говоров А.А., Софрошенков А.Ф., Тимонина Л.Г. // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1976. - №2. – С. 123-126.
4. Тарасов А.Н, Колина Т.П. Структура и свойства нитроцементованных сталей 4Х5МФС и 20Х13, используемых для изготовления режущего инструмента // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2003. – С. 32-36.
5. Тарасов А.Н. Структура и свойства диффузионных слоев, формирующихся на легированных сталях при цементации в активированных древесно-угольных смесях // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2007. – С. 32-35.