

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №7

«Аналіз способів виготовлення карбідосталей і дослідження їх структури та властивостей в залежності від матеріалу зв'язки і типу карбідів» з дисципліни «Зносостійкі, фрикційні та антифрикційні матеріали» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 7 «Аналіз способів виготовлення карбідосталей і дослідження їх структури та властивостей в залежності від матеріалу зв'язки і типу карбідів» з дисципліни «Зносостійкі, фрикційні та антифрикційні матеріали» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. 15 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент

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

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Голова метод. комісії каф. ОТЗВ д.ф.н., проф. С.М. Попов

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол №15 від 22.05.2019 р.

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ

Протокол №8 від 20.06.2019 р.

ЗМІСТ

1 Мета роботи	4
2 Загальні відомості.....	4
3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи	11
4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання	12
5 Вказівки з техніки безпеки	13
6 Порядок проведення лабораторної роботи	13
7 Зміст звіту.....	14
Рекомендована література	14

1 МЕТА РОБОТИ

Аналіз способів виготовлення карбідосталей та дослідження їх структури і властивостей в залежності від матеріалу зв'язки, типу карбідів і режимів термічної обробки.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У багатьох галузях промисловості існує велика кількість деталей, які працюють в різних умовах зношування і потребують високої зносостійкості та експлуатаційної надійності. Вимоги до них обумовлюються конкретними параметрами роботи деталей, зокрема, температурою поверхні тертя, агресивністю середовища, типом та мікротвердістю абразивних зерен при абразивному і гідроабразивному зношуванні. Часто перераховані вимоги можуть задовольнити карбідосталі. Їх можна використовувати для виготовлення, як і інструментів різного призначення, так і різноманітних деталей: валів, втулок або, наприклад, деталей пресової оснастки для виробництва вогнетривких і будівельних виробів (рис. 2.1).

За властивостями карбідосталі займають проміжне положення між швидкорізальними сталями і твердими сплавами, наприклад, ВК8. Це обумовлено поєднанням високої твердості і зносостійкості твердих сплавів і міцністю та в'язкістю легованих сталей. У порівнянні з твердими сплавами карбідосталі володіють трохи меншою твердістю, відрізняються більшою на 30-50 % міцністю, більш високою (в 2-4 рази) ударною в'язкістю, зниженим (на 15-20%) коефіцієнтом тертя, а також меншою (на 50–60 %) вартістю. У відпаленому стані твердість карбідосталі становить HRC 40-44, що дозволяє їх обробляти ріжучим інструментом. Після термічної обробки твердість може сягати HRC 68-70.

Карбідосталі представляють собою штучний композиційний матеріал з матрицею із легованих сталей, яка виконує роль зв'язки з рівномірно розподіленими в ній твердими дисперсними включеннями з синтетичних карбідів масовою часткою від 20 % до 70 %.



а – деталі, отримані методом ГП та ГЕ; б – ролик дротового стану (зверху), виготовлений шляхом ГШ спеченої заготовки (знизу); в – різці та опора, які отримані за технологією ГШ із заготовки «порошок в оболонці»

Рисунок 2.1 – Вироби з карбідосталі, які виготовлені механічною обробкою з порошкових заготовок

В якості матеріалу для твердих включень, як правило, використовують дрібнодисперсні порошки карбідів титану, рідше карбідів вольфраму або хрому. В якості металу-зв'язки використовуються леговані інструментальні сталі, наприклад, Х12М, Х4Н2МВ, Х6В3М, 5Х6ВМ2, Р6М5К5.

Приготування порошкової суміші полягає в змішуванні порошку карбіду з порошком сталі-зв'язки заданого складу або з сумішшю порошку заліза з порошками легуючих компонентів. Карбідосталі отримують наступними методами: пластичним деформуванням спресованого порошку (заготовки простої форми), рідкофазним спіканням, газовим ізостатичним пресуванням або гарячою екструзією.

В якості металу-зв'язки перспективним є використання хромистих сталей, що мають в термообробленому стані аустенітно-мартенситну структуру, здатну до деформаційних фазових перетворень в процесі зношування. Для отримання гомогенної структури по всьому об'єму зв'язки необхідно використовувати при її виготовленні розпилений порошок однорідного хімічного складу. В цьому випадку режими термічної обробки порошкової сталі практично збігаються з режимами, які характерні для литих сталей

аналогічного хімічного складу.

Рівень зносостійкості та інших властивостей визначають службові характеристики карбідосталей, залежить від типу і кількості карбідної фази, її властивостей і характеру розподілу в структурі матеріалу, ступеня розчинності в сталі-зв'язці. Раніше в НУ «Запорізька політехніка» для визначення впливу службових характеристик на зносостійкість матеріалу в умовах абразивного зношування були досліджені карбідосталі зі зв'язкою зі сталі ПХ12Ф1. В якості твердої фази застосовувалися карбіди хрому Cr_3C_2 і карбіди титану TiC .

Кількість карбідів в обох марках карбідосталей становила 20% обсягу шихти. Фракція карбідів титану становила 0 - 15 мкм, а карбідів хрому 0 - 10 мкм, 10 - 20 мкм і 20 - 50 мкм (табл. 2.1). Фракція порошку сталі-зв'язки для карбідотитанових карбідосталей знаходиться в межах 63 - 250 мкм, а для карбідохромових 0 - 63 мкм і 60 - 250 мкм. В якості абразиву при випробуваннях на опірність абразивному зношуванню використовувався шамот.

Таблиця 2.1 – Склад і фракція шихти досліджених карбідосталей

Маркування складу	Фракція порошку сталі-зв'язки, мкм	Фракція карбідів, мкм	Кількість карбідів, % об'єм.	
			Cr_3C_2	TiC
ПХ12Ф1-20КТ	63-250	0-15	—	20
ПХ12Ф1-20КХ	63-250	0-10	20	—
	0-63	0-10	20	—
	0-63	10-20	20	—
	0-63	20-50	20	—

Аналіз результатів металографічних досліджень показав, що тип і форма карбідної фази практично не впливають на рівномірність її розподілу за обсягом карбідосталі. Карбіди обох типів розташовуються між порошинками сталі і утворюють свого роду карбідний каркас, який при травленні карбідохромової карбідосталі не фарбується і при оптичному спостереженні залишається світлим (рис 2.2), а карбідотитанової, навіть без травлення, відбивається темним кольором (рис 2.3).

Введення 20% карбідів в сталь з переважно мартенситною структурою матриці дозволяє збільшити зносостійкість матеріалу, незалежно від типу карбідної фази, більш ніж в два рази, в порівнянні

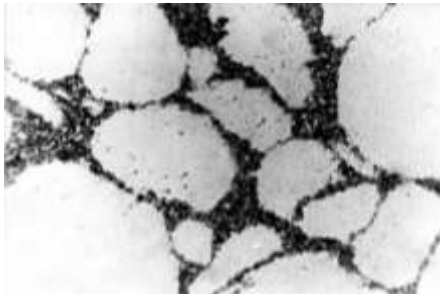
зі сталлю без синтетичних карбідів з мартенситною структурою матриці (табл. 2.2). У той же час, підвищення температури гартування карбідосталей для утворення переважно аустенітної структури матриці сталі-зв'язки, призводить до зміни рівня зносостійкості карбідосталей в протилежних напрямках в залежності від типу карбідної фази. Незважаючи на майже однакове співвідношення структурних складових сталі-зв'язки в обох типах карбідосталей зносостійкість карбідотитанової карбідосталі зростає, а карбідохромової знижується. Така відмінність у зміні зносостійкості карбідосталей зі збільшенням температури гартування може бути пов'язана зі збільшенням розчинності карбідної фази на ділянці сталі-зв'язки, яка з нею межує. Ймовірно, при нагріванні карбід хрому розчиняється в сталі-зв'язці і тим самим змінює її склад. Частка цих ділянок в загальній кількості сталі-зв'язки невелика, оскільки фазовий аналіз не виявляє істотної відмінності в кількості аустеніту і мартенситу в обох типах карбідосталей.



Фракція порошку зв'язки, мкм: 63-250
Фракція порошку карбиду, мкм: 0-10

Рисунок 2.2 – Структура
загартованої з 1070° С

карбідохромової карбідосталі
ПХ12Ф1-20КХ, ×500 (травлена)



Фракція порошку зв'язки, мкм: 63-205
Фракція порошку карбиду, мкм: 0-15

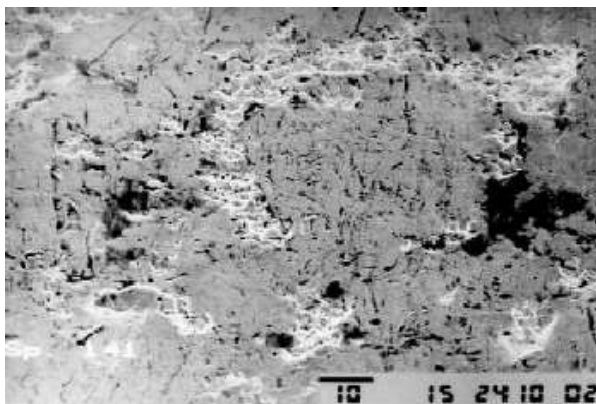
Рисунок 2.3 – Структура
загартованої з 1070° С

карбідотитанової карбідосталі
ПХ12Ф1-20КТ, ×500 (нетравлена)

Дослідження зовнішнього вигляду зношеної поверхні карбідосталі (рис. 2.4) показало, що процес зношування можна умовно представити у вигляді суми двох процесів: переважно полідеформаційне (втомне) руйнування сталі-зв'язки, яка зазнає фазові перетворення (див. табл. 2.2), про що свідчить відсутність глибоких слідів мікрорізання абразивом ділянок зв'язки, і викрашування карбиду хрому із зв'язки.

Таблиця 2.2 – Температура гартування, фазовий склад і властивості карбідосталей

Маркування складу	Температура гартування, °C	Твердість HRC	Кількість залишкового аустеніту, %		Відносна зносо-стійкість, ε
			до знош.	після знош.	
ПХ12Ф1-20КТ	1170	57	92	23	55
	1130	68	60	13	60
	1100	69	45	5	57
	1070	70	25	2	52
ПХ12Ф1-20КХ	1180	54	80	19	44
	1150	64	61	15	46
	1125	66	58	13	47
	1070	68	24	7	51

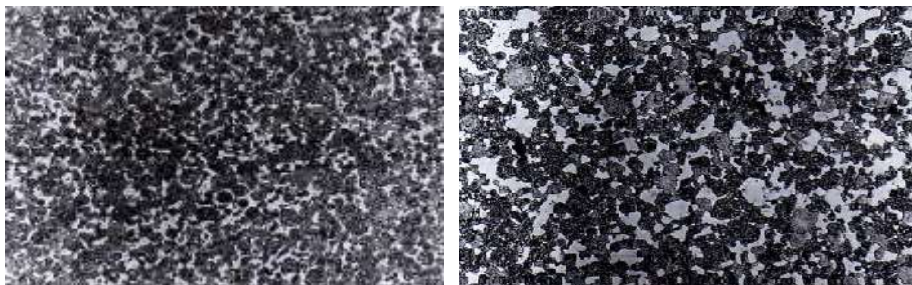


Фракція порошку зв'язки, мкм: 63-250

Фракція порошку карбіду, мкм: 0-10

Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд поверхні тертя карбідохромової карбідосталі загартованої з 1180° C, ×1000

Частка вкладу процесу викрашування карбіду хрому в загальну втрату маси, яка викликана зношуванням матеріалу, можна порівняти із внеском втрати маси від руйнування сталі-зв'язки, оскільки зносостійкість карбідосталі з 20 % карбіду хрому (рис. 2.5) перевищує зносостійкість хромової сталі, яка не містить карбідів, але має такий же структурний стан, всього на 10-15% (див. табл. 2.2 і 2.3).



а

б

а – фракція порошка карбіда: 0-10 мкм; б – фракція порошка карбіда: 10-20 мкм
Фракція порошка зв'язки – 0-63 мкм

Рисунок 2.5 – Структура карбідохромової карбідосталі ПХ12Ф1-20КХ з різною фракцією карбідів Cr_3C_2 , $\times 100$

Таблиця 2.3 – Фракція карбідів, фазовий склад і властивості загартованих з 1180°C карбідохромових карбідосталей ПХ12Ф1-20КХ

Фракція карбідів, мкм	Твердість, HRC	Кількість залишкового аустеніту, %		Відносна зносостійкість, ϵ
		до знош.	після знош.	
0-10	54	81	14	45
10-20	55	79	14	47
20-50	54	80	15	50

Мікрорентгеноспектральне дослідження загартованих зразків карбідохромових карбідосталей показує наявність процесів дифузійного взаємообміну хімічними елементами між зв'язкою і карбідом хрому (табл. 2.4). Причому взаємна дифузія елементів між карбідом і сталлю починається в процесі виготовлення (спікання) карбідосталі, оскільки вже в зразках, загартованих на мартенситну структуру зв'язки, карбід хрому містить близько 30% заліза, а ділянки сталі-зв'язки біля карбідної збагачені хромом.

У зв'язку з цим очевидно, що розчинення карбіду хрому в зв'язці при спіканні і подальшій термообробці негативно впливає на опірність аустенітно-мартенситної зв'язки абразивному зношуванню.

У той же час, з підвищенням температури гартування карбідотитанової карбідосталі її зносостійкість зростає, оскільки розчинність карбіду титану в сталі-зв'язці практично не змінюється (табл. 2.4).

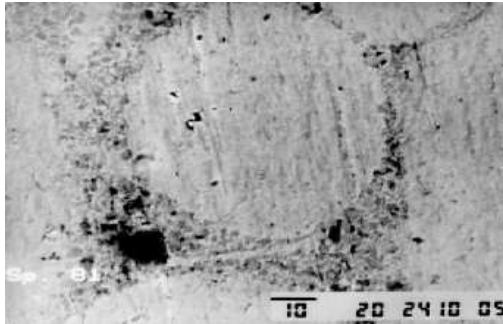
Таблиця 2.4 – Результати мікрорентгеноспектрального аналізу зразків загартованої карбідосталі

Температура гартування, °C	Кількість залишкового аустеніту в структурі зв'язки, %	Місце зондування	Кількість легуючих елементів, % мас.		
			Cr	Fe	Ti
		карбідохромової			
1060	16	Середина карбіду	60,8	30,3	
		Край карбіду	59,1	31,3	
		Край зв'язки	9,0	89,4	
		Середина зв'язки	8,6	90,0	
1180	78	Середина карбіду	60,7	29,1	
		Край карбіду	56,8	31,2	
		Край зв'язки	11,4	88,0	
		Середина зв'язки	9,2	89,8	
		карбідотитанової			
1060	20	Середина карбіду	4,1	8,2	78,6
		Край карбіду	7,7	9,1	78,1
		Край зв'язки	6,8	91,4	0,10
		Середина зв'язки	6,7	91,8	0,08
1180	80	Середина карбіду	4,0	8,2	78,3
		Край карбіду	9,8	9,0	78,0
		Край зв'язки	9,4	88,9	0,11
		Середина зв'язки	9,0	89,5	0,05

Аналіз зовнішнього вигляду зношеної поверхні карбідотитанової карбідосталі з аустенітно-мартенситною структурою сталі-зв'язки (рис. 2.6) також показав перевагу карбідотитанової карбідосталі в порівнянні з карбідохромовою.

Таким чином, застосування карбіду хрому Cr_3C_2 для легування карбідосталі усуває можливість ефективного використання зміцнення поверхні тертя сталі-зв'язки в процесі зношування. Це пов'язано з тим, що в процесі спікання і подальшого високотемпературного нагріву карбідосталі відбувається дифузійне розчинення карбіду хрому Cr_3C_2 в сталі-зв'язці. Тому для створення карбідосталей зі зв'язкою, що має в термообробленому стані аустенітно-мартенситну структуру, здатну ефективно зміцнюватися в процесі зношування за рахунок фазових γ - α перетворень, необхідно в якості твердої фази застосовувати карбіди та

інші сполуки, які мають обмежену розчинність в залізі, наприклад TiC.



Фракція порошку зв'язки, мкм: 63-250

Фракція порошку карбіду, мкм: 0-15

Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд поверхні тертя карбідотитанової карбідосталі загартованої з 1180° С, $\times 1000$

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Скажіть, що представляють собою карбідосталі?
2. Поясніть, яке положення за властивостями займають карбідосталі між швидкорізальними сталями і твердими сплавами на основі карбідів вольфраму, і чим це обумовлено?
3. Скажіть, скільки кобальту знаходиться у сплаві ВК8?
4. Перелічте переваги і недоліки карбідосталей у порівнянні з твердими сплавами.
5. Розкажіть, яким чином отримують карбідосталі?
6. Скажіть, які порошки частіш за все використовують при виготовленні карбідосталей?
7. Перелічте матеріали, які являються найбільш перспективними в якості металу зв'язки і на яку структуру загартовуються?
8. Скажіть, від чого, перш за все, залежить рівень зносостійкості та інших службових характеристик карбідосталей?
9. Наведіть хімічні формули карбідів хрому і титану та вкажіть, яка у них мікротвердість.

10. Поясніть чи впливає тип і форма карбідної фази на рівномірність її розподілу за обсягом карбідосталі?

11. Скажіть, як відрізняється колір карбідних каркасів при травленні карбідохромової та карбідотитанової карбідосталей?

12. Розкажіть, яким чином введення 20% карбідів обох типів в сталь з переважно мартенситною або переважно аустенітною структурою матриці впливає на її властивості?

13. Поясніть зниження зносостійкості в умовах абразивного зношування при збільшенні температури гартування карбідохромової сталі?

14. Скажіть, чому кількість залишкового аустенітну в карбідохромових та карбідотитанових карбідосталях при підвищенні температури гартування збільшується, а твердість зменшується?

15. Сформулюйте особливості мартенситу деформації в порівнянні з мартенситом гартування?

16. Розкажіть, як впливають дифузійні процеси при спіканні і подальшій термообробці карбідохромових та карбідотитанових карбідосталей на опірність аустенітно-мартенситної зв'язки абразивному зношуванню?

17. Поясніть, чому для створення карбідосталей зі зв'язкою, що має в термообробленому стані аустенітно-мартенситну структуру, здатну ефективно зміцнюватися в процесі зношування за рахунок фазових γ - α перетворень, необхідно в якості твердої фази застосовувати карбіди та інші сполуки, які мають обмежену розчинність в залізі, наприклад TiC?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки для дослідження структури із карбідосталей.
2. Абразивна шкірка
3. Полірувальний станок.
4. Алмазна паста.
5. Прилад ПМТ-3.
6. Лабораторна піч для підігріву зразків.
7. Прилад замірів твердості за методом Роквела.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Використовувані при виконанні роботи прилади підключаються до мережі змінного струму напругою 220 В. Тому існує небезпека враження електричним струмом, а також травмування диском, що обертається на верстаті.

Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки:

1) приступати до роботи після прослуховування інструктажу по техніці безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок;

2) включати верстат і освітлювальний пристрій за дозволом викладача або лаборанта;

3) виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням;

4) переконатися в надійності заземлення електродвигуна 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 в спецодязі з застібнутими манжетами;

8) повідомляти викладачеві або лаборанту про несправності обладнання, які виникли та не намагатися усунути їх самостійно;

9) виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб;

10) після закінчення роботи вимкнути верстат і освітлювальний пристрій мікротвердоміра, привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Отримати зразки з дослідних карбідосталей.
2. Підготувати шліфи і провести травлення.
3. Провести заміри мікротвердості.
4. Виконати фото мікроструктур.

5. Підігріти зразки послідовно до 250° С, 350° С, 500° С.
6. Провести заміри твердості за Роквелом.
7. Скласти звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Коротко привести історію створення порошкових карбідосталей.
3. Привести порівняльний аналіз карбідосталей в порівнянні з твердими сплавами типу ВК 8 і швидкоріжучими сталями.
4. Привести способи виготовлення карбідосталей і фото структур і дати їх опис.
5. Привести результати замірів мікротвердості і гарячої твердості структур побудувати графіки.
6. Дати пояснення отриманих результатів.
7. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Основы процесса спекания порошков пропусканієм електрического тока. Райченко А.И. – М.: Металлургия, 1987. – 128 с.
2. Основы порошковой металлургии. Г.А. Либенсон. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1987. – 208 с.
3. Петросян Г.Л. Пластическое деформирование порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1988. – 152 с.
4. Гуревич Ю.Г., Нарва В.К., Фраге Н.Р. Карбидостали. М.: Металлургия, 1988.
5. Позняк Л.А. Инструментальные стали. Киев: Наук. думка, 1996.
6. Осіпов М.Ю. Вплив карбідів хрому і титану на структуру та зносостійкість порошкових карбідосталей / М.Ю. Осіпов, М.І. Андрущенко, Є.С. Магда // Прикладні науково-технічні

дослідження: матеріали міжнар. наук.-прак. Конф., 5-7 квіт. 2017 р. – Івано-Франківськ. – С. 45.

7. Металлы и сплавы: справочник / Под ред. Ю.П. Солнцева // 2003. – 1092 с.

8. Свистун Л.И. Карбидостали конструкционного назначения: изготовление, свойства, применение. Обзор // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия, 2009. – № 3. – с. 41-50.

9. Технология получения карбидостали горячей штамповкой пористых заготовок, полученных ударным прессованием, на основе неформующихся порошков / Дмитренко Д. В. // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №101(07). – с. 40-57.

10. Текст лекций для самостоятельной работы по курсу «Теория резания». Тема 2. Инструментальные материалы для студентов специальностей: 7.090202 «Технология машиностроения», 7.090203 «Металлорежущие станки и системы» // Сост. Внуков Ю.Н. - Запорожье: ЗНТУ, 2004. – 31 с.