

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОШАНИ" МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМ. В.Я.ЧУБАРЯ

На прерах рукопису

ІВАНОВ Ігор Павлович

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРШНОВИХ ЗНОСОСТІЙКИХ  
МАТЕРІАЛІВ З МЕТАСТАБІЛЬНОЮ СТРУКТУРОЮ

Спеціальність 05.02.01. – Матеріалознавство в машинобудуванні  
(промисловість)

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук

Запоріжжя - 1993



00778898 (4)

Робота виконана у Запорізькому  
 машинобудівному інституті ім. В.Я.Чу-

Науковий керівник: Академік АІН України, доктор  
 технічних наук, професор  
 В.С. ПОПОВ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, с.н.с.  
 Д.Ф. ТЕРНОВИЙ

кандидат технічних наук, с.н.с.  
 Г.П. МАЛИШЕВ

Провідна організація: ІЕЗ ім. Є.О.Патона АН України

Захист відбудеться "15" лютого 1994 р. о 15.00 год.  
 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.08.02.01 у Запорізь-  
 кому ордену "Знак Пошани" машинобудівному інституті ім. В.Я.Чу-  
 баря за адресою: 330063, м. Запоріжжя, ГСП-39, вул. Жуковсько-  
 го, 64.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці інституту.

Автореферат розісланий " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 199 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
 вченої ради, доктор технічних  
 наук, професор

І.П. ВОЛЧОК

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Одним з найважливіших завдань матеріалознавства є створення матеріалів, які ефективно протистоять зношуванню.

Відомі методи підвищення зносостійкості матеріалів можливо умовно розділити на два основних напрямки: збільшення кількості твердої фази в структурі та підвищення зносостійкості матриці, яка тримає в собі тверду фазу.

Одночасне використання обох напрямків дозволило б значно підвищити рівень зносостійкості розроблюваних нових матеріалів. Однак, стосовно литих та термомеханічно зміцнених сплавів на основі заліза з метастабільною структурою (сплави з такою структурою мають найвищу зносостійкість при абразивному зношуванні) сполучення обох напрямків ускладнюється процесами дифузійного взаємообміну хімічними елементами між фазовими складовими сплаву в процесі його виготовлення та термічної обробки. Активна взаєморозчинення фаз не дозволяє змінювати кількість і якість твердих сполук в структурі сплаву без зміни складу та структури матриці (твердого розчину). Тому, у випадку збільшення кількості твердої фази в структурі сплаву, при одній підвищенні його зносостійкості, опір до зношування матриці зростає і його загальна зносостійкість може збільшуватись незначно, не змінюватись або навіть знижуватись.

Одним з можливих засобів рішення проблеми створення зносостійких матеріалів з одночасним використанням обох напрямків підвищення зносостійкості є розробка порошкових матеріалів з метастабільною структурою. В цьому випадку існує можливість насичення матриці зв'язки матеріалу твердими сполуками, які можуть вводитись в неї зовні.

Зв'язком в таких зносостійких порошкових матеріалах перспек-

тивно використання термічно оброблених хромистих сталей зі структур метастабільного залишкового аустеніту. Практичне використання таких сталей показало їх високу ефективність для виготовлення деталей, які підлягають зношуванню в середовищі абразиву, оскільки рівень зносостійкості цих сталей у разі метастабільної структури матриці та кількості карбідів не більше 12 % (сталі типу X12) дорівнює, а інколи і перевищує рівень зносостійкості сталей типу P18.

Однак реалізація робіт у напрямку розробки порошкових матеріалів з метастабільною структурою стримується декількома невирішеними питаннями.

До теперішнього часу дослідниками, які працюють у галузі розробки порошкових зносостійких матеріалів на основі заліза, не створювались матеріали з метастабільною аустеніто-мартенситною структурою. Тому досі не визначено вплив типу шихтових компонентів на можливість одержання за допомогою термічної обробки в структурі порошкового матеріалу метастабільного залишкового аустеніту. В зв'язку з цим нема свідчень про властивості залишкового аустеніту (твердість, спроможність до перетворень у мартенсит деформації при зношуванні та ін.) в порошкових матеріалах. Не достатньо повно досліджено питання про вплив рівня розчинності твердої фази, яка домішується у зв'язку, на структуру та зносостійкість порошкового матеріалу; вплив співвідношення кількості зв'язки та твердої фази, яке дозволяє матеріалу мати високу спроможність протистояти абразивному зношуванню.

Таким чином, розробка та дослідження властивостей порошкових матеріалів з метастабільною структурою є актуальним завданням.

Мета та основні завдання досліджень. Цієї роботи – розробка порошкових матеріалів зі структурою, яка здатна до зміцнення в про-

цесі зношування.

Для досягнення цієї мети були поставлені та вирішені основні завдання:

1. Розробити порошкові карбідосталі зі зв'язкою з хромистих сталей, структура котрих має спроможність до деформаційного фазового зміцнення в процесі зношування.
2. Дослідити вплив типу шихтових компонентів на структуру і зносостійкість порошкових хромистих сталей.
3. Встановити властивості залишкового аустеніту порошкових хромистих сталей.
4. Визначити вплив рівня розчинності твердої фази на структуру та зносостійкість карбідосталей.
5. Дослідити вплив розміру порошків зв'язки та кількості твердої фази на зносостійкість карбідосталей.
6. Визначити галузь раціонального використання розроблених матеріалів

Наукова новизна. Розроблені принципові основи створення зносостійких матеріалів в яких поєднуються за допомогою методу порошкової металургії позитивні властивості високозносостійких карбідів і матриці, здатної, одночасно з утриманням в собі карбідів, зміцнюватись в процесі зношування за рахунок фазових перетворень залишкового аустеніту в мартенсит деформації.

Встановлено вплив розміру порошку зв'язки та кількості карбідів титану на зміну зносостійкості карбідосталей з метастабільною структурою.

З'ясовано, що підвищення твердості абразиву з 12 ГПа (шмот) до 35 ГПа (карбід кремнію) викликає взаємозаміну частин процесів

полідеформаційного руйнування поверхні тертя та ІІ прямого різання частками абразиву в механізмі зношування карбідосталей з метастабільною структурою.

Практична цінність. Карбідосталі з метастабільною бустеніто-мартенситною структурою в 1,5 - 9 разів (в залежності від кількості карбідів титану в матеріалі) перевищують зносостійкість інструментальних сталей після термічної або хіміко-термічної обробки при зношуванні в середовищі електрокорунду. Рівень зносостійкості карбідосталі з 50 % об. карбїду титану сягає або перевищує рівень зносостійкості стандартного твердого сплаву ВК15.

Розроблені карбідосталі застосовані для виготовлення кернів прес-форм обладнання пресування шліфувальних кругів на концерні "Запоріжжяабразив".

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались на ІУ і У Всесоюзних науково-технічних конференціях "Нові конструкційні сталі та сплави і методи їх обробки для підвищення надійності та довговічності виробів" (Запоріжжя, 1989-1992 р.), 23 Всесоюзному науково-технічному семінарі "Нанесення, зміцнення та властивості захисних покриттів на металах" (Івано-Франківськ, 1990 р.), на науково-технічних конференціях "Напрямки підвищення якості та надійності деталей з порошкових матеріалів" (Барнаул, 1991 р.), "Якість та надійність вузлів тертя" (Хмельницький, 1992 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 9 друкованих праць, з них 1 авторське свідоцтво і 1 позитивне рішення по заявці на видачу авторського свідоцтва.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу,

п'яти глав, загальних висновків, переліку літературних джерел з 174 назв та додатків. Викладена на 146 сторінках машинописного тексту. Містить 28 малюнків, 18 таблиць і 3 додачки.

### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність розробки порошкових матеріалів з метастабільною структурою. Показані основні напрямки підвищення зносостійкості матеріалів та засоб їх об'єднання.

В першій главі зроблено критичний огляд сучасного стану проблеми створення та підвищення зносостійкості матеріалів на основі заліза. Обгрунтовано комплексний підхід до вибору типу шихтових компонентів для одночасного легування заліза вуглецем та карбидоутворюючими елементами. Показано, що у випадку високої концентрованості шихтових компонентів вуглецем або хромом, структура порошкового матеріалу після твердофазного спікання складається з гетерогенної суміші фериту, перлиту та неповністю розчинених частин концентрованої шихти. В зв'язку з цим для виготовлення порошкової залізохромвуглецевої сталі-зв'язки були обрані два варіанти шихти: порошок заліза та порошок карбиду хрому  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , а також розпилений порошок сталі потрібного хімічного складу. За твердої фази для насичення зв'язки і одержання карбідосталі використовувались два типи карбідів:  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  і  $\text{TiC}$ . Карбід хрому, маючи велику розчинність у  $\gamma$ -залізі, може створювати стійкий дифузійний зв'язок зі сталлю, проте, розчинюючись в залізі, може також змінити хімічний склад зв'язки в бік погіршення її метастабільного стану або зниження зміцнення при зношуванні. Тоді як карбід титану майже не розчи-

нючись в  $\beta'$  - залізі і практично не може вплинути на склад зв'язки у процесі спікання та термічної обробки.

Розглянуті технологічні фактори підвищення однорідності структури порошкових матеріалів та її вплив на зносостійкість. За критерієм високої густини обрані засоби формування порошкових матеріалів: гаряче ізостатичне пресування та гаряче штампування.

На основі зробленого аналізу сформульовані задачі досліджень.

Друга глава присвячена методиці проведення досліджень та випробувань властивостей матеріалів. Обрана система легування порошкових сталей-зв'язок і технологічні процеси виготовлення зразків.

Для зв'язки використовувались порошкові сталі які у своєму складі містили: 1,3 % С та 2,3 % Сг (ПХ2); 1,4 % С, 11,7 % Сг, 0,9 % V (ПХ12Ф1); 1,0 % С і 6,5 % Сг (ПХ6); 1,8 % С та 12,2 % Сг (ПХ12). Кількість карбідів що було введено у зв'язку змінювалась з 20 до 50 % об'єму. Вільного вуглецю в карбіді хрому було не більше 0,1 %, а в карбіді титану - не більше 0,3 %.

Холодне пресування зразків проводили при тиску 500-700 МПа в сталевій прес-формі. Спікання перед гарячим штампуванням проводили в електричній печі при температурі 1100 °С.

Пресування матеріалів, виготовлених з розпиленних порошоків, проводили в металевих капсулах в газостаті типу "Qintus". Процес охолодження після пресування об'єднали з відпалом (мал. 1).

Випробування на зносостійкість проводили на стенді який імітує процес зношування деталей прес-форми.

Ступінь зміцнення матеріалів внаслідок взаємодії абразива і поверхні тертя оцінювали по мікротвердості поверхні тертя, яка вимірювалась на приладі ПМТ - 3 при зусиллі 0,5 Н.

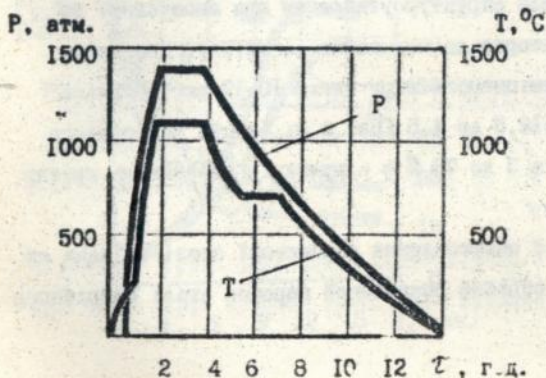
Повноту  $\gamma$ - $\alpha$  - перетворень при зношуванні оцінювали за різницею кількості залишкового аустеніту до та після зношування. Кількість аустеніту виміряли на дифрактометрі ДРОН - 3 в кобальтовому випромінненні.

Металографічні дослідження матеріалів робили на оптичних мікроскопах МІМ - 8М і МІМ - 10 при збільшенні  $\times 100$  і  $\times 500$ , а також методом растрової електронної мікроскопії на приладі JSM T 300.

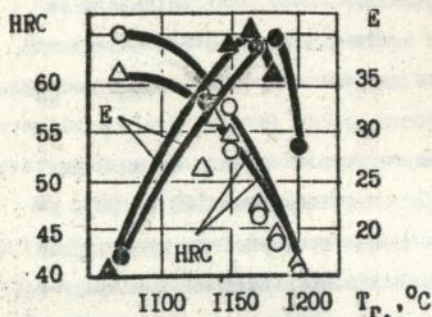
Мікрорентгеноспектральний аналіз проводили на установці типу "Cameca".

В третій главі доведені результати досліджень впливу типу шихтових компонентів та засобів пресування порошкового матеріалу на формування його структури та властивостей при термічній обробці (гартуванні) та зношуванні.

Встановлено, що структура порошкових сталей синтезованих з порошоків заліза та карбиду хрому не відзначається однорідністю, яка необхідна для ефективного використання деформаційного фазового зміцнення матеріалу при зношуванні. Матеріали, вироблені з такої суміші шихтових компонентів, не мають стабільних властивостей в термообробленому стані, а рівень їх зносостійкості не сягає рі-



Мал. 1. Схема циклу пресування матеріалів в газостаті.



Мал. 2. Вплив температури гартування на зміну твердості та зносостійкості порошкової та литої сталей складу ХІ2ФІ

O - порошкова  
Δ - лита.

вня литих кованих сталей аналогічного хімічного складу.

Підтверджено, що однорідності структури і стабільними властивостями відзначаються порошкові сталі, виготовлені з розпилених порошків.

Результати досліджень впливу температури гартування на зміну кількості залишкового аустеніту, твердості та зносостійкості порошкової сталі ПХІ2ФІ підтвердили (мал. 2) однаковий з литими сталями характер зміни властивостей у порошкових сталей, виготовлених з розпилених порошків.

Дослідження процесів структуроутворення при зношуванні по глибині - від поверхні тертя до серцевини матеріалу, дозволили в'ясувати, що товщина зміцненого шару сягає 10-12 мкм. Ступінь зміцнення знижується з 12,5 до 4,5 ГПа, а кількість залишкового аустеніту збільшується з 3 до 78 % в напрямку серцевини матеріалу (мал. 3).

В зв'язку з цим для виготовлення порошкової сталі зв'язки як шихтовий компонент був обраний розпилений порошок сталі потрібного хімічного складу.

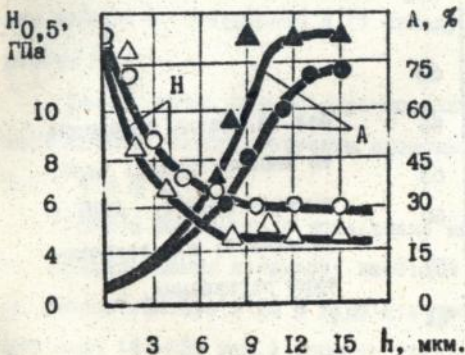
Четверта глава присвячена розробці карбідосталей, дослідженню впливу рівня розчинності твердої фази на структуру та зносостійкість. Впливу легованості сталі-зв'язки, розміру порошків зв'язки, а також співвідношення кількості зв'язки і карбідів на зносостійкість карбідосталей.

Дослідження впливу рівня розчинності твердої фази, якою насичувалась зв'язка, проводили на карбідосталях що містили 20 % об. карбиду титану (ПХІ2ФІ-20КТ) і 20 % карбиду хрому (ПХІ2ФІ-20КХ).

Аналіз результатів досліджень показав, що в процесі спікання та гартування має місце часткове розчинення карбиду хрому в зв'язці. Карбід хрому, збіднюючись хромом і насичуючись залізом, перетворюється на карбід складу  $M_7C_3$ . При цьому зв'язка збагачується хромом і змінює свій склад у напрямку ферохрому.

Внаслідок цього карбідохромова карбідосталь загартована на потрібну структуру за зносостійкість практично не перевищує сталь такого ж складу, але без додаткових синтетичних карбідів.

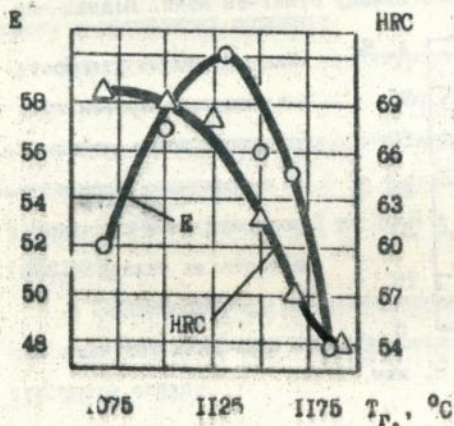
Мала розчинність карбиду титану у  $\gamma$ -залізі дозволила запобігти значної зміни хімічного складу сталі-зв'язки. Підвищення



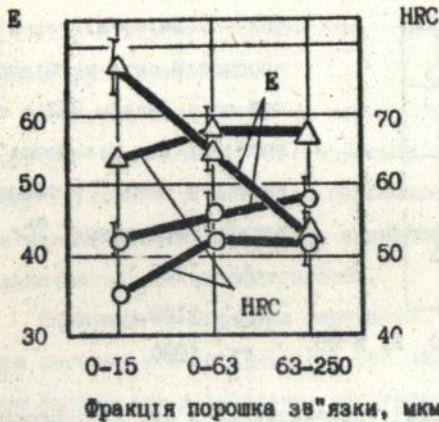
Мал. 3. Зміна кількості залишкового аустеніту і мікротвердості по глибині зміцненого шару в порошковій та в стандартній сталі складу X12F1  
 $\Delta$  - порошкова  
 $\circ$  - литої кована.

температурі гартування з 1070 °С (структура матриці зв'язки - мартенсит) до 1130 °С (60-70 % залишкового аустеніту в структурі зв'язки) позитивно впливає на зміну зносостійкості карбідосталі з карбідами титану. Її опір зносу зростає (мал. 4) і сягає рівня в 1,5 рази більшого ніж рівень зносостійкості зв'язки без додаткових карбідів, але з аналогічним співвідношенням аустеніту і мартенситу в структурі. Тому подальші дослідження проводились на карбідотитанових карбідосталах.

Встановлено, що важливий вплив на зносостійкість карбідосталей з однаковою кількістю карбідів титану спричиняє дозованість твердого розчину зв'язки вуглецем і хромом. Зниження кількості хрому до 2-3 % в порівнянні зі сталлю складу ПХ12ФІ може надати можливість підвищити тетрагональність та твердість мартенситу, деформації, який утворюється в процесі зношування. Тому що гартування карбідосталі ПХ2-20КГ з температури 1100 °С ( $\gamma$ -область) дозволяє наситити твердий розчин майже всією кількістю вуглецю, який є в сталі. Тоді як гартування карбідосталі ПХ12ФІ-20КГ навіть з підсолидусних температур дає можливість наситити твердий розчин



Мал. 4. Зміна твердості та зносостійкості карбідосталі ПХ12ФІ-20КГ в залежності від температури гартування.



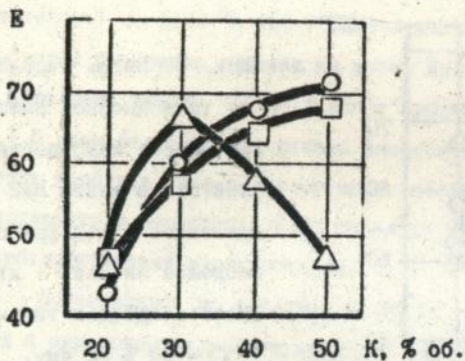
Мал. 5. Зміна твердості та в'язності карбідосталей зі зв'язкою ПХ2 в залежності від фракції порошка зв'язки і кількості карбідів титану:  
 ○ - 20 % об'єму,  
 △ - 40 % об'єму.

зв'язки вуглецем не більше як до 0,7-0,8 %.

Результатом більшої насиченості твердого розчину зв'язки вуглецем є підвищення ефективності зміцнення зв'язки та ріст зносостійкості карбідосталей. Якщо в сталь-зв'язку складу ПХ2 додати 20 % об. карбід титану (карбідосталь ПХ2-20КТ) зносостійкість матеріалу зростає майже в 1,7 рази, тоді як у карбідосталі ПХ12Ф1-20КТ лише в 1,5 рази. Крім того, зниження легуваності зв'язки хромом та виключення з її складу ванадію сприяє зменшенню вартості матеріалу.

Таким чином, цілком доречно для зв'язки карбідів титану в карбідосталі використовувати економічнолеговану сталь типу ПХ2 (1,3 % С ; 2-3 % Сг).

Аналіз результатів досліджень впливу фракції порошка зв'язки та співвідношення кількості карбідів і зв'язки показав, що найвищу зносостійкість з 40 % карбідів мають карбідосталі з крупною фракцією (63-250 мкм.) порошка сталевої зв'язки (мал. 5). Але коли



Мал. 6. Зміна відносної зносостійкості карбідосталей зі зв'язкою ПХ2 в залежності від кількості карбідів титану та температури гартування, °C:

Δ - 1150,

○ - 1100,

□ - 1080.

кількість карбідів в карбідосталі перевищує 20 % об. її зносостійкість знижується в зв'язку з появою в структурі товстих шарів карбідів між порожинками сталі і карбідосталі з 40 % об. карбідів має зносостійкість нижчу за зносостійкість матеріалу з меншою кількістю карбідів або меншою фракцією порошку сталі-зв'язки.

Тому, в разі підвищення кількості карбідів титану в карбідосталі більш ніж 20 % об. треба зменшувати фракцію сталі-зв'язки.

Підвищення твердості карбідосталі (мінімальна досліджена фракція зв'язки 0-15 мкм.), яке може досягатись за допомогою збільшення кількості карбідів у її структурі, сприяє росту зносостійкості матеріалу з метастабільною структурою. Однак зміщення оптимального співвідношення структурних складових у зв'язці може спричинити і зниження опору зношуванню (мал. 6).

Внаслідок надвисокої температури гартування карбідосталі і розчинення у зв'язці якоїсь частини вільного вуглецю, що знаходився у карбіді титану, в структурі матеріалу створюється надвелика кількість залишкового аустеніту. Причому, кількість аустеніту зростає прямо пропорційно кількості карбідів титану в матеріалі.

лі, тобто кількості розчиненого вільного вуглецю при однаковій температурі гартування.

В результаті зростання кількості залишкового аустеніту в структурі карбідосталі збільшується вирогідність зміцнення механізми зміцнення зв'язки від переважно деформаційного фазового в бік механічного нагартування залишкового аустеніту негативно відзначається на зносостійкості.

Зниження температури гартування карбідосталей дозволяє зменшити легованість та кількість залишкового аустеніту, що є достатньою умовою для відновлення ефективного фазового зміцнення зв'язки і сприяє росту опору зношуванню карбідосталей з метастабільною структурою.

Попередній розрахунок співвідношення твердості розроблюваного нового матеріалу та абразиву для потрібних умов зношування дозволяє суттєво полегшити завдання встановлення майбутнього рівня зносостійкості матеріалу. Проте для горшкових карбідосталей рішення питання встановлення твердості поверхні тертя ускладнюється тим, що вони мають у структурі складок, які значно відрізняються між собою за твердістю.

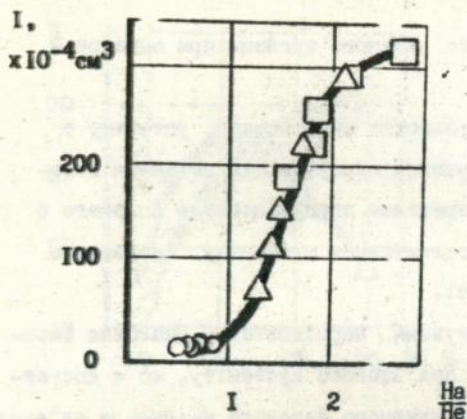
Але, згідно правила як встановлено для сплавів, що складені з двох компонентів, які повністю не розчинюються один в одному в твердому стані, твердість матеріалу росте прямо пропорційно збільшенню кількості твердого компонента в структурі матеріалу, тобто:

$$H_e = A_1 H_1 + A_2 H_2$$

де  $H_e$  — еквівалентна твердість матеріалу,

$A_1$  і  $A_2$  — частини компонентів в матеріалі,

$H_1$  і  $H_2$  — твердості компонентів.



Мал. 7. Вгнів співвідношення твердості матеріалу і абразиву на зміну зносу для різних абразивів:

- - шамот,
- △ - електрокорунд,
- - карбід кремнію.

Тоді, якщо дозволити припущення, що розроблені карбідосталі можна віднести до матеріалу по відношенню до якого ви зносується встановлене правило, то з'являється можливість попереднього розрахунку зертності поверхні тертя карбідосталей, а також співвідношення твердості матеріалу та абразиву.

Експериментальна перевірка розрахунку співвідношення еквівалентної твердості поверхні тертя розроблених карбідосталей та деяких поширених абразивів показала, що найвищу відносну зносостійкість карбідосталі мають при зношуванні абразивом з твердістю в межах 22-27 ПГ (електрокорунд та ін.). При цьому характер зношування карбідосталей охоплює одночасно процеси полідеформаційного руйнування поверхні тертя та її прямого руйнування частками абразиву, а підвищення твердості карбідосталі за рахунок збільшення кількості карбідів в її структурі дає можливість знизити знос матеріалу в кілька разів (мал. 7).

Порівняння зносостійкості за умов зношування електрокорундом

розроблених карбідосталей з метастабільною структурою та стандартних зносостійких матеріалів підтвердило високий рівень опору зношуванню порошкових матеріалів (табл.).

Матеріал	: Кількість : : твердої : : фази в : : структурі, : : % об'єм. :	: Твердість : : НРС : :	: Відносна : : зносостійкість :
ПХ2 (еталон)	-	30	1,0
ПХ12Ф1	10	44	1,05
320Х25С2ГР (наплавка Т-590)	32	57	0,74
110Х14В13Ф2 (наплавка ВСН-6)	27	54	1,05
350Х15Г3Р1 (наплавка ЗНУ-2)	32	56	0,88
20Х13 цементована	37	56	0,82
ВК-15	85	88 <sup>х</sup>	3,17
ПХ2-20КТ	20	45	1,35
ПХ2-30КТ	30	59	1,98
ПХ2-40КТ	40	64	2,68
ПХ2-50КТ	50	68	4,34

х - НРА

В п'ятій главі розглянуті умови експлуатації та характер зношування деталей прес-форм (кernів), що застосовуються при пресуванні шліфувальних кругів на основі електрокорунду та карбіду кремнію.

Показано, що термін служби kernів прес-форм, виготовлених з

карбідосталі ПХ2-50КТ більш як у 9 разів (для електрокорунду) перевищує термін служби кернів, виготовлених із сталі 40Х згідно технології концерну "Запоріжбрезив".

Використання карбідосталі ПХ2-50КТ для виготовлення деталей прес-форм дозволить знизити витрати на деталі більш як у 2,5 рази за рахунок підвищення зносостійкості.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено клас порошкових карбідосталей зі зв'язков з хромистих сталей, котрі після спеціальної термічної обробки мають високу зносостійкість завдяки інтенсивному зміцненню поверхні тертя в процесі зношування за рахунок фазових  $\gamma \rightarrow \alpha$  - перетворень.

2. Для досліджених сталей-зв'язок виявлено вплив типу шихтових компонентів на формування структури при термічній обробці. Підтверджено, що потрібна висока однорідність структури порошкових сталей-зв'язок забезпечується використанням розпилених порошоків потрібного хімічного складу.

3. Встановлено, що залишковий аустеніт порошкових залізо-хромвуглецевих матеріалів може перетворюватись на мартенсит деформації при зношуванні, що супроводжується значним (до 12,5 ГПа) підвищенням мікротвердості поверхні тертя. Товщина шару, де має місце деформаційні фазові перетворення сягає 10-12 мкм. Кількість аустеніту, що перетворюється на мартенсит деформації та мікротвердість матриці зменшуються в напрямку серцевини матеріалу.

4. Показано, що тверда фаза в карбідосталях з метастабільною структурою повинна мати обмежену розчинність у зв'язці, наприклад

на рівні карбіду титану.

5. Встановлено вплив фракції порошку зв'язки та кількості карбіду титану в карбідосталах з метастабільною структурою на їх зносостійкість. Збільшення кількості карбіду титану з 20 до 50 % в карбідосталі з фракцією зв'язки 0-15 мкм. дає можливість підвищити зносостійкість матеріалу в 1,5 - 3 рази, залежно від умов зношування. Найбільш ефективно використання роздроблених карбідосталей має місце при зношуванні абразивом з твердістю 22-27 ГПа (електрокорунд та ін.), при цьому деякі карбідосталі сягають рівня або перевищують по зносостійкості твердий сплав ВК-15.

6. Виробничі випробування карбідосталей в умовах Запорізького абразивного комбінату концерну "Запоріжабразив" при пресуванні електрокорундових шліфувальних кругів показали, що карбідосталь ПХ2-50КТ біля як у 9 разів перевищує за зносостійкість цементовану сталь 40Х, з якої виготовляються деталі (керни) прес-форм на комбінаті.

7. Використання карбідосталі з 50 % об. карбіду титану для виготовлення деталей прес-форм на Запорізькому абразивному комбінаті допоможе зменшити витрати на деталі прес-форм (керни) біля як у 2,5 рази.

Основний зміст дисертації відображено в публікаціях:

1. Иванов И.П., Осипов М.Ю. Современное состояние проблемы получения износостойких порошковых сплавов на основе железа / В кн.: Повышение износостойкости и долговечности деталей машин и оборудования. Сб. науч. трудов. - Киев, 1989. - С.49-61.

2. Осипов М.Ю., Иванов И.П., Сова С.В. Исследование структуры закаленных порошковых хромистых сталей / В кн.: Новые констру-

кционные стали сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий. Тез. докл. IV Всесоюзной науч.-техн. конф. Запорожье, 10-14 октября 1989 г. - Запорожье, 1989. - С.272.

3. Структура и свойства порошковых хромистых материалов / Попов В.С., Осипов М.Ю., Иванов И.П., Сова С.В. // В кн.: Нанесение, упрочнение и свойства защитных покрытий на металлах. Тез. докл. 23 Всесоюзного науч.-техн. семинара. Ивано-Франковск, 18-21 сентября 1990 г. - Ивано-Франковск, 1990. - С.306.

4. Абразивная износостойкость порошковых композиций Fe-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> / Брыков Н.Н., Осипов М.Ю., Иванов И.П., Сова С.В. // В кн.: Пути повышения качества и надежности деталей из порошковых материалов. Тез. докл. науч.-техн. конф. Барнаул, 27-30 мая 1991 г. - Рубцовск, 1991. - С.69.

5. Брыков Н.Н., Осипов М.Ю., Иванов И.П. Структура и износостойкость порошковых хромистых сталей / В кн.: Новые конструкционные материалы и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий. Тез. докл. V Науч.-техн. конф. Запорожье, 23-25 сентября 1992 г. - Запорожье, 1992. - С.54.

6. Попов В.С., Иванов И.П., Сова С.В. О целесообразности использования в карбидостаях карбидов высокой твердости / там же. - С.253.

7. Абразивная износостойкость закаленных карбидохромовых карбидосталей / Осипов М.Ю., Иванов И.П., Сова С.В., Балакин С.А. // В кн.: Качество и надежность узлов трения. Тез. докл. науч.-техн. конф. - Хмельницкий, 1992. - С.71-73.

В. А. с. № 1747506 СССР, МКИ С21Д 1/00 Способ термической обработки деталей из лаввтектоидных сталей / Попов В.С., Брыков Н.Н.

Андрущенко М.И., Осипов М.В., Гапон А.А., Иванов И.П. Заявл.  
28.11.89. Опубл. 15.07.92.

9. Положительное решение по заявке о выдаче авторского сви-  
детельства МКМ С22С 29/10 Карбидостель / Попов В.С., Брыков Н.Н.,  
Андрущенко М.И., Осипов М.В., Иванов И.П., Сова С.В. № 5006987  
Заявл. 29.10.91.

*Иванов И.П.*

---

Підп. у друц 24.12.93 Формат 60x84 1/16 Ум. др. л. 1,0

Замовл. № 524 Тираж 100 прим.

ЗМІ, Ротепринт, 330063, Запоріжжя, вул. Дукельського, 64.



459262

AB 29.150

**AB 29.150**

