

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН НАПЛАВЛЕННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ СПЛАВА ПГ-10Н-01

Лузан А.С

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин розроблено композиційний матеріал на основі самофлюсуючого сплаву (порошок марки ПГ-10Н-01), модифікований матеріалом який містить диборид титану, борид нікелю, оксид титану та заліза. Унікальність бору полягає в тому, що при такому малому вмісті в сталі, він здатний надавати на її властивості вплив, еквівалентний дії значно більшої кількості таких легуючих елементів, як Cr, Mo, Ni та інші. Традиційним матеріалом, який використовується для борного легування сталі, є ферробор. Багаторічна практика застосування ферробору показала, що здійснити мікрولةгування сталі бором з його допомогою досить складно. Пов'язано це, в першу чергу, з високими реакційними властивостями бору в сталевому розплаві і його високою хімічною спорідненістю по відношенню до кисню і азоту. Крім того, в більшості випадків потрібно забезпечити в металі вкрай малу концентрацію розчиненого бору. В даний час досить активно розвивається метод отримання порошкових матеріалів шляхом самопоширюючогося високотемпературного синтезу (СВС) з попередньою механоактивною обробкою складових компонентів. Розроблено багатокарбідні СВС-механокомпозити, що представляють собою нові композиційні матеріали зі структурою типу «зміцнююча фаза – матриця», які застосовуються для модифікування і зміцнення відновлювальних покриттів для деталей ґрунтообробних машин. В роботі представлені результати дослідження триботехнічних характеристик, структури та фазового складу наплавлених покриттів на основі сплаву ПГ-10Н-01, модифікованих розробленим композиційним матеріалом, що містить диборид титану, борид нікелю, оксид титану та заліза. Дослідження наплавлених покриттів показали більш високу зносостійкість композиційних покриттів в порівнянні зі сплавом ПГ-10Н-01 в процесі нормального тертя, а також в абразивному середовищі.

Ключові слова: *модифікуючий композиційний матеріал, СВС-процес, бориди, оксиди, зносостійкість, наплавлення, структура, фазовий склад.*

Поставлення проблеми

Землеоброблюючі органи сільгосптехніки (ЗОС) працюють в специфічних умовах (знакозмінні навантаження, удари, абразивний знос, корозія), що викликають швидке затуплення їх різальних крайок, зміну форми, профілю і зменшення розмірів, що призводять до скорочення терміну служби, збільшення часу і трудомісткості обслуговування ґрунтообробних агрегатів і зниження загальної економічної ефективності агрозаходів [1, 2]. Для збільшення ресурсу, поліпшення фізико-механічних характеристик ЗОС і підвищення зносостійкості їх поверхню піддають зміцнення різними способами.

Найбільшого поширення набуло зміцнення ЗОС шляхом наплавлення на них різних твердих сплавів і інших матеріалів струмами високої частоти (СВЧ), а також способи

зміцнення в процесах хіміко-термічної обробки (ХТО), коли основний метал дифузійно насичується різними неметалами або легуючими металами, в яких на поверхні деталі утворюються наплавлені зносостійкий шар, або шари різних бінарних або більш складних сполук заліза [3]. Особливе місце серед процесів ХТО займають технології насичення поверхневого шару конструкційних і легованих сталей бором – борування. При боруванні на поверхні сталеві деталі вдається отримувати шари товщиною 300-600 мкм, що відрізняються високою твердістю і міцністю, абразивною і корозійною стійкістю, а також високим опором до зношування, проте тривалість процесу сильно стримує його застосування у виробництві.

В даний час досить активно розвивається метод отримання порошкових матеріалів шляхомсамопоширюючого високотемпературного синтезу (СВС) з попередньою механоактивною обробкою складових компонентів. Розроблено багатокарбідні СВС-механокомпозити, що представляють собою нові композиційні матеріали зі структурою типу «зміцнююча фаза – матриця», які застосовуються для модифікування і зміцнення відновлювальних покриттів для деталей ґрунтообробних машин [4].

Аналіз останніх досліджень

Відомо, що сполуки металів з бором – бориди, мають високу твердість з пластичними властивостями і високу хімічну інертність, є одним з найбільш ефективних і економічних мікролегуючих елементів сталі. У більшості випадків мінімальна концентрація бору в металі для отримання позитивного результату становить близько однієї тисячної масової частки відсотка. Унікальність бору полягає в тому, що при такому малому вмісті в сталі, він здатний надавати на її властивості вплив, еквівалентний дії значно більшої кількості таких легуючих елементів, як Cr, Mo, Ni та ін. [5]. Традиційним матеріалом, який використовується для борного легування сталі, є ферробор. Багаторічна практика застосування ферробору показала, що здійснити мікролегування сталі бором з його допомогою досить складно. Пов'язано це, в першу чергу, з високими реакційними властивостями бору в сталевому розплаві і його високою хімічною спорідненістю по відношенню до кисню і азоту. Крім того, в більшості випадків потрібно забезпечити в металі вкрай малу концентрацію розчиненого бору.

Сполуки металів з бором – бориди представляють собою структури впровадження атомів бору в кристалічні решітки вихідних металів. Тому їх склад не відповідає звичайним ступеням окислення елементів. Найбільш поширені бориди складів – Me_3B , Me_2B , MeB , Me_3B_4 , MeB_2 , які містять бор в межах 25-67%. Однак зустрічаються бориди і з більш високим вмістом бору, наприклад, MeB_6 і MeB_{12} .

Бориди займають серед з'єднань впровадження особливе становище в зв'язку з тим, що в них, навідріз від сполук металів з вуглецем, азотом, воднем, можуть утворюватися ковалентні зв'язки між атомами бору.

Високі акцепторні властивості бору викликають утворення ковалентних зв'язків між його атомами і боридами металів. В їх утворенні беруть участь не тільки валентні електрони бору, а й електрони металів-партнерів по з'єднаннях. Це призводить до утворення в боридях різноманітних структурних елементів з атомів бору, тим більше складних, чим меншу кількість електронів атому металу-партнера може брати участь в утворенні зв'язків B-V.

При утворенні боридів відбувається перерозподіл валентних електронів атому бору з утворенням $2s^{12}p^2$ та $2s^{12}p^3$ електронних конфігурацій, які характерні для жорстких ковалентних зв'язків. Роль цих станів змінюється в залежності від донорних здібностей атомів металів. Різні комбінації $2s^{12}p^2$ та $2s^{12}p^3$ електронних конфігурацій і обумовлюють все різноманіття структурних типів, в яких кристалізуються бориди.

У диборидах перехідних металів утворюються $2s^{12}p^2$ -конфігурації атомів бору, що визначає наявність в їх структурах графітоподібних плоских сіток. Зв'язок між сітками з атомів бору і сітками з атомів металу (рис.1) в дибориді здійснюється нелокалізованими колективізованими електронами

В рядах $TiB_2 - VB_2 - CrB_2, ZrB_2 - NbB_2 - MoB_2, HfB_2 - TaB_2 - W_2B_5$ температури плавлення зменшуються. Це пояснюється тим, що при збільшенні числа електронів в d-станах металів і збільшенні їх акцепторної здатності (по мірі наближення до стабільної

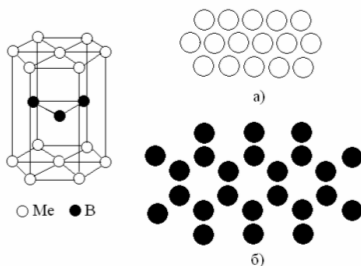


Рис.1. Кристалічна структура боридів MeB_2 : а) шари з металевих атомів в кристалі MeB_2 ; б) шари з атомів бору в кристалі MeB_2 .

електронної конфігурації d^5) число нелокалізованих електронів зменшується. Це викликає ослаблення зв'язків між сітками з металу і бору в диборидах, що і призводить до зниження температур плавлення.

Характерною властивістю боридів є їх значна твердість, пов'язана з спрямованим характером і високою енергетичною міцністю міжатомних зв'язків. Наявність високої твердості у боридів пов'язано в основному з міцними ковалентними зв'язками В-В. Однак свій внесок в неї вносять також і зв'язки Ме-Ме. Твердість боридів зменшується зі збільшенням порядкового номера металів в групах і по діагоналі ділянки періодичної системи, де розташовуються перехідні метали. Особливо висока твердість спостерігається у боридів $TiB_2, ZrB_2, NbB_2, W_2B_5$ [6, 7].

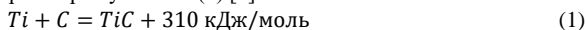
На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що актуальним є при відновлювальному наплавленні ґрунтообробних елементів отримувати покриття, що містять диборид титану та інших елементів, які володіють високою абразивною міцністю.

Мета досліджень

Дослідження триботехнічних характеристик, структури та фазового складу наплавлених покриттів на основі матеріалу системи Ni-Cr-B-Si, модифікованого борвмістними елементами.

Матеріали і методи досліджень

Найбільш популярними є склади композиційних матеріалів на основі титану. Це пов'язано з високим екзотермічним ефектом реакції утворення карбиду титану з елементів, що забезпечує широкий вибір матеріалу зв'язки (1) [8].



В результаті виділення тепла температура твердих і розплавлених продуктів реакції досягає 2500-3500 К, тому реакція не залежить від зовнішніх джерел нагріву і може

поширюватися як хвиля горіння, яка сама виробляє енергію для свого поширення. Незважаючи на високу температуру, перехід будь-якого з компонентів суміші в газову фазу незначний, і їм можна знехтувати.

При отриманні композиційного матеріалу будемо синтезувати диборид титану (2).



Тому в якості вихідних матеріалів для отримання композиційного матеріалу використовували порошки титану марки ВТ1-0, бору В, вуглецю марки ПМ-15 з метою синтезування карбиду і дибориду титану. Крім того, для збільшення теплового ефекту в процесі синтезу карбиду і дибориду титану в механічну суміш вводиться терморегулюючий порошок алюмінід нікелю ПТ-НА-01, алюмінієва пудра (порошок) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і оксид заліза Fe_2O_3 . Фракційний склад всіх вихідних порошкових компонентів знаходився в межах (63...100) мкм. Співвідношення компонентів в суміші було еквімолярним, щоб в результаті подальшої СВС-реакції відбувався синтез карбиду і дибориду титану, карбиду заліза стехіометричного складу.

Обрані компоненти змішувалися, і отримана порошкова суміш піддавалася механічній активації, яка здійснювалася в планетарних кульових млинах АГО-2. У проведених експериментах обсяг барабанів – 160 см³, діаметр куль – 4-5 мм, маса куль – 200 г. Час процесу механоактивації варіювався в діапазоні від 2 до 6 хвилин.

Отримання композиційного матеріалу здійснювалося в два етапи: 1) змішування порошоків Ti, B, C, Fe_2O_3 , Al і їх спільна механоактивація, додавання зв'язуючого – клею марки «Метилан», формування циліндра і сушка, ініціювання СВС-процесу, в ході якого синтезуються частки боридов титану, хрому та ін .; 2) дроблення спека і змішування отриманого порошку з промисловим порошком марки ПГ-10Н-01 ТУУ 322-19-004-96, механоактивація отриманої порошкової суміші; додавання в механоактивовану порошкову суміш рідкого скла ГОСТ 13078-81 до набуття нею настоподібного стану.

Приготовану пасту наносили на підготовану для наплавлення поверхню сталевий пластики (сталь 20), і після просушування здійснювали наплавку графітовим електродом діаметром 10 мм, струм наплавлення 80-120 А, полярність – пряма.

Дугове наплавлення виконували з використанням інверторного джерела живлення Патон ВДІ-200Р DC TIG.

Досліджували структури за допомогою металографічного мікроскопа.

Мікротвердість покриттів вимірювалася на твердомірі марки ПМТ-3 згідно ГОСТ 9450-76.

Порівняльні випробування на знос наплавлених зразків проводили на машині тертя типу МІ за схемою «диск-колодка» в середовищі індустриального масла марки І-20 при наступних режимах: середня окружна швидкість ковзання 0,42 м/с, питомий тиск на колодку при нормальному механохімічному процесі зносу становив 8,0 МПа, площа поверхні тертя 1,8 см².

Випробування на абразивне зношування досліджуваних матеріалів в умовах при терті о закріплені абразивні частинки оцінювали відповідно до ГОСТ 17367-71.

Результати досліджень

Саморозповсюджуваний високотемпературний синтез (СВС-процес) модифікуючого композиційного матеріалу (МКМ) виконували на циліндричних зразках в умовах фронтального здійснення синтезу. Підпалювання реагуючого складу здійснювалося електричною дугою (рис. 2, 3).

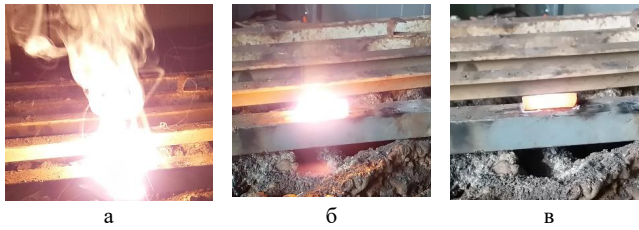


Рис.2. СВС-процес формування МКМ з компонентів $Ti+B+C+Fe_2O_3+Al$, стадії: а – початкова; б – максимального горіння; в – завершуюча



Рис.3. МКМ після: а – формування; б – СВС-процесу

Після отримання композиційного матеріалу у вигляді спека (рис. 3, б) проводили його дроблення, додавали матричний матеріал ПГ-10Н-01 в кількості 90% і здійснювали механоактиваційну обробку (рис. 4).

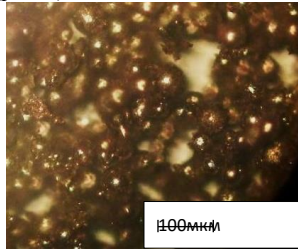


Рис.4. Композиційний матеріал 10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01

Мікроструктура наплавлених покриттів являє собою матричний матеріал – сплав ПГ-10Н-01, в якому рівномірно розподілені тверді вclusions (рис. 5).

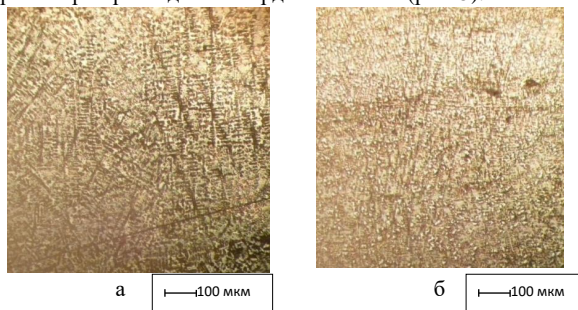


Рис.5. Мікроструктура наплавлених покриттів, $\times 100$: а – ПГ-10Н-01; б – 10% МК + 90% ПГ-10Н-01

Результати дослідження мікротвердості наплавлених покриттів з композиційних матеріалів складу {10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01} підтверджують, що в наплавленому шарі присутні тверді включення. Так мікротвердість наплавлених покриттів, що містять 10% МКМ, перевищує мікротвердість наплавленого покриття ПГ-10Н-01, що дорівнює 520 HV, і становить 740 HV, відповідно твердість по Роквеллу дорівнює 34, 40 HRC.

Вимірювання коерцитивної сили в наплавлених валиках на сталь 20, виконані з використанням структуроскопу КРМ-Ц-К2М відповідно галузевого стандарту СОУ 29.32.4-37-532: 2006, показали, що при наплавленні порошку ПГ-10Н-01 її величина становила $H_c = 4,9$ А/см, а при наплавці композиційним матеріалом, що містить 10% МКМ, $H_c = 5,1-5,8$ А/см. Збільшення коерцитивної сили також підтверджує наявність в структурі композиційного матеріалу неметалічних твердих складових.

Як показали результати рентгенофазового аналізу цими частками є диборид титану (TiB_2), борид нікелю (Ni_3B) та інші (рис. 6).

Визначення фазового складу наплавлених шарів здійснювалося із застосуванням дифрактометра ДРОН-3 в монохроматизованому $K\alpha$ - Si випромінюванні в кутовому інтервалі $2\theta = 10-80^\circ$. Реєстрацію рентгенограм проводили в дискретному режимі. Підготовку зразків до аналізу здійснювали шляхом їх шліфування на абразивному папері і полірування до досягнення необхідної шорсткості поверхні. При розшифровці дифрактограм використовували дані картатеки *ASTM*.

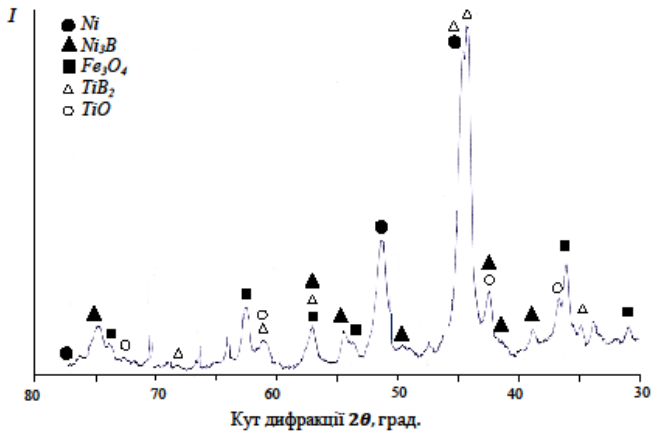


Рис.6. Рентгенівська дифрактограма наплавленого шару композиційним матеріалом 10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01

На рис. 7 представлені результати ізносних випробувань покриттів ПГ-10Н-01 і композиційного матеріалу {10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01} на машині тертя МІ за схемою «диск-колодка» в середовищі індустріального масла з питомим навантаженням 8 МПа. Результати випробувань свідчать про більш високу зносостійкість запропонованого композиційного матеріалу {10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01}, яка в 2,1 рази перевищує зносостійкість самофлюсуєчого сплаву марки ПГ-10Н-01.

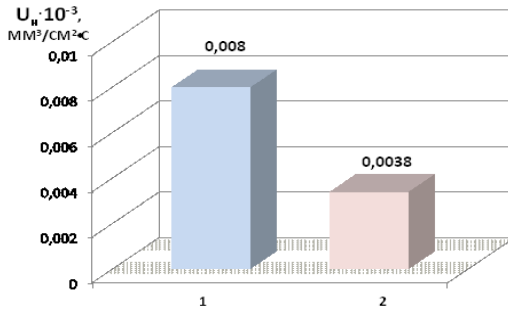


Рис.7. Інтенсивність зношування в процесі нормального тертя в середовищі індустриального масла пар: 1 – покриття ПГ-10Н-01 - сталь 45 HRC 50; 2 – покриття композиційним матеріалом {10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01} - сталь 45 HRC 50

Зносостійкість досліджуваних матеріалів оцінювалася також за результатами випробувань на тертя об закріплені частки по ГОСТ 17367-71. Сплав ПГ-10Н-01 використовувався в якості контрольного матеріалу, його зносостійкість була прийнята за одиницю. Отримані результати представлені на рис. 8.

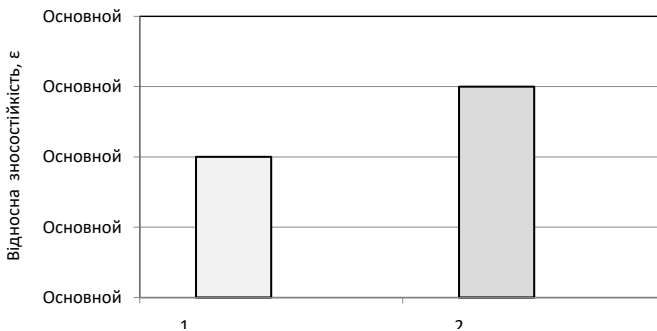


Рис.8. Відносна зносостійкість наплавлених електродуговим методом матеріалів в умовах впливу закріплених частинок абразиву: 1 – сплав ПГ-10Н-01; 2 – композиційний матеріал {10% МК + 90% ПГ-10Н-01}

Наявність в наплавленому покритті дибориду титану (TiB_2) і бориду нікелю (Ni_3B), оксиду титану та заліза призводить до зниження інтенсивності зношування. Абразивна зносостійкість композиційного матеріалу {10% МК + 90% ПГ-10Н-01} в 1,5 разів перевищує показник для самофлюсуючого сплаву ПГ-10Н-01.

Висновки

Розроблено композиційний матеріал на основі самофлюсуючого сплаву системи Ni-Cr-B-Si (порошок марки ПГ-10Н-01), модифікований механоактивованим композиційним матеріалом, отриманим із застосуванням СВС-процесу, для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин.

Мікроструктура наплавлених покриттів являє собою матричний матеріал – сплав ПГ-10Н-01, в якому рівномірно розподілені тверді включення: диборид титану, борид нікелю,

оксид титану та заліза. Мікротвердість наплавлених покриттів, що містять 10% МКМ, перевищує мікротвердість наплавленого шару ПГ-10Н-01, що дорівнює 520 HV, і становить 740 HV, відповідно твердість по Роквеллу дорівнює 34, 40 HRC.

Композиційний матеріал складу 10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01 має більш високу зносостійкість в порівнянні зі сплавом ПГ-10Н-01 в процесі нормального тертя в середовищі індустриального масла, а також в умовах впливу абразивного зношування в 2,1 і 1,5 разів відповідно.

Список використаних джерел

1. Шитов А.Н. Влияние различных факторов на изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.Н. Шитов, А.А. Веденеев // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2002. – № 7. – С. 21-23.
2. Сидоров С.А. Технический уровень и ресурс рабочих органов сельхозмашин / С.А. Сидоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 3. – С. 29-33.
3. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твердых сплавов / В.Н. Ткачев, Б.С. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев. – М.: Машиностроение, 1970, – 177 с.
4. Собачкин А.В. Формирование износостойких покрытий для деталей сельскохозяйственного машиностроения при электродуговой наплавке многокомпонентных механоактивированных СВС-материалов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.16.09 «Материаловедение (в машиностроении)» / А.В. Собачкин. – Барнаул, 2013. – 22 с.
5. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. –М.: Высшая школа, 1998, – 744 с.
6. Yeremin, Ye. N., Losev A. S. Mechanical properties and thermal stability of a maraging steel with borides, deposited with a flux-cored wire // Welding International. 2014. Vol. 28, no 6.P. 465–468.
7. Артемьев А. А., Соколов Г. Н., Дубцов Ю. Н., Лысак В. И. Формирование композиционной структуры износостойкого наплавленного металла с боридным упрочнением // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2011. –№ 2.– С. 44–48.
8. Лузан С.А. СВС-процессы в технологиях упрочнения и восстановления деталей машин наплавкой и газотермическими способами напыления покрытий (обзор) / С.А. Лузан, А.И. Сидашенко, А.С. Лузан // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: 2016. – № 6. – С. 152-162.

Аннотация

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН НАПЛАВКОЙ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВА ПГ-10Н-01

Лузан А.С

Для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин разработан композиционный материал на основе самофлюсующегося сплава (порошок марки ПГ-10Н-01), модифицированный материалом который содержит диборид титана, борид никеля, оксид титана и железа. Уникальность бора заключается в том, что при таком малом содержании в стали, он способен оказывать на ее свойства воздействие, эквивалентное воздействию значительно большего количества таких легирующих элементов, как Cr, Mo, Ni и другие. Традиционным материалом, который используется для борного легирования стали является ферробор. Многолетняя практика применения

ферробора показала, что осуществить микролегирование стали бором с его помощью довольно сложно. Связано это, в первую очередь, с высокими реакционными свойствами бора в стальном расплаве и его высоким химическим сродством по отношению к кислороду и азоту. Кроме того, в большинстве случаев нужно обеспечить в металле крайне малую концентрацию растворенного бора. В настоящее время достаточно активно развивается метод получения порошковых материалов путем самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) с предварительной механоактивирующей обработкой составляющих компонентов. Разработаны многокарбидные СВС-механокмозиты, представляющие собой новые композиционные материалы со структурой типа "упрочняющая фаза – матрица", которые применяются для модифицирования и упрочнения восстановительных покрытий для деталей почвообрабатывающих машин. В работе представлены результаты исследования триботехнических характеристик, структуры и фазового состава наплавленных покрытий на основе сплава ПГ-10Н-01, модифицированных разработанным композиционным материалом, содержащим диборид титана, борид никеля, оксид титана и железа. Исследования наплавленных покрытий показали более высокую износостойкость композиционных покрытий по сравнению со сплавом ПГ-10Н-01 в процессе нормального трения, а также в абразивной среде.

Ключевые слова: модифицирующий композиционный материал, СВС-процесс, бориды, оксиды, износостойкость, наплавка, структура, фазовый состав.

Abstract

INCREASE THE RESOURCE OF WORKING BODIES TILLAGE MACHINES WELDING OF COMPOSITE COATINGS BASED ON AN ALLOY PG-10N-01

A. Luzan

To strengthen the working bodies of tillage machines developed composite material based on self-fluxing alloy (powder grade PG-10N-01), modified material which contains titanium diboride, nickel boride, titanium oxide and iron. To increase wear resistance tillage organs of agricultural machinery (TOA) are different ways of hardening. The most widespread was the hardening by surfacing various hard alloys and other materials with high-frequency currents (HFC) on the TOA, as well as methods of hardening in the processes of chemical-thermal treatment (CTT), when the base metal is diffusively saturated with various non-metals or alloying metals, in which a wear-resistant layer or layers of various binary or more complex iron compounds are formed on the surface of the part. A special place among the processes of CTT is occupied by the technology of saturation of the surface layer of structural and alloyed steel boron – boration. The uniqueness of boron is that with such a small content in the steel, it is able to have an effect on its properties equivalent to the effect of a much larger number of alloying elements such as Cr, Mo, Ni and others. The traditional material used for boron alloying of steel is ferroboration. Long-term practice of application of ferroboration showed that it is quite difficult to carry out microallocation of steel boron with its help. This is primarily due to the high reactivity of boron in the steel melt and its high chemical affinity with respect to oxygen and nitrogen. In addition, in most cases it is necessary to provide an extremely low concentration of dissolved boron in the metal. A characteristic feature of borides is their significant hardness associated with the directional nature and high energy strength of interatomic bonds. The presence of high hardness in borides is mainly due to the strong covalent bonds of B-B. However, Me-Me bonds also contribute to it. The hardness of the borides decreases with the increase in the order number of

metals in the groups and diagonally section of the periodic table, where the transition metals. Particularly high hardness is observed in borides TiB_2 , ZrB_2 , NbB_2 , W_2B_5 . At present, the method of obtaining powder materials by self-spreading high-temperature synthesis (SHS) with pre-machining of component components is actively developing. Developed multi-carbide SHS-mechanocomposite, which are new composite materials with a structure of the "reinforcing phase - matrix", which are used for modifying and strengthening the restorative coatings for parts of tillage machines. The paper presents the results of the study of tribotechnical characteristics, structure and phase composition of the deposited coatings based on the alloy PG-10N-01, modified by the developed composite material containing titanium diboride, Nickel boride, titanium oxide and iron. Studies of surfaced coatings have shown a higher wear resistance of composite coatings compared with the alloy PG-10N-01 in the normal friction process, as well as in abrasive environment.

Keywords: modifying composite material, SHS process, borides, oxides, wear resistance, surfacing, structure, phase composition.