

УДК 631.3.004.8:339.13

АНАЛІЗ НАПЛАВОЧНИХ МАТЕРІАЛІВ І СПОСОБИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ

Лузан С.О. д.т.н., проф.,

Петренко Д.М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

Abstract

Based on the analysis of surfacing materials and methods for improving operational properties, it has been established that modification is the most promising way to achieve high abrasive wear resistance of the weld materials, which allows forming the necessary alloy structure in the process of surfacing.

Keywords: hardening phase, abrasive wear resistance, modification, composite material.

Вступ

Матеріал захисного наплавленого покриття визначається виходячи з умов експлуатації виробів. В даний час розроблено і випускається промисловістю велика кількість різних матеріалів для наплавлення покриттів у вигляді як одно і багатокомпонентних, так і композиційних порошкових матеріалів, порошкових і композиційних дротів, електроди з покриттям, наплавочні стрічки.

Аналіз попередніх досліджень

Зносостійкість наплавленого шару істотно залежить від їх структурно-фазового складу, який залежить від хімічного складу, способу і режиму наплавлення, умов кристалізації зварювальної ванни і режимів термічної обробки наплавлених деталей. На рис. 1 наведені схеми найбільш поширених типів структур зносостійкого матеріалу [1].

Основою структури зносостійких сплавів є матриця, в якій знаходяться зміцнюючі фази (карбіди, бориди, нітриди і ін.). Матриця сплаву виконує дві функції: сама служить елементом структури, від якого залежить зносостійкість, і сприяє надійному утриманню зміцнюючих фаз для запобігання їх викришування під дією абразиву і ударів. Від типу матриці, від її стану і властивостей залежать ймовірності зародження, зростання і об'єднання тріщин в металі під дією різних факторів і середовища, що впливає на інтенсивність зношування сплаву [1]. На рис. 2 представлена діаграма відносної зносостійкості наплавлених матеріалів різних складів і структур. За еталон прийнятий зразок металу з феритної структурою (поз. 1), зносостійкість якого умовно прийнята за одиницю, оскільки ферит володіє найбільш низькою опірністю абразивному зношуванню [2-4].

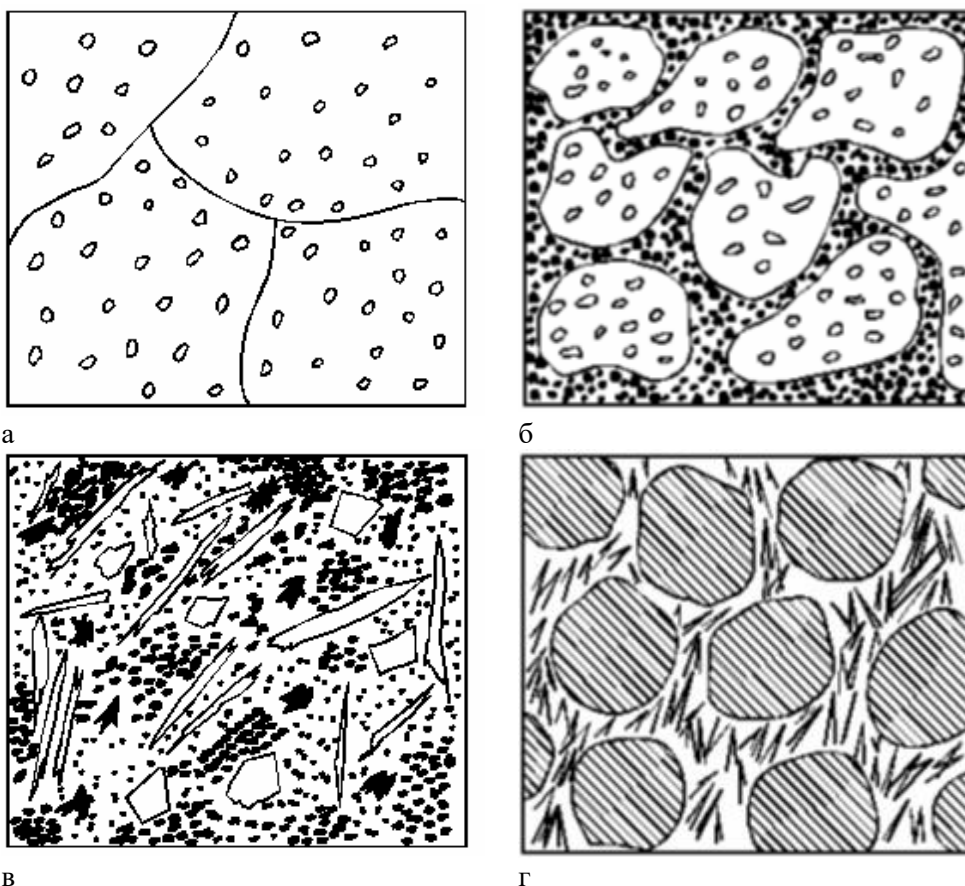


Рисунок 1 Схеми структур зносостійких сплавів:

а - твердий розчин і зміцнююча фаза; б - каркас карбідної евтектики навколо зерен твердого розчину, що містить зміцнюючу фазу; в - рівномірно розподілена карбідна евтектика, різні типи карбідів і інтерметалідів в твердому розчині; г - композиційна структура металу з зернами литих карбідів і боридів, боридно-карбідна евтектика, твердий розчин.

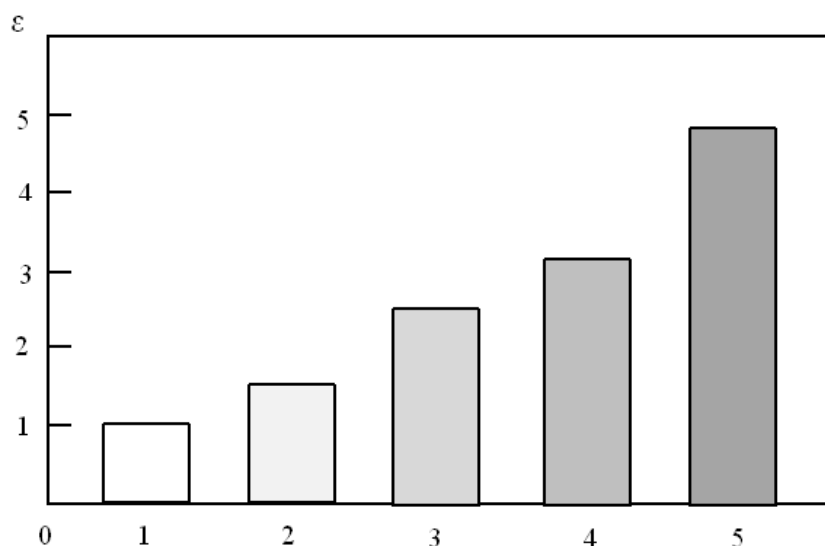


Рисунок 2 Относительная износостойкость ϵ наплавленного материала: 1 – ферит; 2 – перліт з карбідами; 3 – мартенсит з карбідами; 4 – аустеніт з карбідами; 5 – нестабільний аустеніт з карбідами.

Феритна, феритно-перлітна і перлітна матриці не використовуються в сплавах, що працюють в умовах абразивного зношування. Найбільшим опором до абразивного зношування в залежності від морфології структури сплавів володіють аустенітна і мартенситна матриці. У порівнянні з мартенситом аустеніт більш в'язкий, що сприяє гарному закріпленню зміцнюючих фаз в ньому. В умовах тертя метастабільний аустеніт може зміцнюватися внаслідок фазового перетворення в мартенсит при впливі твердих частинок абразиву, що в свою чергу призводить до підвищення зносостійкості сплаву [3]. Сплави, що містять у своїй структурі метастабільний аустеніт, використовуються в основному для захисту деталей, що експлуатуються в умовах абразивного зношування з ударами і багаторазовою контактано-ударною дією [4].

Постановка проблеми

На основі аналізу структури і складів зносостійких матеріалів визначити напрямки покращення механічних та експлуатаційних властивостей наплавлених матеріалів.

Мета та завдання

Метою даної роботи є дослідження складів матеріалів, що застосовуються для наплавлення покриттів, які експлуатуються в абразивному середовищі, і обґрунтування найбільш ефективного способу вдосконалення.

Результати вирішення основних завдань

Абразивна зносостійкість сплаву залежить від типу, форми і розподілу карбідних частинок в структурі сплаву [5]. Всі карбіди, за винятком цементиту, також як і бориди мають високу мікротвердість, яка зазвичай вища, ніж у абразивних частинок. Як правило, чим вище мікротвердість, тим вище зносостійкість, тому карбіди і бориди є основною фазою, яка надає опір дії твердих абразивних частинок [1, 6].

Оцінити міцність міжатомних зв'язків в матеріалі і охарактеризувати стійкість хімічних сполук до дисоціації можна по температурі їх плавлення. Стійкість карбідів до розчинення також залежить і від розчинності в них інших хімічних елементів. Розчинені метали, що володіють більшою спорідненістю до вуглецю, ніж базовий елемент в карбіді, сприяють підвищенню його стійкості, але якщо в карбіді розчинений елемент з меншою спорідненістю до вуглецю, стійкість карбиду зменшується, проте в складних карбідах такого впливу не спостерігається [4]. Мікротвердість карбідів і боридів істотно знижується при збільшенні температури до 500 ° С [7].

Нітриди менш схильні до коагуляції при високих температурах, ніж карбіди, що дозволяє забезпечити більш високу зносостійкість наплавленого покриття [8].

Великий вплив на структуру наплавленого сплаву, його фазовий склад і зносостійкість має система легування і вміст в його складі легуючих елементів [1]. Технологічні ж фактори, обумовлені способом і режимом наплавлення, впливають лише на розміри і розподіл структурних складових в металі, що в меншій мірі впливає на зносостійкість, але дозволяє керувати формуванням структури з мінімальною кількістю зварювальних дефектів. Для наплавлення зносостійких сплавів використовуються матеріали наступних основних систем

легування: Fe-C, Fe-C-Cr, Fe-C-Cr-Ni, Fe-C-Cr-Si, Fe-C-Mn, Fe-C-Cr-Mn, Fe-Cr-Mn-B, Fe-Cr-Ti-C-B, Fe-C-Ti-B-Fe-Ti, Fe-Mo-C, Fe-W-C, Fe-C-Cr-Ni-Nb-Mo, Fe-C-Cr-B-Si-Ti та ін. [1, 9-12].

Сплави, що містять вуглець у вигляді графіту, в умовах абразивного зношування мають низькі показники зносостійкості з огляду мінімальної твердості металу. Широке використання в промисловості знаходять леговані сплави, в яких вуглець, а також азот і бор утворюють дисперсні хімічні сполуки, що мають значну твердість, порівняну з твердістю абразивних матеріалів, що застосовуються в промисловості.

Введення бору в матеріал, що наплавляється сприяє зміні критичних співвідношень карбідостворюючих елементів до вуглецю, сприяє інтенсифікації виділення спеціальних карбідів і карбоборидів $((Cr,Fe)_7(C,B)_3$ і $(Cr,Fe)_{23}(C,B)_6$), а також сприяє подрібненню карбідної фази, що значно підвищує як твердість, так і зносостійкість наплавленого матеріалу, в тому числі і при підвищених температурах. Введення в сплав 0,4 ... 0,6 мас. % бору призводить до зміщення евтектичної точки сплавів вліво, тим самим сприяє випаданню надлишкових карбідів, наявність яких призводить до різкого окрихчування сплаву і одночасно до підвищення зносостійкості наплавленого матеріалу, що працює в умовах інтенсивного абразивного зношування без ударних навантажень [4].

Кремній не утворює стійких карбідів, однак його використовують для забезпечення більш рівномірного розподілу зміцнюючої фази і збільшення її вмісту через зниження розчинення вуглецю в залізі. У сплавах, що містять кремній, зносостійкість додатково підвищують за рахунок легування їх титаном, який утворює тверді монокарбіди TiC.

Нікель не утворює карбідів, він легує твердий розчин і має вплив на стабілізацію аустеніту в металі [4]. Його вводять в зносостійкі сплави на основі заліза в кількості 0,8 ... 25,0 мас. %. Введення нікелю до 3 мас. % в матеріал що наплавляється впливає на його пластичність, яка збільшується в зв'язку з підвищенням кількості твердого розчину і перерозподілу евтектичних карбідів в структурі.

Для досягнення високої зносостійкості деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, можливі два варіанти створення зносостійких сплавів. Перший – створення матеріалів з метастабільною структурою. Такі матеріали здатні поглинати енергію, що вноситься ззовні і розсіювати її шляхом структурно-фазових перетворень, в першу чергу за рахунок $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення. Але такі сплави при підвищенні температури до 550 ° C мають недостатньо високу стійкість проти абразивного зношування, що викликано термічним знеміцненням матриці сплаву. Другий варіант полягає в розробці матеріалів, що мають термостабільну структуру, зміцнену великою кількістю твердої фази [12]. Матеріали з такою структурою найбільш перспективні для опору абразивному зношуванню.

До основних напрямів поліпшення механічних і експлуатаційних властивостей наплавлених матеріалів можна віднести:

1. Легування, при якому підвищення зносостійкості наплавленого металу забезпечується збільшенням вмісту легуючих елементів в ньому. В даний час розроблені і застосовуються для підвищення зносостійкості сплави різних систем, однак вони мають недостатню абразивну зносостійкість при підвищених температурах і в агресивних середовищах. Тому актуальним є дослідження щодо цілеспрямованого формування властивостей, в тому числі і модифікування композиційними матеріалами. Модифікування є найбільш перспективним способом досягнення високої зносостійкості наплавлених матеріалів, що дозволяє формувати необхідну структуру сплаву в процесі наплавлення. Цей процес здійснюється шляхом введення в металевий розплав невеликої кількості легуючих присадок або композиційних матеріалів, що призводить до суттєвої трансформації структури сплаву і поліпшенню його технологічних та експлуатаційних властивостей [13, 14];

2. Термічна обробка, яка передбачає різні операції теплового впливу на наплавлений матеріал, при якому відбувається зміна його структурно-фазового складу. Однак реалізація такого процесу вимагає значних фінансових витрат;

3. Технологічні прийоми, що забезпечують можливість диспергування зерен як твердого металу, так і металу що кристалізується [13]. При використанні способу багатопрохідного наплавлення термічний цикл кожного наступного проходу, надаючи повторний термічний вплив на метал попереднього шару, як правило, призводить до подрібнення зерен. Верхній шар наплавленого матеріалу зберігає литу структуру, але можливий і його так званий «самовідпуск», при якому зменшуються напруги, а структура стає більш однорідною і рівноважною.

Проковування – імпульсна пластична деформація гарячого, щойно закристалізованого сплаву дає можливість не тільки подрібнити зерно, а й забезпечує зміну морфології структури, в результаті чого поліпшуються його механічні та експлуатаційні властивості.

Ефективні технологічні прийоми у вигляді механічних впливів на металевий розплав що кристалізується. До них відносяться:

– введення ультразвукових (частота 18...22 кГц) і механічних (5...100 Гц) коливань в метал зварювальної ванни;

– електромагнітний вплив на металевий розплав (електромагнітне перемішування).

Однією з головних причин диспергування структури в першому випадку є руйнування зростаючих на фронті кристалізації кристалітів і формування на їх "уламках" нових зерен металу. У другому випадку зміна швидкості переміщення розплаву і траєкторії його руху в обсягах металу, що омивають фронт кристалізації в зварювальної ванні, призводить до підвищення частоти оплавлення вершин зростаючих кристалітів і також до формування на них зародків нових зерен.

Висновки

Модифікування є найбільш перспективним способом досягнення високої зносостійкості наплавлених матеріалів, що дозволяє формувати необхідну структуру сплаву в процесі наплавлення. Цей процес здійснюється шляхом

введення в металевий розплав невеликої кількості легуючих присадок або композиційних матеріалів, що призводить до суттєвої зміни структури сплаву і поліпшенню його технологічних та експлуатаційних властивостей.

Література

1. Соколов Г.Н. Наплавка износостойких сплавов на прессовые штампы и инструмент для горячего деформирования сталей: монография / Г.Н. Соколов, В.И. Лысак; ВолгГТУ. – Волгоград : РПК "Политехник", 2005. – 284 с.
2. Лившиц Л.С. Наплавочные материалы и технология наплавки для повышения износостойкости и восстановления деталей машин / Л.С. Лившиц // Сварочное производство. – 1991. – №1. – С.15-17.
3. Гринберг, Н. А. О влиянии легированного феррита и карбидной фазы на износостойкость сталей / Н. А. Гринберг, Л. С. Лившиц, В. С. Щербаков // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1971. – № 9. – С. 57-59.
4. Лившиц Л. С., Основы легирования наплавленного металла / Л. С. Лившиц, Н. А. Гринберг, Э. Г. Куркумелли. – М.: Машиностроение, 1968. – 186 с.
5. Износостойкость и структура твердых наплавов / М.М. Хрущов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1971. – 96 с.
6. Wear Resistance of Fe-based Nanostructured Hardfacing / A. Gualco [and etc.] // Procedia Materials Science. – 2015. – №8. – P. 934-943.
7. Investigation of microstructural damage to eutectic carbides from scratch tests of a heat-treated Fe–Cr–W–Mo–V–C alloy / Jing Guo [and etc.] // Wear. – 2016. – № 358-359. – P. 137-147.
8. Попов С.Н. Оптимизация химического состава наплавленного металла деталей для работы в условиях абразивного изнашивания / С.Н. Попов // Автоматическая сварка . – 2001 . – № 4 . – С. 33 – 35.
9. Сорокин Г.М. Методы выбора износостойких наплавочных сплавов / Г. М. Сорокин // Вестник машиностроения. – 2005. – № 4. – С. 25- 29.
10. Попов С.Н. Оптимизация химического состава наплавленного металла деталей для работы в условиях абразивного изнашивания / С.Н. Попов // Автоматическая сварка . – 2001 . – № 4 . – С. 33 – 35.
11. Шах К.Б. Износостойкость наплавленного металла системы Fe-Cr-C / К.Б. Шах, С. Кумар, Д.К. Дуиведи // Автоматическая сварка. – 2006. – № 11. – С. 27-31.
12. Осипов М.Ю. Изыскание и исследование износостойких наплавочных сплавов для работы в условиях абразивного изнашивания при повышенных температурах / М.Ю. Осипов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні: науковий журнал. – Запоріжжя. – 2014. – № 1. – С. 52-57.
13. Лещинский Л.К. Слоистые наплавленные и упрочненные композиции: монография / Л.К. Лещинский, С.С. Самотугин. – Мариуполь: Новый мир. – 2005. – 390 с.
14. Еремин Е.Н. Применение наночастиц тугоплавких соединений для повышения качества сварных соединений из жаропрочных сплавов // Омский научный вестник. – 2009. – № 3. – С. 63-67.