

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Cr-Mn-Mo-Ti НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА

Багров В.А., к.т.н, доц., Плужніков Д.О., ст. гр. МС-51-20, ХНАДУ

***Анотація.** Встановлено, що збільшення вмісту Mn та Cr в наплавленому металі знижують активність вуглецю; збільшення кількості фази TiC підвищує внутрішню теплоту наплавленого металу. Підвищення теплостійкості сплавів системи Cr-Mn-Ti на основі заліза сприяє збільшенню вмісту фази [TiC]; введення [Mo] стабілізує значення твердості при підвищених температурах, підвищує теплостійкість і твердість..*

***Ключові слова:** наплавлення, порошковий дріт, легований флюс, структура.*

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Cr-Mn-Mo-Ti НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Багров В.А., к.т.н, доц., Плужников Д.А., ст. гр. МС-51-20, ХНАДУ

***Аннотация.** Установлено, что увеличение содержания Mn и Cr в наплавленном металле снижают активность углерода; увеличение количества фазы TiC повышает внутреннюю теплоту наплавленного металла. Повышению теплостойкости сплавов системы Cr-Mn-Ti на основе железа способствует увеличение содержания фазы [TiC]; введение [Mo] стабилизирует значения твердости при повышенных температурах, повышает теплостойкость и твердость..*

***Ключевые слова:** наплавка, порошковая проволока, легированный флюс, структура.*

THE INCREASE IN DURABILITY ALLOYS OF THE SYSTEM CR-MN-MO-TI IRON-BASED

PhD, associate professor, Pluzhnikov D.A., student of gr. MS-51-20, HNAHU

***Abstract.** It is established that the increased content of Mn and Cr in the weld metal and reduce the activity of carbon; increasing the amount of TiC phase increases internal warmth of the deposited metal. To improve the heat resistance of alloys of the system Cr-Mn-Ti Fe-based contributes to the increase in the maintenance phase [TiC]; introduction [Mo] stabilizes the hardness values at elevated temperatures, improves thermal stability and hardness.*

***Keywords:** surfacing, flux-cored wire, alloyed, flux structure.*

Вступ

Дослідження, спрямовані на зниження енерго- та ресурсозатрат при наплавленні обробного інструмента й одночасному підвищенні його надійності й довговічності, останнім часом стали особливо актуальні. Практичний розв'язок завдання здійснюється шляхом розробки нових і вдосконалювання наявних наплавочних матеріалів з економнолегованими покриттями й шихтою, застосуванням оптимального способу їх наплавлення з урахуванням особливостей поведінки матеріалів у реальних умовах. Особлива увага при вдосконалюванні наплавочних матеріалів приділяється матеріалознавським розробкам зносостійких економнолегованих сплавів.

Аналіз публікацій та мета досліджень

Службові характеристики наплавленого металу, призначеного для роботи в різних умовах зношування, визначаються насамперед системою легування і як наслідком цього, різним фазовим складом і структурою. При цьому найменш сприятливої фазової складової є ферит, оскільки має невисокий рівень твердості, зносостійкості, в'язкості й опірності руйнуванню.

Для підвищення зносостійкості широко застосування одержали сталі не тільки з мартенситної,

але й аустенітно-мартенситною, аустенітно-карбідною й мартенситностаріючою структурою.

Дослідження загальних закономірностей і ролі деформаційних мартенситних перетворень у формуванні властивостей сталей проведене в роботі [1]. На основі комплексного вивчення взаємозв'язків деформаційного мартенситного перетворення з фізико-механічними властивостями метастабільних аустенітних сталей, а також стійкості їх при різних видах контактної навантаженні були розроблені три основні групи зносостійких сталей системи Fe-C-Cr-Mn, що відрізняються по змісту вуглецю, марганцю й хрому, які призначені для різних умов експлуатації відносно впливу зтираючих і ударних навантажень:

- 1) 0,5-0,7% C, 7-10% Mn, 3-5% Cr;
- 2) 0,8-0,9% C, 6-9% Mn, 2-4% Cr;
- 3) 1,0-1,4% C, 6-9% Mn, 0,8-2,5% Cr.

У роботах [2, 3] показана можливість значного підвищення зносостійкості матеріалу з різною часткою метастабільного аустеніту.

Вивченню зносостійкості матеріалів присвячене ряд робіт, у яких немає єдиної думки про вплив твердості й структури на зносостійкість. У роботах [3, 4] показано, що зносостійкість зростає залежно від збільшення твердості, а в роботах [5, 6] - від структури металу.

Для підвищення зносостійкості деталей і вузлів у промисловості застосовують значну кількість різноманітних матеріалів, які класифікують із урахуванням здатності протистояти різним видам зношування. Для роботи деталей в умовах молекулярно-механічного, ударно-абразивного й абразивного зношування широке застосування одержали сталі, що мають карбіди й боріди, ледебурит і залишковий аустеніт або карбідно-боридну зміцнюючу фазу в аустенітно-мартенситній матриці. Сталі з подібною структурою мають високу твердість і задовільну зносостійкість, однак застосування їх не завжди забезпечує необхідну зносостійкість наплавленого шару. Крім цього, для їхнього виготовлення застосовуються у великій кількості дорогі й дефіцитні матеріали. Одним з раціональних способів підвищення стійкості наплавленого металу зношування є багатокомпонентне оццадливе легування, за допомогою якого вдається одержати сталі з упрочнюючої карбідної й інтерметаллідной фазами й високими фізико-механічними характеристиками. Для цього при розробці наплавочних матеріалів використовують різні карбідоутворюючі елементи – Cr, W, V, Nb і ін.

Методи і матеріали дослідження

Наплавлення робили трактором ТС-17М на пластини розміром 200x150x25 мм зі сталі 20, 500x300x40 мм зі сталі 45 і 400x50x40 зі сталі 5ХНМ. У якості захисного флюсу для наплавлення порошковими дротами із системами легування Cr-Mn-Ti і Cr-Mn-Mo-Ti на основі заліза був прийнятий флюс АН-22. Вихідна основність флюсу АН-22 - В=1,4668, хімічна активність - Аф=0,1819.

Вирізку зразків для дослідження хімічного й фазового складу, механічних властивостей з наплавленого металу робили абразивними відрізними колами з наступним шліфуванням і поліруванням.

Хімічний склад наплавленого металу визначали наступними методами: вуглець - газообмінним (ДЕРЖСТАНДАРТ 2604.1), кремній - вагарням (ДЕРЖСТАНДАРТ 2604.3), марганець – об'ємним персульфатосеребряним (ДЕРЖСТАНДАРТ 2604.5), титан – фотометричним (ДЕРЖСТАНДАРТ 2604.10). Пошаровий зміст легуючих елементів і фазовий склад визначали на установці ДРОН-3 у випромінюванні К α -Co (монохроматизованом). Зйомку робили за схемою Брегга-Брентано. Результати РФА наведені на дифрактограмах, де кожному піку відповідає своя фаза.

Для проведення структурного аналізу зразки з наплавленого металу труїли в реактиві Виллелла: 10 мол азотної кислоти, 20 мол соляної кислоти, 20 мол гліцерину й 10 мол перекису водню. Розподіл зміцнюючої фази в наплавленому металі оцінювали точковим методом Глаголева на мікротвердомірі ПМТ-3.

Результати досліджень

Істотного підвищення міцності й зниження енергоємності виробництва відновлюваних деталей наплавленням дозволяє досягтися застосуванням дисперсійнотвердіючих сталей. Гарною комбінацією властивостей – твердості, міцності й пластичності – мають нікелеві мартенситностаріючі

сплави, які зміцнюються при старінні за рахунок уведення Al або Mo [47]. Уведення Mo і значний зміст активних карбідотворюючих елементів (Ti, Cr) дає можливість знизити зміст незв'язаного вуглецю до 0,05-0,3 %. Це досить важливо при використанні в якості наплавочних матеріалів порошкових дротів з низьковуглецевою стрічки. У досліджуваній системі легування (Cr-Mn-Ti-Si) відсутність Ni компенсувалося збільшенням змісту Mn до 10...12 % і введенням Al з феротитану (компонент шихти порошкового дроту). Вплив кількості Ti при напавленні під керамічним флюсом і зі знеструмленою присадкою [β] на хімічний склад та зносостійкість напавленого металу наведені в табл. 1, 2, 3.

Таблиця 1 - Твердість і відносна зносостійкість досліджуваних сплавів

Номер сплаву	Еквівалентний зміст хрому й нікелю в напавленому металі		Твердість, HRC _s	Відносна зносостійкість, ε досліджуваних сталей	Структура напавленого металу
	Cr _{екв.}	Ni _{екв.}			
1	28,76	17,02	46...52	≈2,7	A+E _{BT} (α+K)
2	28,07	16,32	52...54	≈2,6	A+E _{BT} (α+K)
3	26,6	16,96	46...50	≈2,7	A+E _{BT} (α+K)
4	28,75	18,2	42...50	≈2,8	A+E _{BT} (α+K)
5	27,13	22,34	38...46	≈2,9	A+E _{BT} (γ+K)
6	23,51	22,0	47...52	≈2,7	A+E _{BT} (γ+K)
7	27,92	22,81	38...47	≈2,9	A+E _{BT} (γ+K)

Примітка: Еталон відносної зносостійкості – сплав з Ni_{екв.}=4...8, Cr_{екв.}=8...10.

Таблиця 2 - Вплив [Ti] і [β] на хімічний склад напавленого металу

Хімічний склад напавленого металу під керамічним флюсом					
Хімічний елемент	Зміст [Ti] у напавленому металі, %				
	0,22	1,62	2,04	2,25	2,41
Cr	8,20...9,00	7,21...8,10	6,42...7,80	6,00...7,60	5,56...7,50
Mn	1,03...1,50	1,20...1,60	1,10...1,56	1,20...1,55	1,30...1,50
Si	0,80...1,40	1,25...1,50	1,30...1,70	1,38...1,80	1,42...1,73
Al	0,02...0,04	0,05...0,09	0,09...0,13	0,14...0,17	0,19...0,23

Таблиця 3 - Хімічний склад напавленого металу при напавленні порошковими дротами

Кількість уведення знеструмленої присадки, %	Зміст хімічних елементів у напавленому металі				
	Ti	Cr	Mn	C	Si
0	1,33	2,64	4,6	0,4	1,08
25	1,62	3,28	5,72	0,48	1,11
50	2,19	4,36	7,60	0,53	1,10
75	2,38	4,72	8,22	0,57	1,12

Пошаровий аналіз хімічного складу показує, що застосування додаткового присадкового дроту дає відносно рівномірний розподіл легуючих елементів по висоті напавленого металу. Дослідження впливу відносної маси присадки на мікроструктуру напавленого металу показало, що з її

збільшенням стабілізується структурний і фазовий склад багат шарового наплавлення.

Вплив температури відпустки й підвищених температур на твердість наплавленого металу сплавів систем Mn-Mo-Ti і Cr-Mn-Ti на основі заліза показано на рис. 1, 2.

Твердість досліджуваної сталі 20X3Г9М5Т2С після наплавлення становила 37...40 HRC. Після старіння при $T=850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=2$ год твердість складала 49...55 HRC, що можна пояснити збільшенням кількості вторинних карбідів. Збільшення витримки при цій температурі, а також підвищення температури старіння до $920\text{ }^{\circ}\text{C}$ не привело до помітного підвищення твердості, а сприяло її зниженню.

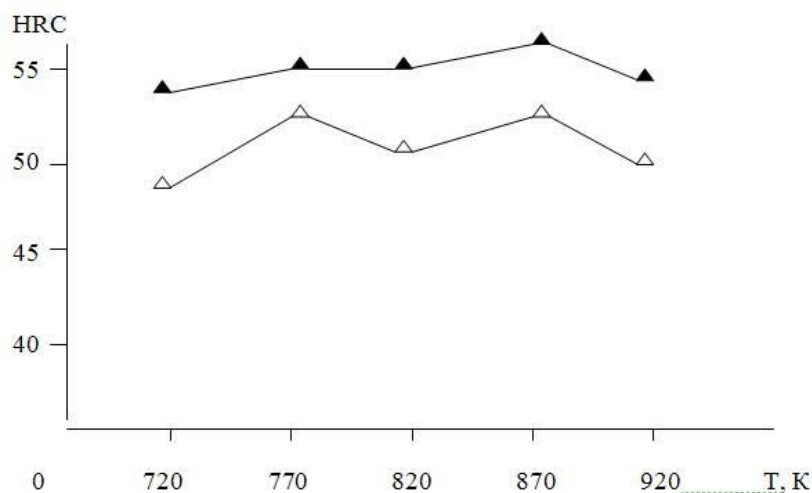


Рисунок 1 - Вплив температури відпуску на твердість досліджуваних сталей (час витримки $\tau=2$ год, охолодження на повітрі)
 \triangle - 40X4Г8Т2С; \blacktriangle - 20X3Г9М5Т2С

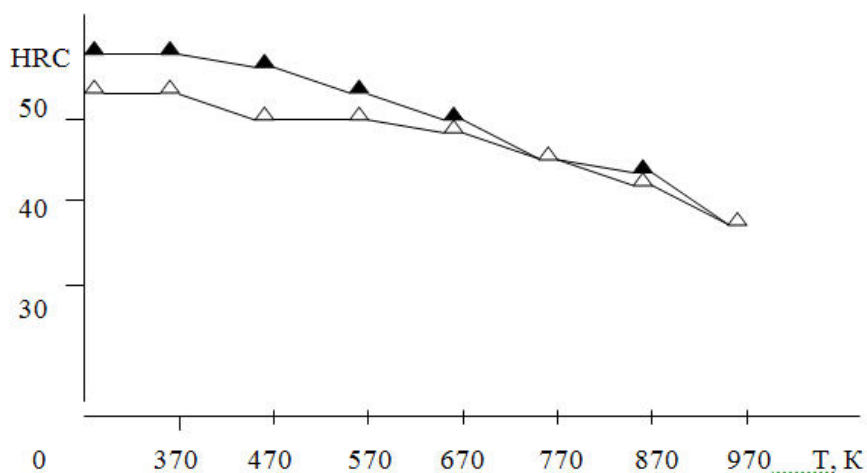


Рисунок 2 - Вплив температури на твердість досліджуваних сталей після відпуску ($T_{\text{відп.}}=850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=2$ години, охолодження на повітрі)
 \triangle - 40X4Г8Т2С; \blacktriangle - 20X3Г9М5Т2С

Дослідження впливу температури на твердість сплавів показали, що в інтервалі температур $293\text{...}870\text{ }^{\circ}\text{C}$ твердість знижується незначно. Зниження твердості на 8...10 HRC у даному інтервалі температур свідчить про високу теплостійкість сплавів систем Cr-Mn-Ti і Mn-Mo-Ti. Одним з показників теплостійкості сталей є пластичність. Аналіз пластичності цих сталей після вторинного твердіння показав, що вона вище, чим у сталей 50XHM і 35X4B3M3Ф, і не уступає нікелевим мартенситностаріючим сплавам. Залежність відносного подовження від твердості досліджуваних сталей наведена на рис. 3.

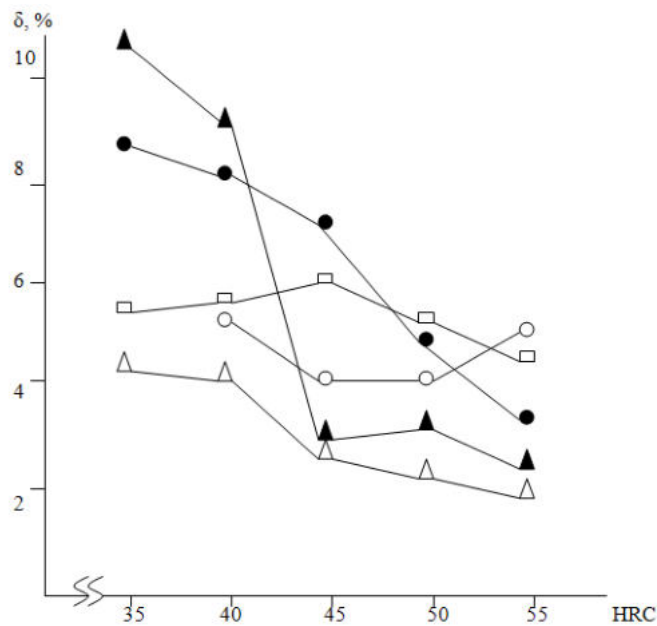


Рисунок 3 - Залежність відносного подовження від твердості досліджуваних сталей при підвищених температурах:

- △ - 50XHM;
- - 35X4B3M3F;
- - 10X6H8M7C;
- ▲ - 40X4Г8Т2С;
- - 20X3Г9М5Т2С.

Висновки

- У результаті проведених лабораторних досліджень встановлено:
- збільшення змісту Mn і Cr у наплавленому металі знижують активність вуглецю як карбідотворюючого елемента; збільшення кількості фази Тіс підвищує внутрішню теплоту наплавленого металу при екзогенному її введенні;
 - підвищенню теплостійкості сплавів системи Cr-Mn-Ti на основі заліза сприяє збільшення змісту фази [TiC]; уведення [Mo] стабілізує значення твердості при підвищених температурах, підвищує теплостійкість і твердість при дисперсійному твердінні.

Література

1. Филиппов М.А., Литвинов В.С., Немировский Ю.Р. Стали с метастабильным аустенитом. - М.: Металлургия, 1988. – 256 с.
2. Кальянов В.Н. Структура и характеристика износостойкого экономнолегированного наплавленного металла // Сварочное производство. – 1997. - №4. С.13-17.
3. Применение сталей ПНП в качестве наплавочных материалов для повышения усталостной прочности наплавленных деталей. / Г.С.Микаелян, И.А.Рябцев, В.Г.Васильев и др. // Автомат. сварка. – 1993. - №10. – С.34-36.
4. Влияние структуры на износостойкость чугунов и сталей / А.И.Ступина, В.В.Зотов, Л.И.Сидоров, И.С.Кошелев // Metallurgicheskoe машиностроение и ремонт оборудования. – 1979. - №8. – С. 98-99.
5. Kal'yanov V.N., Novitskaya A.V. Increasing the Endurance of Rolling Rolls by Depositing an Efficiently Alloyed Steel. Welding International. - 1998. - №12 (4). - P. 322-325.
6. Влияние структуры на износостойкость чугунов и сталей / А.И.Ступина, В.В.Зотов, Л.И.Сидоров, И.С.Кошелев // Metallurgicheskoe машиностроение и ремонт оборудования. – 1979. - №8. – С. 98-99.