

симальній твердості, див. табл. 1). Ця невідповідність та максимальна зносостійкість сплавів пояснюється вирішальним внеском $\gamma_{зал.} \rightarrow \alpha'$ ДМПЗ у формуванні опору зношуванню, оскільки мартенсит деформації, що отримується в тонкому поверхневому шарі зразків при зношуванні, відрізняється від мартенситу гартування більш високими твердістю, величиною мікростворень.

До того ж, на ДМПЗ і супровідні процеси структуроутворення витрачається значна частка зовнішньої механічної енергії, яка підводиться до зразка при випробуваннях, та менша частка залишається на зародження тріщин та руйнування металу.

Порівняння опору зношуванню досліджених сплавів показує, що чавун 230X21Г7Д2 має в 2,5...3 рази більшу зносостійкість, ніж сплав 90X23Г6С2Ф у кожному з варіантів умов випробувань на зношування. Це пояснюється більш високим вмістом вуглецю, що обумовлює з одного боку більший зміст карбідних фаз, з другого – більш високий рівень зміцнення метастабільного аустеніту, та як результат більшого зміцнення мартенситу деформації, що отримується внаслідок розвитку $\gamma_{зал.} \rightarrow \alpha'$ ДМПЗ та ДДС.

Таким чином, для умов експлуатації, пов'язаних із абразивним та ударно-абразивним характером зношування деталей можуть бути рекомендовані економнолеговані чавуни, які досліджені в даній роботі. При цьому для абразивного характеру роботи необхідно проводити гартування таких сплавів з температури 950 °С, а для ударно-абразивних умов експлуатації – гартування з температури 1050 °С. Достатньо високий вміст хрому в досліджених сплавах (21...23%) дозволяє розглядати нові чавуни як перспективний матеріал для складних умов експлуатації, пов'язаних не тільки з абразивним та ударно-абразивним зношуванням, але і з корозійним характером впливу експлуатаційного середовища, оскільки хром у такій концентрації підвищує корозійну та жаростійкість.

Чейлях Я.О.¹, Чейлях О.П.¹, Шимізу К.², Голюк К.В.¹
(¹ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна; ²Муроранський інститут технологій, м. Муроран, Японія)

**АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЛЕГУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У СТРУКТУРІ
НАПЛАВЛЕНОГО ЗНОСОСТІЙКОГО Fe-Cr-Mn МЕТАЛУ З
МЕТАСТАБІЛЬНИМ АУСТЕНІТОМ**

E-mail: aleksandr.cheylyakh@gmail.com

Вирішення проблеми підвищення зносостійкості та довговічності багатьох видів деталей машин та обладнання, що відновлюються наплавленням, пов'язано з ефективним розумінням та використанням фазово-структурних переваг зносостійких наплавлених сталей з метастабільним аустенітом.

Зразки розробленого та дослідженого наплавленого електродуговим способом Fe-Cr-Mn металу марок 12X13Г12САФ і 40X13Г12САФ з метастабільним аустенітом піддавали відпуску при температурах 500, 600 і 700 °С з

витримками 1, 3, 5 годин. Мікроструктура є переважно аустенітною з дисперсійним зміцненням частинками твердих надлишкових фаз. В залежності від температури відпуску, з аустеніту виділяються дисперсні частинки надлишкових твердих фаз (як при старінні), що викликає дестабілізацію аустеніту, внаслідок підвищення точки M_n вище кімнатної температури і утворюється мартенсит гартування при охолодженні з температур відпуску. В результаті цього аустенітна структура набуває різного ступеню метастабільності і, відповідно, здатності до деформаційного мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha'$ перетворення при зношуванні (ДМПЗ).

Дослідженнями зразків за допомогою сканувального електронного мікроскопа «JEOL JSM-6510» методом мікрорентгеноспектрального енергодисперсійного мікроаналізу встановлено диференційований розподіл легувальних елементів у фазових складових мікроструктури. Підтверджено ступінчато-пошаровий характер розподілу легувальних елементів та вуглецю після відпуску наплавленого металу при вивчених температурах та витримках (табл. 1): в другому шарі (№2) зміст легувальних елементів більший, ніж в першому (№1) – хрому на 2,5...4,4%, марганцю на 2,44...2,85%, кремнію на 0,38...0,76%, ванадію на 0,25...0,40%. Розподіл легувальних елементів між аустенітом і мартенситом в цілому більш-менш рівномірний та відповідає середній концентрації в наплавлених шарах.

В структурі наплавленого металу, незалежно від шару, спостерігаються вкраплення сферичної форми (чорного та білого кольорів), які розподілені рівномірно. Вкраплення чорного кольору ідентифіковані як силіконітриди марганцю $(Mn)Si_xN_y$, у складі яких висока кількість марганцю 27,5...52,1%, кремнію 5,46...15,19%, азоту 4,58...18,72%. При цьому розміри вкраплень силіконітридів сферичної форми різняться від достатньо крупних 3,0...3,9 мкм до велими дисперсних – 130...220 нм, більшість з яких є середніх розмірів 0,85...1,30 мкм.

Таблиця 1. Розподіл легувальних елементів у наплавленому металі 12Х13Г12САФ після відпуску при 500 °С, витримка 5 год

Шар №, вид фази	Вміст легувальних елементів, мас. %				
	Cr	Mn	Si	V	N
1	9,73...10,61	8,82...10,09	1,11...1,2 1	0,77...0,8 8	0,10...0,3 5
2	12,24...15,02	11,26...12,9 3	1,49...1,9 7	1,02...1,2 9	0,28...0,3 5
$(Mn)Si_xN_y$ (велике)	0,69	52,11	15,19	0,23	18,72
$(Mn)Si_xN_y$ (середнє)	9,15	32,26	8,0	0,76	8,09

Примітка: додатково міститься 0,03...0,15% Мо.

Високодисперсні частинки сферичної форми білого кольору – нанорозмірів 220...650 нм, більшість яких розмірів 400...430 нм, склад яких не розрізняється енергодисперсійним методом мікроаналізу. Тому можна припустити, що вони відповідають нітридам або карбонітридам ванадію. Таким чином, у наплавленому металі зосереджено комплекс механізмів зміцнення – твердорозчинний, дислокаційний, дисперсійний частинками силіконітридів марганцю і нітридів або карбонітридів ванадію (VCN), та $\gamma \rightarrow \alpha'$ ДМПЗ. Виділення дисперсних частинок надлишкових твердих фаз при відпуску з одного боку зміцнює наплавлений метал, з другого дестабілізує аустеніт, активізує таким чином розвиток $\gamma \rightarrow \alpha'$ ДМПЗ, що забезпечує підвищення зносостійкості при оптимальних параметрах фазово-структурного складу та метастабільності аустеніту.

Чубіна О.А., Чубін К.І., Стороженко С.А.

(ДДТУ, м. Кам'янське)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОВІДХОДІВ

E-mail: ms.chubina@ukr.net

Ні для кого не секрет, що утилізація відходів ливарного виробництва наразі є актуальною проблемою раціонального ресурсокористування [1].

Відомо, що тільки при плавлі металу утворюється велика кількість відходів (до 40...100 кг на 1 т), певну частину яких складають шлаки і зливи, що містять сполуки хлору, фтору та сполуки інших металів, які в даний час не використовують як вторинну сировину, а вивозяться у відвали. Вміст заліза в подібного роду відвалах становить 15...45%.

Пил і шлаки газоочищення плавильних цехів та відділень, за вмістом заліза і ряду інших компонентів (СаО, МпО і С), теж являють собою цінну металургійну сировину. З ними, особливо пилом газоочищення електросталеплавильних цехів, крім заліза, втрачається в даний час також цілий ряд інших цінних металів і легувальних елементів – Zn, Pb, Cd, Cr, Nb та ін. [2].

Проблему ефективного використання металовідходів найраціональніше вирішувати при організації їх переплавки безпосередньо на місці утворення – в ливарних цехах машинобудівних заводів без тривалого транспортування і безповоротних втрат металу.

Зараз відомі різні способи перероблення металовмісних відходів, але тільки деякі з них отримали широке застосування у промисловості.

Перспективу комплексного рішення проблеми утилізації металовмісних відходів відкриває застосування ротаційних печей, що нахилиються (РНП). Найбільші переваги РНП демонструють при переробленні дисперсних металовідходів, що не вимагає проведення їх попередньої підготовки: сушки, видалення мастил, гомогенізації, огрудкування, брикетування і так далі.