

УДК 621.791

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2022.97.0.34

ВЛАСТИВОСТІ ЗНОСОСТІЙКИХ БЕЗНІКЕЛЕВИХ ВТОРИННОТВЕРДЮЧИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ШТАМПІВ ГАРЯЧОГО ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ

Багров В. А., Глушкова Д. Б.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Мета роботи – підвищення зносо- та теплостійкості вториннотвердіючих наплавочних сталей через удосконалення складу легуючих порошкових дротів внаслідок оптимізації змісту титану, молібдену й хрому. Визначено, що підвищення теплостійкості сплавів системи Cr-Mn-Ti на основі заліза сприяє збільшенню вмісту карбідної фази [TiC]; введення [Mo] стабілізує значення твердості за підвищених температур, підвищує теплостійкість і твердість у процесі дисперсійного твердіння. Високі показники тепло- та зносоустійкості сталі 20ХЗГ9М5Т2С досягнуто внаслідок додаткового дифузійного утворення карбідної фази під час старіння, підвищення контактної міцності, значної кількості й рівномірного розподілу в об'ємі наплавленого металу карбідної фази.

Ключові слова: сталь, наплавлення, зносоустійкість, теплостійкість, структура.

Вступ

Проблеми міцності й довговічності відновленого штампового інструменту в інженерних додатках поєднують широке коло наукових і технічних завдань і зводяться до обліку факторів, що лімітують стійкість відновленого наплавленням виробу. Такими факторами можуть бути значна формозміна інструменту в процесі пружно-пластичних деформацій, руйнування матеріалів внаслідок наявності концентраторів напруг і деформацій, поступове руйнування поверхні внаслідок зношування або шкідливої дії середовища, а також через втрату теплостійкості чи втоми матеріалу, повзучості тощо.

Проблема зниження енерго- та ресурсовитрат під час наплавлення штампового інструменту може бути вирішена застосуванням дисперсійнотвердіючих сплавів, обмежено легованих хромом (до 3 %), збільшенням кількості карбідної фази через введення карбідоутворювальних елементів, заміни нікелю на марганець і використанням для їхнього нанесення наплавленням зі знеструмленою присадкою.

Аналіз публікацій

Інструмент вирубних штампів для формування заготовок під час гарячого оброблення призначений для здійснення основної операції – пластичної деформації металу за високих температур. Для високопродуктивної роботи штампового інструменту гравюри матриць повинні мати достатню твердість, оброблюваність поверхні робочих частин,

опор стисканню, вигинанню й протистояти динамічним навантаженням і стиранню. Стійкість штампового інструменту визначається технологічними умовами експлуатації й пружньо-температурними факторами щодо його геометрії й властивостей оброблюваного металу.

Одним з основних факторів, що впливають на довговічність штампового інструменту, є температура.

Максимальна температура нагрівання поверхні гравюр у місцях зіткнення з заготовками, що деформуються, є температура, яка становить від 500 до 850 °С, водночас товщина шару металу, що випробовує зміну нагрівання й охолодження, становить від 3 до 7 мм.

Крім того, під час ударного контакту в процесі штампування на поверхню гравюр діють значні нормальні й тангенціальні навантаження, які впливають на поверхневий шар штампового інструменту.

Іншим фактором, що впливає на величину зношування гравюр штампів, є окислювання металу, що викликає зростання коефіцієнта тертя, отже, сприяє інтенсивності зношування. Інтенсивне окислювання металу вздовж тріщин, що можуть сформуватися в процесі роботи, призводить до їхнього подальшого розвитку. Також можуть відбуватися процеси розклинення тріщин, які утворилися, вийшли на поверхню металу та адсорбувалися з навколишнім середовищем та поверхнево-активними речовинами. Велике значення має

правильне охолодження робочого інструменту під час штампування.

На окремих ділянках гравюр у процесі роботи може відбуватися схоплювання 1 і 2 родів.

Для збільшення терміну служби штампового інструменту необхідно, якщо це можливо скоротити період прироблення, максимально збільшити період сталого зношування, й попередити настання посиленого [1, 2].

Мета та постановка задачі

Мета роботи – підвищення зносо- та теплостійкості вториннотвердіючих наплавочних сталей через удосконалення складу легуючих порошкових дротів із застосуванням знеструмленої присадки через оптимізацію змісту титану, молібдену й хрому.

Матеріали та методика дослідження

Наплавлення здійснювали зварювальним трактором ТС-17М під флюсом порошковими дротами зі знеструмленою присадкою, що подається до головної частини зварювальної ванни. Режими наплавлення: $I_d \approx 300...320$ А; $U_d \approx 34...36$ В; $U_n \approx 23,7$ м/г; $U_{п.е.} \approx 93,75$ м/г. Частка участі знеструмленої присадки змінювалася в межах 0...75 %.

Твердість за підвищених температур визначали на прямокутних зразках у процесі нагрівання змінним струмом на обладнанні, що наведено на рис. 1.



а



б

Рис. 1. Обладнання для вимірювання твердості за підвищених температур: а – загальний вид обладнання, б – вузол нагрівання

До складу обладнання належать:

- твердомір типу ТК-2;
- двокоординатний пристрій для кріплення зразків;
- нагрівач (контактна машина для стикового зварювання);
- струмопровідні шини.

Нагрівання здійснювали до температури $T \sim 1100$ °С, охолоджували на повітрі або з періодичним підігріванням змінним струмом.

Теплостійкість наплавленого металу визначали під час нагрівання зразків до температури 900, 925, 950, 970, 1000 °С з витримкою 4 години з наступним охолодженням і вимірюванням твердості.

Результати досліджень

Істотного підвищення міцності й зниження енергоємності виробництва відновлюваних деталей наплавленням дозволяє досягти застосування дисперсійнотвердіючих сплавів [3]. Гарною комбінацією властивостей – твердості, міцності й пластичності – володіють нікелеві мартенситностаріючі сплави, які зміцнюються в процесі старіння внаслідок додавання Al або Mo [1]. Додавання Mo і значний вміст активних карбідоутворювальних елементів (Ti, Cr) дає можливість знизити вміст незв'язаного вуглецю до 0,05–0,3 %. Це досить важливо під час використання як наплавочних матеріалів порошкових дротів із низьковуглецевої стрічки. У досліджуваній системі легування (Cr-Mn-Ti-Si) відсутність Ni компенсувалася збільшенням вмісту Mn до 10...12 % і додаванням Al з ферротитану (компонент шихти порошкового дроту). Вплив кількості Ti під час наплавлення під керамічним флюсом і зі знеструмленою присадкою [β], де β – коефіцієнт додатка знеструмленої присадки під час наплавлення, на хімічний склад наплавленого металу наведені в табл. 1.

Пошаровий аналіз хімічного складу демонструє, що застосування додаткового знеструмленого дроту дає відносно рівномірний розподіл легуючих елементів вздовж висоти наплавленого металу. Дослідження впливу відносної маси додаткового знеструмленого дроту на мікроструктуру наплавленого металу демонструє, що з його збільшенням стабілізується структурний і фазовий склад багатшарового наплавлення.

Мікроструктура металу залежно від відносної маси присадки в досліджуваному сплаві наведена на рис. 2 а–е, $\times 300$. Крайка першого валика – на рис. 2 а, б, в; крайка

другого валика – на рис. 2 г, д, е. Частка участі знеструмленої присадки в металі шва – на рис. 2 б, г – 25 %, б, д – 50 %, в, е – 75 %.

Таблиця 1 – Вплив [Ti] і [β] на хімічний склад наплавленого металу

Хімічний склад наплавленого металу під час наплавлення порошковими дротами					
Кількість додавання знеструмленої присадки, %	Склад хімічних елементів у наплавленому 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

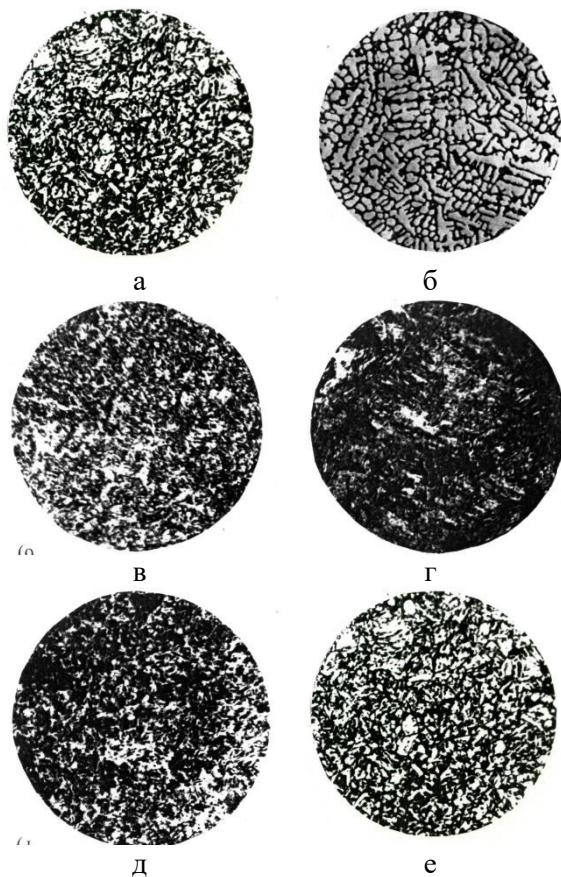


Рис. 2. Структура наплавленого металу залежно від кількості додавання знеструмленої присадки, $\times 350$: а – ферит + перліт, нормалізація; б – мартенсит + аустеніт; в – бейніт середньогольчастий; г – бейніт + мартенсит крупногольчастий; д – бейніт середньогольчастий з дендритною орієнтацією; е – бейніт + мартенсит дрібногольчастий

Вплив температури відпускання й підвищених температур на твердість наплавленого металу сплавів систем Mn-Mo-Ti і Cr-Mn-Ti на основі заліза наведено на рис. 3, 4.

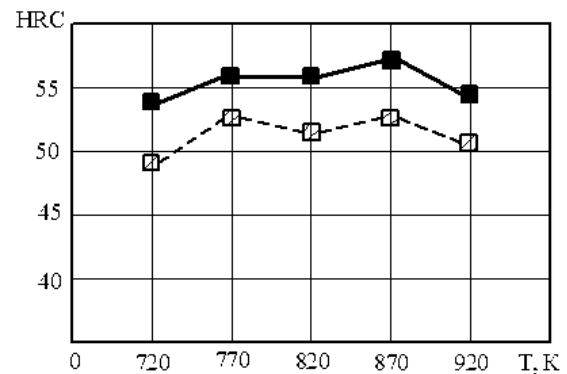


Рис. 3. Вплив температури відпускання на твердість досліджуваних сталей (час витримки $\tau = 2$ години, охолодження на повітрі):

■ - 20X3G9M5T2C, □ - 40X4G8T2C

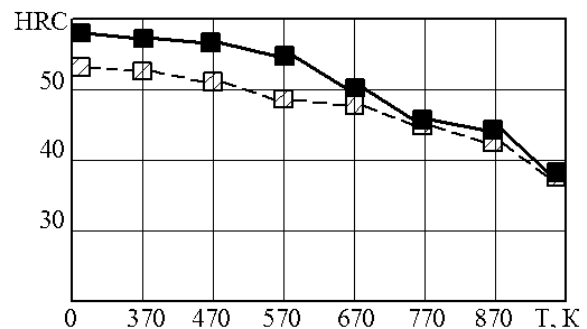


Рис. 4. Вплив температури на твердість досліджуваних сталей після відпускання ($T_{отп.} = 850$ °С, $\tau = 2$ години, охолодження на повітрі)

■ - 20X3G9M5T2C, □ - 40X4G8T2C

Твердість досліджуваної сталі 20X3G9M5T2C після наплавлення становила 37...40 HRC. Після старіння за $T = 850$ °С, $\tau = 2$ години твердість склала 49...55 HRC, що можна пояснити збільшенням кількості вторинних карбідів. Збільшення витримки за цієї температури, а також підвищення температури старіння до 920 °С не призвело до помітного підвищення твердості, а сприяло її зниженню.

Дослідження впливу температури на твердість сплавів демонструють, що в інтервалі температур 293...870 °С твердість знижується незначною мірою. Зниження твердості на 8...10 HRC у цьому інтервалі температур свідчить про високу теплостійкість сплавів систем Cr-Mn-Ti і Mn-Mo-Ti. Одним із показників

теплостійкості сталей є пластичність. Її аналіз після вторинного твердіння демонструє, що вона вище, ніж у сталей 50ХНМ і 35Х4В3М3Ф, і не поступається мартенситностаріючим наплавочним сталям, легованим нікелем.

Висновки

1. Підвищенню теплостійкості сплавів системи Cr-Mn-Ti на основі заліза сприяє збільшення вмісту фази [TiC]; додавання [Mo] стабілізує значення твердості за підвищених температур, підвищує теплостійкість і твердість під час дисперсійного твердіння.

2. Підвищення зносостійкості сталі 20Х3Г9М5Т2С досягнуто завдяки додатковому дифузійному утворенню карбідної фази під час старіння, підвищенню контактної міцності й мікропластичності поверхневого шару, значної кількості й рівномірному розподілу в обсязі наплавленого металу карбідної фази.

Література

1. Кондратьев А. А. Самозащитная порошковая проволока для наплавки слоя мартенситностареющей стали. Автомат. сварка. 1994. №1. С. 49–51.
2. Кальянов В. Н., Багров В. А. Свариваемость наплавляемых мартенситных сталей с инструментальными сталями. Сварочное производство. 1998. № 4. С. 14–15.
3. Рябцев И. А., Демченко Ю. В., Панфилов А. И. Износостойкий и коррозионностойкий биметалл. Киев: ИЭС им Е.О. Патона, 2020. 224 с.

References

1. Kondratev A. A. Samozashchytnaia poroshkovaia provoloka dlia naplavky sloia martensytnostareishchei staly. Avtomat. svarka. 1994. №1. S. 49–51.
2. Kalyanov V. N., Bahrov V. A. Svaryvaemost naplavliaemykh martensytnykh stalei s ynstrumentalnymy staliamy. Svarochnoe proyzvodstvo. 1998. № 4. S. 14–15.
3. Riabtsev Y. A., Demchenko Yu. V., Panfylov A. Y. Yznosostoikiy y korrozyonnostoikiy bymetall. Kyev: YЭС ym E.O. Patona, 2020. –224 s.

Багров Валерій Анатолійович, к.т.н., доцент кафедри технології металів та матеріалознавства, тел. 057-707-37-29, e-mail: havetabanca@ukr.net. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна.

Properties of wear resistance nickel-free steel with secondary curing for building up stamps of metal hot processing

Abstract. Problem. The problem, i.e. the reduction of energy and resource consumption during surfacing of a stamping tool can be solved by using dispersion-hardening alloys, limitedly alloyed with chromium (up to 3 %), increasing the amount of carbide phase due to the introduction of carbide-forming elements, replacing nickel with manganese, and using surfacing with a de-current additive for their application. The purpose of the work is to increase the wear resistance and heat resistance of secondary hardening surfacing steels by improving the composition of alloying powder wires due to the optimization of the content of titanium, molybdenum and chromium.

Methodology. Surfacing was performed with a TS-17M welding tractor under a flux of flux-cored wires with a de-energized additive fed into the main part of the welding bath. Surfacing modes – $I_d \approx 300 \dots 320$ A; $U_d \approx 34 \dots 36$ V; $U_n \approx 23.7$ m/h; $U_{p.e.} \approx 93.75$ m/h. The participation rate of the de-energized additive varied within 0...75 %. **Results.** The increase in the content of the [TiC] phase contributed to the increase in the heat resistance of Cr-Mn-Ti alloys based on iron. The introduction of [Mo] stabilized the value of hardness at elevated temperatures, increased heat resistance and hardness during dispersion hardening and additional diffusion formation of the carbide phase during aging. **Originality.** To increase the alloying of the deposited metal, surfacing with de-current additive was proposed, which allowed to increase the assimilation coefficients of alloying elements. **Practical significance.** Production tests of stamps welded with these steels made it possible to increase their durability by 1.8 times compared to 5KHNM steel.

Key words: steel, surfacing, wear resistance, heat resistance, structure.

Bagrov Valeriy, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technology of Metals and Materials Science, Phone: 057-707-37-29, E-mail: havetabanca@ukr.net. Kharkov National Automobile and Highway University, Str. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkov, 61002, Ukraine,

Hlushkova Diana, Doctor of Engineering, head of the department of technology of metals and materials scienc, Phone: 097 481 1593, E-mail: diana.borisovna@gmail.com. Kharkov National Automobile and Highway University, Str. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkov, 61002, Ukraine.