

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ЛЕГИРОВАНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УПРЯЖИВАЮЩЕЙ ФАЗЫ В НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЯХ

©Багров В. А.

Українська інженерно-педагогічна академія

Информация про автора:

Багров Владимир Анатольевич: ORCID: 0000-0002-3014-9901, bagrovvanka@ukr.net, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металла на металлургическом факультете Харьковского национального университета «Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет», вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харьков, 61002, Украина.

Целью работы является разработка и усовершенствование износостойких наплавочных сталей для восстановления штампов горячей обработки металла путем регулирования состава наплавленного металла долей участка обесчешуйчатой порошковой проволоки в сварочной ванне. При этом состав обесчешуйчатой порошковой проволоки может соответствовать составу электродной порошковой проволоки.

Методологически работа выполнена следующим образом: на основе анализа литературных источников и проведенных исследований изучены методы легирования и наплавочные материалы для восстановления штампов горячей обработки металла. Это позволило выявить особенности различных технологий наплавки штампов. Анализ применяемых методов легирования наплавленного металла на распределение упрочняющей фазы показал, что они имеют как преимущества, так и недостатки. На основании этого были разработаны порошковые проволоки системы Сr-Mn-Mo-Ti и предложена технология их нанесения.

Установлено, что повышение износостойкости стали 20Х3Г9М5Т2С достигнуто за счет дополнительного образования карбидной фазы при старении, повышение контактной прочности и микроструктуры поверхности слом, значительного количества и равномерного распределения в объеме наплавленного металла карбидной фазы.

Ключевые слова: сталь, наплавка, порошковая проволока, карбиды титана.

Багров В. А. «Вплив способу легування на розподіл зміцнюючої фази в наплавлених шарах».

Метою роботи є розробка та удосконалення износостійких наплавочних сталей для відновлення штамів гарячої обробки металу шляхом регулювання складу наплавленого металу часткою участі зустрірмленого порошкового дроту в зварювальної ванні. При цьому склад зустрірмленого порошкового дроту може відповідати складу електродного порошкового дроту.

Методологічно робота виконана таким чином: на основі аналізу літературних джерел і проведених досліджень вивчені методи легування наплавочні матеріали для відновлення штамів гарячої обробки металу. Це дозволило виявити особливості різних технологій наплавлення штамів. Аналіз застосовуваних методів легування наплавленого металу на розподіл фази, що зміцнює, показав, що вони мають як переваги, так і недоліки. На підставі цього були розроблені порошкові дроти системи Сr-Mn-Mo-Ti і запропонована технологія їх нанесення.

Встановлено, що підвищення износостійкості сталі 20Х3Г9М5Т2С досягнуто за рахунок додаткового дифузійного утворення карбідної фази при старінні, підвищення

контактною міцності і мікропластичності поверхневого шару, значної кількості і рівномірного розподілу в об'єкті наплавленого металу карбідної фази.

Ключові слова: сталь, наплавлення; порошковий дріт; карбід титану.

Важов І. "Influence of the Method of Alloying on the Allotment of the Simple Phase in Surfacing Layers".

The aim of the work is the development and improvement of wear-resistant surfacing steels for the restoration of hot metal stamping dies by regulating the composition of the weld metal in the parts of the de-energized flux-cored wire in the weld pool. In this case, the composition of the de-energized flux-cored wire can correspond to the composition of the electrode powder-cored wire.

Methodologically, the work is performed as follows: based on the analysis of literature sources and the studies carried out, methods of alloying and surfacing materials for the restoration of hot metal stamps are studied. This allowed us to identify the features of various technologies for welding dies. The analysis of the applied methods of alloying the weld metal on the distribution of the strengthening phase showed that they have both advantages and disadvantages. Based on this, the flux-cored wires of the Cr-Mn-Mo-Ti system were developed and the technology of their application was proposed.

It is established that the increase in wear resistance of 20X319MST2C steel is achieved due to additional diffusion formation of the carbide phase during aging, increasing the contact strength and microplasticity of the surface layer, a significant amount and uniform distribution of the carbide phase in the weld metal.

Key words: steel; surfacing; flux-cored wire; titanium carbides.

1. Постановка проблеми

В даний час зростає широке застосування для відновлювальної наплавки сталей сплавів з бейнітної, мартенситно-аустенитної та мартенситної матрицями, в том числі і мартенситно-аустенитних. Однак значительные содержания дефицитных элементов (никель, мольбден, вольфрам) в мартенситно-аустенитных сплавах ограничивают их применение. Сейчас возникла необходимость в разработке ресурсосберегающих сплавов.

Проблема снижения энерго- и ресурсозатрат при наплавке штампового инструмента может быть решена применением дисперсионно-твердых сплавов, ограничено легированных хромом (до 3%), увеличением количества карбидной фазы за счет введения титана, замены никеля на марганец и применением для их нанесения наплавки с обесчуженой присадкой.

2. Анализ последних исследований

Для более полного использования прочностных характеристик сталей и в то же время получения оптимального сочетания свойств, необходимых для их успешной эксплуатации, большое значение имеет механизм их упрочнения.

Весьма перспективными по своим технологическим и механическим свойствам являются мартенситно-аустенитные стали. Их применение имеет ряд преимуществ перед металлом мартенситного класса: возможность наплавки без предварительного и сопутствующего

подогрева; сравнительно невысокая исходная твердость, позволяющая производить механическую обработку наплавленных изделий резанием; простота термической обработки.

Однако высокая стоимость и дефицитность таких легирующих элементов, как никель и кобальт, ограничивают широкое применение этих сплавов [1, 2]. Поэтому особое внимание заслуживают так называемые экономолегированные марганецистареновые стали, получившие применение для инструментов. Особенностью этих сталей является содержание никеля в интервале концентраций 6-12 % при дополнительном легировании хромом, марганцем, молибденом, вольфрамом и ванадием. В случае применения сплавов с меньшим содержанием никеля (до 3 %) в качестве элемента замещения используют медь до 2 %.

3. Экспериментальная часть

Наплавку выполняли однослойную трактором ТС-17М под флюсом АН-22 порошковыми проволоками с обесеченной присадкой, подаваемой в головную часть сварочной ванны. Режимы - $I_1=300 \dots 320$ А; $U_1=34 \dots 36$ В; $U_2=23,7$ м/ч; $U_{3,4}=93,75$ м/ч. Доля участия обесеченной присадки изменялась в пределах 0...75%.

Твердость при повышенных температурах определяли на прямоугольных образцах при нагреве проходящим током на установке, приведенной на рис. 1.

В состав установки входили:

- твердомер типа ТК-2;
- двухординатное устройство для крепления образцов;
- нагреватель (контактная машина для стыковой сварки);
- токопроводящие шины.

Нагрев осуществляли до температуры $T=1100$ К, охлаждение – на воздухе либо с периодическим подогревом проходящим током.

Определение твердости и исследование структуры наплавленного металла произведено в следующих зонах: верхний валик – $y1=8 \dots 11$ мм ($n=12$, $x=520$, $s^*=2,57$); вблизи верхнего валика – $y2=3 \dots 6$ мм ($n=11$, $x=502$, $s^*=2,84$); середина нижнего валика - $y3=0,5 \dots 3,0$ мм ($n=7$, $x=501$, $s^*=3,64$); по линии сплавления – $y4=0,5 \dots 0,5$ мм ($n=8$, $x=495$, $s^*=1,936$), где n – количество измерений, x – среднее арифметическое значение твердости, s^* – среднее квадратическое отклонение и эмпирических величин.

4. Результаты исследований

Исследовано распределение карбидов в наплавленном металле системы C-Cr-Mo-Mn-Si для различных вариантов механизированной наплавки. В результате рентгеноструктурного анализа в исследуемых сплавах были выявлены следующие фазы: ТК и $(Fe, Cr)_2C_6$. Выделение карбидов на границах зерен в процессе охлаждения из аустенитного состояния исследовано во многих работах [2, 3]. Атомы углерода, входящие в твердый раствор по типу внедрения, легко диффундируют на границы, где происходит кристаллизация карбидов. Процесс выделения карбидов с учетом диффузии состоит из следующих стадий:

1) диффузия атомов углерода, находящихся внутри зерен в пересыщенном состоянии на границы зерен;

2) образование и рост карбидов на границах зерен в результате реакции взаимодействия углерода с титаном;

3) диффузия хрома к атомам углерода, несвязанным в карбиды титана.

В исследуемых сталях, растворенный в металлическом расплаве, углерод образует карбиды с хромом и титаном, имеющие более низкие молярные свободные энергии в сравнении с карбидами железа и марганца. Распределение карбидов исследовали в сталях с содержанием углерода 2-2,5 %, титана – 3,5-6,2 %.

Анализ распределения карбидов методом Глаголева показал, что при наплавке порошковой проволокой с подщечей обточенной присадкой зафиксировано более равномерное распределение карбидов в сравнении с наплавкой под керамическим флюсом. Наплавка порошковой проволокой с карбидами титана в лифте без обточенной присадки также обеспечивает равномерное распределение карбидов по сечению шва, но для получения заданного химического состава металла требуется 3...4-слойная наплавка в сравнении с наплавкой с обточенной присадкой [4].

Распределение твердости по высоте наплавленного металла показано на рис. 2.



Рис. 1 – Установка для измерения твердости при повышенных температурах

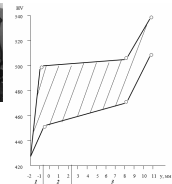


Рис. 2 – Изменение твердости по высоте наплавленного металла У150ХС11075С2: 1 – основной металл; 2 – зона сплавления; 3 – наплавленный слой

Химический состав исследуемых сплавов и объемная доля, относящаяся к выделившимся карбидам, приведены в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад і об'ємна доля карбідної фази досліджуваних сплавів

№ сплава	Хімічний склад сплава, %					Об'ємна доля упрочнюючої фази, %
	C	Cr	Mn	Ti	Si	
1	1,47	4,63	8,74	5,12	1,91	7,35
2	1,34	4,90	9,45	5,23	1,82	6,70
3	1,28	4,81	9,97	4,91	1,84	6,40
4	1,38	4,9	10,78	5,23	1,85	6,90
5	1,86	4,71	8,85	5,3	1,87	9,30
6	1,59	4,80	9,6	3,81	1,95	7,95
7	2,20	4,80	9,7	5,0	1,93	11,00
8	0,4	2,64	4,6	1,33	1,08	1,97
9	0,48	3,28	5,72	1,62	1,11	2,40
10	0,53	4,36	7,60	2,19	1,10	2,65
11	0,57	4,72	8,22	2,38	1,12	2,85
12	0,5	3,20	5,90	1,40	1,3	2,01
13	0,7	3,10	6,10	1,30	1,5	1,81

Примечание: 1...7 – наплавка по слою легированного порошка Тi+С;

8...11 – наплавка порошковой проволокой с обесчещеной присадкой, Ti+С;

12, 13 – наплавка порошковой проволокой с карбидом титана в шихте.

Выводы

Повышение износостойкости стали 20Х3Г9М5Т2С достигнуто за счет дополнительного диффузионного образования карбидной фазы при старении, повышения контактной прочности и микротвердости поверхностного слоя, значительного количества и равномерного распределения в объеме наплавленного металла карбидной фазы.

Список использованных источников:

1. Кондратьев А. А. Самозачистная порошковая проволока для наплавки слоя мартенситоструктурной стали / А. А. Кондратьев // Автоматическая сварка – 1994. – № 1. – С. 49-51.
2. Калюков О. С. Особенности легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке / О. С. Калюков, Ю. Д. Дарахмелев, Г. Г. Старченко // Сварочное производство – 1999. – № 5. – С. 41-42.
3. Башмакова Т. И. Влияние легирования на образование карбидной фазы, структуру и свойства наплавленного металла системы Fe-Cr/Ti. И. Башмакова // Автоматическая сварка – 1998. – № 12. – С. 39-42.
4. Калюков О. С. Особенности выбора ресурсоберегающих технологий наплавки / В. И. Калюков, В. А. Барнов // МетсCAD 2000 - International Meeting of Information Technology (Kharkov, 24-25, May 2000).

References

1. Kondratyev, A. 1994. "Samozachistnaya poroshkovaya provolokka dlya narivki sloya martenstitostrukturnoy stali", *Avtomaticheskaya svarka*, no. 1, pp. 49-51.
2. Kalukov, O. D. Darakhmelov, Yu. & Starchenko, G. 1999. "Osobennosti legirovaniya narivkennogo metalla karbidom titana pri dugovoy iznosostoykoy narivke", *Svarochnoye proizvodstvo*, no. 5, pp. 41-42.
3. Bashmakova, T. 1998. "Vliyeniye legirovaniya na obrazovaniye karbidnoy fazy, strukturu i svoystva narivkennogo metalla sistem Fe-Cr-Sr", *Avtomaticheskaya svarka*, no. 12, pp. 39-42.
4. Kalukov, V. & Barnov, V. 2000. "Obosnovaniye vybora resursoberegayushchikh tekhnologiy narivki", *MetCAD 2000. International Meeting of Information Technology*, Kharkov, 24-25 May.

Стаття надійшла до редакції 7 червня 2017 р.