

Bibliography:

1. Livshits I.S. Bases of alloying of surfacing metal /I.S. Livshits, N.A. Grinberg, E.G. Kurkumelli – M.: Mashinostroenie, 1969. – 188 p. (Rus.)
2. Razikov M.I. Experience of application of surfacing metal of type 30Cr10Mn10 for surfacing of quickwared details / M.I. Razikov, I.A. Tolstov, B.A. Kulishenko // the Svarochnoe proizvodstvo (Welding production), 1966. - №9. – P. 30-31. (Rus.)
3. Cheilyakh A.P. Economically alloying alloys and strengthening technologies. Kharkov: NNC KHFTI, 2003. – 212 p. (Rus.)
4. Filippov M.A. Steels with metastable austenite / M.A. Filippov, V.S. Litvinov, Yu.R. Nemirovskiy. - M.: Metallurgia, 1988. – 256 p. (Rus.)
5. Shteynberg S.S. Heat treatment of steels. - M.: Mashgiz, 1950. – 256 p. (Rus.)
6. Mes'kin V.S. Alloying Bases of alloying steels. - M.: Metallurgy. - 1964. - 684 p. (Rus.)
7. Gol'dshteyn M.I., Grachev S.V., Veksler Yu.G. the Special steels./ M.I. Gol'dshteyn, S.V. Grachev, Yu.G. Veksler. - M.: MISIS, 1999. - 408 p. (Rus.)
8. Novikov I.I. Theory of heat treatment of metals. - M.: Metallurgia, 1979. – 392 p. (Rus.)
9. Blanter M.E. Kinetics of martensite transformation (quantitative theory). – in book.: Diffusion, phase transformations, mechanical properties of metals and alloys. Mezhvuzovskiy collection. – M.: VZMI, 1978. – V. 2, P. 7-25. (Rus.)
10. Cheiliakh Y. The creation of and new economical (nickel free) powder-like wire for surfacing made of metastable metal, self-strengthened during wear/ Y. Cheiliakh, V. Chidgarev, G. Sheychenko. - 1-st Mediterranean Conference: Heat Treatment and Surface Engineering in the Manufacturing of Metallic Engineering Components. – Sharm El-Sheikh, Egypt, December 1-3, 2009.
11. Cheiliakh Ya.A. Structure and properties of deposited wear-resistant Fe-Cr-Mn steel with controllable content of metastable austenite / Y.O. Cheiliakh, V.V.Chigarev // The Paton welding Journal / August 2011# 8, pp. 17-21.
12. Development and research of new powder-like ribbon for surfacing of wheels of roadways of crane/ L.S. Malinov, A.P. Cheilyakh, E.Ya. Kharlanova and other of // the Svarochnoe proizvodstvo (Welding production).- 1995.- №10.- P. 22-25. (Rus.)

Рецензент: В.Г. Ефременко
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 11.09.2013

УДК 669.018:620.178.167.001.5

© Малинов В.Л.¹, Мак-Мак А.С.²

**УПРАВЛЕНИЕ ФАЗОВЫМ СОСТАВОМ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ
ПОД ФЛЮСОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРИСАДКОЙ ПРОВОЛОКИ**

Представлены результаты исследований свойств наплавленного металла различного назначения, содержащего в качестве одной из основных структурных составляющих метастабильный аустенит. Показано, что для повышения износостойкости наплавленного металла количеством и стабильностью аустенита необходимо управлять. Эффективным способом, позволяющим регулировать химический, фазовый составы и свойства наплавленного металла, а также повысить производительность при автоматической наплавке под флюсом является дополнительная присадка проволоки различного состава.

Ключевые слова: наплавленный металл, аустенит, мартенсит, карбиды, износостойкость, присадка проволоки.

¹ канд. техн. наук, доцент ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² гл. инженер, НТК ЧАО «АзовЭлектроСталь», г. Мариуполь

Малінов В.Л., Мак-Мак О.С. Управління фазовим складом при дуговому наплавленні під флюсом додатковою присадкою дроту. Представлені результати досліджень властивостей наплавленого металу різного призначення, що містить як одну з основних структурних складових метастабільний аустеніт. Показано, що для підвищення зносостійкості наплавленого металу кількістю і стабільністю аустеніту необхідно управляти. Ефективним способом, що дозволяє регулювати хімічний, фазовий склад і властивості наплавленого металу, а також підвищити продуктивність при автоматичному наплавленні під флюсом є додаткова присадка дроту різного складу.

Ключові слова: наплавлений метал, аустеніт, мартенсит, карбіди, зносостійкість, присадка дроту.

V.L. Malinov, O.S. Mak-Mak. Regulation of the phase compositions at the submerged-arc deposition under flux by addition of filler wire. The results of researches of properties of deposited metal of the different purpose, containing as one of basic structural constituents metastable austenite are presented. The necessity of controlling the amount and stability of austenite for increase of deposited metal wear-resistant is shown. The automatic submerged-arc welding with the addition of filler wire of different composition is effective method, that allowing to regulate chemical, phase compositions and properties of deposited metal and also to promote the productivity.

Keywords: deposited metal, austenite, martensite, carbides wear-resistant, filler wire.

Постановка проблеми. В связи с постоянно растущей стоимостью энергоносителей и материалов важнейшей задачей в настоящее время является ресурсосбережение. В материаловедении XXI века одним из перспективнейших направлений создания новых материалов является получение в них метастабильных самоорганизующихся структур, позволяющих им адаптироваться к нагрузкам, действующим в условиях эксплуатации [1, 2]. Применительно к наплавочным материалам это направление еще не получило значительного развития.

Материалы, применяемые для наплавки, существенно отличаются по типу и степени легирования, а зачастую содержат в неоправданно больших количествах дорогие легирующие элементы (Ni, W, Mo и др.), либо не обеспечивают требуемой долговечности. Альтернативой является применение экономнолегированных наплавочных материалов и способов наплавки, обеспечивающих получение в наплавленном металле самотрансформирующейся структуры, способной адаптироваться к внешним воздействиям [3]. При этом наиболее высокие эксплуатационные свойства могут быть достигнуты за счет управления химическим и фазовым составом наплавленного металла применительно к конкретным условиям эксплуатации. Одним из способов позволяющим это реализовать является автоматическая наплавка под флюсом с присадочной проволокой, отличающейся по составу от электродного материала [4].

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [3, 5] предложена новая концепция создания экономичных и технологичных инновационных наплавочных материалов, обеспечивающих повышенную износостойкость наплавленных деталей, суть которой заключается в том, что в наплавленном металле создается многофазная структура (мартенсит, карбиды и др.) одной из основных составляющих которой является метастабильный аустенит, претерпевающий динамическое деформационное мартенситное превращение (ДДМП). При этом часть энергии внешнего воздействия расходуется на структурные и фазовые превращения, и доля энергии, расходуемой на разрушение снижается [6]. В зависимости от характера воздействия внешней среды при эксплуатации необходимо управлять количеством аустенита и его стабильностью по отношению ДДМП [7].

Производительность процесса наплавки под флюсом может быть повышена до 50% применением технологии, предусматривающей подачу дополнительной «холодной» присадочной проволоки. При этом обеспечивается уменьшение затрат избыточного тепла дуги, не рационально расходуемого на проплавление основного металла, достигается снижение удельного тепловложения, и, за счет этого, остаточных деформаций, уменьшается риск возникновения трещин [4]. Кроме того, применение различных комбинаций сплошной и/или порошковой проволок открывает широкие возможности для получения структуры наплавленного металла,

адаптированной для условий эксплуатации.

Цель статьи – показать возможность повышения эксплуатационных свойств наплавленного металла за счет оптимизации химического и фазового составов наплавленного металла и получения в нем наряду с другими фазами метастабильного аустенита, при использовании для автоматической наплавки сочетаний широко применяемых материалов с присадкой проволоки различных.

Изложение основного материала. Объектом исследований является наплавленный металл, полученный способом автоматической наплавки электродной и присадочной проволоки. Наплавка осуществлялась на модернизированном аппарате А-1416, оснащенный дополнительным механизмом подачи проволоки, рис. 1. Присадочную проволоку подавали под углом 35 град. к горизонтальной плоскости в головную часть ванны в зону горения дуги.

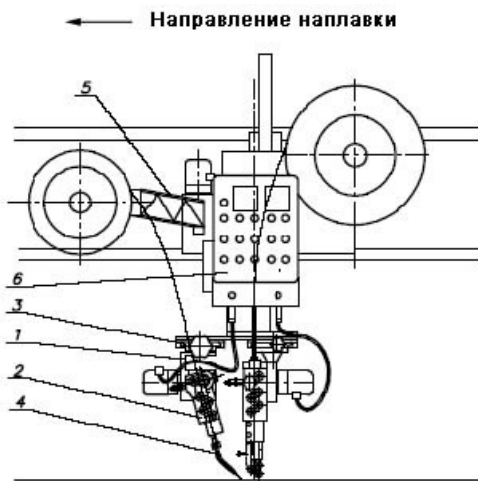


Рис. 1 – Сварочный автомат А-1416, доработанный для наплавки с присадкой: 1 – механизм подачи присадочной проволоки; 2 – правильный механизм; 3 – корректирующий суппорт; 4 – направляющий мундштук; 5 – кронштейн для кассеты; 6 – пульт управления

электродного и присадочного материала 2:1.

Химический анализ наплавленного металла выполнен оптико-эмиссионным искровым спектрометром «Spectromaxx». Фазовые составы наплавленного металла определяли методом рентгенофазового анализа с помощью дифрактометра ДРОН-4. Проводили металлографические исследования. Послойный химический и фазовый составы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический и фазовый составы наплавленного металла

№	Материалы	Основной металл	№ слоя	Содержание элементов, %					Фазовый состав
				C	Cr	Mn	Si	Ti	
1	Электродный - Нп-Г13А Присадочный - Св-12Х13	110Г13Л	1	0,98	2,13	11,24	0,81	-	100 % γ
			2	0,79	3,18	9,65	0,76	-	90% γ + 10% α'
			3	0,67	3,49	8,35	0,72	-	70% γ + 30% α'
2	Электродный - Св-12Х13 Присадочный - ПП-Нп 14Х12Г12СТ	ВСт3пс	1	0,16	6,91	2,82	0,43	0,05	100% α'
			2	0,15	9,55	3,84	0,53	0,07	90% α' +10% γ
			3	0,14	11,82	4,31	0,65	0,09	85% α' +15% γ

Микроструктури в третьем слое металла, наплавленного по вариантам №№ 1 и 2, приведены на рис. 2.

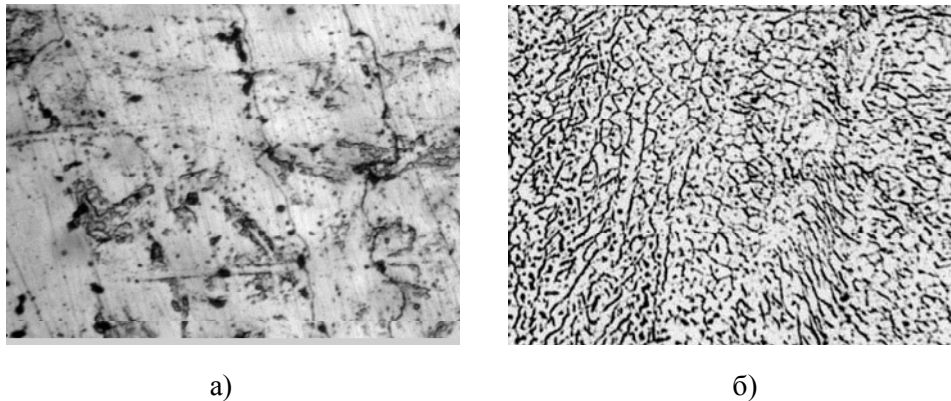


Рис. 2 – Микроструктуры в третьем слое наплавленного металла, $\times 500$: а – металл, наплавленный по варианту № 1 (третий слой); б – металл, наплавленный по варианту № 2 (третий слой)

Абразивную износостойкость (ϵ_1) определяли в соответствии с методикой стандарта ASTM G-65. При этом между поверхностью резинового диска, вращающегося со скоростью 200 об/мин, и прижимаемого к нему нагрузкой образца, подавался кварцевый песок, частицы которого захватывались диском и изнашивали образец. Относительную износостойкость оценивали отношением весовых потерь образца и эталона. Изнашивание происходит без ударных нагрузок и характеризуется $K_d \approx 1,0$ - "коэффициентом динамичности", определяемым, как отношение твердости образца из стали 110Г13Л после износа к его исходной твердости [9].

Ударно-абразивную износостойкость определяли в соответствии с методикой работы [10]. Опытные образцы наплавки закрепляли на внутренней поверхности полого барабана диаметром 0,3 м. Перед испытанием емкость барабана на 25% объема загружалась кусками абразивных корундовых кругов и стальными шарами диаметром 30-40 мм, составлявших 15% в объеме загрузки. Скорость вращения барабана 47 об/мин. Время испытания 6 часов. Абразив заменялся через каждые 2 часа. Рабочая поверхность испытывает значительные ударные нагрузки, что характеризуется $K_d = 2,2$. Относительную износостойкость оценивали отношением удельных весовых потерь на единицу площади образца и эталона.

Относительную износостойкость наплавленного металла, подвергающегося механическому изнашиванию при нормальной и повышенной температуре, определяли в условиях сухого трения скольжения по схеме «колодка-ролик». Изнашивание осуществлялось роликом диаметром 70 мм, наплавленным P18 (56 HRC) при комнатной температуре (ϵ_3) и при 550 °С (ϵ_4). Скорость вращения ролика составляла 200 об/мин. Прижатие образца осуществлялось нагрузкой 8 кг. Износ при повышенной температуре проводился внутри рабочей камеры печи после предварительной выдержки 15 мин.

Наплавочная проволока Нп-Г13А предназначена для восстановления изношенных деталей, изготовленных из стали 110Г13Л, работающих в условиях ударной нагрузки и высоких удельных давлений. Она находит применение для наплавки деталей камне- и углеразмольных мельниц, щек дробилок, зубьев ковшей экскаваторов и др. Металл, наплавленный Нп-Г13А, имеет структуру стабильного аустенит и не претерпевает ДДМП при изнашивании, что снижает его износостойкость. На начальном этапе эксплуатации деталей, наплавленных Нп-Г13А, вследствие низкой твердости возможно «смятие». Для предупреждения охрупчивания высокоуглеродистого аустенитного наплавленного металла из-за выделения карбидов при наплавке необходимо обеспечить ускоренное охлаждение. Предложено осуществлять наплавку с присадкой Св-12Х13. Уменьшение содержания углерода и марганца дестабилизирует аустенит, а легирование наплавленного металла хромом повышает сопротивление образованию трещин, обеспечивает упрочнение и активизацию ДДМП [11].

Свойства металла, наплавленного сочетанием электродной проволоки Нп-Г13А и при-

сaddочной Св-12X13, представлены на рис. 3. В качестве эталона сравнения принят металл, наплавленный Нп-Г13А диаметром 3 мм в три слоя (режим наплавки: сила тока 300-350 А, напряжение 28-30 В, скорость наплавки 25 м/ч).

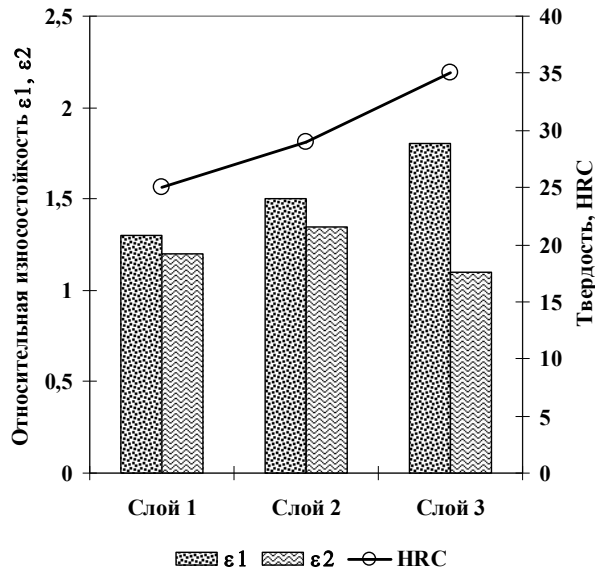


Рис. 3 – Твердость (HRC), абразивная (ϵ_1) и ударно-абразивная износостойкость (ϵ_2) металла, наплавленного Нп-Г13А с присадкой Св-12X13 на сталь 110Г13Л

Наименьшей твердостью и абразивной износостойкостью обладает первый наплавленный слой. Его абразивная износостойкость больше, чем у основного металла 110Г13Л, в 1,3 раза, а ударно-абразивная – в 1,2 раза. В сравнении со вторым и третьим слоями, стабильность аустенита в первом слое наибольшая, но меньше чем у 110Г13Л. Мартенсит охлаждения в его структуре отсутствует, а прирост мартенсита на изношенной поверхности после абразивного и ударно-абразивного изнашивания составляет, соответственно, 5 и 30%.

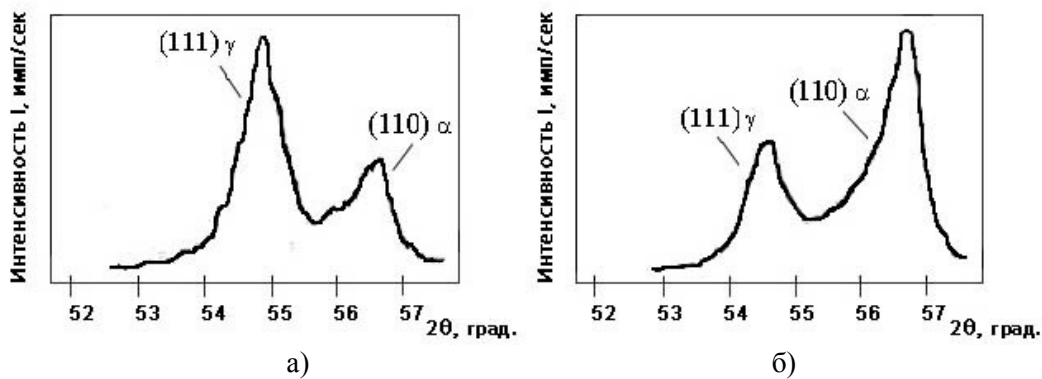


Рис. 4 – Дифрактограмма металла, наплавленного на сталь 110Г13Л с использованием электродной проволоки Нп-Г13А и присадки Св-12X13 (3 слой): а – до изнашивания; б - после ударно-абразивного изнашивания ($K_d = 2,3$)

С учетом полученных результатов наплавку рабочего слоя с присадкой Св-12X13 целесообразно выполнять в два слоя. При необходимости получения большей толщины наплавленного слоя (для восстановления геометрических размеров) наплавку промежуточных слоев рационально выполнять также способом автоматической наплавки с присадкой, но используя в каче-

При послойном исследовании структуры и свойств наплавленного металла установлено, что наиболее высокой твердостью и абразивной износостойкостью ϵ_1 обладает третий слой, который наименее легирован углеродом и марганцем. Наряду с аустенитом в его структуре имеется 30% мартенсита охлаждения (рис. 2, а). В процессе его изнашивания в поверхностном слое активно развивается ДДМП - прирост мартенсита деформации при абразивном и ударно-абразивном изнашивании составляет, соответственно, 20 и 60%, что подтверждается дифрактограммой, приведенной на рис. 4, а-б. Наиболее высокой ударно-абразивной износостойкостью ($\epsilon_2 = 1,4$) обладает второй наплавленный слой. В сравнении с третьим слоем он содержит больше углерода и марганца, стабилизирующих аустенит, в результате чего количество мартенсита охлаждения уменьшается до 10%. Прирост мартенсита при абразивном и ударно-абразивном изнашивании, соответственно, 10 и 45%.

стве как электродного, так и присадочного материала проволоки Нп-Г13А.

Другой рассматриваемый вариант - сочетания электродной проволоки Св-12Х13 и присадки ПП-Нп14Х12Г12СТ предназначен для упрочнения деталей, работающих в условиях механического и коррозионно-механического изнашивания при обычных и повышенных температурах. В промышленности широко применяются различные электродные материалы, обеспечивающие получение наплавленного металла типа низкоуглеродистых высокохромистых сталей ($\leq 0,2\% \text{ C}$; $\sim 13\% \text{ Cr}$) мартенситно-ферритного и мартенситного классов. Они находят применение для восстановления и упрочнения плунжеров гидропрессов и гидроцилиндров, роликов машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), деталей энергетической, нефтегазовой аппаратуры и др. Высокое содержание хрома (12-14% Cr) обеспечивает коррозионную стойкость. Содержание углерода должно быть ограничено ($\leq 0,2\% \text{ C}$) для уменьшения склонности наплавленного металла к образованию трещин.

В металле, наплавленном Св-12Х13, образуется до 25% феррита. В сравнении с мартенситом и аустенитом феррит обладает наиболее низким сопротивлением разрушению, и его присутствие в структуре снижает износостойкость. Для уменьшения содержания феррита наплавленный металл легируют никелем (2-4% Ni). Аналогично никелю образование феррита подавляет легирование более дешевым марганцем. Легирование марганцем ($\sim 4\% \text{ Mn}$) обеспечивает наличие в структуре наряду с мартенситом метастабильного аустенита, что повышает износостойкость за счет реализации ДДМП [12].

Предложено автоматическую наплавку под флюсом осуществлять электродной проволокой сплошного сечения Св-12Х13 с присадкой порошковой проволоки ПП-Нп 14Х12Г12СТ, что обеспечивает дополнительное легирование наплавленного металла марганцем при сохранении в нем содержания углерода и марганца.

Свойства металла, наплавленного сочетанием электродной проволоки Св-12Х13 и присадочной ПП-Нп 14Х12Г12СТ, представлены на рис. 5. В качестве эталона сравнения принят металл, наплавленный Св-12Х13 диаметром 3 мм в три слоя (режим наплавки: сила тока 300-350 А, напряжение 28-30 В, скорость наплавки 25 м/ч).

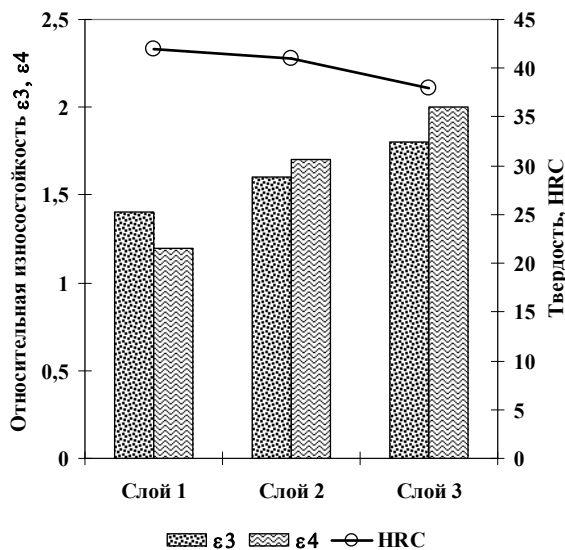


Рис. 5 – Твердость (HRC), относительная износостойкость в условиях сухого трения при нормальной температуре (ϵ_3) и при 550°C (ϵ_4) металла, наплавленного Св-12Х13 с присадкой ПП-Нп 14Х12Г12СТ на сталь ВСтЗпс

ростойкости [12], что важно для повышения долговечности роликов МНЛЗ, наплавку которых рационально выполнять предлагаемым вариантом сочетания электродной и присадочной проволок.

При послойном исследовании структуры и свойств наплавленного металла было установлено, что наиболее высокой износостойкостью при комнатной температуре и 550°C (ϵ_3 и ϵ_4) обладает третий слой, который наиболее легирован хромом и марганцем. Повышенное содержание хрома ($\sim 12\% \text{ Cr}$) способствует образованию на поверхности прочной окисной пленки, и обеспечивает жаростойкость и коррозионную стойкость. В его структуре наплавленного металла наряду с речным мартенситом имеется 15% аустенита (рис. 2, б). Из-за увеличения в структуре количества аустенита твердость наплавленного металла уменьшается от первого слоя к третьему.

При изнашивании в условиях сухого трения при комнатной температуре аустенит практически полностью превращается в мартенсит деформации, что также повышает износостойкость. Это подтверждается дифрактограммой, представленной на рис. 6, а-б.

Наличие в структуре аустенита ($\leq 35\% \gamma$) способствует повышению разга-

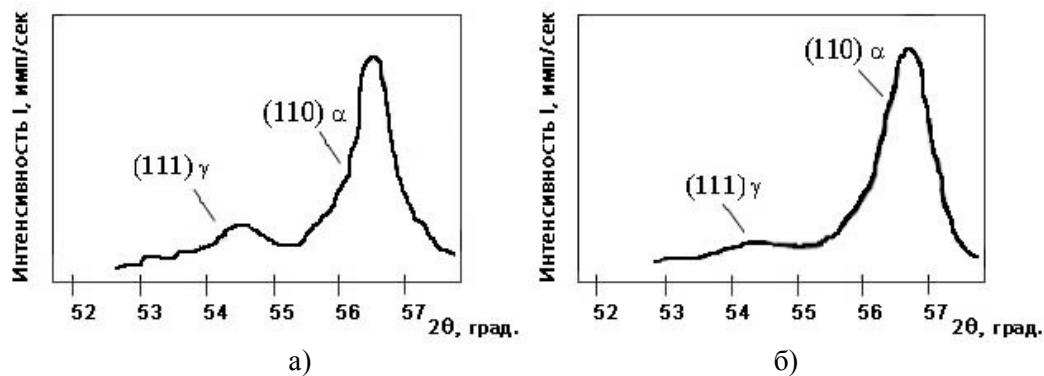


Рис. 6 – Дифрактограмма металла, наплавленного Св-12Х13 с присадкой ПП-Нп 14Х12Г12СТ на сталь ВСт3пс (3 слой): а - до изнашивания; б - после изнашивания в условиях сухого трения

С учетом полученных результатов наплавку рабочего слоя целесообразно выполнять в три слоя. При необходимости получения большей толщины наплавленного слоя (для восстановления геометрических размеров) наплавку промежуточных слоев рационально выполнять также способом автоматической наплавки электродной проволокой Св-12Х13 с присадкой ПП-Нп 14Х12Г12СТ. При этом наплавленный металл последующих слоев близок химическому и фазовому составам, полученным в третьем слое, для которого разбавление основным металлом мало (~5%).

Выводы

1. Применение технологии дуговой наплавки с подачей присадочного материала позволяет в широких пределах управлять количеством и стабильностью аустенита в структуре наплавленного металла для повышения его эксплуатационных свойств.
2. Применительно к условиям ударно-абразивного воздействия для повышения износостойкости необходимо получать в структуре не стабильный аустенит, а метастабильный, способный превращаться в мартенсит деформации. Для этого в сравнении с химическим составом металла, наплавленного Нп-Г13А, целесообразно уменьшить содержание углерода и марганца и легировать его хромом. Оптимальный химический и фазовый состав достигается во втором наплавленном слое сочетанием электродной проволоки Нп-Г13А и присадки Св-12Х13 при их соотношении 2:1.
3. Для повышения долговечности деталей работающих в условиях механического и коррозионно-механического изнашивания рационально легировать наплавленный металл марганцем, стабилизирующим аустенит, чтобы получать взамен мартенситной или ферритно-мартенстиной структуры, характерной для широко применяемых материалов, мартенстино-аустенитную структуру (~15% γ). Требуемый состав и структура наплавленного металла достигаются в третьем наплавленном слое сочетанием электродной проволоки Св-12Х13 и присадки ПП-Нп 14Х12Г12СТ при их соотношении 2:1.

Список использованных источников:

1. Прусаков Б.А. Проблемы материалов в XXI веке (обзор) / Б.А. Прусаков // МиТОМ. - 2001. - №1. - С. 3-5.
2. Иванова В.С. Синергизм механических свойств и экстремальных технологий управления структурой материала / В.С. Иванова // Металлы. - 1992. - №2. - С. 11-20.
3. Малинов В.Л. Наплавочные материалы и обработки, обеспечивающие повышение долговечности за счет метастабильного аустенита / В.Л. Малинов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета Сборник научных трудов. - Харьков, 2009. - Вып. 46. - С.92-94.
4. Rigdal S. Synergic Cold Wire (SCW™) Submerged Arc Welding / S. Rigdal, L. Karlsson, L. Ostgren // «Svetsaren». - Vol.57. - No.2. - 2002. - P. 26-31.
5. Малинов Л.С. Экономнолегированные сплавы с мартенситными превращениями и упрочняющие технологии / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов. - Харьков: НИЦ ХФТИ, 2007. - 352 с.

6. Попов В.С. Износостойкость прессформ огнеупорного производства / В.С. Попов, Н.Н. Брыков, Н.С. Дмитриенко. - М.: Metallurgy, 1971. - 157 с.
7. Малинов Л.С. Влияние предварительной пластической деформации на кавитационную стойкость хромо-марганцевых сталей / Л.С. Малинов, Т.Д. Эйсмонт // Физико-химическая механика материалов. - 1968. - Т.4. - С. 691-695.
8. Пат. України № 93302, МПК В23К 35/368. Порошковий дріт / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов, А.А. Голякєвич, Л.Н. Орлов; Приазовський державний технічний університет; Заявл. 17.07.2009; Опубл. 25. 01. 2011, Бюл. №2.
9. Петров И.В. Испытание износостойких наплавленных сплавов // Сварочное производство. - 1968. - № 11. - С. 21-24.
10. Ефременко В.Г. Влияние фазового и структурного состояния сплавов на основе железа на износостойкость в условиях помола высокоабразивного материала / В.Г. Ефременко, Ф.К. Ткаченко, Т.А. Еременко // Вестник Приазовского государственного технического университета: Сб. науч. тр. - Вып. 13. - Мариуполь, 2003. - С. 113-118.
11. Малинов В.Л. Износостойкость наплавленного металла с метастабильным аустенитом при абразивном и ударно-абразивном воздействии / В.Л. Малинов // Вісник Приазовського державного технічного університету. Зб. наук. праць № 25. - Мариуполь, 2012. - С. 146-157.
12. Малинов В.Л. Структура и износостойкость хромомарганцевого наплавленного металла / В.Л. Малинов, Л.С. Малинов // Автоматическая сварка. - 2012. - № 7. - С. 13-18.

Bibliography:

1. Prusakov B.A. Problem of materials in the XXI-st century (review) / B.A. Prusakov // Metal Science and Heat Treatment. - 2001. - №1. - P. 3-5. (Rus.)
2. Ivanova V.S. Synergism mechanical properties and extreme technologies of management of material structure / V.S. Ivanova // Metals. - 1992. - №2. - P. 11-20. (Rus.)
3. Malinov V.L. Surfacing materials and the treatments providing increase of durability at the expense of metastable аустенита / V.L. Malinov // The Bulletin of the Kharkov national auto-road university. Collection of scientific work № 46. - Kharkov. - 2009. - P. 92-94. (Rus.)
4. Rigdal S. Synergic Cold Wire (SCW™) Submerged Arc Welding / S. Rigdal, L. Karlsson, L. Ostgren // «Svetsaren». - Vol.57. - No.2. - 2002. - P. 26-31.
5. Malinov L.S. Economically alloyed alloys with martensite transformations and strengthening technologies / L.S. Malinov, V.L. Malinov. - Kharkov: NNC KPTI, 2007. - 352 p. (Rus.)
6. Popov V.S. Wear resistance of pressforms of fire-resistant manufacture / V.S. Popov, N.N. Brykov, N.S. Dmitrienko. - M.: Metallurgy, 1971. - 157 p. (Rus.)
7. Malinov L.S. Influence of preliminary plastic deformation on cavitation firmness of chromo-manganese steels / L.S. Malinov, T.D. Eysmond // The Physical and chemical mechanics of materials. - 1968. - V.4. - P. 691-695. (Rus.)
8. Pat. Ukraine № 93302, МПК В23К 35/368. Flux-cored wire / L.S. Malinov, V.L. Malinov, A.A. Golyakєvich, L.N. Orlov; Priazovsky State Technical University; Claim 17.07.2009, Publ. 25.01.2011, Bull. № 2. (Ukr.)
9. Petrov I.V. Test of deposited alloys wearproof // Welding. - 1968. - № 11. - P. 21-24. (Rus.)
10. Efremenko V.G. Influence of phase and structural state of iron-based alloys for wear resistance in condition grinding high-abrasive material / V.G. Efremenko, F.K. Tkachenko, T.A. Eremenko // Vestnik of Priazovsky State Technical University: Collection of scientific work No 13. - Mariupol, 2003. - P. 113-118. (Rus.)
11. Malinov V.L. Wear resistance deposited metal with metastable аустенита at abrasive and with impact-abrasive influence / V.L. Malinov // Vestnik of Priazovsky State Technical University: Collection of scientific work No 25. - Mariupol, 2012. - P. 146-157. (Rus.)
12. Malinov V.L. Structure and wear resistance chromo-manganese deposited metal / V.L. Malinov, L.S. Malinov // Automatic welding. - 2012. - № 7. - P. 13-18. (Rus.)

Рецензент: С.В. Гулаков
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 11.09.2013