

УДК 621.375.826

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НАНЕСЕНИИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Роман Дмитриевич Асютин

*Студент 5 курса**кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: А.Я. Ставертий,**ассистент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»*

Существует технология лазерной наплавки, она заключается в послойном локальном расплавлении порошков и их сплавлении с поверхностью обрабатываемого металла, в связи с этим, погонные мощности процесса ниже, чем при применении дуговых и плазменных методов, соответственно, тепловое воздействие на подложку минимально [1]. Это позволяет использовать лазерную наплавку для большого количества разнообразных деталей.

Для лазерной наплавки существует ряд входных параметров, таких как мощность излучения, подача порошкового материала и скорость процесса. Все эти параметры в сумме влияют на ширину валика (B), высоту наплавленного слоя (H), глубину подплавления подложки (h) и на угол α у основания валика (α), как представлено на рисунке 1. Один из основных параметров для оценки функциональных свойств наносимого слоя – коэффициент перемешивания (D).

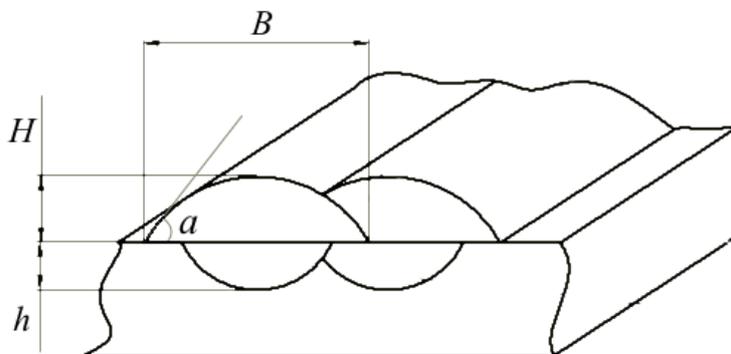


Рис. 1. Основные геометрические параметры валика

Качество лазерной наплавки зависит от большого количества физико-химических явлений и технологических факторов. В таблице 1 приведены параметры, участвующие в этом процессе.

Таблица 1. Входные и выходные параметры и процессы, участвующие в технологическом процессе [2]

Входные параметры		Процессы		Выходные параметры	
Лазер	Средняя мощность	Физические явления	Поглощение	Качества покрытия	Геометрия
	Размер пятна		Проводимость		Микроструктура
	Длина волны		Диффузия		Твердость
	Режим импульсный или		Динамика ванны подплавления		Трещинообразование
	Распределение энергии в		Взаимодействие расплав/газ		Остаточные напряжения
	Форма импульса излучения		Переотражение лазерного излучения порошком		Шероховатость поверхности
			Быстрая кристаллизация		Перемешивание
Система	Скорость				
	Ускорение				
	Точность				
	Грузоподъемность				
Прочее	Предварительный нагрев				
	Расход защитного газа				
	Тип защитного газа				
Материал	Геометрия подложки				
	Химический состав				
	Металлургические, теплофизические и оптические свойства				
Подача порошка	Расход порошкового материала				
	Тип и расход инертного газа				
	Пространственное распределение потока порошка				
	Геометрия сопла				

Многочисленные экспериментальные данные показывают, что плотность мощности излучения влияет на коэффициент перемешивания не меньше, чем, к примеру, мощность. Изменяя мощность лазерного излучения (входные параметры) мы изменяем плотность мощности, и, тем самым, коэффициент перемешивания.

Известно, что изменение химического состава наплавленного металла часто ведет к резкому изменению его свойств. [3]. В связи с этим, сохранение минимального коэффициента перемешивания необходимо для получения свойств наплавленного покрытия максимально близких к свойствам наплавленного материала.

В данной работе проводились исследования технологии газопорошковой наплавки износостойких покрытий на основе никелевых сплавов на подложки из стали. В качестве материала покрытий использовались порошковые материалы на основе никеля. Химический состав порошков представлен в таблице 2.

Таблица 2. Никелевые порошки, массовая доля %

Тип порошка	Si	Fe	B	O ₂	C	Ni		Твердость
ПГСР-2	2,93	0,26	2,89	0,01	-	93,9		49 HRC
ПГСР-3	4,42	3,65	3,23	0,029	0,69	Ni	Cr	63 HRC
						73,9	14	

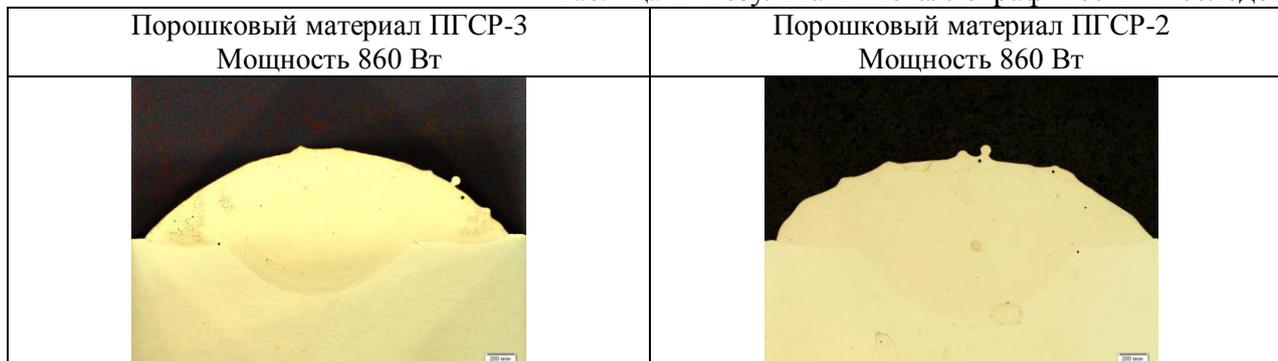
В качестве лазерного источника использовался иттербиевый волоконный лазер мощностью 4 кВт. Газопорошковая наплавка осуществлялась с помощью метода коаксиальной подачи порошкового материала. В качестве защитного газа использовался аргон высокой чистоты. Предварительно была осуществлена просушка порошкового материала и подогрев подложек. Подогрев производился непосредственно перед нанесением покрытий и составлял 300 С⁰. В качестве подложек использовались образцы из стали 3 и нержавеющей стали толщиной 5 мм. Режимы нанесения порошкового материала представлены в таблице 3.

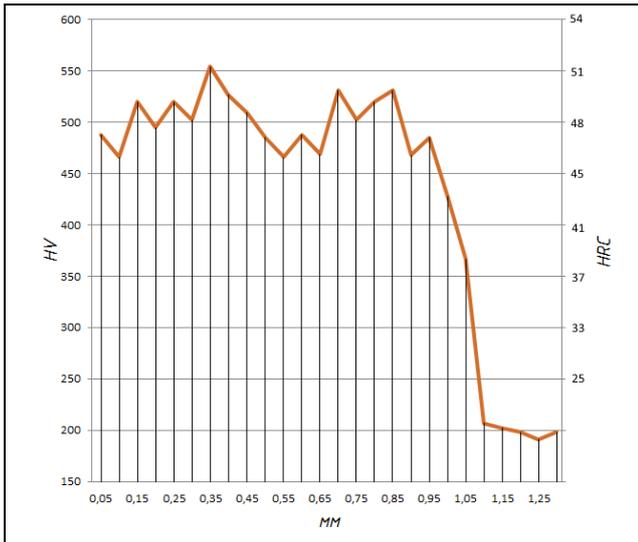
Таблица 3. Таблица режимов

Подложка	P, кВт	V, мм/с	F ₁ ПГСР-2, г/с	F ₂ ПГСР-3, г/с	Шаг, мм
Ст 3	0.86	5	7.641	-	1.8
Ст 3	0.86	5	-	7.295	1.8
Ст 3	1.032	5	7.641	-	1.8
Ст 3	1.032	5	-	7.295	1.8
Нерж.	0.86	5	7.641	-	1.8
Нерж.	0.86	5	-	7.295	1.8
Нерж.	1.032	5	7.641	-	1.8
Нерж.	1.032	5	-	7.295	1.8

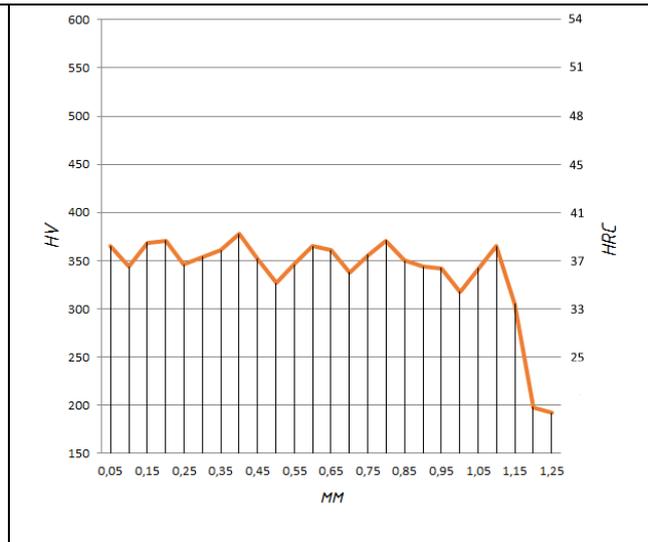
Обработка результатов заключалась в проведении металлографического исследования, измерения твердости полученного покрытия и химического состава на поверхности покрытия. Результаты исследований представлены в таблице 4. Исследования на химический состав производились на рентгенофлуоресцентном спектрометре на базе оборудования предоставленного НИТИ МИСиС.

Таблица 4. Результаты металлографических исследований

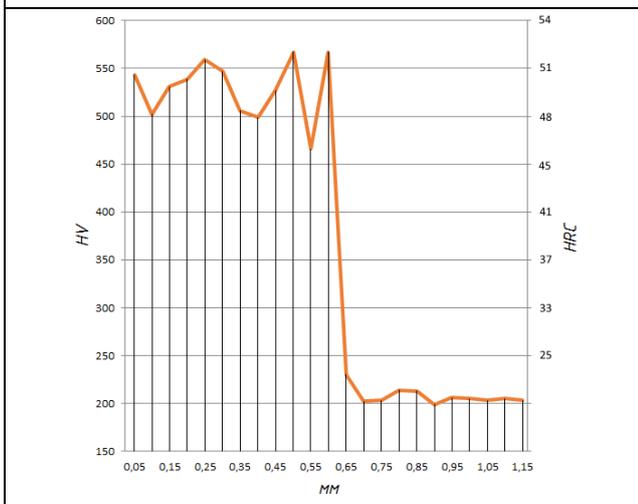
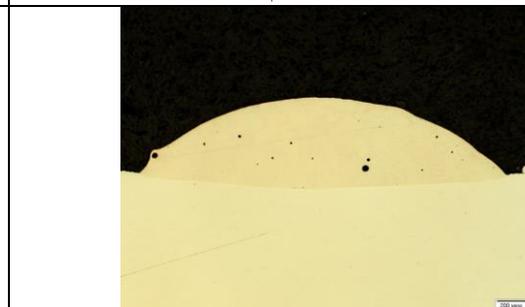
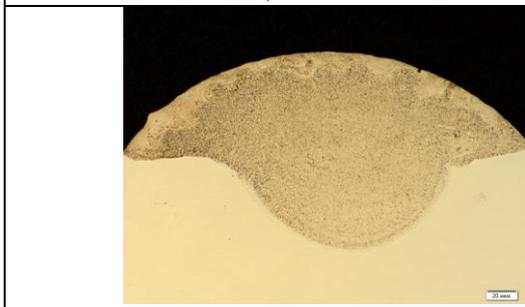




Мощность 1032 Вт

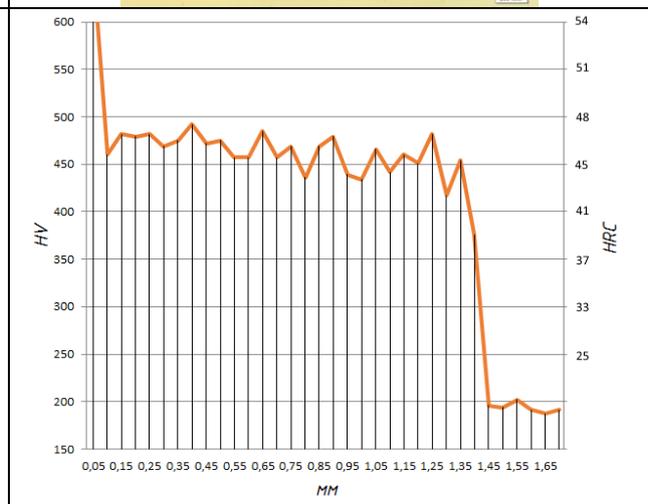


Мощность 1032 Вт



Химический состав покрытия на основе ПГСР-3
Формула Ni - Cr - Co - Mo

Элемент	Масс. доля, %
Fe	46.180
Ni	33.250
Cr	14.250
Mo	1.720
Si	1.390
Al	1.110
Mn	1.030
Na	0.304



Химический состав покрытия на основе ПГСР-2
Формула Fe - Ni

Элемент	Масс. доля, %
Fe	87.990
Ni	10.520
Si	0.391
Mn	0.383
Cr	0.344
Na	0.123
Al	0.097
Cu	0.065

	Cu	0.242			S	0.019	
	Co	0.177			P	0.016	
	W	0.157			Mo	0.015	
	V	0.054			K	0.015	
	Ca	0.043			Ca	0.011	
	S	0.026			Cl	0.007	
	P	0.024			V	0.003	
	Cl	0.010			Ti	0.002	

Выводы:

Проведенные исследования показали, что твердость покрытий из сплава ПГСП-2 с ростом коэффициента перемешивания упала с 45 до 37 HRC, а твердость покрытий из сплава ПГСП-3 составляет не более 50 HRC для обеих плотностей мощности. Химический состав наплавленного слоя резко отличается от состава как подложки, так и наплавляемого порошка. Для более объективной оценки химической неоднородности сплава в покрытии измерения химического состава необходимо проводить по точкам от линии сплавления к поверхности.

Литература

1. *C. Theiler, T. Seefeld, G. Sepold* Deposition of graded metal matrix composites by laser beam cladding. Bias Bremen Institute of Applied Beam Technology, Germany. – 2005
2. *E. Toyserkani, A. Khajepour, S. Corbin*. Laser Cladding. CRC Press, 2005 – С 260
3. *Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Лунецкий Я.Л.* Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.