

ло 0,4 МПа, давление МАФ 0,5 МПа. Сварочный ток при напылении составлял 210 А. Дистанция напыления 100 – 120 мм. Для сравнения на тех же самых режимах напыляли образцы с использованием пропана в качестве горючего газа.

ДюрOMETрические исследования образцов показали, что твёрдость покрытий полученных с использованием пропана составляет 280 – 300 НV, в то же время твёрдость покрытия, полученного с использованием газа МАФ составляет 330 – 340 НV. Исследования плотности покрытия показали, что пористость при напылении с пропаном составляет 2,9%, а при напылении на МАФ 2,2 %. Исходя из полученных данных можно предположить, что благодаря увеличению плотности покрытия происходит возрастание его твёрдости.

Таким образом, использование газа МАФ является перспективным направлением при дальнейшем совершенствовании процесса напыления покрытий методом ГМ.

Литература

1. Витязь, П.А. Замена гальванического хромирования на технологию гиперзвуковой металлизации при ремонте деталей узлов трения скольжения / П.А. Витязь, М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2010. – №10. – С. 2 – 5.
2. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники / В.И. Ляшков. – М.: Машиностроение, 2008. – 319 с.
3. Белоцерковский, М.А. Анализ процесса взаимодействия газопламенного факела и независимого спутного потока / М.А. Белоцерковский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2013. – №2 (23). – С. 68 – 73.

УДК 621.793

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

М.А. Белоцерковский¹, А.П. Ялович², А.В. Сосновский¹,
¹А.С. Прядко

¹ Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси, Минск
² ОАО «Нефтезаводмонтаж», Новополоцк

Представлены результаты экспериментальных исследований процесса формирования стальных покрытий методом гиперзвуковой металлизации. Описан характер влияния электрических параметров процесса металлизации на свойства покрытий.

В связи с высокой стоимостью большинства методов активированного газотермического напыления порошковых материалов особенно акту-

альными являются исследования, направленные на разработку активированных методов формирования покрытий из монолитных и композиционных проволочных материалов.

Наиболее эффективным на сегодняшний день является технология гиперзвуковой металлизации [1], отличающаяся от традиционной электрометаллизации использованием непрерывного источника энергии для нагрева газа, распыляющего расплавленные в дуге проволоки. В процессе гиперзвуковой металлизации (ГМ) распыление жидкого металла, образующегося в результате теплового воздействия электрической дуги на торцы двух проволочных электродов, производится струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси. При этом скорость струи на выходе из сопла достигает 1500 м/с при температуре 2200 К. Скоростной напор потока при ГМ составляет $23,5 \cdot 10^4$ кг/м·с², что втрое больше, чем при плазменном напылении. Это позволяет частицам расплавленного металла двигаться в потоке со скоростью свыше 500 м/с и формировать покрытия, имеющие вдвое выше прочность сцепления с подложкой, чем при ЭДМ. Методом ГМ формируют покрытия с максимальной пористостью от 3% (для цветных металлов) до 7% (для стальных композиционных проволок). Прочность сцепления на отрыв напыленных слоев составляет 45 – 60 МПа.

Предварительные исследования показали, что свойства формируемых покрытий зависят не только от тепловых и динамических параметров распыляющей струи, состава газовой смеси, образующей распыляющий факел, но также и от электрических параметров металлизации.

В настоящее время для восстановления деталей различного функционального назначения методом гиперзвуковой металлизации наиболее широко применяется комплект экспериментального оборудования, имеющий технические характеристики, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики оборудования для гиперзвуковой металлизации

Наименование показателя	Величина
Диаметр применяемой проволоки, мм	1,2 – 2,0
Скорость подачи проволоки, м/мин	0 – 6,3
Рабочий ток дуги, А	До 500
Коэффициент использования материала, не менее	0,85
Расход воздуха при 0,6 МПа, м ³ /ч	60
Расход газа (пропан-бутан), кг/мин	0,011

Необходимо отметить, что величина рабочего тока примерно пропорциональна выбранной производительности напыления. График для определения производительности по рабочему току приведен на рис. 1.

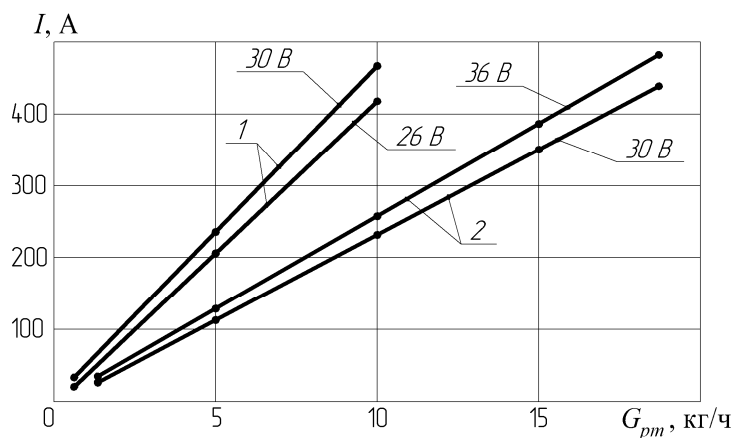


Рис. 1. Влияние силы рабочего тока дуги на производительность процесса распыления проволок диаметром 1,6 мм (1) и 2,0 мм (2) из стали 95X18

Характер влияния рабочего тока дуги на пористость покрытия, наносимого гиперзвуковой металлизацией показан на рис. 2. В то время как при больших значениях тока дуги увеличение скорости перемещения металлатора V_{pm} относительно восстанавливаемой детали существенно снижает пористость слоя, при распылении на малом токе V_{pm} практически не влияет на эту величину.

Исследование механических свойств покрытий, нанесенных гиперзвуковой металлизацией, показало, что предел прочности при растяжении заметно выше, по сравнению с традиционной металлизацией, особенно при напылении на короткой дистанции. Такое увеличение σ_b связано, во-первых, со снижением пористости покрытия и, во-вторых – с увеличением когезии между частицами в слое (120...150 МПа). Более высокие механические свойства в совокупности со снижением остаточных напряжений в покрытиях, наносимых гиперзвуковой металлизацией, значительно снижают возможность трещинообразования в покрытиях, как в процессе нанесения, так и при эксплуатации.

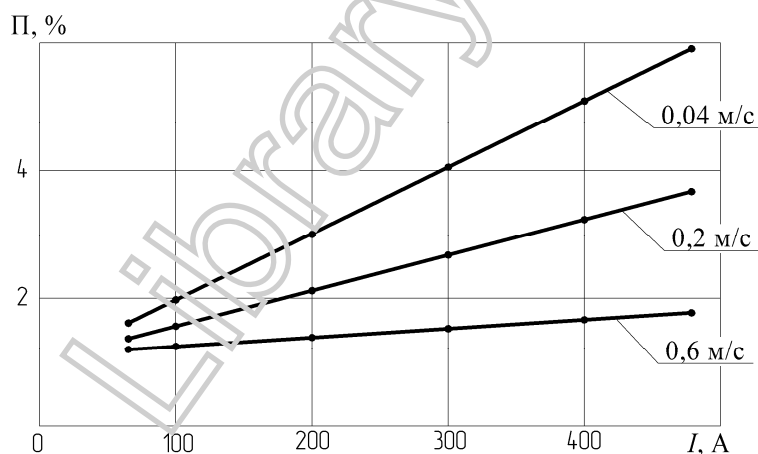


Рис. 2. Зависимость пористости покрытий от силы тока при различной скорости перемещения металлатора

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены данные электрических параметров напыления покрытий из высоколегированных сталей на цилиндрические детали, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Электрические параметры напыления покрытий из высоколегированных сталей методом гиперзвуковой металлизации

Диаметр детали, мм	Диаметр прово- лок, мм	Напряжение, В	Сила тока, А
60	1,6	26	350
60	2,0	30	250
100	1,6	28	350
100	2,0	32	300
200	1,6	30	350
200	2,0	32	350
300	1,6	30	400
300	2,0	34	350
400	1,6	32	400
400	2,0	36	400
500	1,6	32	480
500	2,0	36	480

Литература

1. Белоцерковский, М.А. Технологические особенности и области использования гиперзвуковой металлизации / М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко, А.Е. Черепко // Инновации в машиностроении: сб. науч. тр. Минск, 30 – 31 окт. 2008 г. / редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2008. – С. 479 – 484.

УДК 621.787:620.178.3

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

В.Ю. Блюменштейн

Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Российская Федерация

Приведены результаты исследований технологического наследования на стали циклического нагружения. Показано влияние истории нагружения (наследственности) на продолжающийся процесс накопления деформаций.

Исследование закономерностей технологической наследственности в процессе симметричного усталостного нагружения упрочненных образцов проводилось с использованием разработанного автором аппарата механики технологического наследования [1].