

Рис. 1. Структурная схема речевого оповещателя

Работа РО поддерживается питанием от преобразователя напряжения в блоке питания, управление осуществляется микроконтроллерным устройством в блоке обработки сигналов. В блоке индикации работы устройства находится индикация «Работа», «Питание», «Пожар», «Запись». Речевой оповещатель воспроизводит разные фонограммы, заранее записанные в речевую МК, в соответствии с командой, полученной по радиоканалу на частоте 432–433 мГц.

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

В. Ю. Процко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Газопламенное напыление применяется на многих современных металлообрабатывающих предприятиях или в ремонтных цехах крупных промышленных объектов. Заметное повышение механических свойств получаемых покрытий наблюдается при использовании комплексных сплавов на основе железа, бора и углерода при легировании хромом, марганцем, никелем и ванадием. В случае напыления шихты, один из компонентов которой имеет метастабильную аморфную структуру, рост температуры поверхности основы неизбежно влечет за собой кристаллизацию аморфной составляющей с последующим падением механических свойств. Установлено, что максимальная прочность адгезии составила 36 МПа при температуре основы ≈ 450 °К, при дальнейшем же разогреве подложки до 700 °К и выше происходит спад прочности до 22 МПа. Исследования показали, что по мере возрастания в напыляемом порошке содержания высокотвердых частиц аморфного сплава до 40–50 % происходит последовательное возрастание прочности адгезии с основой и твердости покрытия, которые стабилизируются на уровне, соответственно, 60–75 МПа и HRC 64–68.

Ключевые слова: газопламенное напыление, порошок, материал, покрытие, прочность адгезии, твердость покрытия.

Технология газотермического напыления относится к категории ресурсосберегающих, так как масса нанесенного покрытия редко превышает десятые доли процента от общей массы изделия. По этой причине оборудование для газотермического напыления является непременным атрибутом современного металлообрабатывающего предприятия или ремонтных цехов крупных промышленных объектов. Сущность газотермического напыления покрытий заключается в использовании порошка, проволоки или прутков подаваемых в высокотемпературную зону, где происходит нагрев выше температуры плавления [1]. Параллельно в камеру под высоким давлением поступает газ – энергоноситель (обычный воздух или особый состав), – функция которого заключается в диспергировании основного материала на предварительно подготовленную поверхность.

Заметное повышение механических свойств наблюдается в комплексных сплавах на основе железа, бора и углерода при легировании хромом, марганцем, никелем и ванадием. Последний выступает как эффективный микролегирующий компонент, усиливающий эффект измельчения и инвертирования структуры, существенно упрочняющий матрицу. Он обеспечивает однородность структуры, повышение коррозионной стойкости и упруго-пластических свойств. Бор является наиболее эффективной легирующей добавкой в сплавах на основе железа. В сравнении с Si, P, C его влияние на прочностные свойства в литом состоянии наиболее высокое. Оптимальная концентрация бора в сплавах системы Fe-B-Si составляет 3,7–4,5 (масс. %). Углерод по влиянию на механические свойства уступает только бору. При дополнительном введении углерода в сплавы системы Fe-B-Si прочность возрастает. Оптимальная концентрация углерода в таких сплавах составляет 0,5–1,2 (масс. %). Анализ литературных данных [1–3] по основам создания высокопрочных аморфных сплавов позволяет рекомендовать использование в опытных условиях ряд высокопрочных и коррозионностойких сплавов на основе железа и никеля.

Основными влияющими параметрами технологии газотермического напыления являются не только свойства и химический состав напыляемого порошка, но и технологические параметры процесса, такие как разогрев поверхности основы, скорость частиц напыляемого материала.

В качестве базового компонента порошкового материала был взят самофлюсующийся сплав на основе никеля ПГ-10Н-01 (ГОСТ 28377–89), в который в качестве упрочняющей добавки вводились высокотвердые частицы дискретного волокна фракции 5–50 мкм из аморфного сплава $Fe_{73,9}Cr_{4,5}Ni_{1,8}Al_{0,6}Cu_{5,5}B_{4,5}Si_{7,6}V_{0,9}C_{1,0}$ (масс. %), закаленных из расплава со скоростью $\Delta T/\Delta t = 4,0 \cdot 10^5$ К/с и подвергнутых атриторной обработке в течение четырех часов. Дискретное волокно имело степень аморфизации 95 % и следующие параметры кристаллизации: температура начала кристаллизации сплава $T_{ви} = 818$ К/с, энергия активации $E_a = 520,7$ кДж/моль, показатель Д-М-А $n = 2,96$.

Подготовка порошковой смеси, поверхности основы и нанесение покрытий методом высокоскоростного газопламенного напыления выполнялись на опытно-производственном участке Государственного научного учреждения «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси» с использованием размещенного там оборудования и оснастки.

Для большинства напыляемых материалов предварительный нагрев поверхности основы может рассматриваться как дополнительный активирующий фактор, интенсифицирующий процесс схватывания. В случае напыления шихты, один из компонентов которой имеет метастабильную аморфную структуру, рост температуры поверхности основы неизбежно влечет за собой кристаллизацию аморфной состав-

ляющей с последующим падением механических свойств [2]. В этой связи нагрев поверхности основы до и в процессе напыления должен рассматриваться как фактор, в определенный момент способный снизить эксплуатационные характеристики покрытия. Оценено влияние разогрева поверхности основы на прочность адгезии и твердость получаемых покрытий. Газопламенным напылением наносили порошки с размером частиц $d_p = 40\text{--}50$ мкм, производительность $Q_p = 4$ кг/ч, расход горючей смеси в газопламенной струе $2,8$ м³/ч, дистанция напыления – 75 мм. Результаты экспериментов приведены на рис. 1.

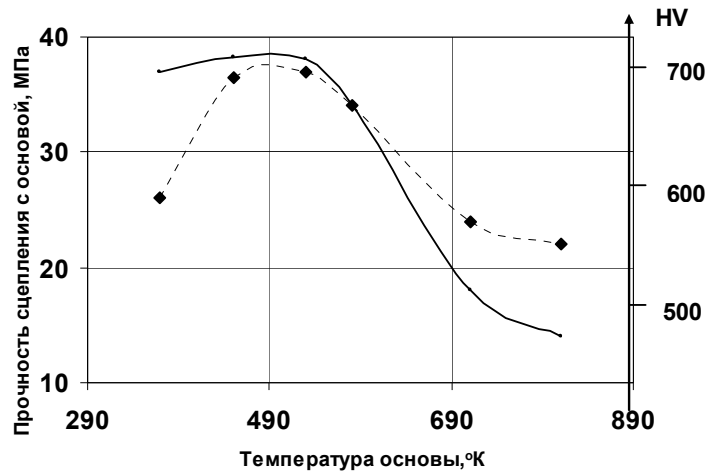


Рис. 1. Влияние температуры поверхности основы на прочность адгезии и твердость покрытия:
 - - - прочность адгезии; — твердость покрытия

Температура нагрева основы – 650 °K. Температура газовой смеси – 1000 °K. Скорость истечения газа из сопла – 200–220 м/с. Средняя скорость частиц напыляемого материала – 140–150 м/с. Толщина полученного покрытия – 0,8–1,1 мм.

Экспериментальные образцы покрытий были напылены на стальную подложку из Стали 45 в количестве 125 штук из порошкового композиционного материала на основе самофлюсующегося никелевого сплава Ni-Cr-B-Si и аморфного сплава.

Степень аморфизации вышеуказанного материала после высокоскоростного газопламенного напыления определена методом рентгеноструктурного анализа и составила 62–70 %. Микротвердость 11,1–11,4 ГПа. Испытания на износ полученных покрытий проводились на машине 2070 СМТ-1 по схеме «диск-колодка». Результаты испытаний механических и триботехнических свойств покрытий представлены в таблице.

Механические и триботехнические свойства покрытий

№	Материал	Твердость, HRC	Прочность адгезии, МПа	Интенсивность износа, мкм/10 ³ м		Коэффициент сухого трения по стали
				Образец	Контртело	
1	Сталь45 (закалка ТВЧ, эталон)	50–52	–	6,8	2,2	0,21
2	ПГ-10Н-01+50 % аморфного сплава	66–68	60–65	1,7	5,2	0,2

Установлено, что максимальная прочность адгезии составила 36 МПа при температуре основы ≈ 50 °К, при дальнейшем же разогреве подложки до 700 °К и выше происходит спад прочности до 22 МПа. Наибольшая твердость покрытия составила 750 HV, но при нагреве основы свыше 560 °К резко падает до 450 HV. Данное обстоятельство может быть объяснено полной кристаллизацией аморфной составляющей и потерей материалом его начальных свойств.

Исследования показали, что по мере возрастания в напыляемом порошке содержания высокотвердых частиц аморфного сплава до 40–50 % происходит последовательное возрастание прочности адгезии с основой и твердости покрытия, которые стабилизируются на уровне, соответственно, 60–75 МПа и HRC 64–68. Повышение механических свойств сопровождается снижением пористости покрытия вплоть до 2–4 % для разработанной композиции при ощутимом улучшении его триботехнических свойств: износ на уровне 1,6–1,7 мкм/10³ м, коэффициент сухого трения по стали – 0,19–0,20, износ поверхности равномерный.

Литература

1. Коробов, Ю. С. Основные методы и материалы газотермического напыления / Ю. С. Коробов, В. И. Панов, Н. М. Разиков. – Екатеринбург : Урал. ун-т, 2016. – 80 с.
2. Стасенко, Д. Л. Процесс получения сферических порошков и дискретных волокон методом высокоскоростной закалки расплава / Д. Л. Стасенко, М. Н. Верещагин // Изв. НАН Беларуси. Серия физ.-техн. наук. – 2003. – № 10. – С. 1–63.
3. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы : справ, изд. / А. П. Шлямнев [и др.]. – М. : Промметсплав, 2008. – 336 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ ПОКРЫТИЯ ЕДИНИЧНОЙ КАПЛИ ПРИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ

В. Ю. Процко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Процесс газотермического напыления покрытий основан на взаимодействии с поверхностью обрабатываемого изделия частиц расплава, которые, растекаясь, деформируются и заполняют все поры и неровности заготовки, что позволяет сформировать защитный слой. Процесс растекания капли расплава по твердой поверхности состоит из трех последовательных стадий – образование из капли пленки, утончение пленки при растекании, затвердевание. Получена аналитическая зависимость для определения конечных размеров растекающейся по поверхности заготовки капли расплава. Рассмотрен процесс растекания капли расплава высокопрочного сплава на основе железа, из которого видно, что для того чтобы получить наименьшие по высоте размеры частицы, необходимо, чтобы исходные размеры капель, попадающих на поверхность кристаллизатора, были минимальными, при этом скорость их полета должна быть максимальной.

Ключевые слова: газотермическое напыление, расплав, растекание капли, энергия капли.

При газотермическом напылении покрытий происходит взаимодействие с поверхностью обрабатываемого изделия частицы расплава, которые, растекаясь, деформируются и заполняют все поры и неровности заготовки, что позволяет сформировать защитный слой, обладающий высокими эксплуатационными характеристиками. Однако