

УДК 621.793.71.8:001.895

Ю.А.Кузнецов, В.В. Гончаренко

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХЗВУКОВОГО ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

В статье представлен краткий исторический обзор развития высокоскоростных способов газотермического напыления; приведена технологическая схема нанесения покрытий высокоскоростным напылением; результаты исследований некоторых характеристик покрытий, примеры использования технологии.

Газотермические способы напыления покрытий в России начали наиболее активно развиваться с конца пятидесятых годов 20-го века, когда в ремонтном производстве и промышленности стали возникать проблемы упрочнения деталей машин, нанесения защитных и толстослойных покрытий, способных компенсировать износ деталей, получения новых материалов и т.п. [1-3].

На рис. 1 представлена схема расположения существующих способов газотермического напыления в зависимости от скорости напыляемых частиц на основу.

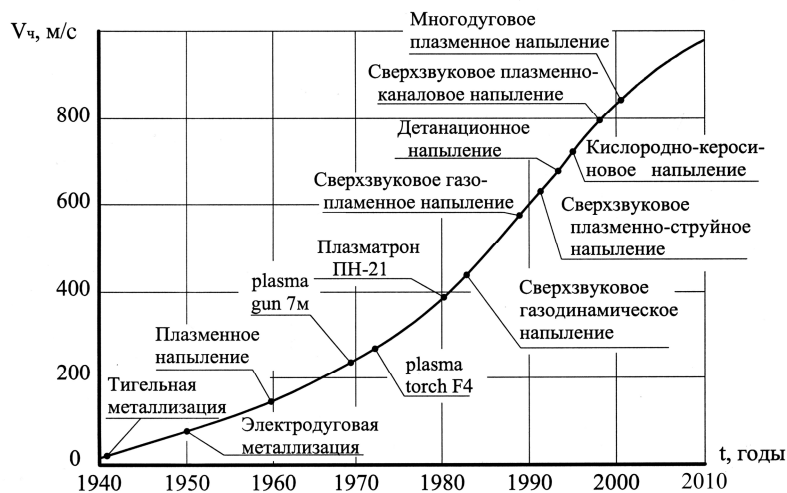


Рис. 1. Хронологическая зависимость скорости частиц порошка для некоторых способов газотермического напыления

Анализируя представленные данные видно, что в последние годы появились и получают свое развитие новые способы газотермического напыления: сверхзвуковое газопламенное напыление, сверхзвуковое плазменное напыление, сверхзвуковое газодинамическое напыление, сверхзвуковое газоздушное напыление и др.

Способы получения газотермических покрытий со сверхзвуковой скоростью частиц в мировой практике получили название HVOF («High-Velocity-Oxygen-Fuel» – «Высокая скорость-Кислород-Топливо») и HVAF («High-Velocity-Air-Fuel» – «Высокая скорость-Воздух-Топливо»). Система «HVAF» характеризуется использованием сжатого воздуха как в качестве окислителя (вместо кислорода), так и в качестве хладагента для охлаждения камеры сгорания [1, 4].

Покрытия, полученные вышеприведенными способами, в отличие от традиционных газотермических способов характеризуются гораздо более высокими эксплуатационными характеристиками, могут наноситься на изделия сложной формы, изготовленные практически из любых металлов и сплавов.

Технологическая схема нанесения покрытий высокоскоростным газотермическим напылением представлена на рис. 2.

Широкий набор материалов, высокие производительность и характеристики покрытий, полученных высокоскоростным газопламенным напылением, позволяют эффективно использовать данный метод для нанесения антикоррозионных и износостойких покрытий в различных сферах. Такие покрытия успешно заменяют электролитический хром, устойчивы к высокотемпературной

коррозии в агрессивных средах, могут использоваться в ремонтном производстве, авиации и энергетике для паровых и газовых турбин, эффективно работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания.

В рамках практического использования газотермических методов напыления, весьма интересен опыт японской фирмы «Mishima Cosan», которая использует сверхзвуковое газопламенное напыление для нанесения покрытий на стенки кристаллизаторов установок непрерывной разливки стали. Данная технология, позволяет получать плотные покрытия стабильного качества, позволяющие заменить гальванические покрытия на основе никеля [5]. Микроструктура формируемых покрытий представлена рис. 3. Некоторые характеристики покрытий «Ni-Cr», полученных сверхзвуковым напылением и гальванических покрытий «Ni», приведены в таблице 1.

При повышенных температурах твердость «Ni-Cr» газотермического покрытия также значительно выше, чем у «Ni» гальванопокрытия (рис. 4).

Сравнение покрытий, полученных HVOF и гальванических покрытий по износу и коэффициенту трения при повышенных температурах, показывает аналогичные зависимости (рис. 5). Из приведенных данных видно, что износостойкость покрытий, полученных сверхзвуковым газопламенным напылением, значительно выше износостойкости гальванических покрытий. Общий вид образцов, прошедших испытания, представлен на рис.6.

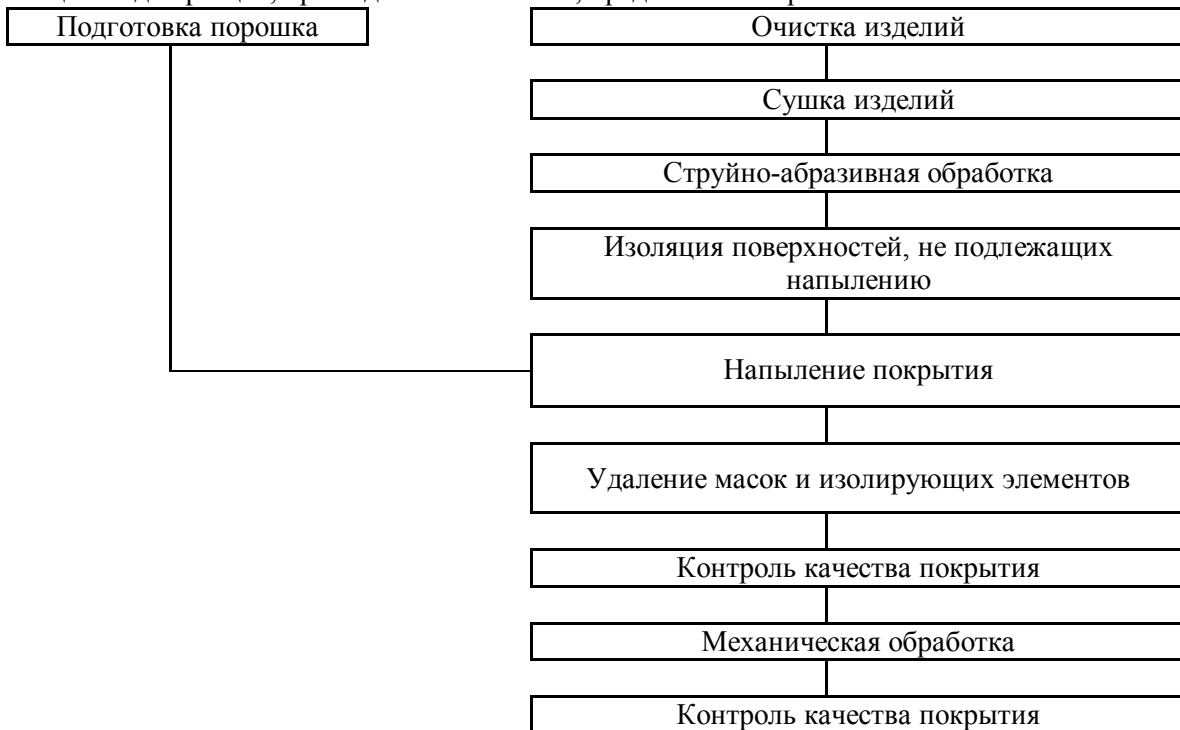


Рис. 2. Технологическая схема нанесения покрытий высокоскоростным газотермическим напылением



Рис. 3. Микроструктура покрытия «Ni-Cr», полученного сверхзвуковым газопламенным напылением (шкала, мм)

Таблица 1.

Некоторые характеристики покрытий, нанесенных на стенки кристаллизатора при 20 °С [5].

Покрытие	Твердость, HV	Теплопроводность, Ккал/ м.ч. град	Линейное расширение $\times 10^6$, 1/град
«Ni-Cr», полученное сверхзвуковым напылением	600	10	13
«Ni», полученное гальваническим способом	200	72	14

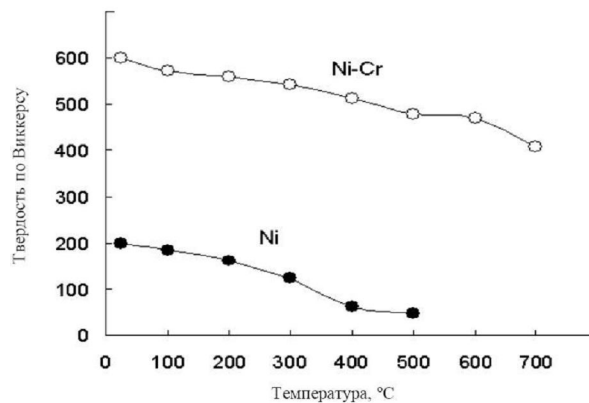


Рис. 4. Твердость «Ni-Cr» газотермического покрытия (HVOF) и «Ni» гальванопокрытия при повышенных температурах

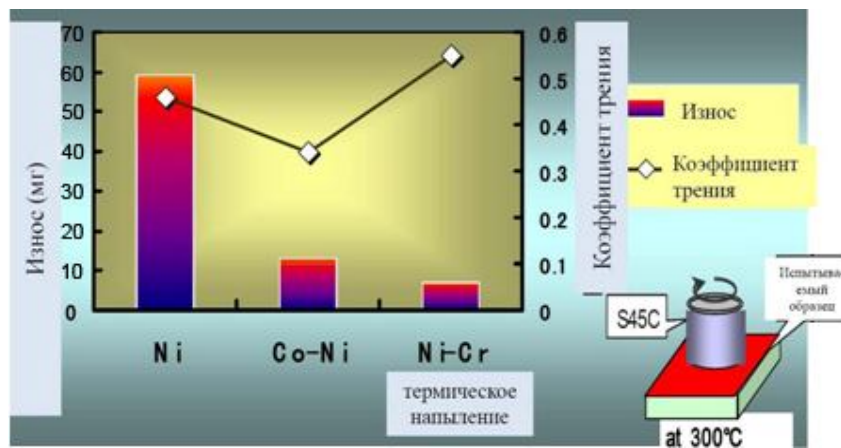


Рис. 5. Сравнение износа и коэффициента трения «Ni-Cr» газотермического покрытия (HVOF), «Co-Ni» и «Ni» гальванопокрытий при высокотемпературных испытаниях

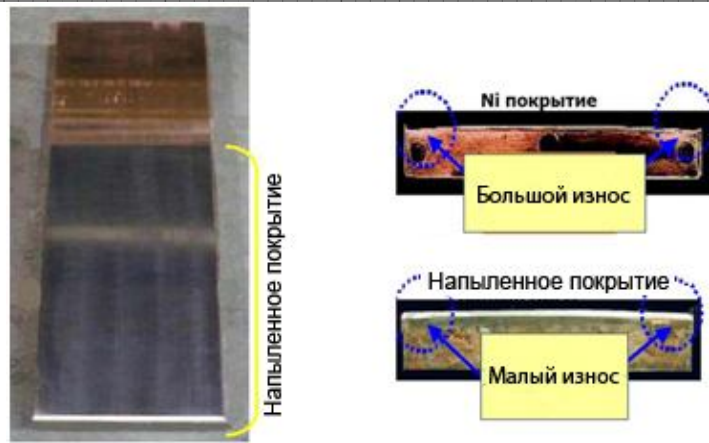


Рис. 6. Общий вид образцов, прошедших испытания

В настоящее время сверхзвуковые способы напыления получают широкую поддержку среди специалистов-производственников в области восстановления и упрочнения изношенных деталей, увеличения износостойкости, защиты изделий от коррозии, повышения тепло- и электропроводности. По этим направлениям интенсивно ведутся теоретические и экспериментальные исследования, как в России, так и за рубежом. Вместе с тем, многие факторы формирования покрытий еще не достаточно изучены.

Дальнейшие перспективы развития высокоскоростных способов напыления, обусловлены, прежде всего, возможностью получения покрытий с физико-механическими и эксплуатационными свойствами, недоступными для гальванических и традиционных газотермических методов напыления, надежностью, простотой, компактностью применяемого оборудования, высокой производительностью и др.

1. Балдаев Л. Х., Борисов В. Н., Вахалин В. А. Газотермическое напыление: Учебное пособие для вузов / Под общ. ред. Л. Х. Балдаева. — М.: Маркет ДС, 2007. — 344 с.
2. Кузнецов, Ю.А. Восстановление и упрочнение деталей машин и оборудования АПК микродуговым оксидированием: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.03. — М., 2006. — 400 с.
3. Кузнецов Ю.А. Ресурсосберегающие технологии газотермического напыления при ремонте машин // Вестник ОрелГАУ. №1(16). — 2009. — С. 13-15.
4. Алхимов А.П., Клинков С.В., Косарев В.Ф. и др. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика / Под ред. В.М. Фомина. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 536 с.
5. Масато Т. Фирма «Mishima Kosan», Япония. Кристаллизаторы установок непрерывной разливки стали от Mishima Kosan. Электроплакирование и термическое напыление / Новые направления в развитии оборудования непрерывной разливки металлов: Материалы международного научно-практического семинара./ Отв. редактор докт. техн. наук Ю.С. Коробов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009, 110 с.