

Термокинетический метод нанесения покрытий и специальная модификация оборудования ДИМЕТ

КАШИРИН А.И., ШКОДКИН А.В., КЛЮЕВ О.Ф.

Обнинский центр порошкового напыления, Обнинск, Россия

Газодинамические методы составляют особую группу способов напыления металлических покрытий из порошковых материалов. Суть этих методов состоит в том, что частицы порошковых материалов ускоряются в сверхзвуковом сопле (сужающемся-расширяющемся сопле Лавалья) сверхзвуковым потоком газа (в частности, воздуха) и наносятся на поверхность изделия в твердом, нерасплавленном состоянии.

Одной из отличительных особенностей газодинамических методов, как известно, является то, что в процессе нанесения покрытий не применяются никакие горючие газы или жидкости, используются только предварительно сжатые и не опасные газы. Закрепление частиц на поверхности обрабатываемого изделия происходит обычно за счет энергии, выделяемой в зоне контакта частицы с подложкой при ударе высокоскоростной частицы о подложку. При этом кинетическая энергия частиц в зоне контакта частицы с подложкой преобразуется в тепловую энергию и энергию связи.

Для формирования покрытия существенное значение имеет процесс пластической деформации частиц при их соударении с подложкой. Именно за счет него выделяется тепловая энергия, обеспечивающая образование связей и закрепление частиц на поверхности основы. Поскольку частицы обычно находятся в твердом состоянии, без какого-нибудь теплового «размягчения» (уменьшения прочности), то при ударе о поверхность существенную роль играет упругое взаимодействие частиц и подложки, которое способствует скорее их отскоку от поверхности подложки, чем закреплению этих частиц на ней. В силу этого увеличение пластичности напыляемых частиц должно способствовать увеличению эффективности процесса создания покрытия, т.е., росту коэффициента напыления порошкового материала. Пластичность материала частицы, в свою очередь, увеличивается с ростом температуры частицы, вплоть до ее плавления.

Во всех существующих в настоящее время модификациях газодинамического метода обеспечивается более или менее эффективное ускорение частиц в сверхзвуковом газовом потоке в сопле. Однако при этом практически не достигается сколько-нибудь значительного нагрева и «размягчения» частиц. Отсутствие же «размяг-

чения» частиц, как указывалось, препятствует росту коэффициента напыления порошкового материала.

Простое увеличение температуры газа обычно не решает проблемы. Так при вводе частиц в дозвуковой поток газа излишний нагрев газа (и частиц) ведет к налипанию частиц на стенки сопла, особенно в критическом его сечении. С другой стороны, даже при значительном предварительном нагреве сжатого газа его температура в сверхзвуковой части сопла сильно уменьшается. Поэтому при вводе частиц непосредственно в сверхзвуковой поток они нагреваются незначительно.

На рис.1 и рис.2 штриховыми линиями качественно показано распределение параметров газа и частиц в сопле при напылении одним из известных способов [1].

В предлагаемом новом способе увеличение коэффициента напыления порошковых материалов происходит за счет повышения температуры напыляемых частиц. Для этого после ускорения частиц в сопле сверхзвуковым потоком газа (участок ускорения) осуществляется торможение сверхзвукового потока газа в сопле до скорости, меньшей скорости звука, и при дальнейшем движении частиц в сопле происходит их нагрев этим дозвуковым потоком газа (участок нагрева).

На рисунках 1 и 2 сплошной линией качественно показано распределение параметров газа и частиц в сопле при напылении предлагаемым способом. При этом существенно то, что скорость частиц в сопле на участке нагрева уменьшается незначительно, а температура растет существенно.

Поскольку в формировании покрытия важную роль играет как кинетическая, так и тепловая энергия частиц, авторы называют данный метод «термокинетическим».

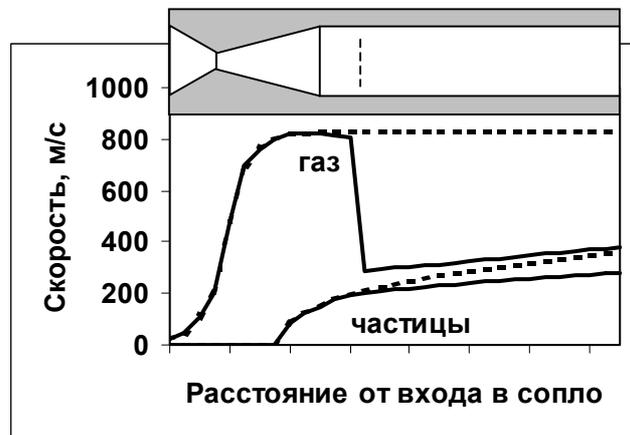


Рис. 1

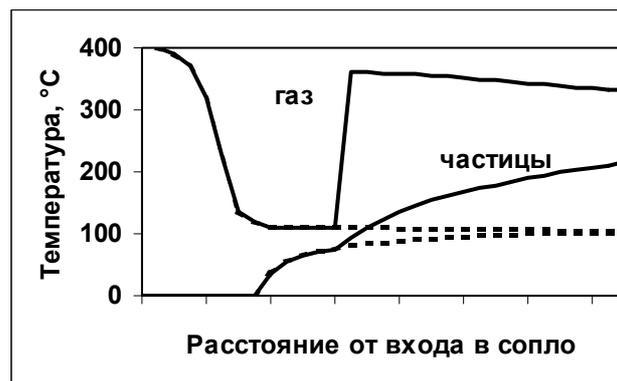


Рис. 2

Для перевода сверхзвукового газового потока в сопле в дозвуковой поток с соответствующим повышением его температуры, можно использовать разные технические приемы. В частности, в закритической части сопла после расширяющегося участка оно может содержать достаточно протяженный участок (участки) с постоянной площадью поперечного сечения (рис. 1). В этом случае торможение сверхзвукового потока осуществляется за счет трения о стенки сопла. На цилиндрическом участке ускорения, после скачкообразного перехода газа на дозвуковой режим течения (на схеме сопла это место отмечено штриховой линией), его скорость, хоть и меньше скорости звука, тем не менее, может составлять несколько сот метров в секунду. Соответственно, и скорость частиц будет оставаться достаточно высокой, что позволяет говорить о значительном влиянии кинетической энергии частиц на их закрепление на подложке.

В другом случае на определенном участке сопла может быть значительно увеличена площадь его поперечного сечения - скачкообразно или постепенно, как это показано на рис. 3. При таком профиле сопла реализуется течение газа в сопле в существенно нерасчетном режиме, с сильным перерасширением. Положение скачка уплотнения в сопле (места перехода к дозвуковому течению) определяется конкретными соотношениями поперечного сечения сопла и его критического сечения.

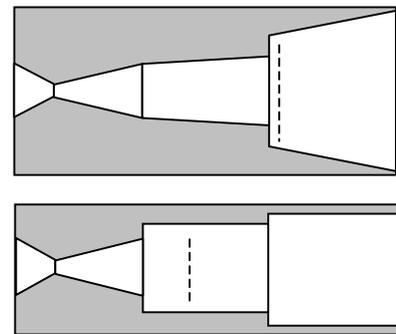


Рис. 3

Естественно, что практическая реализация нового метода возможна далеко не для всех металлов и зависит как от физических свойств самих металлов, так и от характеристик порошков, приготовленных из них.

Одним из удачных вариантов применения термокинетического метода является напыление с его помощью баббитов. Для этой цели был разработан специальный сопловой блок СББ-03 для работы в составе оборудования ДИМЕТ [2, 3]. Основными элементами блока являются термокинетические насадки, обеспечивающие пятно нанесения покрытия диаметром порядка 8 и 30 мм (рис.4).



Рис. 4

На рис. 5 приведен внешний вид ручного напылительного блока ДИМЕТ с термокинетической насадкой в работе.

С помощью комплекта оборудования ДИМЕТ с сопловым блоком СББ-03 легко осуществляется напыление баббитов Б83 и БК-2.

Прочность сцепления напыленного баббитового слоя со стальной подложкой составляет 20-25 МПа, пористость - 5-7%. Процесс технологически очень прост и дает стабильные повторяющиеся результаты.

Возможность значительного варьирования размера пятна напыления позволяет не только наносить покрытие на большую площадь поверхности, но и обрабатывать отдельные участки, например имеющие локальные повреждения баббитового слоя.



Рис. 5

Литература

1. Каширин А.И., Ключев О.Ф., Буздыгар Т.В. «Устройство для газодинамического нанесения покрытий из порошковых материалов». Патент РФ № 2100474 на изобретение. 1996.

2. Ключев О.Ф., Каширин А.И., Буздыгар Т.В., Шкодкин А.В. «Устранение дефектов алюминиевого литья и повреждений деталей автомобильных двигателей с помощью оборудования ДИМЕТ». В сб. «Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций», материалы 4-й Всероссийской практической конференции, СПб, апрель, 2002, стр. 136-140.

3. Ключев О.Ф., Каширин А.И., Буздыгар Т.В., Шкодкин А.В. «Оборудование ДИМЕТ для нанесения металлических покрытий. Способы практического применения». В сб. «Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций», материалы 5-й Международной практической конференции-выставки, СПб, апрель, 2003, стр. 160-164.