

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИИ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ СВЕРХЗВУКОВЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

*Р. А. Карташов, 3 курс, факультет агротехники и энергообеспечения  
Научный руководитель – д.т.н. профессор Ю. А Кузнецов  
Орловский государственный аграрный университет*

Газодинамический сверхзвуковой способ напыления покрытий разработан на основе открытого в 80-х годах 20-го века эффекта закрепления твердых частиц, движущихся со сверхзвуковой скоростью, на поверхности при соударении с ней [1].

Суть газодинамического напыления (ГДН) состоит в том, что мелкие металлические частицы, находящиеся в твердом состоянии, ускоряются сверхзвуковым газовым потоком до скорости несколько сотен метров в секунду и направляются на восстанавливаемую поверхность детали. Сталкиваясь с поверхностью в процессе высокоскоростного удара, частицы закрепляются на ней, формируя сплошное покрытие. При этом частицы порошка обычно имеют температуру значительно ниже температуры их плавления. Схема формирования покрытий сверхзвуковым газодинамическим напылением представлена на рис. 1. [1].

Типичная структура покрытия, сформированного ГДН, представлена на рис.2.

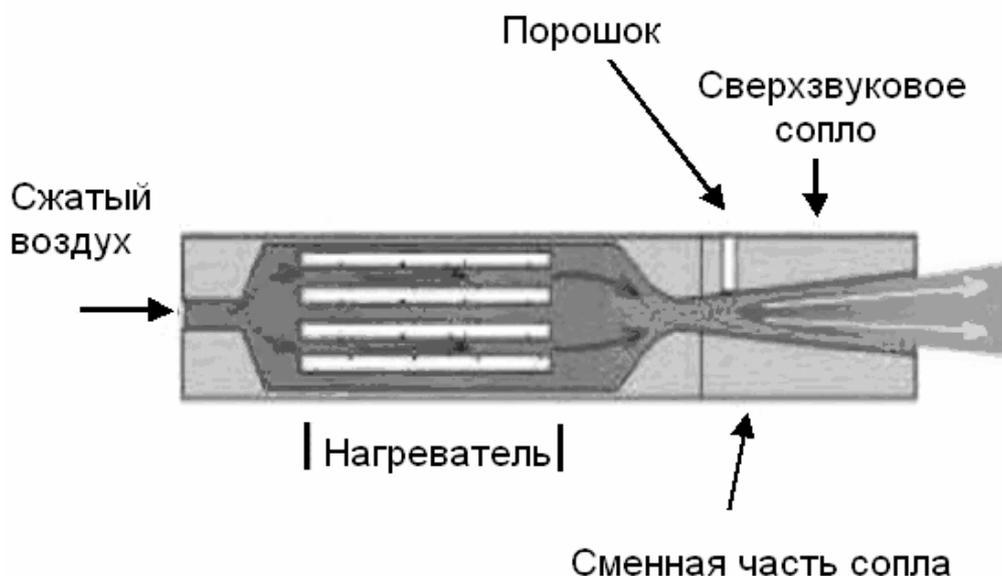


Рисунок 1. – Схема формирования покрытий способом ГДН [1].

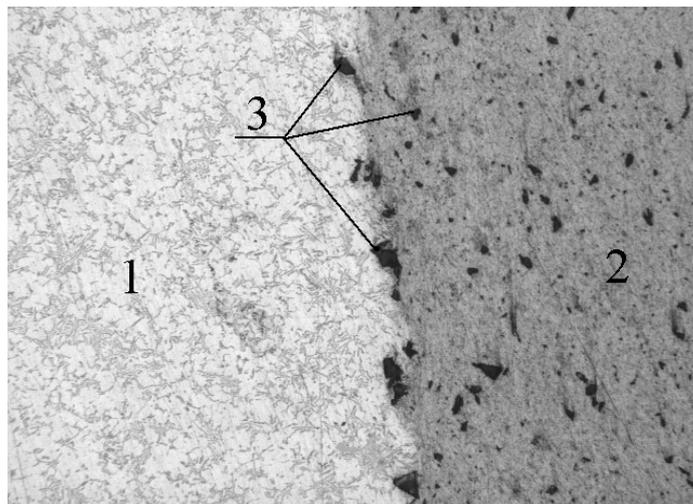


Рисунок 2. – Микроструктура покрытия, полученного ГДН из порошкового материала марки А-80-13, 200<sup>х</sup>. 1 – основа, 2 – покрытие; 3 – частицы оксида алюминия. Режимы напыления: давление воздуха в напылителем блоке – 0,7 МПа; дистанция напыления – 15 мм; температура нагрева воздуха в напылителем блоке – 400 °С.

Ниже представлены результаты исследования адгезии покрытий, сформированных ГДН.

Для нанесения порошковых материалов на образцы использовали комплект для сверхзвукового газодинамического напыления «ДИМЕТ-403» (рис. 3), разработанный и изготовленный в Обнинском центре порошкового напыления. Прочность сцепления покрытий определяли штифтовым методом. Образцы изготавливали из алюминиевого сплава АК7ч. При напылении покрытий использовали порошок марки А-80-13 ТУ 1791-011-40707672-00.

Исследования адгезии напыленных покрытий в зависимости от температуры нагрева воздуха в напылителем блоке установки (рис. 4) показали, что с увеличением температуры адгезионная прочность покрытий снижается.

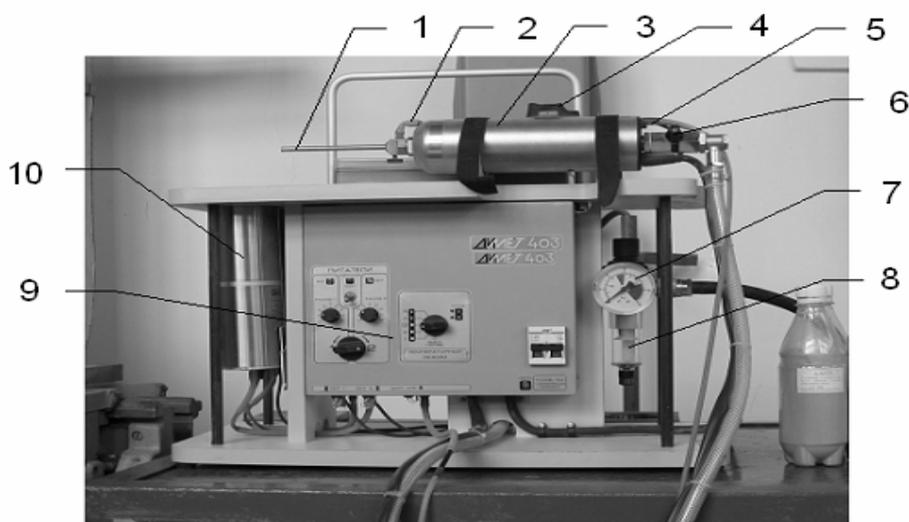


Рисунок 3 – Общий вид комплекта «ДИМЕТ-403» для сверхзвукового газодинамического напыления порошковых материалов: 1 – сопло СК-6; 2 – силиконовый переходник; 3 – напылитель ДМ-43; 4 – кнопка подачи порошка; 5 – трубка подачи порошка; 6 – пневмокран напылителя; 7 – манометр; 8 – фильтр-регулятор N204-DOO; 9 – блок контроля и управления БКУ-03; 10 – питатель ПВ-43.

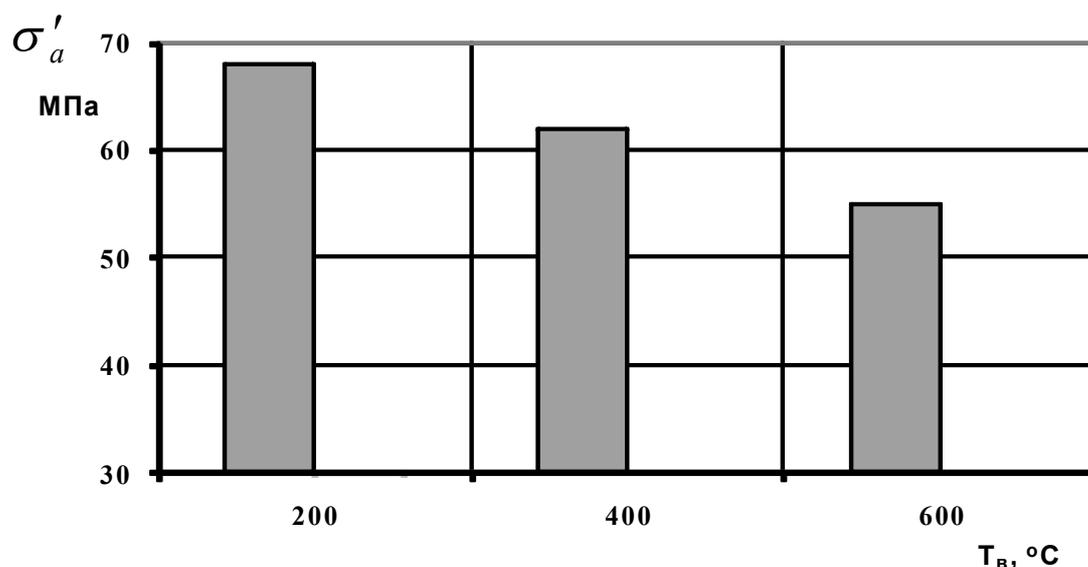


Рисунок 4 – Зависимость прочности сцепления покрытий от температуры нагрева воздуха в напылительном блоке.

Это объясняется тем, что с увеличением температуры воздуха увеличивается термодинамическая активность напыляемых частиц. Поэтому, закрепляться на поверхности будут не только частицы, обладающие достаточной кинетической энергией для этого, но и частицы с меньшей кинетической энергией, но с большей температурой. Это приводит к увеличе-

нию эффективного использования напыляемого материала, с одновременным снижением адгезии покрытия. Из рис. 4 видно, что максимальная прочность сцепления покрытий с основой достигается при нагреве воздуха в напылительном блоке около 200 °С. Однако, можно заметить, что при данной температуре наблюдается низкий коэффициент использования порошкового материала (4-8%). При увеличении температуры нагрева воздуха в напылительном блоке до 400 °С коэффициент использования порошка достигает 12-15%. Следовательно, наиболее рациональным температурным режимом будет являться режим, обеспечивающий нагрев воздуха в напылительном блоке установки «ДИМЕТ-403» около 400 °С.

Таким образом для установки ГДН «ДИМЕТ-403» можно рекомендовать следующий температурный режим напыления порошкового материала А-80-13:

- температура нагрева воздуха в напылительном блоке – 400 °С;
- фракция порошка А-80-13 – 40 мкм;

При формировании покрытий на указанных режимах ГДН прочность их сцепления с основой составит на алюминиевом сплаве АК 7ч – 55...63 МПа.

Данная технология может успешно реализовываться при восстановлении посадочных поверхностей под подшипники корпусных деталей, герметизации трещин блоков двигателей, радиаторов и испарителей холодильников, автокондиционеров, теплообменников и т.д. [2].

Рассмотренный выше новый сверхзвуковой способ позволяет значительно расширить возможности традиционного газотермического напыления покрытий, используемого при восстановлении деталей. Полученные покрытия характеризуются более высокой адгезией, низкой пористостью, могут наноситься на изделия сложной формы, изготовленные практически из любых металлов, а также на керамику и стекло.

#### Литература:

1. Ключев О.Ф. Оборудование «ДИМЕТ» для нанесения металлических покрытий. Ключев О.Ф., Каширин А.И., Бuzдыгар Т.В., Шкодкин А.В. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Надежность и ремонт машин». В 3-х томах. Т.2-«Материалы, технологии и оборудование для восстановления, упрочнения и изготовления деталей машин и инструмента». – Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2004. – С. 11-15.

2. Кузнецов Ю.А., Кулаков К.В. Батищев А.Н. новые способы газотермического напыления покрытий Механизация и электрификация сельского хозяйства. №7.– 2008. – С. 34-36.