

А.С.Шамшур, канд.техн.наук, Н.Г.Сагателян,
Фазль Хади Вардак (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ НАПЫЛЕННЫХ СЛОЕВ С ОСНОВАНИЕМ

Прочность сцепления покрытия с основанием – функция многих технологических параметров покрытия, основания и процессов напыления и оплавления. Сцепление покрытия с основанием возникает в результате действия сил механического зацепления, слабых невалентных сил взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса) и сил межатомного взаимодействия. Силы двух первых типов ощутимы при напылении на материалы с сильно развитой поверхностью (графит, пористая керамика и т. п.). В остальных случаях они характеризуются нестабильностью и низким уровнем.

Силы межатомного взаимодействия, проявляющие себя в приваривании напыленных частиц к основанию, являются основными силами, характеризующими прочность сцепления.

Чтобы возникли силы межатомного взаимодействия, требуется химическое сродство материала покрытия и основы, атомы и молекулы, приводимые в соприкосновение, должны обладать энергией, достаточной для преодоления активационного барьера и возникновения какого-либо рода межатомной связи.

Для каждой пары покрытие – основание существует определенная температура в контакте, при которой возникают межатомные связи. Повысить эту температуру можно либо путем перегрева напыляемых частиц, либо подогревом напыляемой поверхности. Так, при напылении алюминида никеля энергия экзотермической реакции образования алюминида никеля приводит к перегреву частиц. Поэтому покрытия из алюминида никеля часто рекомендуются как подслои.

Что же касается нагрева напыляемой подложки, то практика показала, что при нагреве сталей свыше 200°C напыляемая поверхность интенсивно окисляется и прочность сцепления значительно снижается.

Повысить температуру в контакте напыляемая частица – основание можно, если напыление производить на шероховатую поверхность. Причем шероховатость поверхности должна быть соизмерима с размером частицы напыляемого материала [1]. При соударении нагретой частицы с вершиной выступа часть тепловой энергии частицы отдается основанию, и так как объемы ос-

нования и частицы соизмеримы, происходит как бы нагрев подложки, т. е. преодоление активационного барьера возникновения межатомного взаимодействия.

Технологическим способом повышения прочности сцепления напыленного слоя с основанием является повышение общепотенциальной энергии напыляемой поверхности путем ее пластического деформирования. При пластической деформации поверхностных слоев работа, затраченная на деформацию, частично превращается в тепловую, частично поглощается, повышая общепотенциальную энергию основания. В процессе соударения нагретой частицы с основанием при определенной температуре потенциальная энергия искаженной кристаллической решетки за счет снижения энергии активации выделяется в виде тепла. Если сообщить атомам подложки некоторую дополнительную энергию, то они будут активнее химически взаимодействовать с атомами напыляемой частицы.

При дробеструйной обработке создания шероховатости поверхности за счет наклепа повышается общепотенциальная энергия основания.

Значительное повышение прочности сцепления можно получить, если в процессе напыления разрушать окисную пленку на поверхности напыления. В частности, при плазменном напылении очистку напыляемой поверхности можно производить током обратной полярности [2]. На рис. 1 показана схема очистки поверхности током обратной полярности.

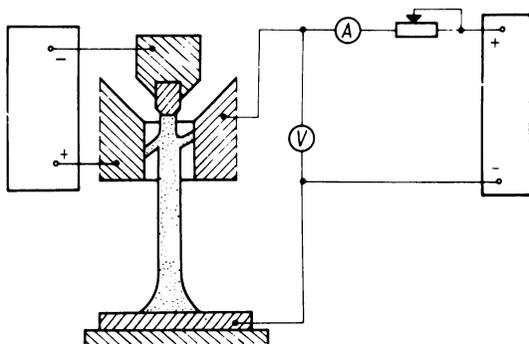


Рис. 1. Блок-схема очистки поверхности током обратной полярности.

Так как плазменная струя обладает электрической проводимостью, то между деталью и соплом плазмотрона проходит ток. Катодное пятно в пределах узкой зоны непрерывно блуждает по поверхности изделия. При ионной бомбардировке молекуле окисной пленки сообщается кинетическая энергия, усиливающая ко-

левание ее ядер. Когда колебательный уровень движения ядер попадает в область непрерывного спектра, молекула окисла диссоциирует. Разрушение окисной пленки путем диссоциации значительно облегчается в случае, когда на молекулу окисла действует сильное электрическое поле, которое создается катодным падением напряжения и локально усиливается собственным полем иона при его приближении к поверхности окисной пленки. Электрическое поле снижает потенциальный барьер в молекуле и уменьшает ее электронные связи. Если этот барьер снижается до основного или возбужденного электронного состояния, электронные связи освобождаются и молекула разрушается.

На рис. 2 показана поверхность напыления после очистки ее током обратной полярности. При этом напряжение источника тока обратной полярности составляло 250 В, сила тока – 5 А.

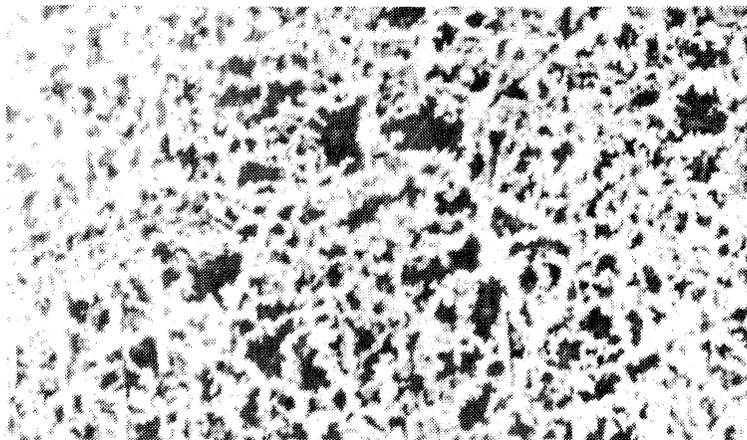


Рис. 2. Поверхность напыления после очистки током обратной полярности.

При поверхностном упрочнении крупногабаритных деталей напылением самофлюсующимися твердыми сплавами с последующим их оплавлением не всегда удается получить диффузионное сцепление оплавленного слоя с основанием. При нагреве напыленного слоя газопламенными горелками или с использованием ТВЧ из-за низкой теплопроводности этого слоя в зоне контакта напыленный слой – основание возникает значительный градиент температур. Зона перехода находится в худших температурных условиях, чем поверхность напыленного слоя. Для гарантированного обеспечения диффузионного перехода нами перед напылением самофлюсующихся твердых сплавов на поверхность напыления наносился слой сплавов на медной основе (бронза, латунь). Температура плавления подложки была значительно ниже,

чем температура плавления самофлюсующегося твердого сплава. В процессе оплавления подложка плавилась раньше, чем напыленный слой. При этом происходило перемешивание (диффузионное) подложки и прилегающего к ней самофлюсующегося твердого сплава. На рис. 3 показана зона переходного слоя после напыления и после оплавления.

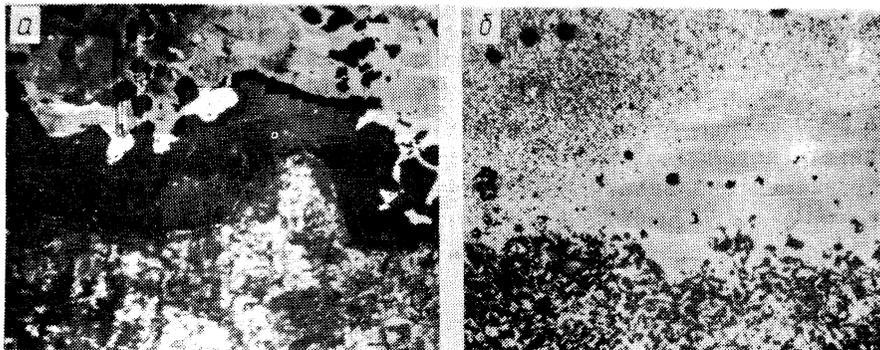


Рис. 3. Зона переходного слоя: а – с напылением подслоя из бронзы; б – после оплавления.

Следовательно, дальнейшее изучение вопросов контактного взаимодействия материалов при напылении, изучение физико-химического взаимодействия напыляемых материалов и основания позволит обоснованно выбрать тот или иной технологический способ повышения прочности сцепления напыленного слоя с основанием и обеспечить гарантированное качество упрочненных изделий.

Л и т е р а т у р а

1. Голего Н.Л., Панамарчук В.Г. О влиянии шероховатости материала с титановой основой на прочность сцепления плазменных никелевых покрытий. – В сб.: Физико-химическая механика материалов. Киев, 1974, вып. 6, с. 32. 2. Микроплазменная сварка / Под ред. акад. Б.Е.Патона. – Киев, 1979, с. 60.