

Значение деформации для объема, претерпевшего фазовое превращение, для стали 40 составляет $3,0 \cdot 10^{16}$, для стали 10 - $3,4 \cdot 10^{16}$

$$\varepsilon = 5\sigma_a (\Delta V/V) 6\sigma_T \quad \text{для полуцикла,} \quad (1)$$

где ε - деформация при превращении;

σ_a - приложенное напряжение при протекании фазового превращения;

$(\Delta V/V)$ – относительное изменение объема;

σ_T – предел текучести.

Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что при динамическом нагружении потоком ускоренных микрочастиц их проникание происходит преимущественно в зонах протекания динамического фазового перехода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельдович В. И. [и др.] Структурные изменения в железоникелевых сплавах, вызванные действием высокоскоростного потока порошковых частиц ФММ. - 2001. - Т. 91, № 6. - 72 -79 с. 2. Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов: в двух томах/ Под ред. Панина В.Е.- Новосибирск: Наука, 1996. -Т.1.- 297с. - Т.2. - 320с. 3. Динамическая перестройка структуры материалов: Коллективная монография под ред. С.М.Ушеренко. – Мн.: НИИ ИП с ОП, 2000. – 186 с. 4. Бокштейн Б.С., Копецкий Ч.В., Швиндлерман Л.С. Термодинамика и кинетика границ зерен в металлах. – М.: Металлургия, 1986. – 224 с.

УДК 621.793.7

Соколов И.О., Спиридонов Н.В., Володько А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРЕССОВЫХ ВАЛОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В данной работе были проведены исследования физико-механических свойств наносимых газотермических покрытий из четырех композиций: ПГ-С27, ПТ-Ю10Н, ПТ-19Н-01, ПТ-19М-01 в разном объемном составе в зависи-

мости от основных технологических факторов – подготовки поверхности, дистанции напыления, предварительного подогрева поверхности, грануляции порошка.

Состав композиционных покрытий, применяемых при исследовании, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Состав композиционных покрытий,
применяемых при исследовании

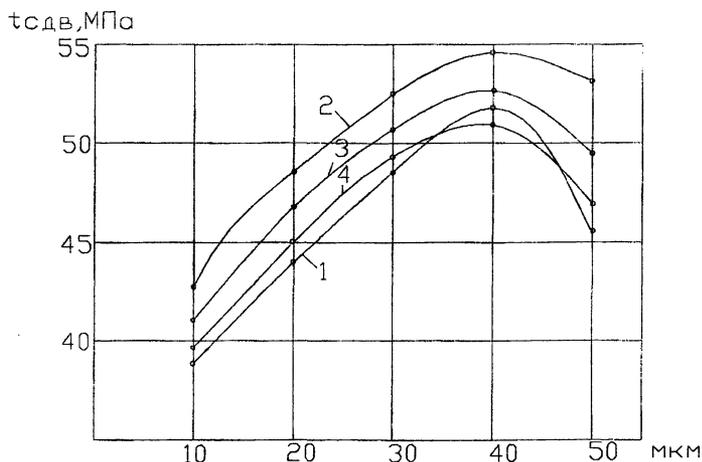
№ п/п	Состав в объемах					Износостойкость, К
	ПГ-С27	ПН-55Т45	ПТ-Ю10Н	ПТ-19Н-01	ПГ-19М-01	
Сталь 40	-	-	-	-	-	1,0
1	-	-	1	1	3	1,27
2	2	-	1,5	1	-	1,72
3	2	-	1	1	1	1,65
4	1	-	1	1	1	1,62
5	-	-	1	1	2	1,33
6	2	1	2	-	-	1,85
7	1	1	1,5	1	-	1,75

Для определения прочности сдвига напыленных слоев различными композициями и установления зависимости прочности сдвига от шероховатости напыляемой поверхности было проведено предварительное группирование образцов по значениям R_a . Для этого образцы из стали 45 дробеструились с различной выдержкой во времени и протачивались (каленные) с различной подачей и скоростями резания. После этого образцы подвергались измерению шероховатости и группировались с шероховатостью $R_a = \pm 5\%$. Группы с шероховатостью $R_a = 30 \pm 5\%$ мкм, $R_a = 40 \pm 5\%$ мкм и $R_a = 50 \pm 5\%$ мкм содержали по 5 образцов.

Результаты испытания прочности сдвига в зависимости от шероховатости поверхности при дробеструйной обработке приведены на рисунке 1, прочности сдвига от шероховатости поверхности при лезвийной обработке – на рисунке 2.

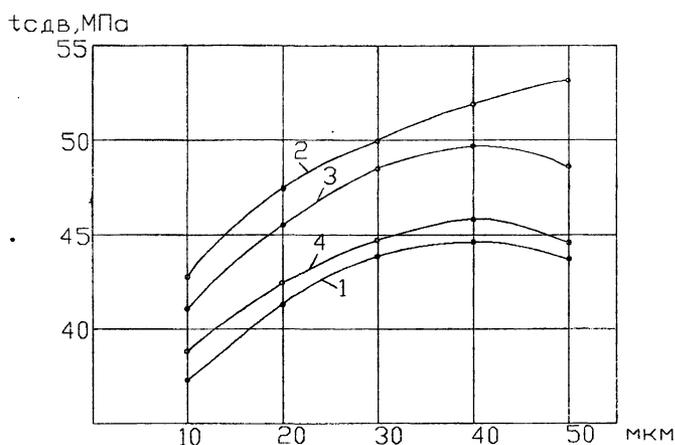
Анализируя результаты экспериментальных исследований, следует отметить, что, шероховатость поверхности существенно влияет на прочность сцепления. Максимальная прочность сдвига для всех композиций обеспечивается при параметре шероховатости 40... 45 мкм. На прочность сдвига влияет также способ обеспечения оптимальной шероховатости. При той же шероховатости прочность сдвига больше у образцов, подвергнутых дробеструйной обработке. Очевидно, при дробеструйной обработке кроме шероховатости на прочность сдвига оказывает влияние повышение общепотенциальной энергии поверхности (наклеп). В поверхностях, подвергнутых дробеструйной обработке, запас

поглощенной энергии больше, чем при лезвийной.



1 – Композиция №1; 2 – Композиция №2;
3 – Композиция №3; 4 – Композиция №4

Рис.1. Зависимость предела прочности на сдвиг от шероховатости напыленной поверхности (дробеструйная обработка)



1 – Композиция №1; 2 – Композиция №2;
3 – Композиция №3; 4 – Композиция №4

Рис.2. Зависимость предела прочности на сдвиг от шероховатости напыленной поверхности (лезвийная обработка)

На прочность сдвига оказывает большое влияние и состав композиций. У композиции №1 имеется по объему больше алюминидов, которые при напылении за счет экзотермической реакции повышают температуру частиц, а следовательно, и прочность сдвига.

Параметры шероховатости исходной поверхности, обуславливающие максимальную прочность сцепления покрытия с основой (сталь 45), обеспечиваются следующими режимами обработки и геометрией режущего инструмента со вставкой из гексанита: скорость резания $V = 90 \dots 100$ м/мин, подача $S = 0,4 \dots 0,55$ мм/об, радиус при вершине резца $R_b = 0,3 \dots 0,8$ мм, глубина резания

$t = 0,4...0,7$ мм, главный и вспомогательный углы в плане $\varphi = 40^\circ$, $\varphi_1 = 20^\circ$, $\gamma = 0...+2^\circ$, радиус округления режущей кромки $\rho = 0,04...0,08$ мм.

Прочность сцепления напыленных покрытий с основным металлом характеризуется способностью не отслаиваться и не разрушаться при эксплуатации напыленных деталей.

Графическая зависимость прочности сцепления с основанием в зависимости от дистанции напыления представлена на рисунке 3.

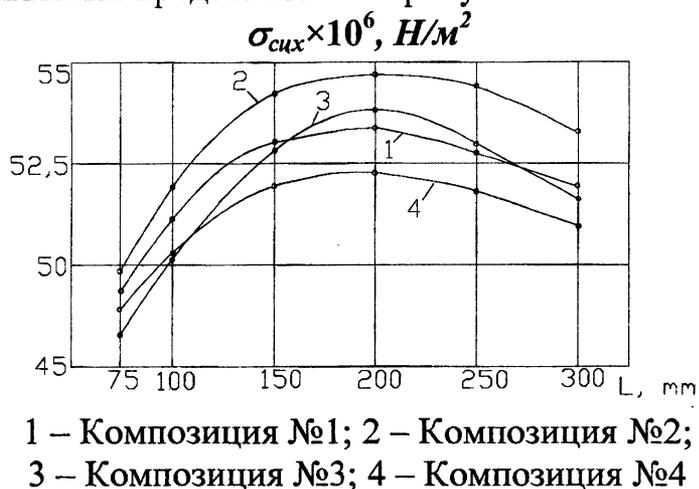


Рис.3. Зависимость прочности сцепления покрытия их композиционных материалов от дистанции напыления

Для исследования прочности сцепления покрытий с основанием образцы с кольцом дробеструились ($R_a = 40...50$ мкм) и напылялись. Толщина напыленного слоя составляла $1,5...2,0$ мм. Прочность сцепления, как и другие характеристики, зависят от режимов напыления. Для получения каждой точки на графиках при одной и той же дистанции напыления исследовалось по пять образцов.

Как видно из рисунка 3, дистанция напыления в значительной степени оказывает влияние на прочность сцепления покрытия. Это может быть объяснено следующим образом.

При напылении порошок, попадая в пламя факела горелки, начинает нагреваться. Учитывая, что время контакта частиц с горячей зоной составляет порядка $(3...5) \cdot 10^{-3}$ с, скорость нагрева составляет 10^6 град/сек. Скорость частиц также в зависимости от дистанции напыления изменяется и достигает наибольшего значения на дистанции $150...200$ мм. Следовательно, наиболее благоприятным для нагрева порошка и образования покрытия является дистанция напыления около 200 мм.

Анализируя зависимость прочности сцепления от дистанции напыления (рисунок 6), можно сделать вывод, что максимальной температуры частицы достигают на расстоянии 200 мм от сопла, а затем идет снижение температуры. Частицы меньшей грануляции (≈ 50 мкм) нагреваются более интенсивно и достигают температуры плавления на расстоянии около 120 мм от сопла горелки, а

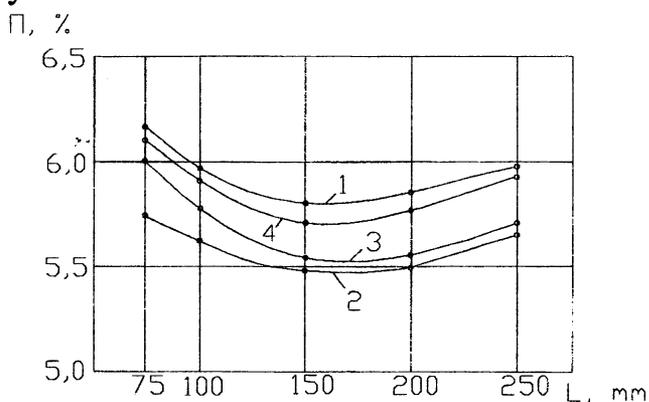
Снижение их температуры по мере удаления от сопла происходит более интенсивно. После дистанции 120 мм идет плавное увеличение прочности сцепления, а после дистанции напыления 200 мм идет резкий спад кривых.

На прочность сцепления оказывает большое влияние и состав композиций. Прочность сцепления у композиций, содержащих больше по объему порошка с алюминием, прочность сцепления больше (композиция №1). Наличие алюминия, никеля приводит за счет экзотермической реакции к перегреву частиц и, следовательно, к повышению прочности сцепления.

Напыленное покрытие формируется путем последовательной укладки большого числа нагретых до температуры плавления частиц, сопровождающейся их деформацией. Основные структурные элементы напыленного материала – зерно, частица – слой. При последовательной укладке слоев неизбежно образуются пустоты (особенно на стенках частиц). Эти пустоты или поры оказывают решающее влияние на физико-механические свойства покрытий и оценка их количества необходима при выборе рациональных режимов нанесения покрытий в каждом конкретном случае.

Пористость зависит от технологических параметров процесса напыления, расхода и давления рабочих газов, состава газовой смеси, количества подаваемого в единицу времени порошкового материала в зону горения, дистанции напыления и др. Максимальная производительность и эффективность процесса напыления обеспечиваются при соблюдении паспортных данных горелки. Поэтому исследование пористости покрытий из композиционных материалов осуществлялось при изменении факторов, не относящихся, к режимам работы газовой горелки. Основное влияние на пористость покрытий оказывает дистанция напыления и напыляемый материал. Эти параметры и были взяты для исследования.

Зависимость пористости от дистанции напыления для различных композиций приведена на рисунке 4.



1 – Композиция №1; 2 – Композиция №2; 3 – Композиция №3; 4 – Композиция №4

Рис.4. Зависимость пористости покрытия из композиционных материалов от дистанции напыления

Как видно из зависимости пористости покрытий из композиционных материалов от дистанции напыления, минимальная пористость достигается при дистанции напыления 150...200 мм. Это объясняется также, как и прочность сцепления, наибольшей температурой нагрева частиц при этой дистанции. На пористость покрытия оказывает влияние состав композиции. Наименьшая пористость 5-6% наблюдается у композиций, содержащих большее количество (по объему) алюминия. В процессе напыления за счет экзотермической реакции происходит повышение температуры частиц и при формировании покрытия они в большей степени пластически деформируются, залечивая поры. У композиции №1 пористость составляет 5,6-5,85% при дистанции напыления 180.. 220 мм.

Таким образом, проведенные исследования по определению прочности сдвига, прочности сцепления и пористости показывают, что оптимальной дистанцией напыления исследованных композиционных материалов является дистанция 180-220 мм.

Наибольшая прочность сцепления $G_{\text{сц}}$ 52-54 МПа была достигнута при шероховатости R_a 40-42, полученной при дробеструйной обработке. Достаточно высокие результаты получаются при предварительном нагрева вала до $T = 390-440$ К и лезвийной подготовке поверхности. Минимальная пористость покрытий 5,3-5,6 % достигалась при напылении композиции №2 при дистанции напыления 180-200 мм.

Была определена предельная контактная нагрузка в сопряжении «напыленная шейка прессового вала – втулка подшипника». Она составила 14,7 МПа (для 4-тонного вала), что в несколько раз ниже достигаемой прочности сцепления, а соответственно, и когезионной прочности покрытий, в результате чего можно прогнозировать длительную работу сопряжения «напыленная шейка прессового вала – втулка подшипника» без отслоений и выкрашивания покрытий.

УДК 621.793.7

Сокоров И.О., Спиридонов Н.В., Володько А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЕК ПРЕССОВЫХ ВАЛОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

При изнашивании взаимодействие поверхностей может быть механическим и молекулярным. Механическое взаимодействие выражается во взаимном