

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРОБЕСТРУЙНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕД НАПЫЛЕНИЕМ СТАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

## RESEARCH OF THE SHOT BLASTING OF SURFACE PREPARATION BEFORE SPRAYING OF STEEL COATINGS

Нураков С.<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор; Белоцерковский М.А.<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор; Калиев А.Б.<sup>1</sup>, кандидат технических наук  
Nurakov S., Belotserkovskiy M.A., Kaliyev A.B.

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева (Казахстан)

<sup>2</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси (Беларусь)

adilbekk@mail.ru, mbelotser@gmail.com

### 1. Введение.

В технологиях нанесения покрытий напылением наиболее распространенным и эффективным методом подготовки поверхности является струйно-абразивная обработка (рисунок 1). Свойства потока абразивных частиц характеризуются расходом абразива, скоростью частиц и их расположением в пятне обработки [1, 2]. С использованием такого энергетического параметра, как удельная энергия потока частиц, и исследуется зависимость адгезии напыляемых покрытий от этого параметра. Это дает возможность использовать полученные результаты при выработке технологических рекомендаций.

### 2. Основные результаты.

В экспериментах применялись корунд и колотая чугунная дробь с размером частиц 0,8–1,5 мм, диаметр выходного сопла пистолета камеры струйно-абразивной обработки составлял 6,5–7,5 мм, расход воздуха – около 40 м<sup>3</sup>/ч. Расход абразивных частиц оценивался по изменению их объема в бункере за единицу времени и контролировался весовым методом (при этом исключалось попадание отработанного абразива обратно в бункер). Обработке подвергались образцы из стали 45 для измерения прочности сцепления покрытий на отрыв штифтовым методом. Шероховатость оценивалась параметрами  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $t_p$  при помощи профилографа - профилометра модели «Talusurf-4». Параметры  $S$ ,  $S_m$  определялись по профилограммам поверхности.

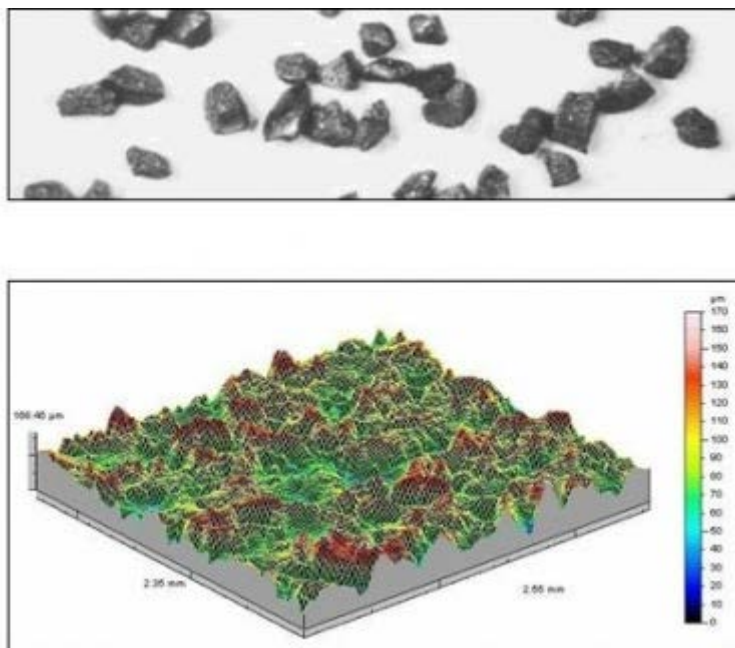


Рисунок 1 – Внешний вид частиц абразива и обработанной поверхности

Анализ параметров шероховатости поверхности после струйно-абразивной обработки (рисунок 2) показал, что формируемая поверхность имеет хорошо развитый микрорельеф, характеризуемый достаточно большими высотными параметрами, средними значениями шаговых

параметров, малыми радиусами впадин и выступов и достаточно большими углами наклона боковой стороны профиля. Все это обеспечивает надежное сцепление напыленного слоя с основой.

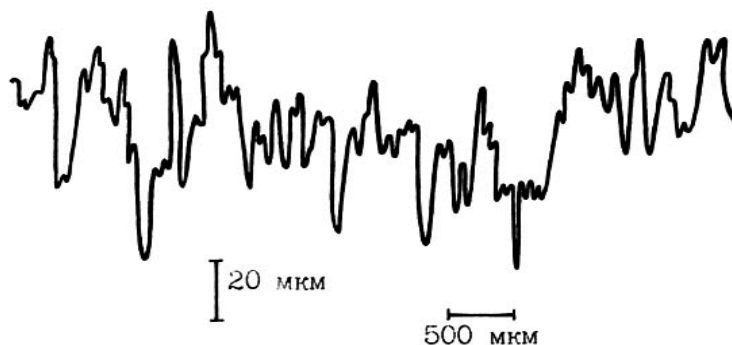


Рисунок 2 – Профилограмма поверхности детали после струйно-абразивной обработки

Было оценено влияние расстояния от среза сопла пистолета на диаметр пятна обработки и удельную энергию потока частиц корунда. Установлено, что диаметр пятна обработки поверхности практически линейно возрастает от 10 мм на дистанции 25 мм до 30 мм на дистанции 90 мм. Дальнейшее повышение дистанции несколько снижает размер пятна, хотя из геометрических соображений конус распыла не должен изменяться. По всей вероятности, падает эффективность обработки и постепенно исчезает четко выраженный светло-серый цвет пятна, свидетельствующий о качестве подготовки поверхности. Величина удельной энергии потока частиц не пропорционально уменьшается с ростом дистанции, что обусловлено сложным характером изменения скорости полета частиц абразива по длине потока.

Изучение адгезии покрытий, напыленных на поверхность образцов, подготовленных с различной удельной

энергией потока частиц, показало что максимальные значения прочности сцепления обеспечиваются после подготовки поверхности струей корунда с удельной энергией потока 70–150 кДж/с·м<sup>2</sup>, которая достигается на дистанции 50–80 мм. Большие величины  $E_v$  соответствуют меньшей дистанции обработки (менее 50 мм) (рисунок 3).

Таким образом, наиболее рациональная дистанция струйно-абразивной обработки лежит в пределах 60–80 мм.

На основании выполненных работ было установлено, что при подготовке закалённой стальной поверхности под напыление дробеструйным способом наилучшее качество получается при использовании карбида кремния. Это связано с его значительной твёрдостью (9,1 – 9,5 по шкале Мооса) и прочностью по сравнению с оксидом алюминия.

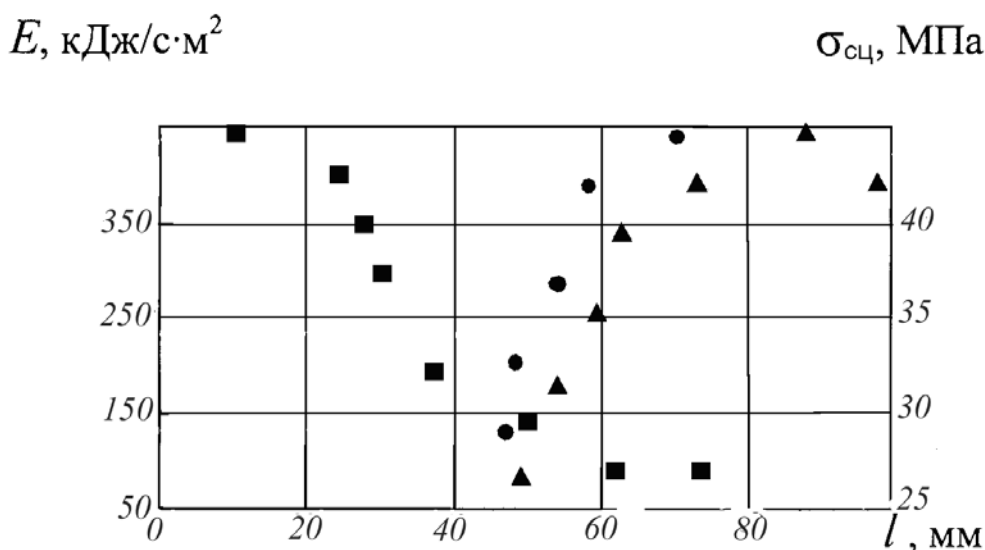


Рисунок 3 – Изменение удельной энергии потока частиц абразива (■) и прочности сцепления покрытий из сталей 12X18H10T (●) и 95X18 (▲) с увеличением дистанции струйно-абразивной обработки

Карбид кремния (карборунд) — бинарное неорганическое химическое соединение кремния с углеродом (химическая формула SiC). В природе встречается в виде чрезвычайно редкого минерала — муассанита. Порошок карбида кремния был получен в 1893 году. Используется как абразив, полупроводник, для имитирующих алмаз вставок в дешёвые ювелирные украшения.

Из-за редкости нахождения в природе муассанита карбид кремния, как правило, имеет искусственное происхождение. Простейшим способом производства является

спекание кремнезема с углеродом в графитовой электропечи Ачесона при высокой температуре (1600—2500 °С).

Известно примерно 250 кристаллических форм карбида кремния [3]. Полиморфизм SiC характеризуется большим количеством схожих кристаллических структур, называемых политипами. Они являются вариациями одного и того же химического соединения, которые идентичны в двух измерениях, но отличаются в третьем. Таким образом, их можно рассматривать как слои, сложенные в стопку в определённой последовательности.

Альфа-карбид кремния ( $\alpha$ -SiC) является наиболее часто встречающимся полиморфом. Эта модификация образуется при температуре свыше 1700 °С и имеет гексагональную решётку с кристаллической структурой типа вюрцита.

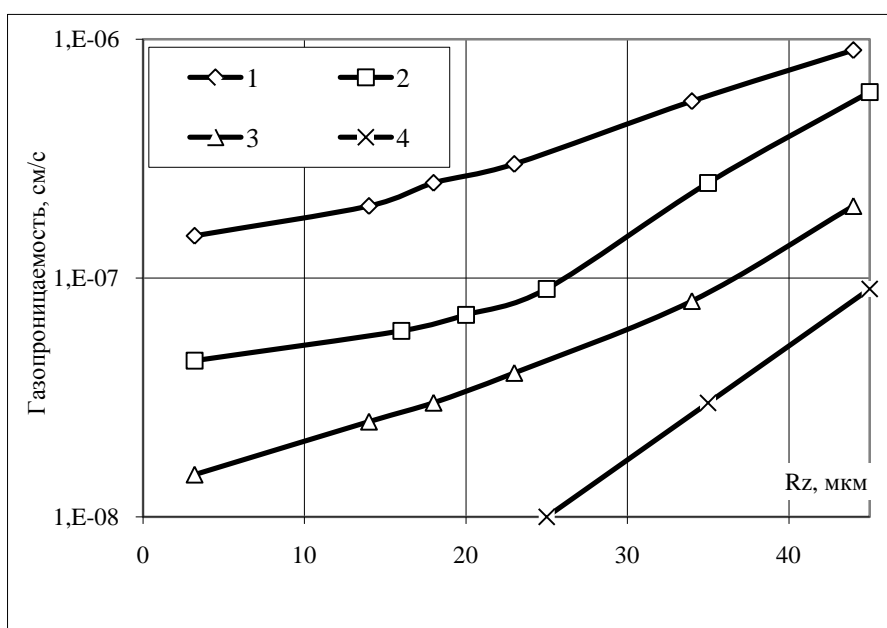
Бета-модификация ( $\beta$ -SiC), с кристаллической структурой типа цинковой обманки (аналог структуры алмаза), образуется при температурах ниже 1700 °С. До недавнего времени бета-форма имела сравнительно небольшое коммерческое использование, однако, в настоящее время в связи с использованием его в качестве гетерогенных катализаторов интерес к ней увеличивается.

Чистый карбид кремния бесцветен. Его оттенки от коричневого до черного цвета связаны с примесями железа. Радужный блеск кристаллов обуславливается тем, что при контакте с воздухом на их поверхности образуется плёнка из диоксида кремния, что приводит к пассивированию внешнего слоя.

Для количественной оценки взаимосвязи шероховатости с прочностью сцепления и газопроницаемостью был проведен ряд экспериментов.

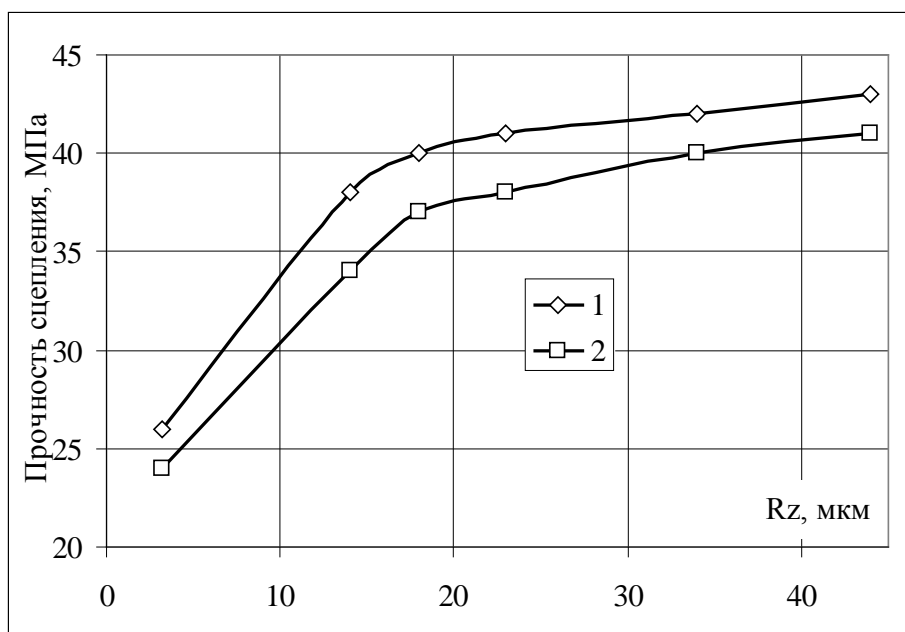
Результаты проведенных исследований влияния шероховатости поверхности на параметры покрытия приведены на рисунках 4-6. Анализ этих результатов показывает следующее.

Коррозионная стойкость покрытия с ростом шероховатости поверхности снижается вследствие увеличения его газопроницаемости (рисунок 4). Увеличение высоты микронеровностей поверхности основы до  $R_z40$  приводит к росту прочности сцепления, дальнейшее повышение шероховатости заметного влияния на этот параметр не оказывает (рисунок 5). Характер зависимости и значение величины  $\sigma_{сш}$  соответствуют данным Ю. А. Харламова и Ю. С. Борисова [4] для плазменного напыления, что говорит об аналогичном качестве плазменного напыления и покрытий, полученных методом гиперзвуковой металлизации по этому параметру. Коэффициент использования материала растет с увеличением шероховатости до  $R_z40$ . В дальнейшем идет его некоторое снижение (рисунок 6).



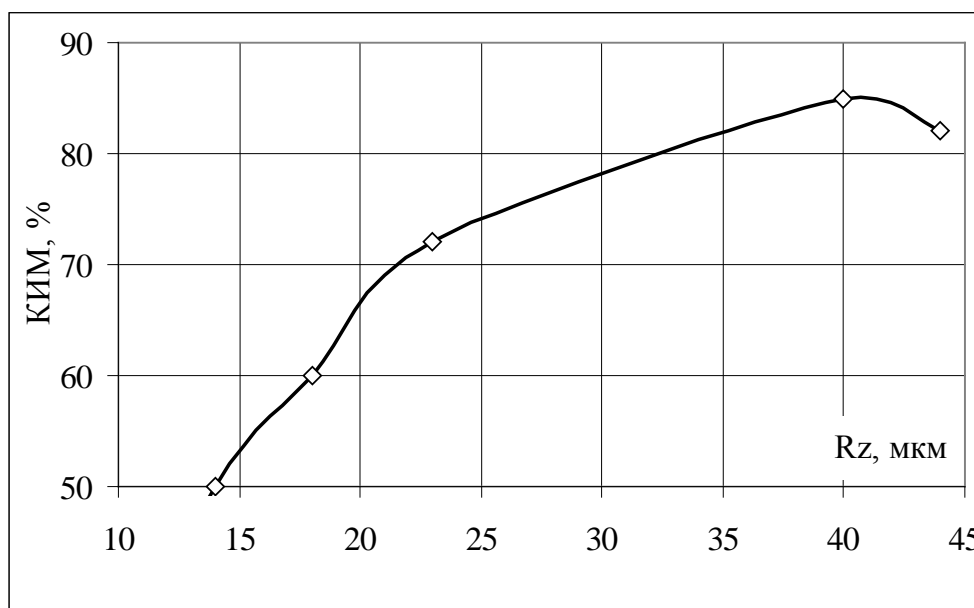
Толщина слоя: 1, 2 – 0,15 мм, 3, 4 – 0,20 мм;  
Дистанция напыления: 1, 3 – 150 мм,  
2, 4 – 100 мм  
Рисунок 4 – Влияние шероховатости поверхности основы на газопроницаемость

стальных покрытий



Толщина слоя 0,15 мм; дистанция напыления: 1 – 150 мм; 2 – 100 мм

Рисунок 5 – Влияние шероховатости поверхности основы на прочность сцепления стальных покрытий



Толщина слоя – 0,15 мм; дистанция напыления - 150 мм

Рисунок 1.23 – Влияние шероховатости поверхности основы на коэффициент использования стали

Из приведенных данных видно, что рациональное сочетание параметров покрытий из легированной стали – газопроницаемости, прочности сцепления, КИМ – достигается при шероховатости поверхности  $R_z = (30 - 35)$  мкм.

На основании опытных данных разработаны рекомендации по режимам дробеструйной обработки стальной поверхности перед напылением покрытий (таблица 1).

Таблица 1 – Рекомендуемые режимы обработки стальной поверхности при нанесении стальных покрытий

| Режимы дробеструйной обработки              | Значения    |
|---|-------------|
| Расход абразива, кг/с                       | 0,05 – 0,07 |
| Размер абразивных частиц, $\times 10^3$ , м | 1,6 – 1,8   |
| Дистанция обдува, $\times 10^3$ , м         | 80 – 100    |
| Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с           | 0,08 – 0,1  |
| Давление воздуха, МПа                       | 0,5 – 0,6   |

### 3. Заключение.

Таким образом, полученные результаты показали зависимость коррозионной стойкости, прочности сцепления и использования материала от шероховатости, установлены их оптимальные параметры, что позволило рекомендовать наиболее рациональные режимы подготовки поверхностей стальных изделий дробеструйной обработкой. Полученные данные позволяют использовать их при выработке технологических рекомендаций.

#### Список использованных источников

1. Sh. Khameneh, M. Heydarzadeh . Effect of grit-blasting parameters on the surface roughness and adhesion strength of sprayed coating† // Surface and Interface Analysis, 2010 Vol. 42, N 6-7, p. 551–554.

2. Калита В.И. Методы оценки подготовки поверхности деталей под газотермическое напыление / В.И. Калита, Л.Х. Балдаев, В.А. Лупанов [и др.] // Сварочное производство. 2005. №4. С. 42–44.

3. Абразивные порошки – состав, свойства, применение. Сб. статей под общ. ред. Азарова П.В.- М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

4. Харламов Ю. А., Борисов Ю. С. Влияние микрорельефа поверхности на прочность сцепления с газотермическими покрытиями // Автоматическая сварка. - 2001. - № 6. - С. 19-26.