

2. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков // Минск, БГАТУ, 2014. – 207 с.

3. Микроконтроллеры

<http://mcucpu.ru/index.php/ucontrollers/raznoe/157-starshie-bratya-mikrokontrollerov>. Дата доступа – 15.04.2017.

4. Ардуино <http://www.arduino.ru/> Дата доступа – 17.04.2017.

5. Уроки С++ с нуля <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/> Дата доступа – 19.04.2017.

6. [http://www.belgospatent.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=947&Itemid=74](http://www.belgospatent.by/index.php?option=com_content&view=article&id=947&Itemid=74) Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 908. Программа удаленного управления роботизированными системами «Program of remote control of robotic systems»/ Панасенко С.И., Ванькович И.А., // Заявка № С20160053, дата подачи 30.05.2016. РБ, 2016.

**Abstract.** The program can be used both for training modern specialists in robotics and for solving specific production tasks.

УДК 621.923

**Акулович Л.М.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;

**Сергеев Л.Е.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Мендалиева С.И.<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Сенчуров Е.В.<sup>1</sup>**, начальник отдела внедрения НТР НИИЭСХ  
БГАТУ

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>АО «Казахский агротехнический университет  
им. С.Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан

## **ФЕРРОАБРАЗИВНЫЙ ПОРОШОК ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗОВ**

**Аннотация.** В работе рассмотрен ферроабразивный порошок, в котором абразивной составляющей являются ультрадисперсные

алмазы. Проведены экспериментальные исследования магнитно-абразивной обработки поверхности плафонов из латуни. Определены оптимальные режимы магнитно-абразивной обработки, которые обеспечивают высокую светоотражательную способность латунных плафонов.

Повышение конкурентоспособности продукции является одной из важнейших задач современного машиностроения. Одним из параметров, характеризующих конкурентоспособность изделий машиностроения, является их ресурс работы, который всегда лимитируется той или иной деталью или сборочной единицей. В связи с развитием высокоэффективных процессов изготовления заготовок деталей машин, уменьшается значимость способов черновой обработки материалов резанием. В то же время возрастает роль методов чистой обработки резанием, которые обеспечивают геометрические и физико-механические параметры рабочих поверхностей деталей машин. Одним из перспективных методов финишной обработки эластичным инструментом является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1]. При обработке в магнитном поле переориентация абразивных частиц порошка наиболее острой кромкой к обрабатываемой поверхности осуществляется с помощью энергии магнитного поля.

Особенностью способа является ориентированное абразивное резание. В результате явлений самоорганизации частицы незакрепленного абразива под действием магнитного поля ориентируются перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Процесс микрорезания производится постоянно обновляющимися острыми кромками, т.е. на протяжении всего цикла обработки имеет место процесс ориентированного абразивного резания. Для реализации МАО не требуется изготавливать профилирующий абразивный инструмент, а также периодически его править, что в 2 – 3 раза снижает затраты на инструмент. МАО обеспечивает шероховатость поверхности  $Ra=0,01 - 0,4$  мкм, снижение температуры резания по сравнению с традиционными методами абразивной обработки, что способствует образованию нового качества поверхности и структуры поверхностного слоя.

Для эффективной МАО изделий, состоящих из материалов с различными физико-механическими и магнитными свойствами, необходим инструмент – ферроабразивный порошок (ФАП), способный обработать все элементы поверхностей сложного профиля за один переход. В связи с этим необходимо при выборе ФАП преду-

смазывать наличие составляющих, обеспечивающих качественную и эффективную обработку каждого элемента поверхности детали.

В качестве ФАП применяют достаточно большое количество материалов, которые имеют разные физические и специальные свойства. Предложено несколько классификаций ФАП. Однако развитой единой классификации магнитно-абразивных порошков не существует. Наиболее приемлемыми являются классификации по структуре частиц ФАП и по способу их получения [2]. В соответствии с этими подходами отдельно можно выделить магнитно-абразивный инструмент, который состоит из механических смесей магнитных и абразивных составляющих. В качестве магнитной составляющей чаще всего применяют порошки из обычного или легированного железа, а также, специально для работы в переменных магнитных полях – порошки магнитно твердых сплавов (*Fe-Ni-Al*, *Fe-Ni-Al-Co*, ферритов).

Абразивной составляющей могут быть практически все известные абразивные материалы (алмаз, эльбор, корунд, карбид кремния, карбид бора). В магнитном поле происходит формирование магнитно-реологического инструмента. В результате возможно создание ФАП практически любой конфигурации с управляемой интегральной твердостью. Одной из наиболее важных характеристик ферроабразивных порошков является их режущая способность. В [3], а позже в [4] рассмотрена методика ее определения как совокупность показателей: удельного съема материала за единицу времени - характеристика абразивной способности, показателя степени сохранения абразивной способности во времени и достигаемой шероховатости поверхности. Такой подход дает достаточно полную характеристику ФАП и помогает при выборе порошка.

В работе рассмотрен ФАП АСМ, в котором абразивной составляющей являются ультрадисперсные алмазы. На рисунке представлена поверхность частицы порошка, эвтектика которой имеет массивное образование, выполняющей роль матрицы, с ярко выраженной тенденцией к окружению включений алмаза чаще всего в виде ограниченных октаэдров. Их микротвердость является аномально высокой и достигает 40 ГПа. Агрегатная микротвердость матрицы составляет 6-7 ГПа. Алмазные зерна являются структурными центрами окружающих их эвтектических участков. При стабилизации устойчивого продвижения эвтектического фронта, образующиеся при кристаллизации матрицы отростки определяют зональное

строение и определяет внешний вид колоний. Кристаллам алмаза свойственно в процессе образования частицы относительно слабое реагирование на локальные изменения температуры и концентрации расплава, что объясняется низкой степенью смачиваемости.

Проведены экспериментальные исследования МАО поверхности плафонов (материал Л63) для достижения высокой светоотражательной способности  $\Phi=75 - 80 \%$ . Параметры и режимы МАО: величина магнитной индукции  $B=0,5 - 1,0$  Т; частота вращения детали  $n = 1 - 3$  м/с; скорость осцилляции  $V_0=0,1 - 0,25$  м/с; величина рабочего зазора,  $\delta=1 - 4$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора,  $k_3=1$ ; размерность частиц ФАП  $\Delta=63/100$  мкм; ФАП – Полимам-Т ТУ 06459–81 и АСМ ГОСТ 9206–70; СОТС – СинМА-1 ТУ 38.59.01176–91, 3 %-ный водный раствор; расход СОТС – 50, 100, 150, 200, 250 мл/мин; скорость подачи СОТС  $w = 0,55$  м/с; время обработки  $t=120$  с. Черновая обработка плафонов производилась путем использования ФАП Полимам-Т в течение 60 с, а окончательная обработка проводилась с применением ФАП АСМ также в течение 60 с.

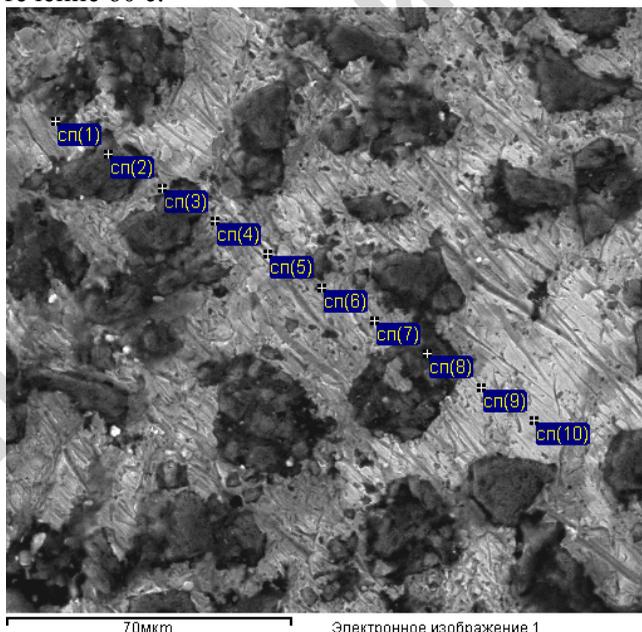


Рисунок – Микроструктура материала ФАП АСМ

В результате проведенных экспериментальных исследований определены оптимальные режимы МАО:  $B=0,75$  Т;  $V_0=0,15$  м/с;  $\delta=1,5$  мм, которые обеспечивают высокую светоотражательную способность плафонов (75 – 80 %). ФАП на основе ультрадисперсных алмазов являются перспективным режущим инструментом, так как имеют чрезвычайно малый радиус скругления режущих кромок, высокую прочность частиц алмаза и низкий коэффициент их трения об обрабатываемую поверхность.

#### Список использованной литературы

1. Акулович, Л. М. Основы профилирования режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2014. – 280 с.
2. Гнесин, Г.Г. Принципы создания магнитно-абразивных материалов / Г.Г. Гнесин, М.Д. Крыский, Л.Н. Тульчинский // Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания. – Киев : ИПМ АН УССР. – 1980. – С. 17-25.
3. Барон, Ю. М. Физические основы работы магнитно-абразивных материалов / Ю. М. Барон // Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания. – Киев : ИПМ АН УССР, 1980. – С. 10-17.
4. Барон, Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. – Л. : Машиностроение, 1986. – 172 с.

**Abstract.** In this work, a ferroabrasive powder is considered, in which the abrasive component is ultradisperse diamonds. Experimental studies of magnetic abrasive surface treatment of plafonds made of brass have been carried out. Optimal modes of magnetic abrasive processing are determined, which ensure high reflective ability of brass plafonds.