

ферромагнитных порошков ФБХ-6-2 и Fe-5%V. Это обусловлено достаточно высоким содержанием метастабильного аустенита, который обеспечивает необходимую пластичность основы этих КМП. В результате чего приповерхностные микрообъемы покрытий способны выдерживать большее количество циклов передеформирования в процессе изнашивания. Пара трения «покрытие из КМП Fe-Ti - чугун ХТВ» имеет по сравнению с другими исследуемыми трибосопряжениями наибольшие момент и коэффициент трения скольжения с маслом и маслом с частицами абразива.

Анализ результатов испытаний износостойкости покрытий показал, что разброс экспериментальных данных не превышает 5,5–7,3 %. Это свидетельствует о высоком уровне физико-механических свойств покрытий, полученных МЭУ с лазерной обработкой.

Список использованной литературы

1. Кожуро, Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле. Минск : Наука и техника, 1955. 232 с.
2. Акулович, Л. М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
3. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
4. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.
5. Хейфец, М.Л. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. Гомель : ИММС НАНБ, 1999. 276 с.

Summary. The work presents the results of a study of the physical, mechanical and operational characteristics of coatings obtained by a combined method of magnetic-electric hardening with laser processing.

УДК 621.923

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;

Сергеев Л.Е., кандидат технических наук, доцент;

Войтёнок А.С., студент;

Сакович А.О., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФЕРРОАБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. Методы финишной обработки деталей сельскохозяйственных машин подвижно-скоординированными абразивными частицами

основаны на создании режущего контура инструмента путем самоустановливания абразивных частиц по контуру обрабатываемой поверхности, копируя ее геометрию. В статье представлены результаты исследований режущей способности ферроабразивных порошков.

Abstract. Methods of finishing of agricultural machinery parts by moving-coordinated abrasive particles are based on the creation of a cutting contour of the tool by self-alignment of abrasive particles along the contour of the treated surface, copying its geometry. The article presents the results of research of cutting ability of ferroabrasive powders.

Ключевые слова. Магнитно-абразивная обработка, ферроабразивный порошок, режущая способность.

Keywords. Magnetic-abrasive treatment, ferroabrasive powder, cutting ability.

Магнитно-абразивная обработка (МАО) эффективна для финишной обработки сельскохозяйственных машин. Ферроабразивная щетка, контур которой формируется из ферроабразивного порошка (ФАП), используется с электромагнитом и смазочно-охлаждающим средством (СОТС). Регулируя магнитную индукцию, можно управлять жесткостью режущего инструмента. ФАП бывает двух типов: четвёртый с абразивами на поверхности и пятый с магнитным ядром, полностью покрытым абразивным материалом. Форма частиц и состояние режущих кромок ФАП влияют на качество обработанной поверхности. Исследования показывают необходимость более системной оценки и тестирования ФАП для разных материалов [1,2]

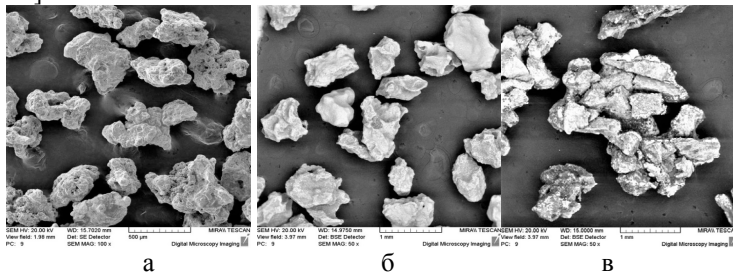


Рисунок 1 – Формы частиц порошка: а – пластинчатая, б – осколочная, в – губчатая

Для эффективной обработки деталей сельскохозяйственных машин, сделанных из разных материалов, необходимо использовать ферроабразивный порошок. При выборе такого порошка важно учитывать его состав, чтобы обеспечить качественную обработку всех поверхностей. В исследованиях использовались различные типы ферроабразивных порошков, включая патенты Республики Беларусь и композиционный порошок

Ж15КТ на основе железа с карбидом титана. С их помощью проводились магнитно-абразивные обработки различных поверхностей, сравнивалась их режущая способность.

Для исследования были выбраны порошки, полученные распылением водой расплавов на основе $(Cr, Fe)_7C_3$, содержащего 2,7÷3,5 % C, 12÷14 % Cr, 3,8÷5,2 % V, 2,5÷3,5 % Si, 1÷1,2 % B. Ввиду высоких значений поверхностного натяжения металлических расплавов, образующиеся из железа зерна порошка в основном приобретают сферическую форму (рисунок 2).

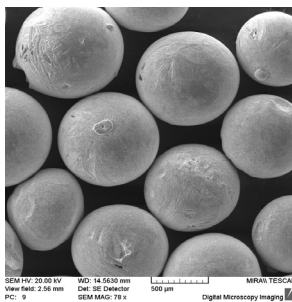


Рисунок 2 – Фотография формы зерен ФАП на основе $(Cr, Fe)_7C_3$

Установлено, что высокая стойкость в условиях абразивного изнашивания типа микрорезания сплава $(Cr, Fe)_7C_3$ объясняется наличием в структуре значительного количества (2÷50%) твердых карбидных включений. Количество, тип и твердость карбидной фазы определяются содержанием и соотношением углерода и хрома. Для достижения максимальной износостойкости и удовлетворительной прочности чугуна содержание углерода должно составлять 2,8÷3,5%, а хрома – 12÷18%. Особенностью его структуры является наличие карбидных фаз двух типов. Металлическая основа ФАП состоит из мартенсита и остаточного аустенита. Микротвердость ферромагнитной составляющей находится в пределах 6310÷6350 МПа, а первичных карбидов – 12150÷12400 МПа. Так после МАО медных стержней МЗ в течение 4 мин микротвердость матрицы ФАП возрастает до 6700÷6800 МПа, а стали ШХ15 – в течение 2 мин до 7000÷7100 МПа. Абразивные зерна, внедряясь в обрабатываемый материал, осуществляют своими микровыступами процесс резания поверхностного слоя. Повышению режущей способности ФАП должно способствовать обнажение из более мягкой ферромагнитной основы зерен абразивных компонентов. Этого можно достигнуть путем химического травления ФАП. Продолжительность травления составляла 180 минут и исследовалась возможность повышения режущей способности ФАП. Распыленные порошки на основе $(Cr, Fe)_7C_3$ обладают высокими экологическими характеристиками. На обработанных поверхностях изделий практически не остается следов загрязнений, что объясняется отсутствием свободного углерода. Та-

кие порошки характеризуются постоянным повышением твердости ферромагнитной матрицы в процессе обработки, что приводит к их высокой износостойкости и прочности абразивной и магнитной составляющих. Разработанный ФАП является перспективным инструментом как для полирования, так и для процесса абразивного резания. Исследование проводили при следующих режимах: скорость резания, $V_p = 1 \div 1,5$ м/с; магнитная индукция, $B = 0,8 \div 1,2$ Тл; амплитуда осцилляции, $A = 2$ мм; величина рабочего зазора, $\delta = 1 \div 3$ мм. В качестве образцов использовали втулки $D \times d \times l = 36 \times 29 \times 32$ мм, сталь – ШХ-15, твердость $52 \div 62$ HRC и $D \times d \times l = 36 \times 34 \times 32$ мм, алюминиевый сплав – Д-16. Исходная шероховатость поверхности данных образцов составляет $R_{a1} = 1,6 \div 2,5$ мкм. Следует отметить отсутствие визуального наблюдаемого потемнения поверхности деталей в рабочей зоне в отличие от применяемых Ж15КТ. Производительность процесса обработки при использовании данного порошка выше, чем Ж15КТ на 18%.

Скорость закалки (~106 К/с) обеспечивает быстрый отвод теплоты конденсации через тонкую пленку, что способствует образованию полностью аморфных металлических расплавов в виде фольги CoBSiNiMnFe толщиной 10–20 мкм. Для создания ферроабразивных порошков использовалась лента, полученная из расплава методами сплитинга или спиннингования. Образцы для обработки состояли из стали ШХ15, меди МЗ и алюминиевого сплава Д16. Использовался порошок Ж15КТ с размером зерна $\Delta = 100/315$ мкм, в качестве СОТС применялся СинМА-1 в 5 %-м водном растворе. Параметры обработки: магнитная индукция $B = 1$ Тл; рабочий зазор $\delta = 1$ мм; скорость резания $V_p = 1,5$ м/с; скорость осцилляции $V_o = 0,1$ м/с; время обработки $t = 60$ с; коэффициент заполнения рабочего зазора $K_z = 1$; амплитуда осцилляции $A = 1$ мм. Исходная шероховатость всех образцов составляла $Ra1 = 1 \div 1,6$ мкм, а показатели после обработки оценивались по шероховатости $Ra2$ и удельному массовому съему материала ΔG . Место для ввода текста. Производительность процесса обработки при использовании данного порошка выше, чем Ж15КТ на 14 %.

Состав шламовых отходов стали Р6М5 и СОТС на водной основе (%): металлическая микростружка – до 50, неметаллические включения – до 30, остаток СОТС – до 20; с остатками СОТС в виде индустриального масла И12, И20: металлическая микростружка – до 70, неметаллические включения – до 5, остатки масла – до 25. ФАП, полученный из этих отходов, представляет собой мелкодисперсные зерна быстрорежущей стали Р6М5 с хорошими магнитными свойствами, близкими к Ж15КТ. Форма зерен варьируется, их толщина составляет $2 \div 20$ мкм, а длина – $5 \div 130$ мкм. Использование данного ФАП позволяет снизить стоимость материалов для обработки черных и цветных сплавов. Технологические параметры и режимы обработки таковы: магнитная индукция, $B = 1$ Тл; скорость резания, $V_p = 1 \div 2$ м/с; скорость осцилляции, $V_o = 0,2$ м/с; амплитуда осцилляции, $A = 1$ мм; рабочий зазор, $\delta = 1$ мм; коэффициент заполнения рабо-

чего зазора, $K_z = 1$; время обработки, $t = 60$ с. Показатели качества оцениваются по шероховатости Ra_2 и светоотражательной способности поверхностного слоя (Φ). Производительность определяется удельным массовым съемом материала ΔG , мг/(см²·мин).

Использование ФАП на основе быстрорежущей стали Р6М5 в отличие от Ж15КТ, который при обработке цветных металлов придает слою детали темный или матовый оттенок, позволяет получать блестящую поверхность. Образцы для обработки цветных металлов представляют собой цилиндрические заготовки, изготовленные из пруткового материала меди МЗ, бронзы БрАЖ9-4, латуни Л63, алюминия Д16. Размеры $D \times L = 40 \times 60$ мм. СОТС – патент № 23142, 3 %-й водный раствор. Производительность процесса обработки при использовании данного порошка выше, чем Ж15КТ на 20%.

Список использованной литературы

1. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 326 с.
2. Акулович, Л. М. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2019. – 272 с.

Summary. The research results showed that the presented ferroabrasive powders, in comparison with the used composite powder Zh15KT, provide higher productivity and quality of surface treatment of agricultural machine parts.

УДК 621.791.92 : 621.81

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;
Миранович А.В., кандидат технических наук, доцент;
Афанасенко Д.Е., аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМБИНИРОВАННЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Аннотация. В работе изучены структура, качественные характеристики и износостойкость формируемых покрытий, полученных комбинированным способом магнитно-электрического упрочнения и поверхностной пневмовибродинамической обработкой.

Abstract. The work studied the structure, quality characteristics and wear resistance of the formed coatings obtained by a combined method of magnetic-electric hardening and surface pneumovibrodynamic treatment.