

6. Никитин, В.А. Повышение износостойкости триботехнических узлов технологической системы при использовании наноструктурированных СОТС / В.А. Никитин, В.М. Петров, А.В. Федосов и др. // Инструмент и технологии. – 2008. – № 25. – С. 146–150.

7. Струк, В.А. Наноконпозиционные полимерные материалы и технологии / В.А. Струк, В.И. Кравченко // В кн.: Новые ресурсоберегающие технологии и композиционные материалы / Ф.Г. Ловшенко, Ф.И. Пантелеенко, А.Р. Рогачев и др. – М.: Энергоатомиздат; Гомель: БелГУТ, 2004. – 519 с.

8. Образцов, Л.Н. Наноалмазы в смазочных композициях // Вестник Полоцк. гос. ун-та. Сер. С. – 2010. – № 9. – С. 83–91.

9. Толочко, Н.К. Модифицирование смазочно-охлаждающих жидкостей углеродными высокодисперсными материалами / Н.К. Толочко, К.Л. Сергеев // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 9 июня 2016 г. – Минск: БГАТУ, 2016. – С. 143–147.

Abstract. The structural features of water-oil emulsion cutting coolant modified with highly dispersed carbon materials are studied. It is shown that these features are associated with the complicated interactions of homogeneous and non-homogeneous elements of the dispersed phase. The types of such interactions are considered.

УДК 621.923

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

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

Сенчуров Е.В., начальник отдела внедрения научно-технических разработок

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

ФЕРРОАБРАЗИВНЫЙ ПОРОШОК ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. Предложен состав и технология изготовления ферроабразивного порошка (ФАП) для магнитно-абразивной обра-

ботки деталей из медных сплавов. Установлено, что по характеристикам предлагаемый ФАП не уступает существующим.

Одним из основных критериев оценки эффективности использования оборудования пищевой промышленности является их долговечность. Известно, что в большинстве случаев срок службы машин ограничен износом поверхностей отдельных деталей.

Применяемые в хлебопекарном производстве полуфабрикаты, жидкие дрожжи и заторы для из приготовления, заквашенные термофильными молочнокислыми бактериями, ржаные закваски, ржаное тесто, опара, тесто из пшеничной муки и другие полуфабрикаты являются средствами, в которых накапливаются продукты брожения. Эти продукты брожения вызываются жизнедеятельностью дрожжей и кислотообразующими бактериями. Можно отметить, что из органических кислот, образующихся при брожении теста и заквасок основную роль играют молочная и уксусная кислоты. На их долю падает примерно 90 % кислотности этих полуфабрикатов. Следовательно, данные полуфабрикаты хлебопекарного производства представляют собой среды по одной уже кислотности агрессивные по отношению к материалам, в контакте с которыми они находятся. Кроме того, рабочие органы технологического оборудования, функционирующего на предприятиях пищевой промышленности должны обладать высокой износостойкостью. В противном случае существует возможность образования продуктов износа, а также отрыва более крупных частиц и их возможного разрушения, что недопустимо [1].

Одной из наиболее ответственных деталей оборудования хлебопекарной промышленности служит делитель теста, в частности его головка. Проведенный анализ причины выхода из строя этой головки показал, что им является износ схватыванием I-го рода. Срок службы данной головки составляет 12 месяцев. Приобретение новых головок в нынешних условиях, как указывалось выше, связано с определенными трудностями. Вследствие этого была поставлена и решена задача по ремонту и восстановлению этих головок (материал – бронза БрАЖНМц ГОСТ 18175-72) для их дальнейшего использования [2]. Традиционно применяемой финишной обработкой для реализации данной задачи служило шлифование, однако создание присущего ему микрорельефа поверхно-

сти приводило в условиях повышенной биохимической коррозии к снижению срока службы деталей. Предложение, направленное на повышение этого показателя, заключается в замене шлифования методом магнитно-абразивной обработки (МАО) [3-5]. Вместе с тем использование в качестве ферроабразивного порошка (ФАП) Ж15КТ ТУ 6-09-03-483-81 привело к потемнению обрабатываемой поверхности цветных металлов из-за их насыщения остаточным углеродом [2].

Одним из решений вышеописанной проблемы является создание нового ФАП, не уступающего Ж15КТ по физико-механическим свойствам и химически нейтральным к обрабатываемому материалу, и разработка технологии его изготовления.

Известные в настоящее время способы получения порошков делятся на две группы: первичные (формирование исходной частицы порошка) и вторичные (воздействие на готовый порошок). С учетом достоинств и недостатков композиционных и литых ФАП [6-8], а также технологий их изготовления принято решение разработать технологию изготовления ФАП, включающую выполнение следующих операций: выплавка и заливка в слитки сплава с химическим составом, соответствующим химическому составу ФАП; дробление слитков сплава в порошок; рассев порошка.

В индукционной печи с графитовым тиглем выплавлены сплавы систем *Fe-Ti-C* и получены слитки. В процессе плавки под действием вихревых токов происходит интенсивное перемешивание расплава, в результате чего сплав получается однородным по химическому составу. Легирование расплавов осуществляется ферросплавами, которые вводят непосредственно в печь. Из слитков механическим измельчением получены порошки с размером частиц 0,2-0,4 и 0,4-0,6 мм.

При выборе материала для изготовления высокоэффективных порошков было принято во внимание, что титан не просто химически активный металл, но и особенно активно взаимодействует с газами с образованием нитридов и оксидов. Нитриды в сплавах титана являются не только самостоятельной, твердой фазой, но и при образовании карбонитридов способствуют повышению пластичности этих химических соединений.

Химико-термическая обработка ФАП может включать обработку порошка в дуговой азотной плазме, ионно-плазменную обработку,

химическое травление с целью повышения шероховатости частиц ФАП, карбонитрацию.

Разрушение сырья при размоле происходит хрупким сколом с образованием сложного микрорельефа поверхности частиц. Частицы всех фракций имеют в основном осколочную неравновесную форму. На поверхности отчетливо видны включения, представляющие собой сложные соединения типа $TiFe_2$ и $TiFe$ (рисунок 1).

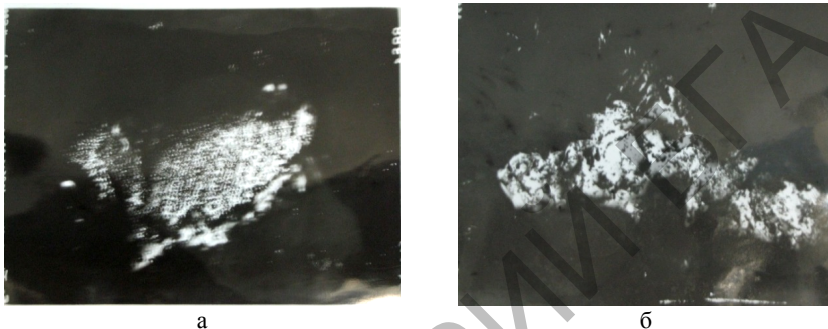


Рисунок 1 – Микроструктура частиц полученного ФАП, $\times 100$:

а) вкрапления соединения типа $TiFe_2$; б) с вкрапления соединения типа $TiFe$

Обработку ФАП в дуговой плазме осуществляли следующим образом. Исходный порошок, полученный измельчением кускового ферротитана в шаровой мельнице, с размером частиц 63-100 мкм и 100-200 мкм пропускали на установке УПУ-3Д через азотную плазму (рисунок 2). В качестве плазмообразующего газа использовали технический азот, что и должно было обеспечить интенсивное химическое взаимодействие титана с атомарным азотом. Показатели режима работы УПУ-3Д следующие: сила тока – 200 А; напряжение – 90 В; расход азота – 3,0 м³/ч; производительность по порошку – 4 кг/ч. Такой режим работы УПУ-3Д используется для нанесения плазменных покрытий порошковым сплавом на никелевой основе типа СР-3. Полученный ФАП с размером частиц 63-100 мкм при таких режимах работы УПУ-3Д должен полностью расплавиться, перегреться и подвергнуться азотированию. Такой же порошок с размером частиц 100-200 мкм не успевал полностью расплавиться, т.е. частицы были в твердожидком состоянии. Для азотирования поверхностных слоев частиц условия не изменялись.

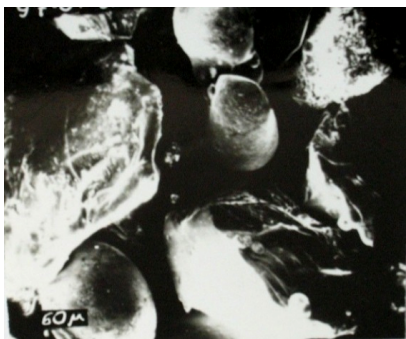


Рисунок 2 – Зерна ФАП, полученные в дуговой азотной плазме, $\times 100$

Обработка порошка в дуговой азотной плазме позволяет получать порошок различной формы в зависимости от теплофизических и кинетических параметров распыления. Обработка частиц 63-100 мкм приводит к заметному сглаживанию поверхности и острых граней по внешнему виду порошки после распыления имеют в основном сферическую форму. Приближение формы частиц к сферической, отсутствие на поверхности частиц выступов и неровностей облегчает перемещение частиц относительно друг друга и приводит к повышению насыпной плотности и текучести порошка.

Порошки, получаемые плазменным распылением частиц размером 100–200 мкм, близки по форме частиц к порошкам после дробления, однако имеют менее развитую поверхность. Из-за больших скоростей охлаждения не происходит оплавление частиц, как это имеет место при обработке порошка мелких фракций.

Исследование структуры гранул после плазменного распыления позволяет судить о процессах, которые происходят в них при нагреве. В процессе распыления и кратковременного насыщения частиц азотом структура сплава во многом наследует признаки исходного состояния. Распыление на воздухе приводит к образованию мелкодисперсной структуры. Высокая скорость охлаждения при распылении в воду приводит к образованию в данном сплаве неравновесных фаз, распад которых сопровождается повышением микротвердости.

Таким образом, скорость охлаждения капель при распылении является важным параметром, влияющим на структуру и свойства распыленного порошка. Меняя технологические параметры распыления, можно изменить форму частиц и условия формирования структуры.

Упрочнение порошкового материала при плазменном распылении является результатом суммарного воздействия образования нитридов легирующих элементов в процессе азотирования и частичного оплавления гранул.

Исследования эксплуатационных свойств предлагаемого ФАП проводилось при МАО делителя теста с использованием станка СФТ 2.150.00.00.000. Режимы МАО: величина магнитной индукции, $B=1$ Тл; скорость резания, $V_p=1,5$ м/с; скорость осцилляции полюсных наконечников, $V_o=0,2$ м/с; амплитуда осцилляции, $A=1$ мм; величина рабочего зазора, $\delta=1$ мм; время обработки, $t=60$ с; зернистость ФАП $\Delta=160/200$ мкм. Исходная шероховатость поверхности головки делителя теста до обработки методом МАО составляет $Ra_1=1,6-2,2$ мкм. Смазочно-охлаждающие технологические средства – 3% водный раствор СинМА-1 ТУ 38.5901176-91.

Процесс финишной обработки головок делителя теста осуществляется указанным выше ФАП по схеме наружной МАО. В результате проведения этой обработки достигнута требуемая шероховатость поверхности $Ra_2=0,4-0,6$ мкм. Проведение производственных испытаний показали, что срок службы этих деталей, обработанных методом МАО, составляет в среднем 12 месяцев. Кроме того, сопоставление стоимости приобретаемой вновь головки и изношенной, но подвергшейся ремонту и восстановлению показывает, что их соотношение равно 1:0,6.

Применение МАО позволяет повысить долговечность этих деталей на 15...20%. Установлено, что использование указанных выше материала и финишной магнитно-абразивной обработки позволяет снизить стоимость ремонта и восстановления изношенных головок делителя теста в сравнении с покупными в среднем на 40%.

Список использованных источников

1. Авдеев, А. В. Коррозия в пищевых производствах и способы защиты / А.В. Авдеев. – Изд. 3-е, переработанное и дополненное. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 275 с.
2. Ящерицын, П.И. Технология восстановления деталей оборудования хлебопекарного производства / П.И. Ящерицын [и др.] // Технология машиностроения, 2001. – № 1. – С. 40–41.
3. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 236 с.

4. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 327 с.

5. Скворчевский, Н.Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.Я. Скворчевский, Э.Н. Федорович, П.И. Ящерицын. – Минск : Наука и техника, 1991. – 215 с.

6. Оликер, В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий / В. Е. Оликер. – М. : Металлургия, 1990. – 176 с.

7. Жорняк, А.Ф. Металлические порошки / А.Ф. Жорняк – М. : Металлургия, 1981. – 88 с.

8. Ничипоренко, О.С. Распыленные металлические порошки / О. С. Ничипоренко, Ю.И. Найда, А.Б. Медведовский. – Киев : Наук. думка, 1980. – 240 с.

Abstract. The composition and manufacturing technology of ferroabrasive powder for magnetic-abrasive machining of parts from copper alloys is proposed. It is established that according to the characteristics of the proposed ferroabrasive powder is not inferior to the existing ones.

УДК 621.923

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

Ворошухо О.Н., старший преподаватель

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

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ АБРАЗИВНОЙ ЩЕТКИ В РАБОЧЕМ ЗАЗОРЕ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. Теоретически обосновано предпочтительное расположение абразивной щетки в рабочем зазоре при магнитно-абразивной обработке и определены граничные условия угла наклона абразивного зерна.

Важную роль в обеспечении эксплуатационных характеристик поверхностей деталей играют процессы формирования ее