

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРОАБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ Fe-Ti-C ДЛЯ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Л.М. АКУЛОВИЧ¹, Л.Е. СЕРГЕЕВ¹, В.Е. БАБИЧ¹, С.И. ГАЛЬГО¹,
А.И. ЛЕЦКО², Г.С. ДМИТРИЧЕНКО³, А.А. КОНДРАТОВИЧ³

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

²Институт порошковой металлургии, Минск, Республика Беларусь

³Институт переподготовки и повышения квалификации МЧС Республики Беларусь,
Светлая Роща, Республика Беларусь

Приведена возможность использования метода магнитно-абразивной обработки для финишной обработки деталей оборудования пищевой промышленности. Магнитно-абразивная обработка позволяет достичь требуемых шероховатости и физико-механических характеристик поверхности головок делителя теста с одновременным повышением коррозионной стойкости.

Possibility of use of a method of magnetic abrasive processing for finishing processing of details of the equipment of the food-processing industry is resulted. Magnitno-abrasive processing allows to reach demanded a roughness and physicomechanical characteristics of a surface of heads of a divider of the test with simultaneous increase of corrosion firmness.

Введение

Важным аспектом в обеспечении качества продукции сельскохозяйственного производства является уровень обслуживания его оборудования. Увеличение срока службы оборудования связано с созданием условий для его рациональной эксплуатации и повышением долговечности быстро изнашиваемых деталей и механизмов. Эксплуатационные свойства рабочих поверхностей деталей формируются при их финишной обработке. Известно, что детали оборудования пищевой промышленности работают в условиях повышенной биохимической коррозии и значительного окислительного изнашивания. Например, титруемая кислотность хлебных полуфабрикатов может колебаться в пределах 3–14° Неймана, а pH от 6 до 9,2.

Органические кислоты, типа молочной и уксусной, образовавшиеся при брожении полуфабрикатов хлебного производства, составляют примерно 90 % [1]. Поэтому вопрос повышения коррозионной стойкости поверхностей деталей машин хлебного производства является актуальным.

Одной из важнейших и ответственных деталей оборудования хлебопекарного производства служит делитель теста, и в частности, его головка (рис. 1а), которая обеспечивает дозированную подачу теста в печные формы. Материал головки — бронза БрАЖНМg (ГОСТ 18175-72). На рис. 1б представлена фотография головки делителя теста ШЦ-ХДУ-33 после 12 месяцев эксплуатации на одном из хлебозаводов республики. Как видно, поверхность покрыта пленками оксидов

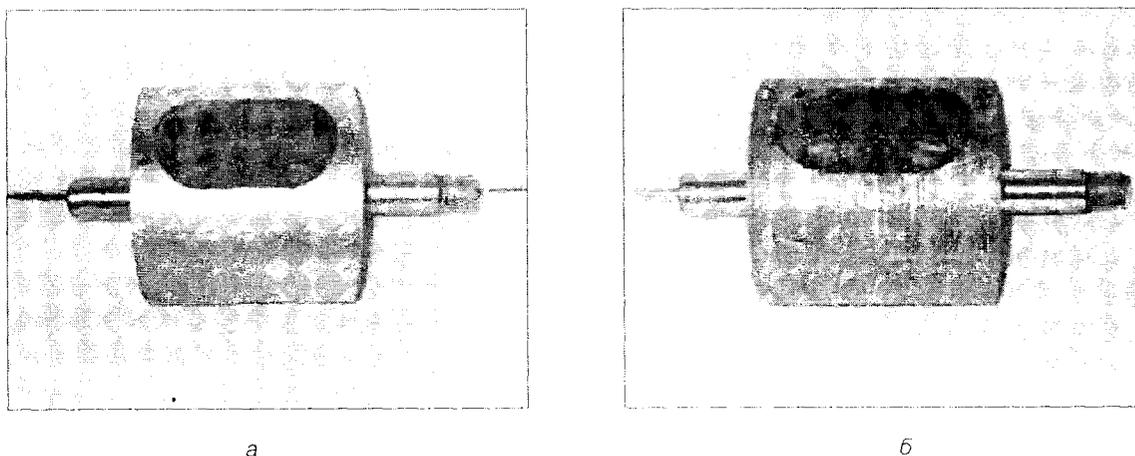


Рис. 1. Головка делителя теста ШЦ-ХДУ-33 до (а) и после (б) эксплуатации

и имеет риски и царапины, что свидетельствует о наличии изнашивания. Допустимый износ по глубине составляет 0,3–0,4 мм. Исходя из этого, весьма актуальной задачей является работа, связанная с необходимостью восстановления подобных деталей. Это вызвано тем, что делитель теста производится на Украине и в Российской Федерации и их приобретение носит проблематичный характер. Создание собственной базы по восстановлению головок делителя теста обеспечивает снижение затратного механизма предприятий хлебопекарного производства.

Материалы и методика исследований

Режимы обработки: магнитная индукция $B = 0,9\text{--}1,0$ Тл; скорость резания $V_p = 1,0\text{--}2,0$ м/с; скорость осцилляции $V_o = 0,1\text{--}0,2$ м/с; амплитуда осцилляции $\Delta = 1$ мм; величина рабочего зазора $\delta = 1$ мм. В качестве смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) использовался 5% водный раствор СинМА-1. Рентгеноструктурный фазовый анализ производился на дифрактомере ДРОН-3,0 в $\text{CuK}\alpha$ монохроматизированном излучении. Исследование микроструктуры, формы и размера частиц ФАП осуществлялось на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) высокого разрешения «Mira» фирмы «Tescan», производство Чехии.

Основная часть

Разработанная технология восстановления изношенной поверхности головки делителя теста включает ряд технологических операций, а именно: подготовка поверхности под газотермическое напыление, непосредственно напыление, заключительные токарная и финишная обработки. Напыление производится термораспылительной горелкой типа «Mogul», работающей на пропан-бутан-кислородной смеси. Толщина покрытия достигает 4–5 мм. Наличие остаточной пористости составляет до 10 % по глубине напыленного покрытия. Прочность сцепления напыленного материала и основы, как показывают производственные испытания, находится в требуемом диапазоне. Ранее финишной операцией служило шлифование, однако образование присущего данному методу микрорельефа поверхностного слоя способствует его питтингу и снижает долговечность изделия. Замена данной операции магнитно-абразивной обработкой (МАО) позволяет уменьшить параметры шероховатости и обеспечить снижение наличия остаточного продукта во впадинах микрорельефа [2].

Первоначально в качестве ферроабразивного порошка (ФАП) применялся ФАПД-1 (рис. 2), размер зерна — $\lambda = 160/200$ мкм. Однако установлено, что в результате механического разрушения спека путем размола образуются частицы,

обладающие сложным микрорельефом поверхности. Эти частицы всех размолов имеют осколочную, неравноосную форму, что приводит в процессе съема материала к созданию рисок, подобных шлифованным, но с меньшей глубиной.

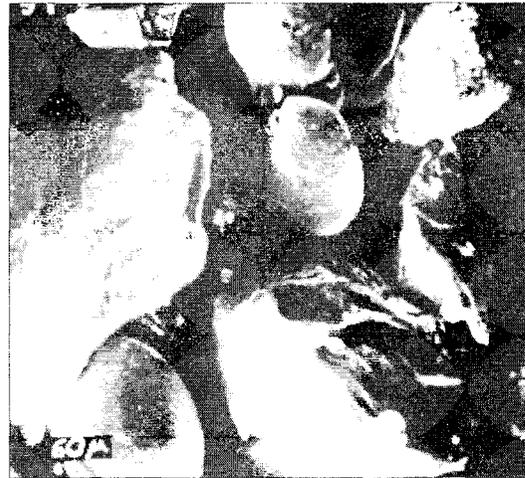


Рис. 2. Внешний вид частиц ФАПД-1

Такой микрорельеф способствует накоплению в узкой впадине продуктов биоразложения и приводит к последующему росту питтинга поверхности головки делителя теста. Кроме того, технология изготовления порошка ФАПД-1 отличается многоступенчатостью и сложностью. Оборудованием служит индукционная печь с графитовым тиглем, вследствие чего частицы ФАП имеют дополнительный свободный углерод, который в процессе МАО осаждается в поверхностный слой бронзы и вызывает потемнение.

Проведенный анализ показывает, что при совместном нагревания смесей $\text{Fe} + \text{C} + \text{Ti}$ конечными продуктами химического взаимодействия являются карбиды титана и железа. Присутствие железа в процессе синтеза не препятствует образованию карбидов титана в температурном интервале 1400–1600 °С. Образование карбидов титана характеризуется высоким содержанием связанного углерода, что резко снижает потемнение поверхностного слоя бронзы. Повышение температуры приводит к уменьшению содержания карбидов титана в композиции по причине роста растворения и химического взаимодействия [4, 5, 6].

Микротвердость ферромагнитной матрицы находится в пределах 2100–3400 МПа, Ti-C — 30 000–31 000 МПа. Микроструктура в зависимости от массового содержания карбидов представляет собой спектр от карбида в виде сферических включений в железной матрице, хлопьевидного карбида в этой же матрице и структуры только литого карбида.

В системе $\text{Fe} + \text{C} + \text{Ti}$ на нетравленных шлифах видны две фазы: на светлом поле железной матрицы наблюдаются темные округлые пятна

(глобулы) карбида титана. Глобулы незначительно различаются по размерам и равномерно распределены по полю матрицы (рис. 3).



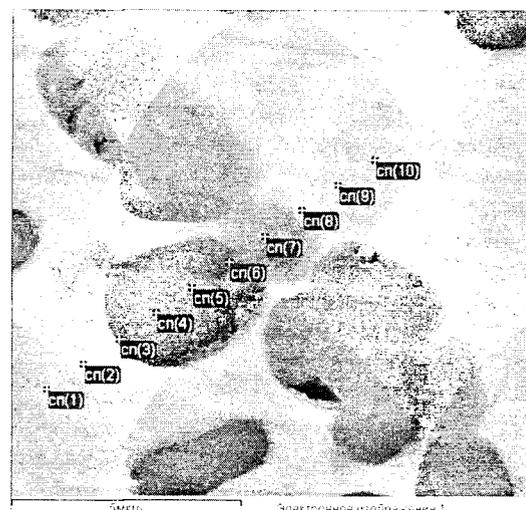
Рис. 3. Микроструктура порошка системы $Fe + C + Ti$

Размер глобулей зависит от концентрации карбидной фазы в композиции. Увеличение концентрации карбида приводит к росту размера его зерна. Округление глобулей обусловлено ограниченностью растворения карбидов титана в железе и стремлением любой системы принять форму, связанную с минимумом энергозатрат.

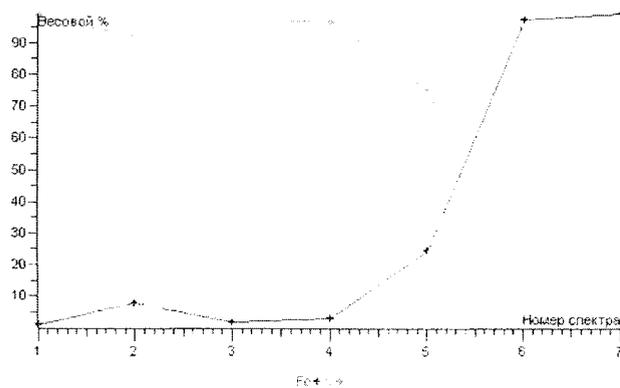
Заключение

Микрорентгенно-структурный анализ порошка Феррабраз 311 (рис. 4а, б), подтверждает наличие областей с преимущественной концентрацией карбидообразующего металла или железа. Углерод в основном находится в области карбидообразующего металла, а в железной матрице он практически отсутствует. Способность к намагничиванию является одной из самых важных характеристик ФАП, определяющих их работоспособность. С ростом концентрации абразивного компонента намагниченность снижается. Частицы ФАП имеют форму неправильных многогранников с выделяющимися выступами зерен карбида, представляющими участки абразивного резания. На рисунке 5 представлена морфология поверхности тугоплавкого абразива в ферромагнитной матрице, его размер и форма.

Проведенные исследования методом микрорентгенно-структурного анализа показали, что порошок Феррабраз 311 состоит из двух фаз: Fe и TiC . Наличие свободного углерода не идентифицируется.



а



б

Рис. 4. Микрорентгенно-структурный анализ порошка Феррабраз 311

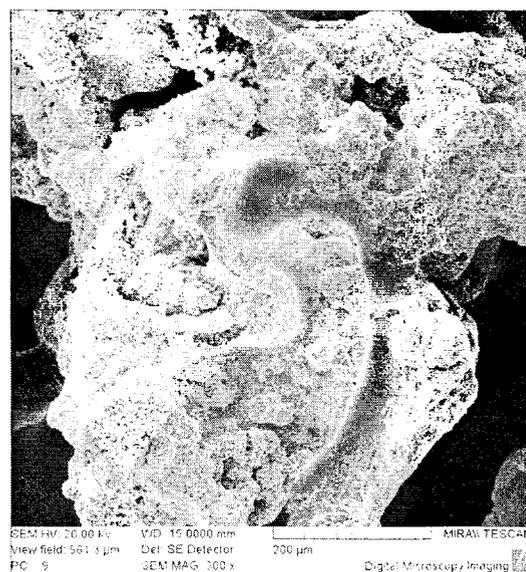


Рис. 5. Морфология частицы порошка Феррабраз 311

Сопоставление строения частиц ФАП и его физических свойств в виде намагниченности показывает, что эти характеристики имеют тесную связь и определяют эффективность процесса МАО. Высокая микротвердость карбида титана, низкий уровень взаимодействия карбида титана с железом при повышении температуры и, как следствие, высокие магнитные свойства обеспечивают интенсивный съём обрабатываемого металла и качество обработанной поверхности.

Установлено, что применение композиционных ФАП на основе карбидов титана (Ферабраз 311) для обработки методом МАО позволяет достичь требуемых шероховатости и физико-механических свойств поверхности головок делителя теста.

Стоимость восстановленной головки в сравнении с новой головкой выражается соотношением 0,6:1. Ресурс обеих видов головок равнозначен и составляет в среднем 12 месяцев.

Решением данной технологической задачи является применение ФАП Ферабраз-311, отличающегося более простой технологией изготовления и имеющего меньшую себестоимость. В результате его использования средняя интенсивность изнашивания рабочих поверхностей головок делителя теста ШЦ-ХДУ-33 согласно ГОСТ 23.220-84 после МАО и шлифования составила $8,2 \cdot 10^{-8}$, а после шлифования $12,2 \cdot 10^{-8}$ мкм, шероховатость поверхности находится в пределах $Ra = 0,4 - 0,6$ мкм, а при шлифовании $Ra = 1 - 1,6$ мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева, А.В. Коррозия в пищевых производствах и способы защиты. М.: Пищевая промышленность, 1965. 243 с.
2. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
3. Иконников А.М. Совершенствование технологии магнитно-абразивной обработки фасонных поверхностей. автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.03.01 / А.М. Иконников; Алтайский политехнический институт им. Ползунова. Барнаул, 2004. 18 с.
4. Григорович, В.К. Электронное строение и термодинамика сплавов железа / В.К. Григорович. М.: Наука, 1970. 290 с.
5. Создать и освоить новые порошковые материалы на основе соединений переходных металлов железа для магнитно-абразивной обработки твердых поверхностей: отчет о НИР / Академия Наук БССР Физико-технический институт; рук. П.Я. Ящерицын. Минск, 1980. 178 с. № 78001018.
6. Вайнер, Г.М. Качество поверхностного слоя при магнитно-абразивном полировании некоторых материалов / Г.М. Вайнер // Докл. III Междунар. н.-т. сем. по технологиям финишной обработки «АМО'87». Варна, 1987. С. 42–47.