

УДК 621.785.539

В. Ф. ПРОТАСЕВИЧ, канд. техн. наук,
Н. Г. КУХАРЕВА, канд. техн. наук (БНТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОТЕРМИЧЕСКОЙ ПОРОШКОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОДНОФАЗНОГО БОРИРОВАНИЯ

Одним из видов химико-термической обработки, используемым в современном промышленном производстве является борирование. Существует два метода твердофазного борирования – порошковый и металлотермический [1].

Порошковый метод насыщения можно осуществлять в герметизируемых контейнерах в смесях различных борсодержащих веществ (карбид бора, ферробор, ферроборал) или в вакууме в порошке аморфного бора. Этот метод не нашел применения в производстве из-за низкой технологичности и высокой стоимости насыщающих борсодержащих порошков.

Металлотермический метод борирования имеет ряд преимуществ по сравнению с борированием в борсодержащих порошках. Во-первых, стоимость смесей на основе оксида бора в 6–15 раз ниже стоимости смесей, содержащих карбид бора, ферробор, аморфный бор [2]. Результаты исследований [1] и опыт промышленного использования показали, что борирование в алюмотермических смесях не уступает по насыщающей способности смесям с борсодержащими компонентами, а по технологичности и возможности получения разных по фазовому составу и строению боридных слоев превосходит их. В металлотермическом методе борирования поставщиком бора является борный ангидрид (B_2O_3). Насыщающую смесь получают в ходе прохождения металлотермических реакций.

Процесс борирования из алюмотермических порошковых сред в настоящее время нашел применение при упрочнении инструментальной и технологической оснастки, используемой в кирпичном производстве. Здесь успешно могут быть использованы двухфазные боридные покрытия для упрочнения пресс-форм, пазо- и пустотообразователей, направляющих при прессовании керамических изделий.

Однофазные боридные покрытия хорошо зарекомендовали себя для упрочнения прессштампового инструмента и деталей машин: шнеков, экструдеров и т. д.

Отличительной особенностью алюмотермической смеси является изменение ее первоначального фазового состава и строения в процессе восстановления. Исходя из расчета реакций, предположительно протекающих в процессе восстановления, можно предсказать окончательный фазовый состав смеси. Однако установить точный фазовый состав, а тем более строение порошковой среды после металлотермического восстановления можно только в результате проведения соответствующих исследований.

Целью настоящей работы явилось исследование фазового и химического состава, строения и магнитных свойств порошковой смеси для однофазного борирования. При получении порошковой среды использовали следующие компоненты: оксид бора, оксид алюминия, оксид хрома, алюминий, железо и активатор. Процесс насыщения стали проводили в металлических контейнерах с герметизацией плавким затвором при температуре 950 °С в течение 4 ч.

Исследования порошковой среды были выполнены в соответствии с разработанной методикой [3].

Разделение порошка на фракции проводили ситовым методом. В работе использовали набор сит 0,8; 0,4; 0,2; 0,16; 0,1; 0,05. Для выделения фракции менее 0,01 проводили отмучивание смеси в дистиллированной воде. Порошок в количестве 200 г насыпали в фарфоровую чашку, заливали водой, взбалтывали и отстаивали 90 с. Затем взвесь сливали в отдельную банку. Процесс проводили до тех пор, пока вода при взбалтывании не становилась прозрачной. Раствор выпаривали на электрической плитке в фарфоровых чашках. В результате были отделены частицы смеси размером менее 0,01 мм. Остальной порошок сушили и сепарировали через набор сит.

Микроструктурный анализ порошка (по цвету, форме и строению отдельных зерен) проводили при помощи микроскопа марки МБС-1, который позволяет получать объемное изображение предмета в отраженном свете при увеличении до 100 раз.

Микрорентгеноспектральный анализ поверхности зерен осуществляли на электронном микроскопе, а рентгеноструктурный фазовый анализ порошков – на установке ДРОН-УМ1. Порошки измельчали (растирали), наклеивали на стекло, покрытое тонким слоем вазелина.

Магнитная сепарация смеси была проведена с использованием магнита «Сочнева», плоскости которого имеют разную магнитную силу. В результате отмучивания и последующего разделения ситовым методом смесь была разделена на следующие фракции: 0,8–0,4; 0,4–0,2; 0,2–0,16; 0,16–0,1; 0,1–0,05; 0,05–0,01; менее 0,01 мм. Гранулометрический состав смеси представлен на рис. 1. На рисунке показаны также кривые распределения по фракциям смесей для процессов двухфазного борирования ($39\% \text{B}_2\text{O}_3 + 30\% \text{Al} + 30\% \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$) [3] и однофазного борирования с железом ($21\% \text{B}_2\text{O}_3 + 19\% \text{Al} + 30\% \text{Al}_2\text{O}_3 + 30\% \text{Fe}$) [4].

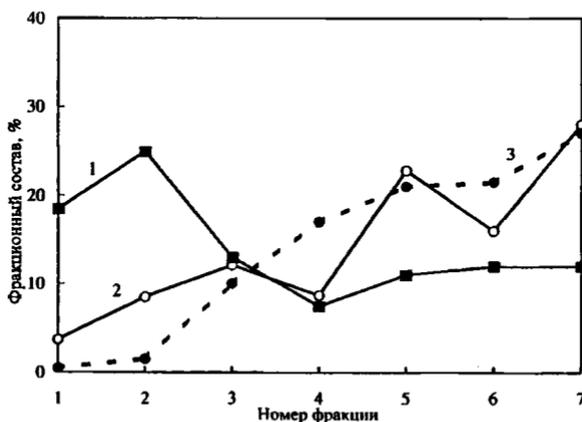


Рис. 1. Фракционный состав смесей для процесса борирования. Номер фракции: 1 – 0,8–0,4; 2 – 0,4–0,2; 3 – 0,2–0,16; 4 – 0,16–0,1; 5 – 0,1–0,05; 6 – 0,05–0,01; 7 – <0,01 (1 – двухфазное борирование; 2 – однофазное борирование, 30% Fe; 3 – добавки железа и оксида хрома)

Анализ фракционного распределения исследуемой смеси показал, что оно отличается от распределения, которое было получено для процесса двухфазного борирования, где максимум приходится на фракцию 0,4–0,2 [3]. В смеси же с добавками железа и оксида хрома идет постепенное повышение количества смеси с уменьшением размера фракции. Максимум достигается для фракции менее 0,01 мм. Исследованная смесь отличается сыпучестью и отсутствием спекания ее частиц в процессе насыщения.

По структуре смесь после восстановления состоит из трех видов зерен (шары, осколки шаров и пористые шлакообразные агрегаты). Состав смеси по видам зерен в зависимости от размера фракции представлен в таблице.

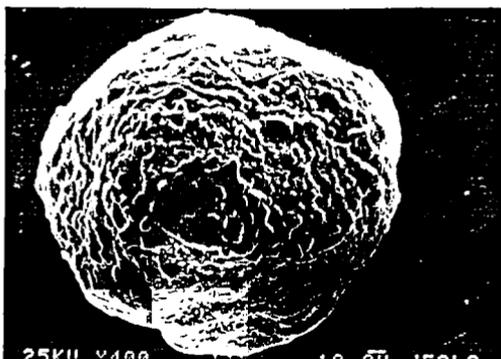
Состав смеси по видам зерен, %

Размер фракции, мм	Шары	Осколки шаров	Пористые агрегаты
0,8–0,4	1	–	99
0,4–0,2	63	9	28
0,2–0,16	35	8	57
0,16–0,1	11	11	78
0,1–0,05	6	8	86

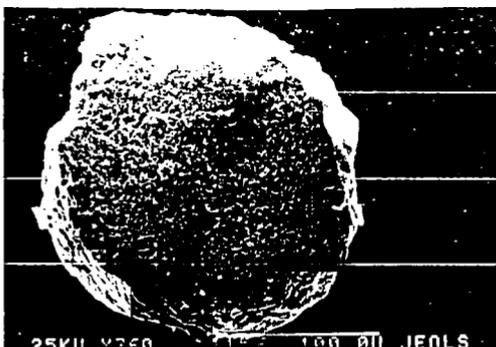
Микроструктура поверхностей зерен представлена на рис. 2. Зерна в виде шаров – блестящие, серые или с желтым оттенком. Осколки шаров по плоскости скола имеют сильный блеск. Зерна в виде шаров и осколков состоят из железа и хрома. Пористые агрегаты содержат алюминий и следы хрома и железа (до 1%).

Предыдущие исследования [3, 4] показали, что алюмотермическая смесь для двухфазного борирования состоит из оксида алюминия (Al_2O_3), двойного оксида ($Al_2O_3 \cdot B_2O_3$) и аморфного бора. Железоборсодержащая среда для однофазного борирования после восстановления имеет в составе оксид алюминия (Al_2O_3), двойной оксид ($Al_2O_3 \cdot B_2O_3$), борид железа (FeB) и железо (Fe).

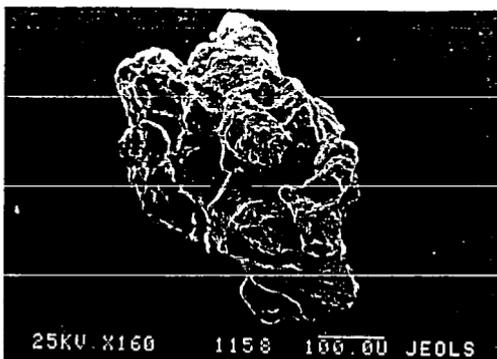
По данным рентгеноструктурного анализа, проведенного для исследуемой смеси, пористые агрегаты – это окись алюминия. Зерна-шары, по-видимому, представляют собой тройные соединения



a



б



в

Рис. 2. Микроструктура поверхностей зерен: *a* – шар ($\times 400$); *б* – осколок шара ($\times 360$); *в* – пористый агрегат ($\times 160$)

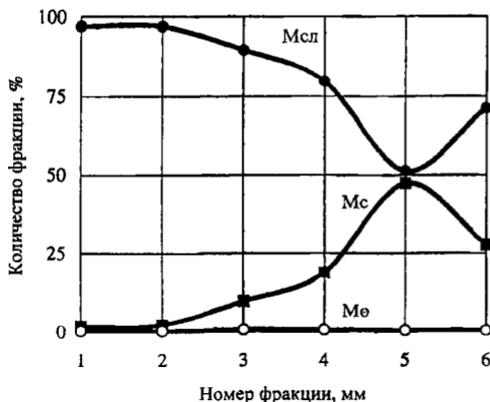


Рис. 3. Магнитное разделение смеси с 30% железа. Номер фракции: 1 – 0,4–0,2; 2 – 0,2–0,16; 3 – 0,16–0,1; 4 – 0,1–0,05; 5 – 0,05–0,01; 6 – менее 0,01. Магнитная проницаемость: M_c – сильная, $M_{сл}$ – слабая, M_0 – нулевая

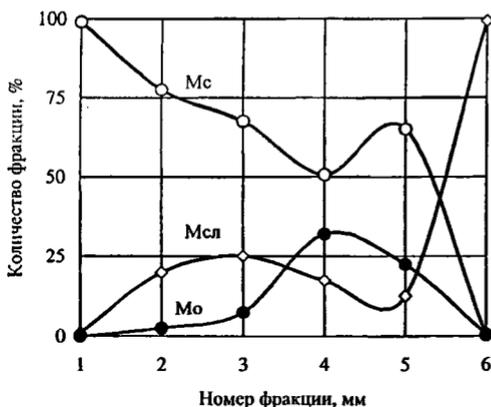


Рис. 4. Магнитное разделение смеси. Номер фракции: 1 – 0,4–0,2; 2 – 0,2–0,16; 3 – 0,16–0,1; 4 – 0,1–0,05; 5 – 0,05–0,01; 6 – менее 0,01. Магнитная проницаемость: M_c – сильная, $M_{сл}$ – слабая, M_0 – нулевая

Fe–Cr–B, так как образование двойных соединений типа Fe–B, Fe–Cr, Cr–B в исследуемой смеси не подтверждено.

Присутствие в смеси железа позволяет разделить порошок в зависимости от степени магнитных свойств. Как видно из результатов магнитной сепарации смеси для однофазного борирования с 30% железа, с уменьшением размера фракции происходит рост доли порошка в смеси с высокой магнитной проницаемостью (рис. 3). Фракция размером 0,05–0,01 состоит из равного количества порошка с высокой и слабой магнитной проницаемостью. Введение в смесь дополнительно оксида хрома приводит к изменению характера магнитной сепарации: с уменьшением размера фракции количество порошка с высокими магнитными свойствами уменьшается (рис. 4). Фракция размером менее 0,01 полностью состоит из порошка со слабыми магнитными свойствами.

Таким образом, на основании проведенных исследований порошковой среды для однофазного борирования, содержащей железо и оксид хрома, установлено, что по структуре порошковая смесь со-

стоит из трех видов зерен: шары, осколки шаров и пористые агрегаты. Смесь отличается повышенной сыпучестью и технологичностью. С уменьшением размера фракции магнитные свойства порошка снижаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворошнин Л. Г. Борирование промышленных сталей и чугунов. – Минск: Беларусь, 1981. – 204 с.
2. Глухов В. П. Борированные покрытия на железе и стали. – Киев: Наукова думка, 1970. – 208 с.
3. Протасевич В. Ф., Кухарев Б. С. Исследование аллотермических смесей для двухфазного борирования // *Металлургия*. – 1989. – № 23. – С. 106–108.
4. Протасевич В. Ф., Кухарева Н. Г., Воронович Г. К. Особенности структурообразования аллотермических железоборосодержащих сред. – Минск, 2005. – Деп. в ВИНТИ 11.03.05, № 330-В2005.

УДК 691.891

В. М. КОНСТАНТИНОВ, канд. техн. наук (БНТУ),
А. Н. ЛУКАШОК (Полоцкий государственный университет)

РОТАЦИОННЫЙ СПОСОБ ФРИКЦИОННОГО ЛАТУНИРОВАНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Известно, что основными видами изнашивания деталей цилиндропоршневой группы являются микросхватывание, окислительное и водородное изнашивание. При эксплуатации температура на поверхности гильзы доходит до 450 °С, давление – до 10 МПа. Условия смазывания в процессе трения могут меняться от жидкостного до сухого. Применение фрикционного латунирования в качестве финишной операции обработки гильзы обеспечивает улучшение приработки (сокращение времени и уменьшение износа до установившегося режима изнашивания), повышение износостойкости цилиндров и сокращение расхода топлива [2].

Несмотря на перечисленные достоинства, фрикционное латунирование гильз цилиндров не находит широкого применения в автомобилестроении и ремонте автомобилей. Это связано с тем, что су-