

ОТДЕЛОЧНАЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Пантелеенко Ф.И.¹, Пантелеенко Е.Ф.¹,
Быстренков В.М.², Петришин Г.В.²*

1) Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

2) Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,
Гомель, Республика Беларусь

Одним из наиболее эффективных методов повышения срока службы быстроизнашивающихся деталей в машиностроении и приборостроении является нанесение на их рабочие поверхности защитных или восстанавливающих покрытий. Как правило, эти покрытия обладают высокой твердостью, износостойкостью, коррозионной стойкостью. Однако такой комплекс свойств, обеспечивающий высокие эксплуатационные показатели изделия, создает значительные трудности при их механической обработке, необходимой для обеспечения требуемых параметров по точности и шероховатости. При этом наибольшая трудоемкость в технологическом процессе механической обработки наблюдается на отделочных операциях.

В машиностроении наиболее характерными элементами, имеющими высокие требования к качеству поверхности и подвергающимся ускоренному изнашиванию, являются сопрягаемые детали гидросистем. Опыт изготовления точных изделий с нанесенными износостойкими покрытиями показал, что операции отделочной обработки занимают не менее 80% штучного времени всей механической обработки. Столь высокую трудоемкость обуславливает высокая стойкость покрытий к абразивному изнашиванию, а также высокое содержание в материале покрытий никеля, приводящего к быстрому засаливанию шлифовального круга.

Ввиду этого актуальной является задача повышения производительности отделочной обработки труднообрабатываемых материалов при сохранении требуемых показателей шероховатости поверхности и точностных параметров детали. Наибольший интерес представляет исследование эффективности применения отделочной магнитно-абразивной обработки деталей круглого профиля с нанесенными на их рабочие поверхности защитными износостойкими покрытиями из порошковых смесей на основе сплава системы Ni-Cr-B-Si с твердостью покрытий 56...58 HRC_э, обеспечивающих высокую коррозионную и абразивную стойкость деталей.

Известно, что на производительность процесса магнитно-абразивной обработки существенное влияние оказывает характеристика применяемых ферромагнитных абразивных материалов. Так как для данной технологии абразивные материалы должны обладать не только высокой твердостью, но и иметь высокую магнитную проницаемость, существуют трудности при производстве таких материалов. Наиболее широкое применение в технологии магнитно-абразивной обработки получили спеченные порошковые материалы, состоящие из ферро-

магнитной основы и абразивных включений, обеспечивающих процесс съема металла. Однако такие материалы, обеспечивая высокое качество поверхностного слоя обработанной детали, имеют низкую стойкость и требуют замены после нескольких циклов обработки, что значительно повышает трудоемкость процесса и снижает его производительность.

Исследования производительности процесса магнитно-абразивной обработки тел вращения из стали 45 твердостью 45...48 HRCэ с использованием новых ферромагнитных абразивных порошков на основе борированных дисперсных металлических отходов показали высокую эффективность данных материалов при отделочной обработке поверхностей. Борированные порошковые материалы имеют высокие магнитные свойства за счет ферритной основы и значительную твердость поверхности, которую обеспечивают бориды железа FeB и Fe_2B (рисунок 1).

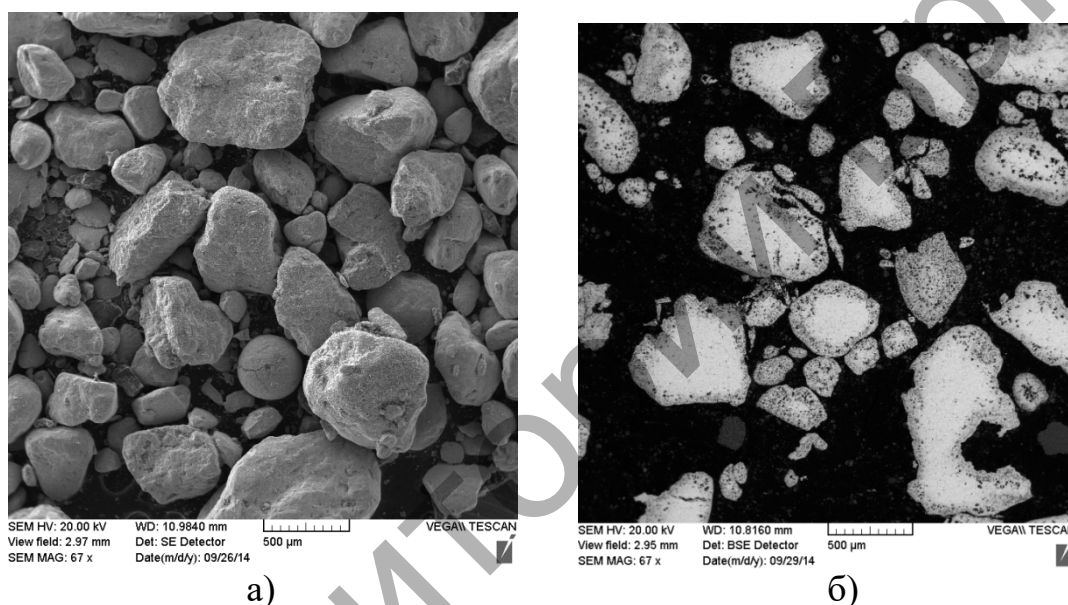


Рисунок 1 – Морфология борированного порошка на основе колотой чугуновой дроби (а) и микроструктура его частиц (б)

На рисунке 1, б хорошо заметен темный боридный слой, представляющий собой в основном фазу Fe_2B . Режущие свойства данных порошковых материалов обуславливает именно фаза Fe_2B , обладающая микротвердостью 13,5...14,5 ГПа. В исходном состоянии борированные абразивные материалы имеют на поверхности и более твердую фазу FeB толщиной до 5 мкм и микротвердостью 21...22 ГПа, однако данная фаза обладает высокой хрупкостью и разрушается в самом начале магнитно-абразивной обработки. Предыдущие исследования показали высокую эффективность борированных порошков на основе колотой чугуновой дроби при обработке улучшенной стали 45, однако технология магнитно-абразивной обработки и материалы для нее не применялись для обработки сплавов, обладающих высокой износостойкостью.

Исследования проводились на цилиндрических образцах диаметром 50 мм, длиной 20 мм. Материал образцов – сталь 45 с покрытием из порошковой смеси следующего химического состава: Ni - 70 масс.%, Cr- 18 масс.%, Si – до 1

масс.%, В - 4 масс.%. Исходная шероховатость поверхности образцов – Ra 2.5 мкм, после токарной обработки. Режимы магнитно-абразивной обработки: частота вращения детали – 1140 об/мин, скорость подачи 0,05 мм/об, магнитная индукция в рабочем зазоре без порошка – 0,50 Тл. В качестве ферромагнитных материалов – аналогов использовались спеченные порошковые материалы на основе железа и белого электрокорунда, нитрида кремния и нитрида алюминия. Для оценки производительности обработки в сравнении с традиционными отделочными технологиями образцы шлифовались на универсальном круглошлифовальном станке кругом марки 25A F46 L V35.

Исследования показали, при магнитно-абразивной обработке порошками на основе железа и электрокорунда скорость съема металла составляла 0,8 мкм/мин, а при работе порошками на основе железа, спеченного нитридом кремния и нитридом алюминия, скорость съема достигает 1,0 мкм/мин. При этом производительность обработки на круглошлифовальной операции составляет 1,0...1,2 мкм/мин. Однако в процессе магнитно-абразивной обработки не требуется правка инструмента, так как одной отличительных особенностей этой технологии является процесс самозатачивания. Повысить производительность процесса магнитно-абразивной обработки удалось за счет применения новых диффузионно-борированных материалов на основе колотой чугунной дроби. Высокие магнитные свойства данных материалов позволили получить жесткий абразивный инструмент с высокой твердостью зерна, что значительно повысило производительность магнитно-абразивной обработки. Так, применение таких порошков зернистостью 0,315...0,400 мм показало производительность обработки опытных деталей 1,8...1,9 мкм/мин, обеспечив снижение шероховатости с Ra 2.5 мкм до Ra 0,50 мкм. Изменение фракционного состава до 0,200...0,315 мм снизило производительность до 1,7 мкм/мин, но позволило получить требуемую шероховатость Ra 0,32 мкм за счет того, что в процессе обработки частицы раскалываются, таким образом, формируя новые режущие поверхности. Лабораторные исследования по обработке экспериментальных деталей с износостойкими покрытиями из порошковой смеси системы Ni-Cr-Si-B твердостью 56...58 HRCэ показали снижение трудоемкости отделочной обработки с 220...240 мин при круглом шлифовании до 90...100 мин при магнитно-абразивной обработке борированными материалами на основе дисперсных металлических отходов с частицами неправильной формы.

Кроме того, была исследована возможность выполнения операций магнитно-абразивного полирования тел вращения из труднообрабатываемых материалов, так как для некоторых изделий шероховатость поверхности является фактором, влияющим на их эксплуатационные характеристики. Применение в процессе магнитно-абразивной обработки ферромагнитных абразивных материалов фракции 0,063...0,080 мм позволило снизить шероховатость поверхности с Ra 0,32 мкм до Ra 0,09 мкм.

Таким образом, исследования показали, что магнитно-абразивная обработка труднообрабатываемых материалов борированными порошками на основе дисперсных металлических отходов эффективнее традиционной круглошлифо-

вальной обработки. Данная технология позволяет достигать шероховатости Ra 0,09 мкм, а также обеспечивает производительный съём поверхностных слоев износостойких покрытий с обеспечением требуемой точности и шероховатости поверхности.

УДК 621.785.5

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА БОРИРОВАНИЯ НА ХРУПКОСТЬ БОРИДНЫХ СЛОЕВ НА СТАЛЯХ У8А И 9ХС

Константинов В.М., Дашкевич В.Г., Ковальчук А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Исследование хрупкости диффузионных боридных слоев является сложной задачей, так как для ее оценки пока нет единых, общепризнанных методов, позволяющих получать абсолютные значения показателей хрупкости боридных слоев на разных сталях. Это связано с изменением хрупкости боридных слоев в широком диапазоне в зависимости от толщины слоя, его морфологии и соотношения фаз, условиями насыщения, состава стали и другим [1]. Поэтому задачи определения хрупкости боридных слоев традиционно решаются в каждом конкретном случае с получением сравнительных результатов. Такие данные имеют значительный практический интерес, так как при внедрении разрабатываемых технологий упрочнения стальных деталей с использованием борирования в производственный цикл, необходимым условием является воспроизводимость результатов обработки (получение низкой хрупкости боридных слоев), а также статистическая управляемость операций технологического цикла при определенных граничных условиях: температуре насыщения, времени выдержки, получаемой толщине боридного слоя.

Наиболее показательной характеристикой хрупкости борированных слоев следует считать минимальное напряжение, приводящее к появлению трещин или скола на различном расстоянии от поверхности образца. Поэтому хрупкость борированного слоя оценивалась по методике [2]. Согласно этой методике хрупкость оценивается по напряжению скола σ (МПа) слоя, которое в совокупности учитывает фазовый состав и морфологию слоя, микротвердость и модули упругости фаз, напряженное состояние слоя и запас пластичности (формула 1):

$$\sigma = 0,174 \cdot P / (2 \cdot l^2 + l \cdot l_c), \quad (1)$$

где P – нагрузка, Н; l – минимальное расстояние от центра отпечатка алмазной пирамиды до края образца, мм; l_c – длина диагонали отпечатка пирамиды, мм.

Оценка хрупкости проводилась при нагрузке 1,0 Н, которая способна образовывать трещину на межфазной границе для всех образцов, что предварительно установлено опытным путем. Вероятность появления трещины оценивалась как