

логических элементов; отношение времен формообразования технологических элементов и изделий).

Этап 2. Статистический анализ общего времени формообразования единичного слоя изделий (общее время формообразования единичного слоя изделий; время формообразования единичного слоя изделий; время опускания рабочей платформы при создании единичного слоя изделий; время выравнивания единичного слоя изделий; относительное время формообразования единичного слоя изделий, опускания рабочей платформы; относительное время выравнивания, выдержки).

Этап 3. Статистический анализ общего времени формообразования единичного слоя технологических элементов (общее время формообразования единичного слоя технологических элементов; время формообразования единичного слоя технологических элементов; время опускания рабочей платформы при создании единичного слоя технологических элементов; время выравнивания единичного слоя технологических элементов; относительное время формообразования единичного слоя, опускания рабочей платформы, выравнивания, выдержки).

Анализ структуры технологического времени производился для лазерной стереолитографии (SLA) и селективного лазерного спекания (SLS). Параметры задавались в интервалах предельно допустимых значений. При статистическом моделировании использовались выборки, состоящие из 50000 вариантов значений параметров и исследуемых характеристик процесса.

По результатам прогнозирования относительных характеристик общего времени формообразования единичного слоя изделий, выявлена относительная структура времени формообразования единичного слоя изделий (SLA): формообразование 50÷99%; опускание рабочей платформы до 1%; выравнивание до 19%; выдержка до 27%.

Для времени формообразования единичного слоя дополнительных технологических элементов (SLA) выявлена следующая относительная структура: формообразование 62÷99%; опускание рабочей платформы до 11%; выравнивание 0%; выдержка до 27%.

Время формообразования единичного слоя изделий (SLS) имеет следующую относительную структуру: формообразование до 49%; опускание рабочей платформы менее 1%; выравнивание до 5%; выдержка 43÷99%.

Время формообразования единичного слоя дополнительных технологических элементов (SLS) имеет следующую относительную структуру: формообразование до 69%; опускание рабочей платформы менее 1%; выравнивание менее 1%; выдержка 30÷99%.

Статистическое прогнозирование значений относительных характеристик общего времени формообразования изделий и дополнительных технологиче-

ских элементов показало, что время формообразования изделий составляет более 80% от общего времени работы установок SLA и SLS.

ФЕРРОМАГНИТНЫЙ АБРАЗИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ

Петришин Г.В., Быстренков В.М., Пантелеенко Е.Ф.

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

В настоящее время технология магнитно-абразивной обработки, разработанная еще в 1938 г., нашла применение в области финишной обработки точной оптики, в микроэлектронике, в машиностроении при обработке труднообрабатываемых, труднодоступных или сложнопрофильных поверхностей. При этом в последнее время основным сдерживающим фактором дальнейшего развития магнитно-абразивной обработки является сложность изготовления для нее ферроабразивных материалов, так как они должны обладать фактически противоположными свойствами: высокой твердостью и хорошими магнитными свойствами. Сейчас в данной технологии используются ферробор, ферровольфрам, бористый чугун, крошка белого чугуна, стальные закаленные иглы, механические смеси магнитных и абразивных порошковых материалов. Данные материалы технологичны в производстве, но не обеспечивают высокую производительность и качество обработки. Также при магнитно-абразивной обработке широко используются композиционные материалы, полученные спеканием ферромагнитной основы с абразивной составляющей.

Самофлюсующиеся борированные порошки на основе чугунной дроби ввиду своих технологических особенностей могут идеально подойти в качестве ферроабразивных материалов при любых видах магнитно-абразивной обработки: от грубого шлифования до полирования. Данный ферромагнитный материал обладает высокими магнитными свойствами, так ядро его частиц состоит из стали либо чугуна, и содержит большое количество железа. При этом боридная оболочка данных частиц представляет собой бориды железа FeB и Fe₂B, обладающих высокой твердостью. Вследствие этого борированный порошок на основе чугунной дроби может обладать высокими режущими свойствами и тем самым обеспечивать высокую производительность процесса магнитно-абразивной обработки. Кроме того, имеется возможность изготовления порошков разного фракционного состава: от 0,005 мм до 0,64 мм. Предварительные исследования по оценке возможности использования борированных материалов на основе чугунной дроби позволили установить границы содержания в частицах порошка

бора, при которых обеспечивается выполнение условий его применимости в технологии магнитно-абразивной обработки. Содержание бора в материале обусловлено минимальной и максимальной толщиной борсодержащей абразивной оболочки ферромагнитных ядер. Установлено, что при превышении количества бора в материале 9,0 мас.% существенно снижаются магнитные свойства порошка, так как в этом случае в материале преобладает фаза FeB и Fe₂B, имеющая слабые магнитные свойства, а также происходит графитизация растворенного в железе углерода, который также снижает магнитные свойства материала. При содержании бора менее 1,0 мас.% толщина боридного слоя столь незначительна, что не оказывает существенного влияния на абразивные свойства материала вследствие быстрого изнашивания этого слоя в процессе обработки. Следует также отметить снижение стоимости борированных порошков по сравнению с имеющимися композиционными порошковыми материалами, так как при их производстве используется отходы металлообработки, в то время как при производстве выше приведенных материалов необходимо использование специально изготавливаемого абразива, а также измельченного технического железа. В результате из таких порошков формируются стабильные качественные ферромагнитные абразивные инструменты, позволяющие производить управляемый размерный съем металла при финишной отделочной обработке либо полировании. Для исследований использовались порошки, полученные путем диффузионного борирования отходов чугуна дробы. В качестве исходного сырья использовалась колотая чугунная дробь с размером частиц 0,063...0,080 мм, 0,200...0,315 мм и 0,315...0,400 мм. Результаты проведенных испытаний борированных порошков и металлизированного фарроабразивного материала сведены в таблицу.

Результаты испытаний борированного порошка и известного материала

Характеристика ферромагнитного абразивного материала				Технологические характеристики порошка, процесса шлифования и обработанной поверхности		
N п/п	Ферромагнитный абразивный материал	Содержание бора в материале, мас.%	Диапазон размеров частиц порошка, мм	Производительность, мг/цикл	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Стойкость порошка, циклов
Металлизированный порошок						
1	Металлизированный порошок	-	0,200...0,315	158±4	0,34±0,03	82±5
2	Металлизированный порошок	-	0,315...0,400	172±4	0,50±0,04	87±6
Борированный порошок						
3	Борированный порошок	4,8±0,2	0,200...0,315	212±5	0,32±0,03	110±8
4	Борированный порошок	4,8±0,2	0,315...0,400	245±5	0,50±0,04	118±8
5	Борированный порошок	4,4±0,2	0,063...0,080	162±4	0,09±0,01	84±5

Из данных, приведенных в таблице, видно, что производительность и стойкость борированного порошка выше по сравнению с известным аналогом. При этом высокая производительность процесса обработки не снижает качество обработанной поверхности. Таким образом, предложенный ферромагнитный абразивный порошок по сравнению с аналогами обладает более высокой производительностью и стойкостью, а также обладает более высокой полирующей способностью, более технологичен в изготовлении и использовании.

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Ткаченко Э.А., Гришин В.С.

Национальная металлургическая академия Украины

Нанесение тонких полимерных покрытий на сопрягаемые поверхности различных по природе материалов – перспективный технологический прием повышения эксплуатационных характеристик прецизионных сопряжений, узлов трения и элементов уплотнительной техники. Технологическая сложность формирования покрытий с программируемыми физико-механическими параметрами и диаметрально противоположными адгезионными свойствами на ограничивающей поверхности и границе раздела особенно остро проявляется в металло-полимерных системах с эластомерной основой. Различная деформативная способность элементов слоистой системы при конечных деформациях требует технологического обеспечения надежности и устойчивости тонких покрытий в пределах условий и режимов эксплуатации узлов сопряжения и уплотнительных комплексов. Приоритетным в разработке технологии нанесения покрытий является формирование качественных поверхностных слоев нано- и микротолщин на основе химически инертного и индифферентного ко многим материалам фторопласта путем создания зоны хемосорбционного взаимодействия элементов слоистой среды и подложки.

Достижение поставленной цели потребовало системного решения следующих задач: 1) разработки опытно-промышленной технологии непрерывно-последовательного формирования покрытия на эластомерах с контролируемым процессом полимеризации фторопласта и толщины формируемого слоя; 2) исследования переходной зоны взаимодействия элементов слоистой