

## Литература

1. Данилов, В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием /В.А. Данилов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1995. – 264 с.
2. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов /И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1981.

**МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОТС «АКВАПОЛ-1»****И.В. Закревский, Е.В. Сенчуров***Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

Научный руководитель Л.Е. Сергеев

Как известно, магнитно-абразивная обработка (МАО) представляет собой один из финишных процессов, направленных на достижение и обеспечение высоких показателей качества деталей. Однако «узким местом» данной технологии является обработка цветных металлов типа бронзы, латуни, меди и т. д. Это объясняется, во-первых, тем, что существенно меняется характер силового взаимодействия режущих элементов ферроабразивного порошка (ФАП) с поверхностью материала, во-вторых, возможностью прекращения процесса диспергирования из-за возникновения явления структурной приспособляемости. Кроме того, при использовании ФАП на основе карбидов, обладающих высокими режущими свойствами (например, Fe-TiC, содержащего 85 % порошка железа и 15 % порошка карбидов титана), происходит потемнение обрабатываемых поверхностей изделий. Это вызвано внедрением в них продуктов распада ФАП, обусловленного наличием в порошке остаточного углерода, устранить который ввиду особенностей технологии его изготовления не предоставляется возможным. В итоге, ухудшается товарный вид конечной продукции.

Использование же ФАП ПФА Р6М5-1 ТУ 27-104-02-86, производство которого базируется на основе отходов быстрорежущей стали и имеющего высокие полирующие свойства, вследствие чего придается требуемый блеск поверхностному слою изделия, ограничено. Это обусловлено тем, что если глубина дефектного слоя материала превышает 15–20 мкм, применение данного вида ФАП уменьшается из-за невозможности устранения дефектов поверхности. Одной из предпринимаемых попыток исключения такого недостатка обработки являлось механическое смешивание двух видов ФАП – Fe-TiC и ПФА Р6М5-1 в различных пропорциях. Однако увеличение доли Fe-TiC в общем количестве ПАФ не обеспечивало полного устранения дефектов поверхности, образованных предшествующей технологической операцией, если их глубина превышала 25–30 мкм, а, соответственно, увеличение доли ПФА Р6М5-1 только приводило к снижению потемнения поверхностного слоя.

Поскольку вторым компонентом рабочей среды при МАО, помимо ФАП, служит смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), то они представляли следующий этап исследований. Это объясняется тем, что наибольшей способностью к адсорбции при процессе МАО обладают именно ПАВ. Их характерной особенностью является несовпадение центров тяжести положительных и отрицательных зарядов в молекулах даже в изолированном состоянии. Микроскопическая неоднородность физико-механических харак-

теристик присуща любому твердому телу (в частности, и металлам), что вызвано анизотропией кристаллов. Вследствие этого поверхностный слой металла обладает повышенной активностью. Полная энергия металлов состоит из внутренней и поверхностной. Последняя – пропорциональна поверхности раздела фаз, поэтому особенно возрастает при диспергировании металлов. Существование и перемещение адсорбированного слоя определяется во многом температурой рабочей зоны. Молекулы ПАВ, адсорбированные на поверхности металлов, обладают также способностью перемещаться из областей, где имеется их избыток, в области, где их недостаточно для полного покрытия поверхности.

Наиболее очевидной причиной насыщения остаточным углеродом поверхностного слоя обрабатываемых изделий является снижение моющих свойств традиционно применяемых при MAO СОТС СинМА-1 и СинМА-2 ТУ 38.59011-91. Известно, что любая технологическая система может функционировать только при подводе к ней энергии, которая полностью или частично преобразуется в тепловую. Процессы распространения теплоты и направление непрерывно связаны с распределением температуры. Рабочая температура MAO обычно составляет 50–70 °С при подводе СОТС в зону обработки, хотя ранее проведенные исследования показывают, что температура процесса, протекающего без охлаждения, достигает 400 °С. Установлено, что жидкости с молекулами большой длины, содержащие растворы ПАВ, образуют над монослоем полярных молекул граничный слой, в котором молекулы правильно ориентированы (рис. 1). Имея квазикристаллическую структуру, граничные слои находятся в особом агрегатном состоянии. При определенной температуре силы продольной когезии между молекулами исчезают, происходит дезориентация адсорбированных молекул и теряется способность растворов к адсорбции. Температура дезориентации на химически неактивных металлах для жирных кислот близка к температуре плавления (70–80 °С), а квазикристаллическая структура граничных фаз распадается.

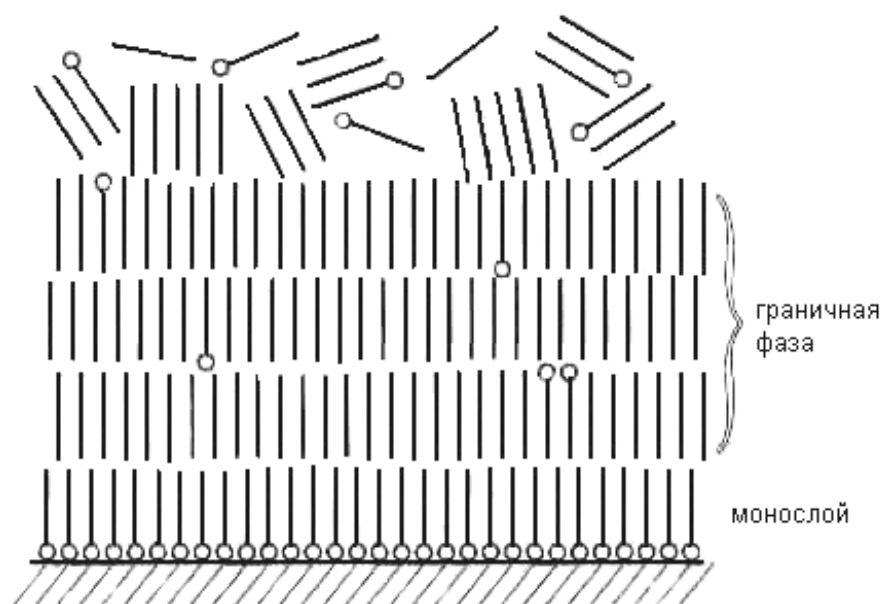


Рис. 1. Схема адсорбции монослоя полярных и ориентации неполярных молекул

Для ликвидации постоянно образующихся вторичных пленок, физико-механические показатели которых превышают показатели матрицы основного металла, что отчасти характеризует явление структурной приспособляемости, требуется большой расход энергии. Это приводит к росту рабочих температур в зоне резания. Поскольку СОТС СинМА-1 и СинМА-2 созданы на основе синтетических жирных кислот, то для них повышение температуры от установившейся (50–70 °С) в зоне резания даже на 10–20 °С уже является критическим. Следовательно, уменьшается способность растворов к адсорбции, а отсюда резко снижается моющее действие СОТС, чем и объясняется невозможность устранения остаточного углерода с поверхностей обрабатываемых деталей.

В результате проведенных исследований выявлено, что полноценной заменой СинМА-1 и СинМА-2 при обработке цветных металлов могут служить СОТС «Аквапол-1» ТУ 38.1011061-86, разработанные УкрНИИ НП «МАСМА» (г. Киев, Украина). Величина размерного съема материала при использовании рабочей среды: ПАФ – Fe-TiC и СОТС «Аквапол-1» превышает 50 мкм, что гарантирует устранение дефектов поверхностного слоя, созданных на предшествующей технологической операции, а ее светоотражательная способность, т. е. блеск, обеспечивается высокими моющими свойствами указанных выше СОТС.

Количественно и качественно состав СОТС «Аквапол-1» представляет собой смесь триэтаноламиновых мыл, сульфатов натрия, неиногенных ПАФ, ингибиторов коррозии как черных, так и цветных металлов, воды, веществ связки и небольшого количества нефтяного масла определенного соотношения между компонентами. Его некоторые физико-химические характеристики представлены в табл. 1. Технология изготовления заключается в компаундировании исходного сырья при 50–70 °С.

Таблица 1

#### Физико-химические характеристики СОТС

Показатель	Вид СОТС		
	СинМА-1	СинМА-2	«Аквапол-1»
Удельная масса при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , в пределах	900	900	1000-1200
Кинематическая вязкость при 50 °С, сСт, не более	100	100	30
Склонность к пенообразованию, см <sup>3</sup> , не более	500	500	600
Устойчивость пены, см <sup>3</sup> , не более	100	100	300
pH 3 %-го раствора, в пределах	8,5-10	8,5-10	7,5-9

Исследование процесса MAO с использованием СОТС «Аквапол-1» было проведено на установке СФТ 2.150.00.00.000. Параметры и режимы MAO приняты следующими: магнитная индукция  $B = 0,9-1,1$  Тл; скорость резания  $V_p = 1-1,5$  м/с; скорость осцилляции  $V_o = 0,15-0,2$  м/с; амплитуда осцилляции  $A = 1-2$  мм; время обработки  $t = 60$  с. Подача СОТС в рабочую зону осуществлялась свободно подающей струей, расход 250 мл/мин.

В качестве образцов использовались прутки  $d = 45$  мм; материал – бронза БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78, латунь Л63 ГОСТ 15527-70, медь М3 ГОСТ 859-78. ПАФ – Fe-TiC и ПФА Р6М5-1; зернистость ФАП 160/200 мм; величина рабочего зазора  $\delta = 1$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора  $K_3 = 1$ . измерения шероховатости образцов до и после обработки методом MAO производились на профилографе-профилометре модели «252-Калибр». Потемнение обрабатываемой поверхности

изделий оценивались визуально сравнением с эталоном, взвешивание образцов осуществлялось на весах аналогичных ВЛА-200Г с точностью до 0,001 г. шероховатость образцов до обработки составляла  $Ra = 1,2-1,65$  мкм.

Рассмотрим результаты проведенных исследований, представленных в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты сравнительного исследования производительности и шероховатости при использовании различных видов рабочей среды**

Вид рабочей среды	Обрабатываемый материал					
	Бронза БрАЖ9-4		Латунь Л63		Медь М3	
	$Ra_2$ , мкм	$G$ , мг $\frac{\text{мг}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$	$Ra_2$ , мкм	$G$ , мг $\frac{\text{мг}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$	$Ra_2$ , мкм	$G$ , мг $\frac{\text{мг}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$
СинМА-1+ПФА Р6М5-1	0,1	2,5	0,15	2,2	0,1	2,28
СинМА-2+ПФА Р6М5-1	0,1	3,12	0,1	2,14	0,08	2,63
«Аквапол-1»+ПФА Р6М5-1	0,2	2,67	0,2	2,34	0,15	2,55
СинМА-1+Fe-TiC	0,1	3,5	0,1	4,02	0,15	4,25
СинМА-2+Fe-TiC	0,08	3,95	0,1	4,65	0,1	3,36
«Аквапол-1»+ Fe-TiC	0,08	4,7	0,1	4,12	0,1	4,51

Оценка качества поверхности деталей осуществлялась по показателям достигнутой шероховатости  $Ra_2$ , мкм, а производительности – по удельному массовому съему в единицу времени  $G$ , мг/(см<sup>2</sup>·мин). Установлено, что использование СОТС «Аквапол-1» позволяет добиться требуемого блеска поверхности изделий с устраненными поверхностными дефектами. Это объясняется оптимальным сочетанием исходных компонентов СОТС «Аквапол-1» как количественно, так и качественно, что значительно повышает их свойства, в сравнении с СинМА-1 и СинМА-2.

**ГРАВИТАЦИОННОЕ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО  
С ПРОВОЛОЧНОЙ СЕПАРИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

**В.В. Гусаров**

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки*

Научный руководитель А.В. Клочков

Очистка и сушка зерна являются важными операциями завершения уборочных работ. Задача увеличения валовых сборов зерна сопровождается соответствующим повышением затрат на его очистку и сушку. Специфические климатические условия Беларуси приводят к необходимости организации поточной послеуборочной обработки зерна. Данные операции имеют значительную энергоемкость и отличаются повышенной практической значимостью.

Основная масса убираемого зерна должна быть очищена и высушена с использованием имеющейся базы зерноочистительно-сушильных комплексов КЗС и ЗАВ. Однако и в рамках традиционной технологии обработки зерна возможно существенное снижение энергозатрат [1]. Комплексно решить задачу оперативной очистки зерна от примесей и снизить последующий расход топлива на сушку позволяет использование новых машин – очистителей зерна гравитационного типа [2]. На гравитационных сепараторах может производиться очистка зерна на комбайнах при влаж-