

УДК 621.923

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СОЗДАНИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*д-р техн. наук Л.М. АКУЛОВИЧ, канд. техн. наук, доц. Л.Е. СЕРГЕЕВ, В.Е. БАБИЧ  
(Белорусский государственный технический университет, Минск),  
канд. техн. наук А.П. РАКОМСИН, канд. техн. наук М.И. СИДОРЕНКО  
(РУП «МАЗ», Минск)*

*Точение, фрезерование, сверление, шлифование и другие процессы обработки резанием характеризуются большими динамическими нагрузками, высокими температурными воздействиями обрабатываемого материала на режущий инструмент, что обуславливает необходимость использования смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС).*

*В машиностроительной области использование имеющихся разработок по подбору технологических смазок, обеспечению необходимого охлаждения должно существенно повлиять на технико-экономические показатели производства и качество продукции.*

*Осуществлено прогнозирование применения СОТС для магнитно-абразивной обработки цветных металлов. Данные рекомендации основаны на базе критерия, определяемого через физико-химические показатели СОТС и связаны с показателем теплообмена в виде числа Нуссельта. Выявлены пути интенсификации процесса МАО цветных металлов за счет изменения как технологии изготовления СОТС, так и создания новых составов конструированием системы компонентов данных СОТС.*

**Введение.** Рост мощности агрегатов приводит к необходимости отвода большого количества тепла и обеспечения минимальных потерь на трение. Процесс трения непосредственно определяет состояние и качество обрабатываемых поверхностей. Все эти требования обеспечиваются применением различных смазок и охлаждающих средств или жидкостей, совмещающих эти функции.

С увеличением объема производства существенно повысились требования к качеству готовой продукции. Современные высокопроизводительные агрегаты в машиностроении рассчитаны на использование деталей, обладающих строго постоянными свойствами и бездефектной поверхностью.

Рост объема производства и повышение требований к качеству продукции вызвали необходимость пуска новых типов оборудования. Системы технологической смазки и охлаждения этого оборудования характеризуются не только большой мощностью и значительным объемом используемых жидкостей, но и гибкостью в управлении, универсальностью, совершенством средств очистки.

Машиностроение является основой развития народного хозяйства, поэтому качественным изменениям в области создания и эксплуатации автотракторной и сельскохозяйственной техники уделяется первостепенное значение, при этом главная роль отводится расширению производства и повышению качества прогрессивных видов машиностроения. Решение задачи дальнейшего развития производства машиностроения при постоянном повышении его качества невозможно без использования последних достижений науки и техники, квалифицированных кадров.

В машиностроительной области использование имеющихся разработок по подбору технологических смазок, обеспечению необходимого охлаждения должно существенно повлиять на технико-экономические показатели производства и качество продукции.

**Основная часть.** Одним из наиболее важных свойств смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) служит их моющее действие. Однако вопрос прогнозирования его эффективности для магнитно-абразивной обработки (МАО) цветных металлов во многом еще не решен. В качестве такого критерия предлагается использовать безразмерный коэффициент теплоотдачи, устанавливаемый через число Нуссельта. В свою очередь данный коэффициент зависит от показателя динамической вязкости, который определяется через физико-химические показатели СОТС. На основе выявления их связи прогнозируется эффективность применения различных видов СОТС для МАО. Также на базе системного подхода произведена оптимизация составов СОТС и установлены граничные условия их создания. Осуществлена возможность эффективного применения СОТС на основе эмульсий, полученных эжекционно-волновой технологией.

Исследование СОТС на результаты магнитно-абразивной обработки представляет интерес в силу реализации возможности воздействия на данный процесс. Необходимость такого исследования обусловлена ростом требований к качеству обработанных изделий и обеспечением заданных характеристик микро- и макрогеометрии поверхностного слоя этих изделий.

Установлено, что требуемые свойства финишной обработки обеспечиваются применением соответствующего вида СОТС [1]. Однако несмотря на большое число разработанных составов СОТС задача

оптимизации их составов для MAO во многом еще не решена. Как правило, такого рода рекомендации носят эмпирический характер, базирующийся на конкретных условиях обработки.

Ранее оценка моющего действия производилась по отдельным физико-химическим характеристикам: поверхностной активности, пептизирующей способности, смачиваемости.

Независимо от механизма действия, следует отметить, что только комплексный фактор выявляет эффективность использования СОТС как одного из важных компонентов рабочей технологической среды: ферроабразивный порошок (ФАП) + СОТС + электромагнитное поле (ЭМП). Необходимость установления этого фактора должна быть связана с наличием критерия, характеризующегося доступностью его определения в условиях производства. Ранее для MAO в качестве СОТС применялись эмульсии на основе эмульсолов ЭТ, ЭГТ, Э-2. Однако наличие грубодисперсной ( $10^{-1} \dots 10^{-2}$  мм) фазы таких эмульсий приводило к прекращению фильтрации СОТС ферроабразивной «щеткой» [2].

Следующий этап исследований показал, что наиболее приемлемой заменой такого рода СОТС являются поверхностно-активные вещества (ПАВ) на базе гликолей [3]. Однако необходимость обработки методом MAO вязких пластичных материалов, в том числе и цветных, требует создания нового типа СОТС. Это обусловлено тем, что синтетические жирные кислоты, на основе которых разработаны широко применяемые СОТС СинМА-1 и 2 ТУ 38.5901176-91, имеют низкую ( $70 \dots 80$  °С) термостойкость, вследствие чего происходит падение эффективности моющего действия [4].

Трудность обработки цветных металлов связана с возникновением явления структурной приспособляемости [5]. Повышение показателя термостойкости СОТС для MAO ограничивается реальным набором компонентов.

Учитывая изложенное, очевидна целесообразность системного подхода при решении данной задачи и проведения работ, носящих в основном качественный характер.

При исследовании в качестве оборудования применялись:

Установки:

- СФТ 2.150.00.00.000. – для магнитно-абразивной обработки;
- СФТ 10.125.00.00.000 – для производства СОТС методом эжекционно-волновой технологии.

Образцы:

- пруток диаметром 45 мм;
- материал – бронза Бр ОФ 10-5 ГОСТ 18175-78; латунь Л63 ГОСТ 15527-70 и медь МЗ ГОСТ 859-81.
- СОТС – 5 % водные растворы СинМА-1 и 2; Э-2 ГОСТ 4244-75;
- ФАП – Ж15КТ ТУ 6-09-483-81; размер зерна  $\delta = 100/160$  мкм.
- Шероховатость образцов до обработки –  $Ra_1 = 0,8 \dots 1,2$  мкм.

Измерение шероховатости до и после обработки производилось на профилографе-профилометре модели 252 «Калибр».

Взвешивание образцов осуществлялось на весах аналитических ВЛА-200 Г.

Производительность обработки определялась по величине удельного массового съема материала.

В работе [4] выявлено, что использование СОТС Аквапол-1 ТУ 38.1011061-86 обеспечивало интенсификацию процесса MAO цветных металлов в сравнении с СинМА-1 и 2.

Анализ предполагаемого состава СОТС Аквапол-1 позволил сделать вывод, что наличие в нем нефтяного масла приводит к увеличению дисперсности системы и оптимизации физико-механических показателей для производительности протекания процесса MAO. Другим граничным условием, определяющим эффективность применения СОТС, является система, созданная как эмульсия. Следовательно, движение от этой границы должно быть направлено уже к уменьшению дисперсности этой системы. Основной вопрос заключается в том, посредством чего достигнуть поставленного результата.

Проведенные исследования позволили установить:

- в первом случае (Аквапол-1) решение обеспечивается путем конструирования системы, т.е. введение в общий состав нефтяного масла как компонента при сохранении всего комплекса технологии изготовления;

- во втором – решение уже представляется как изменение технологии при сохранении состава компонентов.

Требуемый результат достигается применением эжекционно-волновой технологии для получения эмульсии с дисперсностью  $10^{-3}$  или близкой к этому показателю.

Сущность эжекционно-волновой технологии приготовления СОТС заключается в использовании колебаний волн давлением  $0,02 \dots 0,1$  МПа и частотой  $1 \dots 2$  кГц и кавитации. Отличительной особенностью эжекционно-волновой технологии является то, что реализуется рационально организованная циркуляция компонентов смеси с отбором эмульсола из поверхностного слоя и активным смешиванием с водой [6]. Данная технология обеспечивает средний диаметр частиц  $1 \dots 5$  мкм. Однородность эмульсии достигается  $3 \dots 5$ -кратностью протекания смеси через эжекторную камеру.

Испытания СОТС Э-2, приготовленной с использованием эжекционно-волновой технологии, показали, что по производительности и качеству MAO цветных материалов эта эмульсия превышает аналогичные показатели СОТС СинМА-1 и 2 в среднем на 20 % (табл. 1).

Таблица 1

Производительность и качество обработки методом MAO  
при использовании различных составов СОТС

Вид материала	СинМА-1		СинМА-2		Э-2	
	$\Delta Q$ , мг/см <sup>2</sup> ·мин	Ra <sub>2</sub> , мкм	$\Delta Q$ , мг/см <sup>2</sup> ·мин	Ra <sub>2</sub> , мкм	$\Delta Q$ , мг/см <sup>2</sup> ·мин	Ra <sub>2</sub> , мкм
Латунь Л63	6,31	0,12	6,49	0,1	6,58	0,12
Бронза БрО Ф 10-5	5,71	0,16	6,01	0,09	7,27	0,1
Медь МЗ	11,52	0,08	10,37	0,11	12,11	0,09

Произведем оценку эффективности протекания процесса MAO по критерию динамической вязкости СОТС.

Удельный тепловой поток  $q$  от твердого тела с температурой  $t_\tau$  к жидкости определяем по формуле:

$$q = \alpha(t_\tau - t_{ж}),$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $t_{ж}$  – температура жидкости.

Чем больше коэффициент теплоотдачи, тем лучше СОТС отводит тепло от режущего инструмента, стружки и детали. Теплоотвод при резании происходит вследствие конвекции, теплопроводности и химических реакций, происходящих с поглощением тепла, что сопровождается сложным тепло- и массообменом.

Согласно [7], конвективный теплообмен между жидкостью и поверхностью твердого тела устанавливается по числу Нуссельта, которое представляет собой безразмерный коэффициент теплоотдачи:

$$Nu = c Re^n Pr^m \left( \frac{Pr}{Pr_{n.c.}} \right)^{0,25},$$

где  $c$  – удельная массовая теплоемкость;  $Re$  – число Рейнольдса;  $Pr$  – число Прандтля;  $Pr_{n.c.}$  – число Прандтля в пограничном слое;  $m, n$  – показатели степени, характеризующие различные технологические среды.

Известно, что степень влияния СОТС на коэффициент теплоотдачи определяется их тепло- и температуропроводностью, скоростью движения в зоне обработки, площадью охлаждаемой поверхности и динамической вязкостью. При прочих равных условиях данный коэффициент во многом зависит от показателя динамической вязкости, определяемого по формуле:

$$\mu = \nu \rho,$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость, сСт;  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Установлено, что число Нуссельта уменьшается при увеличении этого показателя [7]. Это приводит к росту температуры в пограничном слое между жидкостью и поверхностью твердого тела.

Как указывалось выше, в таком случае применение СОТС Аквапол-1 в сравнении с СинМА-1 обеспечило рост эффективности и качества обработки цветных материалов при прочих равных условиях протекания процесса MAO (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические показатели СОТС

Показатель	Вид СОТС	
	СинМА-1	Аквапол-1
Плотность при 20 °С, в пределах, кг·м <sup>-3</sup>	900	1000...1200
Кинематическая вязкость при 50 °С, не более, сСт	100	30

Следовательно, в результате сопоставления этих показателей (см. табл. 2), можно прогнозировать степень влияния СОТС на интенсивность обработки методом МАО (в данном случае моющего действия) цветных материалов. Например, коэффициент динамической вязкости ( $\mu$ ) СОТС «Аквапол-1» равен  $1200 \cdot 30 = 3,6 \cdot 10^4$ , а СинМА-1 и 2 составляет  $900 \cdot 100 = 9 \cdot 10^4$ .

Таким образом, зная представленные физико-химические характеристики различных СОТС, производится достаточно несложный прогноз эффективности финишной обработки различных цветных сплавов и металлов.

### **Выводы**

Осуществлено прогнозирование применения СОТС для МАО цветных материалов. Данные рекомендации основаны на базе критерия, определяемого через физико-химические показатели СОТС, и связаны с показателем теплообмена в виде числа Нуссельта.

Выявлены пути интенсификации процесса МАО цветных материалов за счет изменения как технологии изготовления СОТС, так и создания новых составов конструированием системы компонентов данных СОТС.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
2. Сакулевич, Ф.Ю. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей при магнитно-абразивной обработке / Ф.Ю. Сакулевич, Н.Я. Скворчевский. – Минск: БелНИИТИ, 1981.
3. Скворчевский, Н.Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.Я. Скворчевский, Э.Н. Федорович, П.И. Ящерицын. – Минск: Навука і тэхніка, 1991.
4. Магнитно-абразивная обработка цветных материалов с использованием СОТС «Аквапол-1» / П.И. Ящерицын [и др.] // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2000. – № 4. – С. 62 – 65.
5. Поверхностная прочность материалов при трении / под ред. Б.И. Костецкого. – Киев: Техника, 1976.
6. Применение волновой технологии для улучшения СОЖ / С.В. Давыдов [и др.] // Вестник машиностроения. – 1988. – № 6. – С. 56 – 58.
7. Смазочно-охлаждающие технологические средства: справочник / под ред. С.Г. Энтелеса и Э.Г. Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986.

*Поступила 27.12.2006*