

МАШИНОСТРОЕНИЕ, МЕХАНИКА

УДК 621.923

Л. М. АКУЛОВИЧ¹, Л. Е. СЕРГЕЕВ¹, В. Я. ЛЕБЕДЕВ², Е. В. СЕНЧУРОВ¹

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО НА ОСНОВЕ ОКСИЭТИЛИРОВАННЫХ АЛКИЛФЕНОЛОВ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

¹*Белорусский государственный аграрный технический университет,*

²*Физико-технический институт НАН Беларуси*

(Поступила в редакцию 24.07.2008)

Известно, что адсорбция молекул присадок смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) играет важную роль в процессе резания различных материалов при механической обработке деталей машин. Это связано с тем, что в зоне трения создается необходимая концентрация вышеуказанных молекул. Также установлено, что граничный слой молекул образуется путем реализации двух основных механизмов: а) физико-химические процессы (адсорбция); б) химическая поверхностная реакция [1]. Однако граничный слой характеризуется высокой степенью динамичности, которую возможно описать при определении по ассоциативной способности и выявлении корреляционной связи между параметрами и функцией отклика. Проведенный анализ зоны трения инструмент – обрабатываемый материал показывает, что их контактирование следует рассматривать как проявление одной из характеристик открытой неравновесной термодинамической системы [2]. Таким проявлением данной системы служит возникновение вторичной диссипативной гетерогенности, в соответствии с которой в процессе трения происходит структурная приспособляемость цветных, в частности алюминиевых металлов, что приводит к формированию тонкопленочных объектов – вторичных структур (ВС). Данные структуры выполняют защитные функции, ограничивая взаимодействие трущихся тел и уменьшая его интенсивность в соответствии с принципом Ле Шателье–Брауна. Адаптация контактирующих поверхностей приводит к локализации в ВС деформационно-адгезионных процессов и рассеянию энергии при ее переходе от зоны трения в объем трущихся тел. Резкие изменения строения и структуры тонкого поверхностного слоя и ВС, в частности, обусловлены исходным несовершенством структуры поверхности. Это связано с искажением атомно-кристаллического строения металла, активным взаимодействием поверхностного слоя с внешней средой и контактирующим инструментом и образованием в зоне трения тонкопленочных продуктов, а также с высокой концентрацией напряжений при сложной схеме их распределения.

Специфичность процессов пластической деформации, динамичность деструкции поверхностного слоя и деконцентрация напряжений предусматривают сложный характер структурных изменений, которые представляют собой совокупность перехода материала в качественно новое состояние. Перестройка исходной структуры поверхности обрабатываемого материала сопровождается образованием структуры, отличающейся максимальным упрочнением, оптимальной ориентацией зерен и насыщением ультрадисперсных кристаллов ВС активными компонентами среды. Внешние механические воздействия приводят одновременно как к разрушению экранирующей фазы, так и обеспечению ее регенерации.

Устойчивость явления структурной приспособляемости определяется динамическим равновесием и саморегулированием процессов образования ВС [3]. Поскольку прочность и плот-

ность этих пленок характеризуются высоким уровнем сопротивления износу, то преодоление этого уровня обусловлено природой материала, коэффициентом трения и такими параметрами процесса, как давление, скорость, температура и физические свойства среды. Вследствие этого вопросу механической обработки цветных сплавов, в том числе алюминиевых, должно быть уделено большое внимание, так как получение требуемых показателей качества представляет важность для обеспечения технико-экономических показателей выпускаемой продукции.

Одной из финишных операций механической обработки цветных сплавов является магнитно-абразивная обработка (МАО) [4, 5]. Ее особенностью является возможность регулирования жесткости инструмента, производящего размерный и массовый съем материала путем создания ферроабразивной «щетки» с подвижно-координированным зерном. Связку для такого инструмента осуществляет энергия электромагнитного поля. Диапазон достигаемых температур в зоне обработки составляет 400–450 °С, что требует применения СОТС [6].

Традиционно в качестве агентов СОТС в силу ряда причин используются растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Высокий уровень их моющих и смазывающих свойств обеспечивает необходимые качественные показатели, однако режущая способность представляет более низкую величину в сравнении с эмульсолами. Это связано с тем, что присутствие в зоне резания раствора эмульсола приводит к росту как динамической, так и кинематической вязкости рабочей среды, обеспечивает повышение коэффициента трения и уменьшает степень подвижности зерна ферроабразивного порошка (ФАП).

Таким образом, задача повышения эффективности модели ПАВ и ее структурирования для МАО цветных металлов заключается в необходимости роста режущей способности СОТС. Предлагаемым решением поставленной задачи является создание либо более производительной бинарной системы ПАВ + вода, либо образование более сложной системы путем прибавления соответствующих присадок.

В производстве бинарных систем широкое применение находит такой продукт, как неонол, представляющий комплексное ПАВ в виде оксиэтилированных алкилфенолов на основе тримеров пропилена, которые являются технической смесью полиэтиленгликолевых эфиров моноалкилфенолов следующего состава:



где C_9H_{19} – алкильный радикал изононил, присоединенный к фенолу преимущественно в параположении к гидроксильной группе; n – усредненное число молей окиси этилена, присоединенное к одному молю алкилфенолов.

Его достоинства заключаются в высокой поверхностной активности, моющей способности, широкой области применения, низком удельном расходе и удобной технологии использования жидкой товарной формы с низкой температурой замерзания (–25 °С). Проведенные исследования данной бинарной системы показали, что использование 3–5%-ного водного раствора обеспечивает достаточность результатов процесса МАО алюминиевых сплавов, однако по истечению определенного периода времени возникающая структурная приспособляемость данных сплавов препятствует съему материала.

Кроме того, несмотря на универсальность неонолов, «узким местом» является неудовлетворительная биоразлагаемость данных продуктов, что сводится к рекомендациям по уменьшению их концентрации в промышленных средствах очистки, косметике, производстве пластмасс и т. п. Сложившаяся ситуация требует создания тройной системы ПАВ, которая путем структурной организации позволяет обеспечить формирование так называемой мезофазы. К данному классу организации имеют склонность термотронные мезофазы (потенциальные структурообразователи). Принцип их действия заключается в образовании упорядоченной структуры при определенном диапазоне температурного воздействия. Использование в данном виде СОТС в качестве присадки такого мезогенного соединения, как триэтаноламиновое мыло синтетических жирных кислот (СЖК) фракции C_7 – C_9 , позволяет создать тройную систему при наличии мезофазы. Данное соединение кроме вышеупомянутого свойства характеризуется полифункциональностью, а также высокой скоростью отклика на изменение условий обработки методом МАО, что

доказывает эффективность его применения в СОТС СинМА-1 ТУ 38.5901176–91, в состав которого оно входит. Также обоснованием использования триэтаноламинового мыла СЖК фракции С₇–С₉ служит то, что гетероциклические органические соединения со слабыми межмолекулярными связями обладают способностью к мезоморфизму. Это связано с возможностью формирования надмолекулярных органических ансамблей, т. е. адсорбции молекул, и в конечном счете с реальной возможностью проявления синергетизма по режущей способности данного состава СОТС. Такая способность для роста эффективности процесса МАО алюминиевых сплавов определяется температурно-концентрационной областью существования мезофазного состояния.

Концентрация присадки должна нивелировать скачок вязкости в зоне гелеобразования ПАВ, что благоприятно сказывается на моющей, смазывающей и, главное, регулирующей способности СОТС. При достижении необходимого уровня концентрации и образовании требуемого показателя вязкости коэффициент трения между контактирующими телами системы инструмент – обрабатываемый материал может плавно изменяться и приобретать оптимальное значение. Зона гелеобразования в этих системах не имеет флуктуационного перехода, что вызывает критическое поведение в связи с лавинообразным ростом вязкоупругих характеристик среды.

Физико-механические свойства данных систем СОТС приведены в табл. 1, а результаты обработки образцов – в табл. 2.

Т а б л и ц а 1. Физико-механические свойства известного и предлагаемого составов

Показатель	Состав СОТС			
	СинМА-1	1	2	3
Вязкость кинематическая при 50°С, сСт	40,51	39,60	41,26	42,11
рН 3%-го раствора	8,7	9,0	8,3	8,5
Склонность к пенообразованию, см ³	490	530	510	500
Устойчивость пены, см ³	150	110	210	180
Плотность, г/см ³	1,09	1,04	1,10	1,12

Т а б л и ц а 2. Результаты обработки образцов

Состав СОТС	Обрабатываемый материал			
	АМг6		Д16	
	ΔG , мг	Ra , мкм	ΔG , мг	Ra , мкм
СинМА-1	40,0	0,36	47,0	0,43
1	43,0	0,37	49,0	0,34
2	50,0	0,22	62,0	0,27
3	45,0	0,41	52,0	0,38

Испытания известного (СинМА-1) и предлагаемых составов СОТС проводились при следующих режимах и параметрах процесса МАО: магнитная индукция $B = 1,1$ Т; скорость резания $V_p = 2,5$ м/с; скорость осцилляции, $V_o = 0,12$ м/с; амплитуда осцилляции $A = 1$ мм; величина рабочего зазора $\delta = 1$ мм; время обработки $t = 45$ с. ФАП Ж15КТ ТУ 6-03-09-483–81, размерность зерна $\Delta = 200–315$ мкм.

В качестве образцов использовались втулки из алюминиевых сплавов АМг6 и Д16 ГОСТ 4784–97 $D \times d \times L = 36 \times 32 \times 32$ мм, которые крепились на ферромагнитной оправке. Исходная шероховатость поверхности образца $Ra_1 = 1,25–1,6$ мкм. В процессе проведения исследований оценивались массовый съем материала (ΔG , мг) и достигаемая шероховатость поверхности (Ra_2 , мкм). Масса образцов определялась на весах аналитических ВЛА-200 м с точностью до $\pm 0,001$ г. Исследование шероховатости поверхности образцов проводилось на профилографе-профилометре мод. 250 «Калибр» посредством фиксации данных на профилограмме. Значение показателей для этих условий МАО устанавливалось как среднее арифметическое результатов измерений пяти образцов.

Выводы

1. Анализ результатов показывает, что применение варианта СОТС состава 2, представленного в табл. 2, обеспечивает увеличение производительности процесса МАО в 1,5–1,6 раза и снижение шероховатости в 1,5–2,0 раза.

2. Таким образом, на основе применения системного подхода и проведенных исследований по созданию нового вида СОТС для МАО алюминиевых сплавов разработана рецептура его приготовления и установлены причины повышения производительности процесса резания путем проявления синергизма при соединении компонентов данного СОТС.

Литература

1. У с о л ь ц е в а Н. В. Лиотронные жидкие кристаллы. Иваново, 1994.
2. Б е р ш а д с к и й Л. И. Структурная термодинамика трибосистем. Киев, 1990.
3. Г е р ш м а н И. С. // Трение и износ. 1995. Т. 16, № 1. С. 61–70.
4. Б а р о н Ю. М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущего инструмента. Л., 1986.
5. Я щ е р и ц ы н П. И. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле: монография. Мн., 1997.
6. С к в о р ч е в с к и й Н. Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки. Мн., 1991.

L. M. AKULOVICH, L. E. SERGEEV, V. Y. LEBEDEV, E. V. SENCHUROV

CUTTING-TOOL LUBRICANT ON THE BASIS OF POLIOXYETHYLENE ALCYLPHENOL FOR MAGNETO-ABRASIVE TREATMENT OF ALUMINIUM ALLOYS

Summary

The problems arising at magneto-abrasive processing of details from aluminium alloys with application of cutting-tool lubricant on the basis of surface-active substances or emulsion are considered. The compounding is established and a technology of preparation of cutting-tool lubricant structure is developed for magneto-abrasive processing of details from aluminium alloys by introduction polioxiethylene alcylphenol as additives. The analysis of tests has shown, that application of offered structure of cutting-tool lubricant in comparison with SinMA-1 provides increase in productivity of process of magneto-abrasive processing 1.5–1.6 times and roughness decrease 1.5–2.0 times.