

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.923

П. И. ЯЩЕРИЦЫН, А. П. РАКОМСИН, Л. Е. СЕРГЕЕВ, М. И. СИДОРЕНКО

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ЭМПИКОЛА

¹Физико-технический институт НАН Беларуси,

²РУП «МАЗ»,

³Белорусский государственный аграрный технический университет

(Поступила в редакцию 18.01.2001)

В настоящее время одной из финишных операций является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1–3]. При ее использовании в качестве смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) чаще всего применяются водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Природным прототипом таких композиций служит белково-фосфолипидный комплекс, из которого состоят все биологические мембраны и оболочки естественных эмульсий [4]. Для МАО в настоящее время применяются синтетические СОТС СинМА-1 и СинМА-2 ТУ 38.5901176–91, разработанные УКР НИИ НП «МАСМА» (Украина, Киев) на основе производных гликоля [5, 6]. Следует отметить, что углеводороды, полученные синтетическим путем, в отличие от обычных продуктов на базе минеральных масел относительно однородны и обладают небольшим диапазоном выкипания, что упрощает технологию изготовления. Основным достоинством СОТС СинМА-1 и СинМА-2 является возможность эффективного смешивания их с водой. Вместе с тем существенный недостаток производных гликоля заключается в высокой склонности к окислению с образованием кислотных, коррозионно-активных агентов в процессе эксплуатации. Кроме того, гликоли не обладают достаточной огнестойкостью, имеют низкую температуру вспышки, что затрудняет их хранение и консервацию. Однако наибольшее влияние на выбор СОТС при МАО оказывают экономические и производственные факторы, включающие сырьевую базу, технологию изготовления, энергетические ресурсы. Поэтому вопросу разработки и создания отечественных СОТС для МАО должно быть уделено особое внимание. Поскольку в настоящее время большое значение придается фактору, связанному с охраной окружающей среды, то с целью выполнения этого условия необходимо осуществлять выпуск биоразлагаемых ПАВ. Известно, что биохимически разлагаются ПАВ, обладающие линейным строением гидрофобной части молекул веществ типа сульфатов первичных спиртов и алкилсульфонатов. Поэтому еще в 80-е гг. были сняты с производства ПАВ на основе разветвленных сульфонатов. Это вызвано тем, что фракции с полициклической структурой углеводородных колец увеличивают возможность содержания канцерогенных соединений в окружающей среде.

В настоящее время ПАВ применяются не как индивидуальные продукты, а в виде композиций, что обусловлено рядом причин экономического и физико-химического характера. Поэтому нередко дефицитные и дорогостоящие ПАВ в виде этих продуктов можно заменить на более дешевые соединения. В определенных случаях добавление к ПАВ минеральных и органических соединений приводит к резкому усилению их режущих, моющих и смазывающих свойств, что связано с синергетикой процесса. Однако в каждом случае использования ПАВ механизм проявления этих свойств является оригинальным и требует отдельного рассмотрения и анализа. Например, согласно [4], эмульгирующая способность ПАВ зависит от максимума Донана, который для различных гомологических рядов находится в области C_{12} — C_{16} и определяется длиной алифатической цепи. Однако наличие малых концентраций солей в композиции ПАВ часто приводит к росту этой способности для зоны ниже C_{12} .

В общем случае разнообразие форм ПАВ связано со сложностью их оценки. Все ПАВ объединяет то, что их применение обусловлено адсорбцией на границах раздела фаз и способностью уменьшать поверхностное натяжение. Потребность же в единой характеристике ПАВ достаточно велика, поскольку существует необходимость в прогнозировании, какая композиция получена и какими свойствами будет обладать. Например, установлено, что системы, содержащие два и более компонента, имеют сложную (нелинейную), часто с экстремумами, зависимость поверхностного и межфазного натяжения от температуры [4]. Эти свойства определяются дифильностью молекул, или различием в них гидрофильных и гидрофобных центров. Стабилизация дисперсной системы, какой являются ПАВ, характеризуется рядом физико-химических критериев, но фундаментальным методом ее определения служит уравнение Гиббса

$$-d\sigma = \Gamma_1 d\mu_1 + \Gamma_2 d\mu_2 + \Gamma_3 d\mu_3 + \dots,$$

где $d\sigma$ — изменение поверхностных свойств системы; $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ — адсорбция; μ — химический потенциал.

Однако существует значительный разрыв между характеристиками ПАВ, используемых на практике, и показателями физико-химических свойств системы. Высокую степень прогнозирования и физической сущности имеют критерии, представляющие собой либо постоянные величины, либо параметры фундаментальных уравнений (например, оценка поверхностной активности $\frac{d\sigma}{dc}$ или ее энергетического выражения — работы адсорбции [4]):

$$W = RT \operatorname{Ln} \frac{1}{RTb} \left(-\frac{d\sigma}{dc} \right),$$

где σ — поверхностное натяжение; c — концентрация ПАВ в растворе; b — толщина поверхностного слоя.

Эти показатели получают с помощью экспериментально определяемых констант и зависимостей типа изотерм поверхностного натяжения, углов смачивания твердых тел и их соотношения от концентрации ПАВ. Также следует учитывать, что физико-химические критерии и оценки эффективности ПАВ не всегда коррелируются с практическими. Методы определения адсорбции ПАВ связаны с некоторыми трудностями, зависящими от необходимости компенсирования низкой точности измерений и устойчивости композиции.

Поэтому вопрос создания нового состава СОТС, включающего ПАВ, представляет собой сложную научно-техническую проблему. Однако необходимость получения более дешевого вида СОТС, изготовленного из продуктов местной сырьевой базы, остается по-прежнему высокой и требует решения данной задачи. Проведенные исследования в рамках выполнения ГНТП «Машиностроение» показали, что эффективным аналогом СОТС на основе производных гликоля могут быть ПАВ типа сульфозетоксилатов. Одним из них является эмпикол, или натрий лаурилсульфат оксиэтилированный, формула которого $\text{RO}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_3\text{SO}_3$, где $R = \text{C}_{12} - \text{C}_{14}$. Он представляет собой вязкую, прозрачную, бесцветную массу, μ составляет 442.

Т а б л и ц а 1. Показатели эмпикола (натрия лаурилсульфата оксиэтилированного)

Физико-химический показатель	Величина показателя
Массовая доля анионно-активного вещества	70,0 + 2,0
Массовая доля свободных спиртов, %, не более	4,0
Массовая доля сульфата натрия, %, не более	0,4
Массовая доля хлорида натрия, %, не более	1,0
Показатель (рН) 1%-ного р-ра	6,0–8,0

Т а б л и ц а 2. Рецептúra концентрата СОТС

Компонент	Массовый состав, %
Эмпикол	55–60
Бензойная кислота	0,2–0,3
Спирт этиловый	3–4
Нитрит натрия	2–3

Примечание. Остальное — вода.

Некоторые показатели эмпикола приведены в табл. 1. Однако для создания композиции ПАВ как концентрата СОТС необходимо знание составных элементов. Например, известно, что наличие серы в качестве активного компонента позволяет повысить смазывающую способность СОТС, а также обеспечить снижение адгезии поверхностей детали и инструмента. В результате были подобраны соответствующие добавки, антикоррозионные присадки и определена их массовая доля (табл. 2). Установлено, что данное СОТС смешивается с водой как технического назначения, так и с водопроводной при достаточно низких температурах (10–20 °С) в отличие от эмульсолов, для которых этот диапазон составляет 95–100 °С. Известно, что чем больше интервал рН дисперсной системы, тем выше допуск наличия в этой системе различного рода загрязнений при условии сохранения ее свойств. Если у СОТС СинМА-1 и СинМА-2 диапазон показателя рН составляет 7–8, то у эмпикола он равен 6–8, что указывает на стабильность его режущих, моющих, смазывающих свойств в ходе протекания процесса съема материала.

Исследование СОТС на основе эмпикола проводилось на станке модели СФТ 2.150.00.00.000 [2] при следующих параметрах и режимах обработки: величина магнитной индукции $B = 0,9–1,1$ Тл; скорость резания $V_p = 0,5–2$ м/с; скорость осцилляции $V_o = 0,15–0,25$ м/с; амплитуда осцилляции $A = 1–3$ мм; величина рабочего зазора $\delta = 1$ мм; коэффициент величины заполнения рабочего зазора $K_z = 1$. Ферроабразивный порошок Ж15КТ ТУ 6-09-03-483–81, размер зерна 160/200 мкм. В качестве образцов использовались кольца подшипников № 984905 $D \times d \times L = 36 \times 29 \times 32$ мм, материал — сталь ШХ-15 ГОСТ 801–78, 58-62 HRC₃. Шероховатость поверхности образцов до обработки составляла $Ra_1 = 2–2,5$ мкм. Учет результатов осуществлялся как средний по 5 образцам. Базовые СОТС — СинМА-1 и СинМА-2 ТУ 38.5901176–91, 3%-ный водный раствор.

Т а б л и ц а 3. Производительность и качество обработки при использовании различных видов СОТС

СОТС	Величина удельного массового съема материала Q , мг·см ⁻² ·мин ⁻¹	Шероховатость после обработки Ra_2 , мкм
СинМА-1	7,26	0,12–0,15
СинМА-2	8,19	0,11–0,16
1%-ная эмульсия на основе эмпикола	8,02	0,14–0,19

На основании приведенных исследований установлено, что производительность и качество обработки методом MAO указанных выше деталей находятся в требуемых пределах и удовлетворяют условиям производства, (табл. 3). Таким образом, разработан и создан новый вид СОТС на основе ПАВ из продуктов местного сырья, обеспечивающий необходимые показатели процесса MAO, что существенно снижает себестоимость обработки.

Литература

1. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. Л., 1986.
2. Скворчевский Н. Я., Федорович Э. Н., Ящерицын П. И. Эффективность магнитно-абразивной обработки. Мн., 1991.
3. Shinmura T., Takazawa K., Hatano E. // CIRP Ann. 1990. Vol. 39, N 1, P. 325–328.
4. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: Справочник / Под. ред. А. А. Амбразона и Е. Д. Щукина. Л., 1984.
5. А. с. 1300931 СССР
6. А. с. 1329163 СССР

P. I. YASCHERITSYN, A. P. RAKOMSIN, L. E. SERGEEV, M. I. SIDORENKO

THE MAGNETO-ABRASIVE TREATMENT WITH LUBRICATING AND COOLING TECHNOLOGICAL MIXTURE BASED ON AMPICOLE

Summary

The new type of lubricating and cooling technological mixture (LCTM) for magneto-abrasive treatment (MAT) was elaborated and created on the bases of local raw materials. This type includes the mixture of anionactive surface — active substances (SAS) and allows to expand the range of using for MAT LCTM and to reach the necessary productivity and quality of treatment process.