

Секция II
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ
АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Н.В. Друзик

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Введение. Эксплуатационный ресурс узлов трения машин и механизмов в значительной мере зависит от природы контактирующих материалов и кинетики трибохимических процессов, протекающих на границе раздела фаз и в поверхностных слоях. Важное значение при этом имеют состав и свойства граничных слоев, формирующихся на поверхностях трения. Одним из наиболее эффективных направлений создания граничных слоев заданного строения и свойств на рабочих поверхностях деталей трения является применение тонкопленочных композиционных покрытий. Широкое распространение получили триботехнические материалы на основе эпоксидных олигомеров.

Несмотря на то, что изучению строения и триботехнических свойств материалов и покрытий из эпоксидных олигомеров посвящено значительное число исследований, до сих пор нет единых представлений о механизме их формирования и взаимодействия с компонентами композиционных составов, влиянии строения молекул олигомера на свойства граничных слоев, образующихся на границах раздела фаз и твердых поверхностях [1,2]. Особый интерес представляют исследования строения и свойств тонких пленок и покрытий из эпоксидных олигомеров, имеющих высокий процент наполнения – более 40 масс.ч. на 100 масс.ч. смолы в сравнении с традиционным наполнением – от 5 до 20 масс.ч. Такие составы имеют достаточно большую вязкость, что создает некоторые технологические трудности, но обладают высокими триботехническими характеристиками. Выбор наиболее технологичных способов получения таких покрытий является самостоятельной задачей, тем более, что в ряде случаев необходимо получить предельно тонкие покрытия, толщина которых не превышает дисперсности применяемых антифрикционных наполнителей.

Методическая часть. В настоящей работе исследованы вязкости высоконаполненных композиций от концентрации растворителей, а также зависимость толщины получаемых покрытий от вязкости материала и способа нанесения. В качестве полимерной матрицы связующего использована эпоксидиановая смола ЭД-20, крупнотоннажно выпускаемая промышленностью. В качестве антифрикционных добавок применяли традиционные наполнители и их сочетания: графит коллоидный С-1, сажу, дисульфид молибдена, политетрафторэтилен, полиэтилен высокого и низкого давления, терморасщепленный графит и др. Для изменения вязкости композиционных составов использовали растворитель, представляющий собой смесь спирта с ацетоном в соотношении 1:1. Кроме того, в качестве модельных материалов были использованы «Эквабан» (на 100 масс.ч. ЭД – 20 масс.ч. угольных волокон, небольшой процент сажи) и «Антикор» (состав на основе битума и 10 % ЭД). Вязкость раз-

бавленных композиций определяли на вискозиметре ВЗ-4 (ГОСТ9070-75) при температуре $20 \pm 0,5$ °С. За условную вязкость принимали продолжительность истечения 100 мл материала через сопло диаметром 4 мм.

Для получения пленок и покрытий из высоконаполненной ЭД-20 использовали метод пневматического распыления, свободного стекания и стекания с заданной скоростью, центробежный метод формирования тонкопленочных систем. Устройство для получения пленок и покрытий центробежным методом приведено на рисунке 1. Разработана методика получения покрытий различной толщины на модельных субстратах (ПТФЭ, алюминий), причем можно получать одновременно две пленки на разных подложках и регулировать толщину формируемых покрытий определенной дозировкой материала. Выполнены оценки качества формируемых покрытий: равномерность, прочность, адгезия, триботехнические свойства. Равнотолщинность и плотность формируемых покрытий регулировалась изменением количества оборотов в минуту (в данном случае n – до 3600 об/мин)

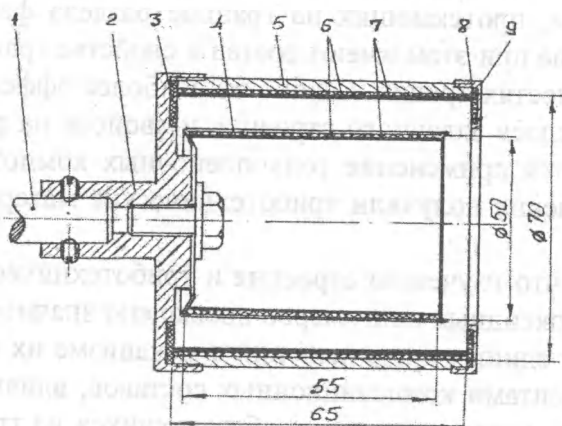


Рис. 1. Устройство для получения пленок и покрытий центробежным способом: 1 – вал электропривода; 2 – крышка-днище; 3, 8 – прокладки уплотнительные антиадгезионные; 4 – цилиндр внутренний; 5 – корпус внешнего цилиндра; 6 – подложки технологические; 7 – формируемые покрытия; 9 – крышка внешняя

Экспериментальная часть. Известны различные способы нанесения покрытий из растворов полимеров и олигомеров. К первой, наиболее распространенной группе способов, относятся: пневматическое и аэрозольное распыление, окунание, облив, нанесение составов валиками, в барабанах, кистями и другими приспособлениями и др. [3, 4]. Сущность способа пневматического распыления заключается в образовании аэрозоля путем дробления достаточно жидкого материала струей сжатого газа и оптимальные значения вязкости лакокрасочных материалов составляют 17–35 с по вискозиметру ВЗ-4. Окунанием возможно наносить различные жидкотекучие материалы и получать покрытия достаточно хорошего качества, при этом удается защищать практически все участки поверхности. Качество и толщина покрытий при нанесении этими методами определяются свойствами поверхности, а также физико-химическими и структурно-механическими характеристиками используемого материала.

Качество получаемых покрытий во многом зависит от реологических свойств исходных композиций, причем если в растворе формируется структура, образован-

ная частицами наполнителя, то реологические свойства определяются в значительной мере этой структурой. Собственные реологические свойства полимерной матрицы (ЭД-20) также играют важную роль и по-разному сказываются на реологическом поведении наполненной различным наполнителем системы [1]. В нашем случае изучаемые системы обладают достаточно высокой вязкостью, что создает технологические трудности, связанные с получением равномерно распределенных по толщине тонких пленок и покрытий, часто возникают дефекты поверхности покрытий. Выход из такого положения связан с уменьшением вязкости покровных материалов путем применения разбавителя.

Предварительные оценки вязкости модельной композиции от концентрации растворителя приведены в таблице 1. Всегда необходим точный подбор количества растворителя из-за того, что испарение растворителей сопровождается изменением многих параметров системы: уменьшается объем материала, в основном за счет толщины слоя, увеличивается поверхностное натяжение, понижается температура пленки. Эти изменения сказываются на структуре и свойствах образующихся покрытий [3].

Из таблицы видно, что значения вязкости для ненаполненной ЭД-20 возрастают с введением наполнителя, что можно объяснить образованием адсорбционного слоя олигомера на поверхности частиц графита и структурированием за счет взаимодействия частиц наполнителя друг с другом [1]. Введение в растворы наполнителя приводит к увеличению общей степени структурирования системы в результате того, что частицы наполнителя играют роль дополнительных физических узлов уже существующей в растворе структурной сетки.

Таблица 1

Зависимость величины вязкости от концентрации растворителя

Материал	Вязкость, с, от количества растворителя, в %				
	7	9	10	13	15
Исходная ЭД-20	190	132	114	50	35
ЭД-20, наполненная 40 масс.ч. калл. графита С-1	-	-	215	-	72

Полученные результаты зависимости толщины покрытия на алюминиевой подложке от вязкости используемого материала методом свободного стекания приведены в таблице 2. Из таблицы видно, что чем меньше вязкость материала, тем меньше толщина формируемой пленки.

Таблица 2

Зависимость толщины покрытий, формируемых методом свободного стекания от вязкости материала

Материал/ № образца	«Антикор»					«Эквабан»			
	1	2	1	2	3	4	5	6	7
Вязкость, с	19	25	53	62	72	83	96	120	224
Толщина пленки, мкм	30	60	73	83	90	100	100	110	110

Исследования зависимости толщины пленки, формируемой центробежным методом показали, что для аतिकора при вязкости 25 с толщина составляет 60 мкм, а для эквабана при вязкости 120 с соответственно – 70 мкм. Наиболее тонкий слой покрытия из аतिकора (при вязкости 19 с толщина – 20 мкм) был получен методом стекания с минимальной скоростью из цилиндрических стальных образцов.

Выводы. Практическая значимость полученных результатов работы заключается в разработке составов с содержанием более чем 40 % наполнителя и выбора технологии нанесения тонкопленочных слоев в учете зависимости толщины покрытия от их вязкости. При этом известно, что слои малой толщины (20–30 мкм) позволяют сохранить оптимальные геометрические размеры пары трения, обеспечивая высокую износостойкость и низкий коэффициент трения [5, 6]. Из предварительных результатов видно (толщина покрытий – от 20 до 110 мкм), что для получения таких тонких слоев необходимо строго контролировать дисперсность наполнителей, вязкость материалов, количество разбавителя, а также применять наиболее технологичные способы нанесения тонкослойных покрытий. Разрабатываемые составы предназначены для использования в качестве покрытий скользящих элементов узлов трения, что позволит расширить технические возможности устройств и повысить их долговечность.

Литература

1. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. – М.: Химия, 1977. – 304 с.
2. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.
3. Кутьков А.А. Износостойкие и антифрикционные покрытия. – М.: Машиностроение, 1976. – 152 с.
4. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. – Ленинград: Химия, 1981. – 352 с.
5. Крыжановский В.К. Износостойкие реактопласты. – Ленинград: Химия, 1984. – 120 с.
6. Прушак В.Я. О некоторых путях создания и регулирования фрикционных свойств композиций на основе реактопластов //Трение и износ. – 1996. – № 2. – С. 124.

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЛУЧОМ ЛАЗЕРА И УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

А.М. Каленик

Учреждение образования «Белорусский национальный технологический университет», г. Минск

Научные руководители: О.Г. Девойно, С.Ф. Кукин

В большинстве известных применений лазерной технологии – таких, как сварка, наплавка, легирование и т. п., полезный эффект достигается за счет оплавления поверхностного слоя изделия. Здесь решающую роль играют гидродинамические процессы в ванне расплава, управление которыми осуществляется дозированным введением тепловой (лазерной) энергии. Как правило, даже при оптимизированных режимах имеют место нежелательные сопутствующие факторы, не позволяющие в полной мере использовать преимущества лазерной обработки. К таким нежелательным факторам относят наличие после лазерной обработки остаточных растягивающих напряжений, ведущих к деформации детали и большой шероховатости, требующей последующую механическую обработку.

Одним из способов разрешения возникающих трудностей является использование комбинированной лазерно-ультразвуковой обработки. В этом случае