

ческая смазка вязкопластичными и вязкими жидкостями. — Мн., 1981. — 192 с. 4. Ш у л ь м а н З.П., Б а й к о в В.И., З а л ь ц г е н д л е р Э.А. Тепло- и массообмен при свободной конвекции в неньютоновских жидкостях. — Мн., 1975. — 136 с. 5. К о р о в ч и н с к и й М.В. Теоретические основы работы подшипников скольжения. — М., 1959. — 403 с.

УДК 532.135+678

Д.А.АКСЕНОВИЧ

## ЗАВИСИМОСТЬ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ЭД-20 ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДИБУТИЛФТАЛАТА

Отвержденные эпоксидные смолы представляют собой достаточно жесткие системы и плохо выдерживают резкие перепады температур и ударные нагрузки, поэтому в чистом виде применяются редко. Для придания им гибкости и упругости после отверждения, снижения внутренних напряжений в изготовленных из них изделиях больших объемов и сложной конфигурации в эти смолы чаще всего добавляют различного рода пластификаторы. Наиболее распространенным пластификатором является дибутилфталат. Этот материал совместим со смолой, придает ей пластичность, служит разбавителем и оказывает существенное влияние на физические и химические свойства отвержденного на этой основе компаунда. Все это позволяет в известной мере регулировать свойства материалов на основе эпоксидных смол как в вязкотекучем состоянии, так и в отвержденном.

Экспериментальные исследования проводились на ротационном вискозиметре РВ-8, оборудованном специальным приспособлением для автоматизации процесса измерения времени [1]. Термостатирование системы производилось принудительной циркуляцией жидкости в зоне рабочего органа вискозиметра. Температура жидкости поддерживалась с точностью до 0,05 °С и контролировалась с помощью образцового термометра.

Для устранения влияния тиксотропии исследуемого состава перед началом каждого измерения разрушалась структура исследуемого состава путем вращения внутреннего полусфероцилиндра до получения стабильных показаний электросекундомера.

Исследования чистой смолы ЭД-20 и пластифицированных дибутилфталатом составов на ее основе показали, что у них отсутствует предельное напряжение сдвига  $\tau_0$ , а кривые течения, по экспериментальным данным, имеют вид прямой в логарифмических координатах и не всегда составляют угол 45° с осями координат. Рассмотренные составы хорошо удовлетворяют степенному реологическому уравнению вида  $\tau = k\dot{\gamma}^n$ , где  $k$  — мера консистенции состава;  $\dot{\gamma}$  — скорость сдвига;  $n$  — коэффициент неньютоновского поведения материала.

Обработка экспериментальных данных проводилась по расчетным формулам [2].

Смола ЭД-20 представляет собой настолько вязкую жидкость, что даже при комнатной температуре течет очень медленно и, обладая высокими адгезионными свойствами, вызывает большие затруднения при переливании, при перемешивании с различного рода наполнителями и т.д. Путем нагревания

Зависимость реологических параметров смолы ЭД-20 от массовой доли дибутилфталата при температуре 20 °С

Соотношение масс смолы ЭД-20 и дибутилфталата	$k, \text{H}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{c}^n$	$n$
100:0	2134	0,93
90:10	214,4	0,97
80:20	33,5	0,99
70:30	5,9	1,00
60:40	2,1	1,00

этой смолы можно уменьшить ее вязкостные свойства в сотни и тысячи раз. Аналогичное действие на смолу оказывает массовая доля совмещенного с ней дибутилфталата, которое определяется физическими и химическими свойствами конечного материала.

С точки зрения приготовления и использования различных составов на базе смолы ЭД-20 большое значение приобретают реологические константы этих составов и возможность их регулирования с помощью изменения температуры и массовой доли пластификатора. С этой целью было проведено экспериментальное исследование реологических констант не только чистой смолы ЭД-20, но и составов со следующими соотношениями массы смолы и дибутилфталата: 90:10, 80:20, 70:30 и 60:40. Исследования проводились при температуре 20...48 °С с интервалом ее изменения 4 °С. Обработанные результаты экспериментальных данных приведены в табл. 1, зависимости меры консистенции рассмотренных составов от температуры — на рис. 1.

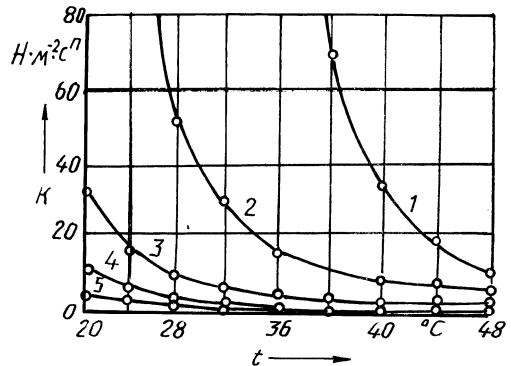


Рис. 1. Зависимость меры консистенции смолы ЭД-20 с пластификатором от температуры и соотношения их масс:

1 — 100:0; 2 — 90:10; 3 — 80:20;  
4 — 70:30; 5 — 60:40

Из результатов исследования видно, что смола ЭД-20 при температуре 20 °С относится к псевдопластичной жидкости с  $n = 0,93$  и  $k = 2134 \text{H}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{c}^n$ . С увеличением температуры до 48 °С коэффициент неньютоновского поведения незначительно возрастает, приближаясь к единице, а мера консистенции уменьшается почти в 200 раз, убывая по кривой гиперболического типа.

При последовательной замене каждых 10 массовых долей смолы ЭД-20 дибутилфталатом коэффициент неньютоновского поведения состава постепенно увеличивается (при 30 и 40 долях пластификатора достигает единицы), резко уменьшается исходная мера консистенции. Замена 10, 20, 30 и 40 массовых долей смолы дибутилфталатом при температуре 20 °С вызывает уменьшение меры консистенции в 10, 54, 362 и 1016 раз соответственно.

Если для чистой смолы мера консистенции в интервале температур 20...48 °С понижается почти в 200 раз, то замена 10, 20, 30 и 40 ее долей пластификатором уменьшает этот показатель в 58, 38, 15 и 10 раз соответственно. Мера консистенции состава с соотношением массовых долей смолы и пластификатора 60:40 при температуре 48 °С составляет всего  $0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^D$ , что в 10 670 раз меньше этой основной вязкостной константы для чистой смолы при температуре 20 °С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А к с е н о в и ч Д.А., В е р з а л А.И., К и м А.Х. Реологические свойства пластрастворов конденсационных структур // Исследование природных и синтетических полимерных материалов и их использование. — Мн., 1970. — С. 315—323. 2. А к с е н о в и ч Д.А., В е р з а л А.И. Расчетные формулы для констант степенных реологических систем в ротационной вискозиметрии // Прикладная реология. — Мн., 1970. — С. 173—183.

### 3. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 539.3

В.А. ИБРАГИМОВ, В.А. НИФАГИН

#### СХОДИМОСТЬ МЕТОДА РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРУ НАГРУЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТЕРЖНЕЙ

В работах [1, 2] на основе метода разложения по параметру нагружения [3] решены двухмерные осесимметричные задачи для плоскости с круговым отверстием при различном нагружении границы в рамках теории приращения деформаций для упрочняющего упругопластического тела. В общем случае получение любого члена разложения оказывается затруднительным, поэтому вопрос о сходимости рядов относительно параметра нагружения  $\lambda$ , представляющих решение, остается открытым.

В предлагаемой работе дается доказательство существования решения и сходимости метода разложения по параметру нагружения в задачах упругопластического деформирования стержней. В качестве физических уравнений приняты определяющие соотношения теории пластичности с упрочнением.

1. Пусть длинный круглый стержень постоянного поперечного сечения отнесен к цилиндрической системе координат  $\varphi, r, z$ , причем ось  $z$  совмещена с