**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАСТМАСС

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025

Цель работы: освоить методику микроскопического анализа пластмасс и ознакомиться с микроструктурой некоторых видов композиционных пластмасс.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пластическим массами (пластмассами, пластиками) называются искусственные материалы на основе природных или синтетических высокомолекулярных соединений (полимеров).

В большинстве случаев пластмассы состоят из ряда веществ. В них, кроме полимерной основы, входят наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители, отвердители и другие компоненты.

Если в высокомолекулярное вещество вводят небольшие добавки (1–2% по массе) пластификаторов, стабилизаторов, красителей и других веществ, то получаемый материал называют *простыми пластмассами*. К ним относятся поливинилхлорид, полиэтилен, полипропилен и др.

При введении в полимерную основу, кроме указанных добавок, наполнителей (кварцевая мука, асбестовое волокно, стеклянные волокна, ткани, бумага и другие), количество которых составляет обычно 40–70% по массе, получают *сложные или композиционные пластмассы*. К ним относятся пресспорошки, текстолит, стеклопластики, гетинакс, орговолокниты и др.

Пластификаторы добавляют в количестве 10–20% для уменьшения хрупкости и улучшения формуемости. В качестве пластификаторов используют эфиры, а иногда полимеры с гибкими молекулами.

Отвердители вводят в количестве 10–15% для твердения пластмасс. Действие отвердителей состоит в том, что он способствует соединению полимерных молекул химическими связями.

Специальные добавки – связки, красители, добавки для снижения статического электричества, для уменьшения горючести, для защиты от плесени, ускорители и замедлители отвердевания и другие – служат для изменения или усиления какого-либо свойства.

Существует несколько тысяч различных типов и марок пластмасс, для которых отсутствует единая общепринятая классификация. Более того, один и тот же пластик может иметь различные фирменные названия, которые не дают никаких представлений о свойствах материала. Ниже приведены данные самих распространенных видов пластиков, относящихся к разряду высоконаполненных конструкционных композиционных пластмасс.

Древесно-слоистые пластики представляют собой прессованный слоистый материал, состоящий из древесного шпона, пропитанного фенолформальдегидными или креозольно-формальдегидными смолами. Эти

пластики обладают достаточной прочностью, влагостойкостью, хорошими антифрикционными и электроизоляционными свойствами.

Гетинакс – слоистый пластик, основу которого составляют параллельно уложенные слои бумаги, пропитанной фенолформальдегидной или другими смолами. Гетинакс обладает хорошими электроизоляционными свойствами, часто используется как декоративный материал в строительстве.

Текстолит – слоистый пластик, наполнителем которого являются высококачественные хлопчатобумажные или шёлковые ткани, а в качестве связующего – фенолформальдегидные смолы. Текстолиты подразделяются на конструкционные, электротехнические и специальные.

Стеклотекстолиты – слоистые материалы, основу которых составляют стеклоткани, а связующими являются синтетические смолы: фенолформальдегидные, полиэфиры, эпоксидные и другие. Стеклотекстолиты используются в качестве строительных, электротехнических и конструкционных материалов.

Изделия из пластмасс получают литьем под давлением, экструзией (выдавливанием пластического материала через отверстия определенного профиля), прессованием, формованием из листов или труб, сваркой, склеиванием.

При макроанализе изучают структуру материала, видимую без увеличения или при небольшом увеличении, с помощью лупы. При микроанализе изучают строение материала с помощью микроскопа, т.е. при относительно больших увеличениях. Оба метода исследования материала направлены на то, чтобы установить связь между структурой материала с его свойствами.

По данным макро- и микроанализа можно не только указать в каком направлении будут изменяться механические, физические и другие свойства материала в зависимости от его состава и структуры, но и объяснить причины этих изменений. Это позволяет указывать пути наиболее эффективного улучшения структуры и свойств материалов, в данном случае пластмасс, и на этой основе прогнозировать эксплуатационные качества и надежность работы изделий в приборах, устройствах и машинах.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Задачей настоящей работы является привитие навыков проведения микроанализа материалов на основе получения конкретных данных о структурном состоянии полимерных материалов методами оптической микроскопии. При этом необходимо выявить и качественно оценить следующие особенности:

– состояние разнородных полимерных фаз и их границы раздела (связующее – наполнитель);
– характер распределения и величины сравнительно крупных дефектов структуры в виде посторонних включений, трещин, пустот, отслаиваний на границе контакта связующее – наполнитель;
– характер ориентации армирующего материала относительно плоскости шлифа, геометрическую форму и размеры волокон, относительное содержание полимерных компонентов в материале.

Для решения поставленной задачи в качестве объекта исследования используются армированные химическими волокнами пластики – образцы из стеклопластика, текстолита и органопластика. Образцы вырезают из пластин толщиной 3–8 мм, длиной 20 мм и шириной 15 мм.

Первая операция – отрезка образца – выполняется с использованием обычного оборудования и режущего инструмента для механического резания. Инструмент выбирается в зависимости от физико-механических свойств, пластмассы и требований, предъявляемых к качеству зоны резания. В целях исключения механических разрушений (образования расслоений, сколов, разлохмачивания наполнителя и т.п.) и влияния температурного фактора (прижога материала) не рекомендуется применять скоростное резание. Вырезку образцов рекомендуется производить вручную с помощью ножовочного полотна.

Пластмассы толщиной менее 1,5 мм разрезают полотнами с неразведенными зубьями. Хорошее качество поверхности разреза слоистых армированных реактопластов получается и при использовании пил, предназначенных для резания древесины. Для тонких шлифов при механической обработке в целях удобства и безопасности в работе, а также для предохранения краев от разрушения и заваливания следует применять оправки с механическим зажатием, которые изготавливаются из двух прямоугольных пластин, соединенных между собой шурупами или болтами. Между пластинами помещают пластину для вырезки из нее образца.

Вторая операция – шлифование – является наиболее ответственной операцией при изготовлении микрошлифов. Трудность шлифования (микрорезания) армированных пластиков связана с резко выраженной структурной неоднородностью шлифа (твердая матрица и мягкий наполнитель).

Отрезанный образец шлифуется на шлифовальной бумаге до полного удаления рисок с постепенным переходом от бумаги с абразивом более крупного размера до бумаги микронной зернистости (табл. 1). Необходимо строго соблюдать этот порядок шлифования во избежание выкрашивания, вырывов частиц наполнителя, появления загрязненных мест на обрабатываемой поверхности и т.д., возникающих вследствие неравномерной истирающей способности разнообразных фаз материала.

Таблица 1

Материалы для механической обработки пластмассовых образцов

Обозначение сортов шлиф. шкурки	Максим. размер абразивного зерна, мм	Обозначение сортов шлиф. шкурки	Максим. размер абразивного зерна, мм
240	0,062	120	0,125
220	0,074	100	0,140
180	0,080	90	0,177
140	0,105	60	0,250

С целью удаления рисок от предыдущей ступени шлифования образец должен быть повернут на 90° при переходе к абразивному материалу с более мелким размером частиц.

Заключительная операция – полирование – осуществляется на быстровращающемся диске полировального станка (400–600 оборотов в минуту) с диаметром 200–250 мм, обтянутый высококачественным сукном или мягким фетром. Поверхность диска увлажняется водяной суспензией, в качестве которой обычно используют водную суспензию порошка окиси хрома. Микрошлиф прижимается к диску с усилием, достаточным для его удержания в контакте с поверхностью фетра. Следует избегать больших давлений на образец, т. к. это может привести к сильному нагреву образца и снижению качества поверхности в целом.

Особенностью пластмасс является то, что при очень длительном полировании может проявиться особый рельеф, который затрудняет изучение структуры при больших увеличениях. Поэтому при полировке пластмасс необходимо выбирать некоторый оптимальный момент ее окончания. Если за промежуток времени 6–10 минут не удалось устранить следы предварительной шлифовки, но начал появляться рельеф, полировку следует прекратить и вновь повторить процесс шлифования.

При определении конца полировки образца ориентируются на момент исчезновения рисок от шлифования. В некоторых случаях полирование образцов пластмасс проводят с помесью специальных паст. В табл. 2 приведены рекомендуемые рецепты полировальных паст.

Для тонких исследований операции шлифования и полирования пластмасс проводят в зажимах с прокладками, как было указано выше. Устойчивость материала прокладки против истирания должна быть равной или близкой к материалу образца. В противном случае неизбежно заваливание образца. В тех случаях, когда необходимо исследовать край шлифа под микроскопом при больших увеличениях, т.е. когда необходимо избежать даже незначительного заваливания, рекомендуется применять оправки с вяжущими веществами. В этом случае можно рекомендовать для заливки оправок клей холодного отвердевания на основе эпоксидных смол.

Таблица 2

Состав и назначение специальных паст для полирования материалов

Наименование компонентов	Состав, %			Назначение
	грубые	средние	тонкие	
Паста «ГОИ»				
Окись хрома	65	63	62	Армированные стеклопластики
Стеарин	10	11	11	
Олеиновая кислота	10	8	6	
Парафин нефтяной	10	10	12	
Расщепленный жир	5	8	9	
Хромоалюминиевые пасты				
Окись хрома	37	35	32	Органоволокниты, текстолит, гетинакс и др.
Окись алюминия	37	35	32	
Стеарин	20	24	32	
Олеиновая кислота	3	3	3	
Керосин	2	2	2	
Сода	1	1	1	
Паста 290				
Окись алюминия	72	70	65	Органопластики, армированные химическими волокнами
Масло касторовое	6	8	10	
Масло вазелиновое	18	17	20	
Уайт-спирит	4	5	5	

Микроструктурный анализ пластмасс осуществляют оптическими металломикроскопами, которые позволяют проводить изучение строения материалов в отраженном свете при увеличениях до 2000 раз. Для этого используют металлографические микроскопы типа МИМ–6, МИМ–7, МИМ–8 и др.

При работе с композиционными пластмассами следует учитывать необходимость обеспечения высокой контрастности изображения. Для этого применяют освещение, которое достигается смещением апертурной диафрагмы относительно оптической оси. Другим методом усиления контрастности является темнопольное освещение. В этом случае пучок света не попадает в объектив, а выходит мимо объектива и направляется на образец вогнутым отражателем. Обычно исследование в темном поле применяется как дополнительное к исследованию в светлом поле.

При изучении окрашенных структур важное значение имеют светофильтры. Для получения наибольшей контрастности какой-либо структурной составляющей необходимо применить светофильтр того же цвета, что

и цвет составляющей. Выбрав фильтр дополнительного цвета (дополнительными называются те цвета, которые при смешении дают белый цвет, например, оранжевый и голубой, зеленовато-желтый и фиолетовый, красный и зеленовато-голубой и т.д.), получим минимальную контрастность данной фазы. Это позволяет с помощью светофильтров осуществлять раздельное изучение или фотографирование отдельных фаз, выявленных с помощью окрашивания.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При работе на полировальном станке во избежание травмирования пальцев руки не следует сильно давить образцом на фетр полировального круга. При работе с микроскопами опасных условий труда нет.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Получить у преподавателя образцы пластмасс для исследования.
2. Отполировать на полировальном станке две смежные поверхности образцов.
3. Изучить полированные поверхности микрошлифов с помощью микроскопа.
4. Сравнением картины в окуляре микроскопа и фотографий в фотоальбоме определить тип пластмассы и наличие дефектов в структуре материала.
5. В квадрате 40х40 мм нарисовать изображение поверхности каждого образца, отразив в рисунке характерные особенности структуры этих образцов.
6. Рядом с рисунком дать краткое описание структуры образцов (вид пластмассы, вид материала матрицы и наполнителя, дефекты и т.д.).

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА О РАБОТЕ

Отчет должен содержать:
– название лабораторной работы;
– формулировку цели работы;
– краткие сведения о пластмассах и микроскопическом анализе;
– практическую часть работы, включая рисунки с описанием.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие структурные составляющие обнаружены в микроструктуре исследованных композиционных пластмасс?
2. Какую часть площади занимают в каждой микроструктуре структурные составляющие?
3. Какие технологические дефекты обнаружены в плоскости шлифа?
4. Какие свойства пластмасс определяются исследованными структурами?
5. Какие типы и группы армированных пластиков исследовались?
6. Какое влияние на прочность и плотность могут оказать обнаруженные особенности микроструктуры пластмасс?

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов Е.М. Теория шлифования материалов / Е.М. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – С.180–211.
2. Масловский В.В. Полирование материалов и сплавов / В.В. Масловский, П.Л. Дудков – М.: Высшая школа, 1974. – С.172–190.
3. Левин Е.Е. Микроскопические исследования материалов / Е.Е. Левин - М.: Машгиз, 1951. – С. 71–75.
4. Гутерман В.М. Применение микроструктурного анализа к исследованию стеклопластиков / В.М. Гутерман, А.И. Коган // Пластмасса. – 1960. – № 4. – С 58.
5. Материаловедение / под ред. М.В. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1987. – 420 с.

Время, отведенное на лабораторную работу:

подготовка к работе……. 0,5 часа;
выполнение работы …… 0,75 часа:
обработка результатов эксперимента
и оформление отчета……..... 0,75 часа;

МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАСТМАСС

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов механических специальностей

Составили: ЗЕМЧЕНКОВ Владимир Степанович,
КОНОПЛЯНКИН Сергей Владимирович

Рецензент Е.Г. Поволоцкий

Корректор Е.В. Григоренко

Подписано в печать 10.01.90 Формат 60x84 1/16
Бум. тип. Усл.- печ. л. 0,93 (1,0) Уч.-изд. Л. 1,0
Тираж 100экз. Заказ 576 Бесплатно.

Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копипринтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77