**Содержание**

# Введение

1. Механические свойства конструкционных пластмасс

#### 1.1 Зависимость деформационных свойств пластмасс от температуры

### 1.2 Зависимость прочности полимеров от скорости нагружения

### 1.3 Усталостные свойства пластмасс

2. Проектирование экономически эффективных изделий из пластмасс

Заключение

Литература

**Введение**

Тема реферата «Механические свойства конструкционных пластмасс».

Изделия из пластмасс и резины в настоящее время настолько распространены, что по своему объему и ассортименту превосходят все другие изделия, применяемые человечеством в своей повседневной жизни. Специальность «Технология переработки полимеров» - одна из новых специальностей. Она готовит специалистов в области изготовления полимерных изделий. Полимеры – уникальные вещества с целым рядом особенностей строения и свойств, которые обязательно надо учитывать при создании технологий и оборудования переработки полимерных материалов в изделия. Полимерные изделия в зависимости от назначения могут иметь самую разнообразную форму и размеры, поэтому перед изготовлением изделие надо спроектировать.

Полимерные изделия – это изделия из пластмасс или резины. При сходной высокомолекулярной природе свойства этих материалов настолько различаются, что принципы проектирования и расчета изделий не могут быть одинаковыми. Пластмассы должны иметь достаточную жесткость, а резины – эластичность.

**1. Механические свойства конструкционных пластмасс**

Для изделий из пластмасс важно не только обеспечить их способность сопротивляться разрушению, т.е. прочность, но и способность сохранять форму и размеры под действием механической нагрузки, т.е. иметь необходимые деформационные свойства. Прочностные и деформационные свойства составляют механические свойства, или, как чаще их называют, - физико-механические свойства. Физико-механические свойства пластмасс, как и других полимерных материалов, зависят от многих факторов: от их химического строения, степени полимеризации или молекулярной массы, структуры макромолекул и их взаимного расположения, а также от надмолекулярной структуры твердого полимера. Особенности строения пластмасс обусловливают реологические явления, такие как релаксацию, механический гистерезис, последействие и течение. Все это приводит к тому, что деформационные свойства пластмасс отличаются от свойств традиционных конструкционных материалов. Деформационные свойства пластмасс выражают на обобщенных индикаторных диаграммах, связывающих деформации и напряжения во времени.

I квадрант индикаторной диаграммы построен в координатах напряжение σ и относительная деформация ε (рис. 1). При растяжении на участке ОА наблюдается практически линейная зависимость σ – ε, т.е. выполняется закон Гука. Деформация на этом участке является упругой, восстанавливаемой. Постепенный переход на криволинейный участок АВ соответствует характерной для полимерных материалов высокоэластической деформации. Если в точке В прекратить нагружение материала и проводить наблюдение во времени при ε = const, то протекаемый процесс релаксации напряжений во времени от σ0 до σ∞ может быть показан в IV квадранте. Скорость релаксации определяется скоростью перехода макромолекул и их сегментов из неравновесного состояния в равновесное в результате их теплового движения. В связи с этим скорость релаксации зависит от температуры, размеров кинетических единиц и энергии их взаимодействия, т.е. от температуры и природы полимера.

На участке В´В´´ происходит изменение деформации во времени, которое можно представить кривой А´Е во втором квадранте. Скорость деформации постепенно уменьшается на участке А´Д до постоянного значения, характеризующего условия вязкого течения материала. Участок ДЕ соответствует вязкому течению материала при σ = const. За точкой Е начинается участок упругого упрочнения ЕЕ´, после чего происходит разрушение.

σ

σ = const x

В В´ В´´

ε = const σ0 А

C

σ∞

τ О ε0´А0 А0´ ε´ E´´ E1´ ε

A´

Д

σ = const

Е

Е´

#### Рисунок 1 - Индикаторная диаграмма

Общая деформация складывается из упругой ОА0, высокоэластической А0А0´, течения А0Е´´ и упрочнения перед разрушением Е´´Е1´.

Если в точке В´ освободить материал от нагрузки, то процесс разгружения будет происходить по-другому. Разгрузка характеризуется запаздыванием деформации по отношению к напряжению. Сначала происходит упругое восстановление (участок А´А´´ во втором квадранте), а затем деформация восстановления первоначального размера протекает с запаздыванием (упругое последействие). Петля на индикаторной диаграмме показывает работу, затраченную на потери внутри материала вследствие механического гистерезиса.

Установление критических точек и построение таких диаграмм для различных пластиков позволяет правильно выбрать режим допустимого деформирования при проектировании изделий их пластмасс.

#### 1.1 Зависимость деформационных свойств пластмасс от температуры

При температурах ниже Тхр разрушающие деформации являются упругими и не превышают одного процента. В интервале температур от Тхр до Тс деформации складываются из упругих, высокоэластических и вязкотекучих и достигают до разрушения нескольких десятков процентов. В этом интервале прочность пластмасс характеризуется пределом текучести – напряжением вынужденной эластичности для стеклообразных полимеров или напряжением рекристаллизации для кристаллических полимеров. Предел текучести определяется по образованию шейки при растяжении образцов.

В интервале Тс – Тт в полимере развиваются высокоэластические деформации, равные нескольким сотням процентов. Выше Тт происходит течение расплава. Различные полимеры характеризуются разными температурами хрупкости и стеклования.

ПолимерТхр, 0С Тс 0С

Полистирол90100

Полиметилметакрилат10110

Поливинилхлорид-9081

Полипропиленот -10 до -20-30

ПВС -86

Прочность полимеров повышается с понижением температуры. Наибольшая термостойкость, т.е. способность сохранять прочность при повышенных температурах, характерна для стеклопластиков и полимерных материалов с минеральными наполнителями.

### **1.2 Зависимость прочности полимеров от скорости нагружения**

Прочность полимерных материалов с ростом скорости нагружения растет. Журков вывел уравнение:

σв = ln(A-α)/α + ½ ln v,

где σв – разрушающее напряжение (прочность);

А и α – постоянные эмпирические коэффициенты;

v – скорость нагружения.

Это уравнение справедливо только для пластмасс. В отличие от них у эластомеров при больших скоростях деформации предел прочности снижается.

### **1.3 Усталостные свойства пластмасс**

При действии периодической нагрузки малой величины, не приводящей к разрушению материала, основным фактором является величина внутреннего трения, обусловливающего рассеяние энергии (механический гистерезис). Сдвиг по фазе между напряжением и деформацией учитывается динамическим модулем. Он зависит как от структуры пластмассы, так и от скорости нагружения. Так, для полистирола при скорости нагружения 0,002 м/c динамический модуль равен 4 МПа, а при 0,06 м/с – 3,4 МПа. При этих же скоростях нагружения динамический модуль для ПММА равняется соответственно: 4,8 и 3 МПа, для ПЭНП – 0,3 и 0,29 МПа.

На усталостные свойства пластмасс влияют температура, влажность, агрессивность среды, вид периодически повторяющегося переменного напряженного состояния, частота колебаний, форма и размеры изделия.

Предельное значение усталостных напряжений, ниже которого разрушение не происходит, называется пределом выносливости (σ-1). Он существует только для чистых полимеров. Наполненные полимерные материалы не имеют истинного предела выносливости (или он очень низок). Поэтому для них за предел выносливости принимают разрушающее напряжение, соответствующее 107 – 108 циклов.

Стойкость к усталости характеризуется коэффициентом усталости:

К = σ-1·100 / σв, %,

где σв – предел прочности при статической нагрузке.

Коэффициент усталости равен 0,717 для ПВХ, 0,715 для полистирола, 0,142 для полиэтилена низкой плотности.

При переменных и ударных нагрузках долговечность изделий зависит от демпфирующей способности применяемых материалов. Пластмассы имеют более высокую демпфирующую способность, чем металлы.

Коэффициент относительной демпфирующей способности может быть рассчитан по формуле:

ηд = 2·Θ·Е·100 / Р2,

где Θ – работа демпфирования;

Е – модуль упругости;

Р – нагрузка.

Коэффициент демпфирующей способности равен: для эбонита – 4; для стали – 0,2; для текстолита – 11; для фибры – 21,5. Наполнители повышают демпфирующую способность.

По Журкову предел прочности определяется не только механическим напряжением, но и тепловым движением. Приложенная нагрузка снижает внутреннюю энергию химических связей и способствует разрушению материала под действием теплового движения.

Время сопротивления материала нагружению (или долговечность):

τ = τ0·е(U –γ·σ)/k·T,

где τ0 – постоянный коэффициент, равный 10-12 – 10-13;

U – энергия химических связей;

σ – напряжение;

k – постоянная Больцмана;

Т – абсолютная температура.

При постоянной температуре:

τ = А·е –ά·σ,

где А и ά – постоянные коэффициенты.

Изделия из пластических масс имеют самое разнообразное назначение и эксплуатируются в самых различных условиях: при быстрых и медленных нагружениях, при низких и повышенных температурах и т.п. При этом они должны сохранять свое функциональное назначение в течение довольно длительного срока службы, быть долговечными и надежными. Знание механических свойств пластмасс и их зависимости от различных эксплуатационных факторов является залогом правильного проектирования изделий из этих уникальных материалов.

**2. Проектирование экономически эффективных изделий из пластмасс**

Цель разработки новых или улучшения существующих полимерных изделий состоит в том, чтобы достичь технического совершенства конструкции при условии минимизации издержек производства. Главными задачами, решаемыми на этапе проектирования, являются выбор полимерного материала, выбор технологии изготовления, расчет прочности и проектирование формы.

Высококачественное и рентабельное полимерное изделие может быть изготовлено только при условии полного анализа всех перечисленных этапов проектирования и последовательного их выполнения. Функциональные возможности и рентабельность изделий из полимеров часто вступают в противоречие, поэтому при проектировании необходимо учитывать как технические, так и экономические параметры.

Необходимо помнить, что свойства полимерных материалов не являются неизменными. Они могут изменяться под влиянием окружающей среды, технологии переработки, конструкции изделия и условий эксплуатации. Свойства определяют испытаниями в лабораторных условиях. Образцы для испытаний изготавливают в полированных формах при оптимальных технологических параметрах и испытывают стандартными методами. Однако реальные условия эксплуатации отличаются от приведенных в методиках, так как нельзя предусмотреть все варианты условий эксплуатации. Поэтому, начиная проектирование нового полимерного изделия, необходимо проанализировать и составить перечень технических требований и граничных условий. Его структура имеет вид:

1. Общая информация

1.1. Назначение изделия

1.2. Возможности для модификации и интеграции (увеличение функциональных возможностей)

2. Условия эксплуатации

2.1. Напряжения: тип, продолжительность действия, уровень

- статические, динамические

- кратковременные, долговременные, периодические

- максимальные и минимальные значения

2.2. Температура эксплуатации

- максимальные и минимальные значения

- продолжительность действия

2.3. Окружающая среда при эксплуатации

- воздух – вода – влажность

- химические реагенты

- УФ-облучение

3. Конструктивные требования

3.1. Допуски

3.2. Максимально допустимая деформация

3.3. Сборка – разборка (методы соединения)

3.4. Технические требования и согласования

- официальные нормативные документы

- внутренние документы производителя

3.5. Качество поверхности

- допустимая шероховатость

4. Условия испытаний

Все методы испытаний, которые могут использоваться для определения эксплуатационных показателей и оценки качества изделий из полимерных материалов, должны быть внесены в список технических требований.

5. Себестоимость / рентабельность

5.1. Себестоимость изделия или детали прежней конструкции

5.2. Объем производства

6. Прочее

6.1. Законодательство по охране окружающей среды

6.2. Факторы безопасности охраны труда

6.3. Вся дополнительная информация, необходимая для полного понимания назначения изделия и условий эксплуатации, механических нагрузок, внешних воздействий и возможных нарушений правил пользования, которые изделие должно выдерживать

При разработке изделия от стадии проектирования до промышленного выпуска, как правило, необходимо изготавливать опытные образцы для испытаний и оптимизации изделия. При этом важно обеспечить соответствие метода изготовления прототипа и технологии серийного производства. Опытные образцы, которые будут изготавливаться методом литья под давлением, необходимо изготавливать этим же методом.

Если отсутствует соответствующая форма, иногда для получения прототипов приходится прибегать к механической обработке заготовок. Этот метод, однако, не всегда адекватно отражает характеристики реального изделия по следующим причинам:

- невозможно прогнозировать влияние линии холодного спая на прочность изделия;

- пазы, выполненные методом механической обработки, могут значительно сильнее понизить прочность, чем пазы, полученные формованием из расплава;

- прочность и жесткость листов, изготовленных экструзионным формованием, могут быть выше, чем при литье под давлением из-за более высокой степени ориентации или кристаллизации полимера;

- невозможно исследовать влияние ориентации волокнистого наполнителя.

Например, изготовленные путем механической обработки из экструдированного материала опытный образец пружины выключателя освещения выдерживает 180 тыс. рабочих циклов, тогда как такая же деталь, изготовленная литьем под давлением, разрушилась вследствие усталости материала через 80 тыс. циклов. Причиной разрушения является различная кристаллическая структура полимерного материала в изделии, изготовленном различными методами.

Если испытания в реальных эксплуатационных условиях невозможны, то следует смоделировать такие условия. Однако ценность таких испытаний полностью зависит от совпадения реальных и модельных режимов.

Длительные испытания для оценки долговременного поведения полимерных изделий под нагрузкой или при нагревании часто невозможны или экономически неоправданны. С другой стороны, прогноз длительного поведения материал на основе ускоренных испытаний при более жестких условиях не всегда точен и должен рассматриваться только как ориентировочный. Поведение полимерного материала под нагрузкой при длительных испытаниях может полностью отличаться от поведения при ускоренном испытании.

На основе вышеизложенного можно дать краткие рекомендации, которые, безусловно, необходимо использовать при проектировании изделий из пластмасс:

1. Избегать утолщенных элементов

2. Стремиться к одинаковой толщине стенок

3. Проектировать как можно более тонкие стенки с учетом требуемой прочности

4. Применять ребра жесткости вместо увеличения толщины стенок

5. Предусмотреть закругления углов и кромок

6. Избегать плоских областей

7. Предусмотреть технологические уклоны

8. Избегать пазов

9. Не проектировать изделие с большей точностью, чем требуется

10. Проектировать многофункциональные изделия

11. Использовать экономичные методы сборки

12. Располагать литник на самой толстой стенке

13. При замене металла на полимерный материал необходимо обязательно пересмотреть конструкцию изделия.

**Заключение**

В процессе написания реферата были раскрыты следующие вопросы, касающиеся механических свойств конструкционных пластмасс, а именно:

#### - зависимость деформационных свойств пластмасс от температуры;

### - зависимость прочности полимеров от скорости нагружения;

### - усталостные свойства пластмасс, так же рекомендации касающиеся проектирования экономически эффективных изделий из пластмасс.

**Литература**

1. Альшиц И.Я. и др. Проектирование изделий их пластмасс. – М.: Машиностроение, 1979. – 248 с.
2. Зенкин А.С. и др. Допуски и посадки в машиностроении. К.: Техніка, 1990. –320 с.
3. Штейнберг Б.И. и др. Справочник молодого инженера-конструктора. – К.: Техніка, 1979. – 150 с.
4. Лепетов В.А., Юрцев Л.И. Расчет и конструирование резиновых изделий. М.: Химия, 1987. – 408 с.