

## **Лекция 3. Стандартизация свойств. Физические, механические, физико-химические свойства СМ. Долговечность и надежность. (Продолжение)**

### **3.1. Механические свойства**

Отражают способность материала сопротивляться силовым, тепловым, усадочным и другим внутренним напряжениям без нарушения установившейся структуры.

Внешние силы, действующие на материал, стремятся его деформировать (изменить взаимное расположение составляющих частиц) и довести эти деформации до величины, при которой материал разрушится. После снятия нагрузок материал, если он не был разрушен, может восстанавливать размеры и форму или оставаться в деформируемом виде.

Упругие деформации - обратимые деформации, которые исчезают после снятия факторов.

Необратимые (остаточные) или пластические деформации - накапливаются за период действия силовых и других факторов и сохраняются после их снятия.

Характер и величина деформации зависят от величины нагрузки, скорости нагружения и температуры материала.

### 3.1.1 Пластические деформации

- Деформация медленно нарастающая без увеличения напряжений - характеризует текучесть материала. Ползучесть – медленный рост за длительное время (месяцы и годы) при нагрузках меньше тех, которые способны вызвать остаточные деформации за обычные периоды наблюдений. Ее необходимо учитывать при расчете и изготовлении конструкции. На рис. 3.1 приведена диаграмма растяжения малоуглеродистой стали с ярко выраженной площадкой текучести, т.е. участком развития пластических деформаций.

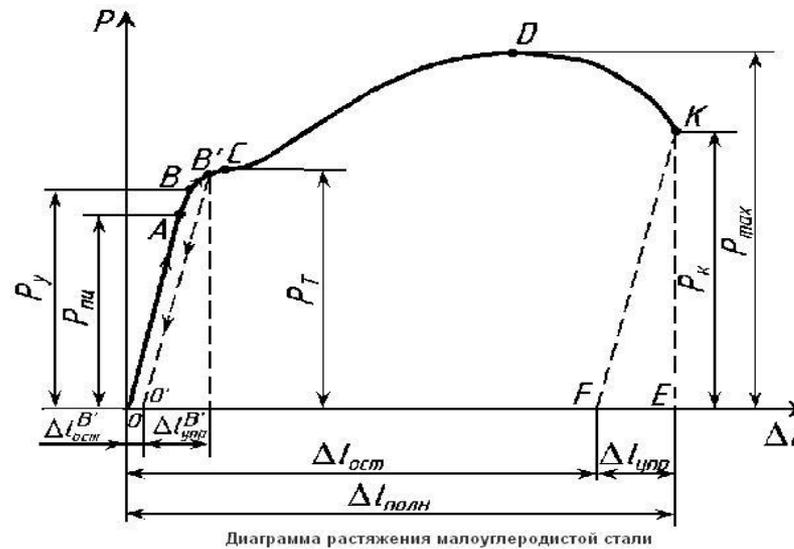


Рис. 3.1. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

### 3.1.2. Релаксация

Свойство материала самопроизвольно снижать напряжения при условии, что начальная величина деформации зафиксирована жесткими связями и остается неизменной.

### 3.1.3. Упругость

Свойство материала принимать после снятия нагрузки первоначальную форму и размеры. Количественно характеризуется пределом упругости - условное напряжение, когда материал начинает получать остаточные деформации очень малой величины, установленных в ТУ для данного материала (см. Рис.3.1).

### 3.1.4. Модуль упругости (модуль Юнга)

Характеризует меру жесткости (податливости) материала, т.е. сопротивляться упругому изменению формы и размерам при приложении к нему внешних сил.

Модуль упругости связывает относительную деформацию и напряжение соотношением, выражающим закон Гука:

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

### 3.1.5. Пластичность

Свойство материала при нагружении в значительных пределах изменять размер и форму без образования трещин и разрывов и сохранять эту форму после снятия нагрузки. Рис. 3.2.



### 3.2. Поликарбонат – пример пластичности полимерного строительного материала

П. важно учитывать:

- при выборе материалов для несущих конструкций;
- при выборе технологии изготовления некоторых изделий (например, керамических).

Желательными для несущих конструкций материалы, которые, наряду с большой упругостью, перед разрушением обладают высокой пластичностью. Разрушение у таких материалов не будет происходить внезапно (сталь см. рис. 3.1.). Пример пластичного материала – различные поликарбонаты, применяемые для устройства покрытий и навесов.

### 3.1.6. Хрупкость

Свойство материала разрушаться под действием сил без заметных пластических деформаций (стекло см. рис. 3.3.). Четко проявляется при ударных нагрузках. Для хрупких материалов характерна большая разница (в 10 раз и более) в пределах прочности на сжатие и растяжение.



Рис. 3.3. Натюрморт. Хрупкость и капля вина.

### 3.1.7. Прочность

Свойство материала сопротивляться разрушению от действия внутренних напряжений и деформаций, возникающих от действия внешних нагрузок и других факторов. Основная характеристика для большинства С.М., т.к. они в сооружениях всегда подвергаются тем или иным воздействиям, вызывающее напряженное состояние (сжатие, растяжение, изгиб и др.). Значение прочностных показателей позволяет рассчитывать механически и экономически целесообразное сечение конструкции из данного материала (см. рис. 3.4.). Прочность оценивают напряжением (пределом прочности)  $\left( \text{Па}, \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right)$ :

$$\sigma \stackrel{(3.2)}{=} \frac{F}{A}$$

где:  $F$  - разрушающая сила,  $(\text{Н}, \text{кгс})$  ;

$A$  - площадь сечения образца до испытаний,  $(\text{м}^2, \text{см}^2)$

- Предел прочности одного и того же материала может иметь различную величину и зависит:
- размера образца;
- его формы;
- скорости приложения нагрузки;
- конструкции прибора, на котором испытываются образцы.
- В связи с этим важно строго соблюдать условия испытаний, установленные для данного материала в соответствии с ГОСТ, ТУ см.табл. 1, 2.

Предел прочности материала характеризует его марку (класс). При подборе поперечных сечений материала, работающего в конструкции, действующие напряжения должны быть меньше величины его предела по прочности, т.е. иметь запас прочности. Такая необходимость вызвана:

- неоднородностью материала;
- возможностью проявления значительных деформаций еще до достижения предела прочности и появления трещин;
- усталостью материала при переменных нагрузках;
- «старением» под влиянием окружающей среды.

Табл. 1.

## Схемы стандартных методов определения прочности при сжатии



Образец	Эскиз	Расчетная формула	Материал	Размер стандартного образца, см
Куб		$R = \frac{P}{a^2}$	Бетон Раствор	10 × 10 × 10 15 × 15 × 15 20 × 20 × 20 7,07 × 7,07 × 7,07
			Природный камень	5 × 5 × 5 и др.
Цилиндр		$R = \frac{4P}{\pi d^2}$	Бетон	$d = 15; h = 30$
			Природный камень	$d = h = 5; 7; 10; 15$
Призма		$R_{np} = \frac{P}{a^2}$	Бетон	$a = 10; 15; 20$ $h = 40; 60; 80$
			Древесина	$a = 2; h = 3$
Составной образец		$R = \frac{P}{S}$	Кирпич	$a = 12; b = 12,3;$ $h = 14$
Половина образца-призмы, изготовленной из цементно-песчаного раствора		$R = \frac{P}{S}$	Цемент	$a = 4; S = 25 \text{ см}^2$
Проба щебня (гравия) в цилиндре		$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100$	Крупный заполнитель для бетона	$d = 15; h = 15$



## Табл. 2.

### Схемы стандартных методов определения прочности при изгибе и растяжении



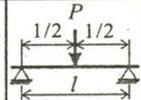
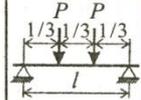
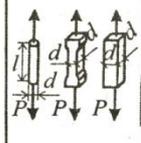
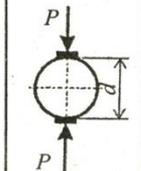
Образец	Схема испытаний	Расчетная формула	Материал	Размер стандартного образца, см
<i>Испытание на изгиб</i>				
Призма, кирпич в натуре		$R_{и} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	Цемент	4 × 4 × 16
			Кирпич	12 × 6,5 × 25
Призма		$R_{Ри} = \frac{Pl}{bh^2}$	Бетон	15 × 15 × 90
			Древесина	2 × 2 × 30
<i>Испытание на растяжение</i>				
Стержень, восьмерка, призма		$R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$	Бетон	5 × 5 × 50; 10 × 10 × 80
			$R_p = \frac{P}{a^2}$	Сталь
Цилиндр		$P_{pp} = \frac{2P}{\pi dl}$	Бетон	d = 15



Рис. 3.4. К понятию прочности материалов.

### 3.1.8. Ударная вязкость

Свойство материала сопротивляться ударным нагрузкам.

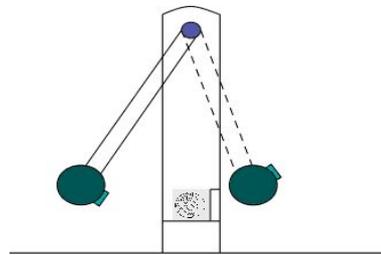


Рис. 3.5. Маятниковый прибор для определения ударной вязкости материала - сравнивается первоначальная энергия маятника и остаточная после соударения с испытываемым образцом

### 3.1.9. Твердость

Свойство материала сопротивляться проникновению в него более твердого материала.



Рис. 3.6. Прибор для определения твердости материалов.

### 3.1.10. Истираемость

Свойство материала сопротивляться истирающим воздействиям (см. рис. 3.7.).



Рис. 3.7. Лабораторный прибор (круг на истирание) для определения истираемости строительных материалов.

## 3.2. Физико-химические свойства

### 3.2.1. Дисперсность

Характеристика размеров твердых частиц и капель жидкости. Многие С.М.: минеральные вяжущие, глины, цементы и т.п. – находятся в тонкоизмельченном (дисперсном) состоянии и обладают большой суммарной поверхностью частиц (см. рис. 3.8.). Удельная поверхность (единицы объема - ; или массы - ) материала – характеризует степень раздробленности материала и развитости его поверхности.

Физико-химические свойства поверхностного слоя сильно отличаются от свойств того же вещества в массе. Причина – атомы (молекулы) вещества, находящиеся внутри материала, уравновешены действием окружающих атомов (молекул), в то время как атомы (молекулы) на поверхности вещества находятся в неуравновешенном состоянии и обладают особым запасом энергии. С увеличением удельной поверхности

вещества возрастает его химическая активность (цемент с удельной поверхностью  $3000 \div 3500 \frac{\text{см}^2}{\text{г}}$  через сутки

твердения связывает  $10 \div 13\%$  воды, а с у.п.  $4500 \div 5000 \frac{\text{см}^2}{\text{г}} \approx 18\%$ ).



Рис. 3.8. К определению понятия дисперсности

### 3.2.2. Адгезия

Свойство одного материала прилипнуть к поверхности другого материала. Адгезия зависит:

- от природы материала;
- формы и состояния поверхности;
- условий контакта и т.д.



Рис. 3.9. Пример использования материалов, обладающих высокой адгезией при ремонте различных покрытий

Проявляется и развивается в результате сложных поверхностных явлений, возникающих на границе раздела фаз. Характеризуется прочностью сцепления при отрыве одного материала от другого. Важное значение адгезионные свойства имеют при получении композиционных материалов (бетонов, клееных изделий, отделочных материалов).

### 3.2.3. Свойства пластично-вязкого тела (реологические свойства)

Многие С.М. в процессе их изготовления и применения проходят пластично-вязкое состояние (цементные, глиняное тесто, бетонные смеси, мастики, формуемые материалы из полимеров и т.д.).

По своим свойствам пластично-вязкие тела занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми телами. Тесто можно разрезать ножом, что нельзя сделать с жидкостью, но, однако, тесто принимает форму сосуда, в который оно помещено, т.е. ведет себя как жидкость. Пластично-вязкие тела характеризуются реологическими свойствами:

- структурной прочностью;
- вязкостью;
- тиксотропией.

*Структурная прочность* – прочность структурных связей между частицами материала. Оценивают предельным напряжением сдвига, при котором он начинает течь подобно жидкости - . Это происходит тогда, когда в материале нарушаются внутренние связи между его частицами – разрушается его структура. Вид структуры см. рис. 13.10.

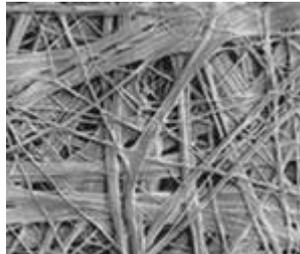


Рис. 13.10. Структура современных гидроизоляционных материалов фирмы Дюпон (США)

*Вязкость* – способность материала поглощать механическую энергию при его деформировании. Когда пластично-вязкий материал начинает течь, напряжения в материале зависят уже от скорости деформации.

*Тиксотропия* – способность пластично-вязких смесей обратимо восстанавливать свою структуру, разрушенную механическим воздействием. Физическая основа тиксотропии – разрушение структурных связей внутри пластично-вязкого материала. При этом материал теряет структурную прочность и превращается в вязкую жидкость, а после прекращения механического воздействия материал обретает структурную прочность. Явление Т. используют при виброуплотнении бетонных и растворных смесей, при нанесении мастичных и окрасочных составов шпателем.

### 3.2.4. Химическая стойкость

Свойство материала сопротивляться действию агрессивной среды (кислоты, щелочи, растворы солей, газы), при взаимодействии которой с материалом может происходить его разрушение (коррозия). Степень разрушения зависит от многих факторов и, прежде всего, от состава материала и его плотности.



Рис. 3.11. Пример коррозионных процессов в бетоне и арматуре несущих конструкций прыжковой вышки

Коррозионную стойкость оценивают химическим анализом. Для приближенной оценки Х.С. материала в кислотных и щелочных средах пользуются модулем основности:

$$M_0 = \frac{\%CaO + \%MgO + \%Na_2O(K_2O)}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3} \quad (3.3)$$

Т.е. при небольшом модуле основности, когда в материале преобладает кремнезем, наблюдается высокая стойкость к кислотам. Если в составе неорганического материала преобладают

### **3.2.5. Технологические свойства**

Характеризуют способность материала к восприятию некоторых технологических операций, изменяющих состояние материала, структуру его поверхности, придающую нужную форму и размеры и т.п. Это:

дробимость;

распиливаемость;

шлифуемость;

гвоздимкость;

удобоукладываемость и т.д.

### **3.3. Долговечность и надежность**

При ТЭО используемых материалов в конструкциях, принятой технологии их изготовления необходимо иметь представление не только о конкретных их свойствах, но и их влиянии на поведение изделий и конструкций под совокупным действием природных и эксплуатационных факторов. Такая оценка проводится по следующим показателям:

#### **3.3.1. Долговечность**

Свойства изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт. Измеряют сроком службы без потери эксплуатационных качеств в конкретных климатических и эксплуатационных условиях и режиме эксплуатации.

#### **3.3.2. Надежность**

Общее свойство, характеризующее проявление всех основных свойств изделия в процессе эксплуатации. Н. – совокупность таких свойств, как долговечность, безотказность, ремонтпригодность и сохраняемость.

#### **3.3.3. Безотказность**

Свойство изделия сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации в течение определенного времени без вынужденных перерывов на ремонт. К показателям безотказности относят вероятность безотказной работы.

### **3.3.4. Отказ**

Событие, при котором система, элемент или изделие полностью или частично теряют работоспособность. Потеря работоспособности вызывается такой неисправностью, при которой хотя бы один из основных параметров выходит за пределы устанавливаемых допусков.

### **3.3.5. Ремонтнопригодность**

Свойство изделия, характеризующего приспособленность к восстановлению исправности и сохранению заданной технической характеристики в результате предупреждения, выявления и устранения отказов. Этот показатель определяется:

средним временем ремонта на один отказ данного типа;  
трудоемкостью и стоимостью его устранения.

### **3.3.6. Сохраняемость**

Свойство изделия сохранять обусловленные эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного технической документацией. Сохраняемость количественно оценивается временем хранения и транспортирования до возникновения неисправности.