**Сопротивление материалов**

Когда-то строители возводили несущие конструкции наугад, что порой имело катастрофические последствия. Сегодня знание сопротивления материалов позволяет строить экономичные и надежные сооружения.

У небоскреба и сплетенной пауком паутины много общего. В обоих случаях создается каркас из очень прочных материалов, обеспечивающий прочность всего сооружения. Каркас небоскреба состоит из стальных балок, а паутина плетется из еще более прочного материала - шелка. Это означает, что паучья нить может выдержать больший вес, чем стальная нить той же толщины.

**Нагрузка**

Подвешенный на проволоке груз создает направленную вниз силу относительно площади ее поперечного сечения. Величина приложенной силы, разделенная на площадь ее приложения, называется нагрузкой.

Больший груз создает большую направленную вниз силу, поэтому нагрузка на проволоку того же сечения будет больше. Величина нагрузки также будет большей, если равный груз подвешен на более тонкой проволоке, так как создаваемая им сила действует на меньшую площадь поперечного сечения. При сравнении сопротивления материалов важно знать, какую нагрузку они могут выдержать до момента остаточной деформации или разрыва.

Существует три вида напряжений, испытываемых материалами. Растягивающее усилие растягивает материал и возникает, например, при подвешивании к нему груза. Напряжение сжатия сдавливает материал (ножки стола под весом находящихся на нем предметов). Напряжение сдвига воздействует на материал и изгибает его (трамплин для прыжков в воду под весом стоящего на нем человека).

**Относительная деформация**

Это равномерная деформация, или изменение размеров материала под воздействием нагрузки. Предположим, что проволока длиной 4000 см растягивается на 2 см при подвешивании к ней груза. В этом случае относительная деформация представляет собой пропорциональное изменение длины и составляет 2 : 4000 = 0, 0005.

**Упругость**

Если постепенно увеличивать нагрузку на материал, начиная с нуля, то вначале возникшее напряжение растет пропорционально. Если убрать груз, материал вернется к своим первоначальным размерам. Это явление называется упругостью. Но если продолжать нагружать проволоку, то она, при достижении определенной величины нагрузки, уже не будет возвращаться к исходным размерам. Эта величина называется пределом упругости проволоки. В этом случае проволока подвергается действию пластической деформации и будет теперь постоянно удлиняться с увеличением нагрузки.

Дальнейшее увеличение нагрузки в конечном итоге приведет к разрыву материала. Пластичные материалы (например, медь) перед разрывом сильно деформируются, а хрупкие (скажем, чугун) при постепенном увеличении нагрузки в какой-то момент рвутся совершенно внезапно.

**Бетон**

Не всегда материалы одинаково хорошо выдерживают разные виды напряжений. Например, бетон имеет большую прочность на сжатие, но относительно малую прочность на растяжение. Поэтому бетон часто армируют стальными стержнями для увеличения его прочности на разрыв. Предварительно напряженный бетон - это улучшенный вид железобетона. Вначале стальные арматурные стержни подвергают растяжению, а затем заливают бетоном. После схватывания бетона стержни уже не испытывают растягивающего напряжения и стремятся восстановить свою начальную длину. Но это невозможно, так как они прочно вмурованы в бетон и вызывают в нем огромное сжимающее напряжение. При использовании данного материала, любые усилия, стремящиеся разорвать бетон, должны сначала преодолеть силы сжатия в стальных стержнях. Вот почему предварительно напряженный бетон обладает большой прочностью на разрыв и сжатие.

Для упрочения некоторых видов бетона применяют метод последующего напряжения с натяжением арматуры. Стальные стержни вставляют в отверстия в монолитных бетонных блоках и подвергают их растяжению. Как и в предыдущем случае, стержни создают в бетоне сильное сжимающее напряжение и придают ему большую прочность на разрыв.

**Композиционные материалы**

Такие материалы состоят из двух и более различных материалов, при этом конечный продукт обладает лучшими свойствами, чем любой из его компонентов. Во многих случаях таким путем добиваются повышения прочности. Примером композиционного материала может служить железобетон. На более низком уровне, тонкие волокна различных материалов с высокой прочностью на разрыв добавляют к материалам, способным выдерживать большие сжимающие нагрузки. Стекловолокно в сочетании с паутинным шелком обладает намного большей прочностью на разрыв, чем лучшие сорта стали. Но, к сожалению, малейшая поверхностная царапина приводит к образованию трещины даже при относительно малых нагрузках. Поэтому, чтобы использовать преимущества стекловолокна, его добавляют к эпоксидной и полиэфирной смоле, которая защищает волокна от царапин и сохраняет их высокую прочность на разрыв.

**Углерод и керамика**

Для этой цели используются волокна и других материалов, включая углерод (в виде графита), а также многие виды прочных, жестких керамических материалов, таких как карбид кремния, карбид бора и окись алюминия. Но не все материалы такого рода получают искусственным путем. Например, древесина - природный композиционный материал, состоящий из прочных гибких волокон целлюлозы, связываемых более твердым и хрупким веществом - лигнином.

**Структура материалов**

Прочность материала зависит от его внутренней структуры - расположения в нем атомов или молекул. Все твердые металлы и большинство других твердых материалов имеют кристаллическую структуру, в которой атомы и молекулы расположены в правильном порядке. Расположение этих частиц и связи между ними определяют прочность материала. Например, резина состоит из цепочек молекул. В процессе вулканизации сера соединяется с цепочками молекул резины, располагая их рядом друг с другом. Происходит так называемое "химическое сшивание", в результате чего резина становится прочнее.

**Дислокация**

Когда металл подвергается напряжению без превышения его предела упругости, он растягивается, так как атомы немного "раздвигаются". При снятии напряжения атомы металла занимают свои изначальные позиции, вследствие чего металл сжимается. Если напряжение выше предела упругости, некоторые металлы сохраняют новую форму после его снятия. Это происходит потому, что в структуре кристаллов таких металлов присутствуют многочисленные дефекты - дислокации. Одни кристаллы могут иметь лишний атом, а в других одного атома может не хватать. Такие дислокации образуются при остывании и кристаллизации расплавленного металла. Они могут также формироваться, когда металл подвергается механическому напряжению, и он деформируется при меньшем напряжении. Напряжения выше предела упругости заставляют атомные плоскости скользить поверх друг друга. Чем больше дислокаций, тем легче, не разрушая металл, придавать ему нужную форму путем ковки, прокатки или протяжки (растяжки). При деформировании металла дислокации в нем перемещаются вдоль границ плоскостей скользящих атомов. Если препятствовать движению дислокаций, металл станет тверже и прочнее.

**Кристаллическая структура**

Существует несколько способов препятствования такому перемещению. Один из них заключается в контролировании процесса затвердевания при изготовлении с тем, чтобы получить металл, состоящий из относительно большого количества малых кристаллов. Чем больше кристаллов, тем больше границ раздела между ними, препятствующих перемещению дислокаций в металле. Другой способ блокирования движения дислокаций связан с добавлением атомов другого металла. Вот почему сплав из двух и более металлов тверже и прочнее, чем отдельно взятые металлы, из которых он состоит.

 Можно также с помощью напряжений создать такое количество дислокаций в металле, при котором они сами будут мешать друг другу перемещаться. Такого механического упрочения (называемого также "наклеп") можно добиться и с помощью напряжений, возникающих в процессе обычной металлообработки.

**Усталость металла**

Усталость металла может возникнуть, если металлическую деталь подвергнуть определенной нагрузке в течение длительного периода времени, или в случае многочисленных изменений силы напряжения. Дислокации перемещаются в напряженную зону и препятствуют движению друг друга. В результате металл становится хрупким, и образуется трещина, которая может распространиться по всей толщине детали вплоть до ее конечного разлома. Во избежание несчастных случаев, узлы и детали самолетов регулярно проверяют на усталость при помощи т. н. неразрушающего контроля.