

которыми понижает «твердость» кристалла. Эти вещества, проникая в микротрещины, по-видимому, несколько расширяют их в тех частях, где, несмотря на наличие трещины, кристаллические поверхности оставались плотно прижатыми друг к другу; работа, необходимая для диспергирования (разламывания) кристалла, в результате уменьшается. При шлифовании в воде углеродистой стали добавка к воде натриевого мыла понижает работу диспергирования в $1\frac{1}{2}$ раза.

§ 47. Механические свойства важнейших материалов

Числа, приведенные в таблице на стр. 179, показывают, что наилучшими механическими свойствами, т. е. большой упругостью, прочностью и способностью выдерживать значительные деформации, обладают различные стали — сплавы

железа с углеродом, удельный вес которых к тому же очень велик (рис. 83).

Сталь обладает не только значительной прочностью, но и высокой упругостью. Так, например, к моменту разрыва стальной образец может испытать удлинение, доходящее до 34% первоначальной длины. Поэтому стальные детали можно подвергать значительным упругим деформациям, не боясь их излома. Единственными конкурентами сталей при сооружении легких конструкций, подвергающихся значительным упругим деформациям, являются сплавы алюминия, обладающие хорошими механическими свойствами и довольно высокой упругостью при очень низком удельном весе. Многие части самолетов делаются из сплавов алюминия — дуралюмина или кольчугалюмина. Однако высокосортные нержавеющие стали с успехом конкурируют в самолетостроении со сплавами алюминия, так как высокие механические качества

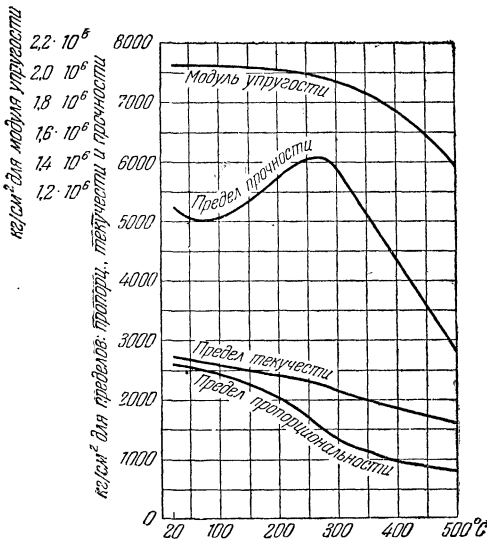


Рис. 83. Диаграмма, изображающая зависимость механических свойств стали от температуры.

этих сталей позволяют придавать деталям столь малые размеры, что вес конструкции из нержавеющей стали оказывается не больше веса конструкции из дуралюмина, а механические свойства стальных конструкций превосходят свойства дуралюминовых.

Одним из очень существенных достоинств сталей является их способность выдерживать любую механическую и термическую обработку: обточку, строжку, прессовку, поковку, сварку, закалку.

Дерево благодаря своему чрезвычайно малому удельному весу и высокой упругости — тоже ценный строительный материал. Недостатком деревянных конструкций являются их недолговечность и громоздкость. Преимуществом дерева в сравнении с другими строительными материалами являются удобства

Механические свойства некоторых материалов

Материал и способ обработки	Модуль		Предел				Удлинение к моменту разрушения в %	Сужение поперечного сечения в момент разрушения в %	Плотность, г/см ³
	Юнга, кг/мм ²	сдвига, кг/мм ²	прочности, кг/мм ²	текучести, кг/мм ²	упругости, кг/мм ²	усталости, кг/мм ²			
Сталь никелевая, литая, отожженная	20 000—22 000	8000—8300	65	39		34	12	14	7,84—7,85
Сталь углеродистая, брусок необработанный	20 000—22 000	8000—8300	53,5	34,6		28	34	58	7,84—7,85
То же закаленный			69,2			24	56		
» отпущенный при 700°			58,2	40,8		33	68		
» катаный			48,7	32	25,7	30	59,5		
» тянутый с образован. наклепа			96,6		57	3	23		
» кованный	44,6	21,5	18,6	20	33,5	53			
Сталь хромо-никелевая	20 000—22 000	8000—8300	147,5	137		80	9,5	30,5	7,84—7,85
То же отожженная			67,5	33		34	27	53	
» закаленная			177	170		85	11	43	
Сталь никель-ванадиевая, закаленная в масле			241,3	193,2			5	8	
Сталь отпущенная			97,7	72	58,3		19,5	48,5	
Железо электролитическое	19 000—21 000	7700—8300	30—44	18—36	4—7	8,8	19—42	7,9	
» ковкое, литое			28—40	14,3		11	32		48
То же тянутое			55,4	51	31,6	20	17		54
Чугун машиностроительный	8000—10 500	3500	12—22			8—15		7,8	
Дуралюмин	6300—7200	2600	40	20		14	20	2,7	
То же холоднокатаный			62	54		15—16	3		
Кольчугалюмин закаленный			36—42		19—23	15—22			
То же холоднокатаный			45—58		35—50	4—3			
Электрон литой (сплав Mg)	11 000		20—23	10	≈ 5	≈ 10	6—10	10—14	1,8
Медь электролитическая	500—700		16—22			3—4	50—58	65—76	8,9
Свинец			1,25—1,80		0,25				11,3
Дуб вдоль волокон	1080	800	9—10		2,5				0,7
Сосна » »	920		7—8						0,5

обработки и высокие теплоизоляционные свойства (теплопроводность дерева по направлению, перпендикулярному к слоям, составляет примерно $\frac{1}{6}$ теплопроводности кирпичной кладки и $\frac{1}{9}$ теплопроводности бетона).

В том случае, когда конструкция работает на сжатие в качестве строительных материалов с успехом могут быть использованы вещества с малой упругостью, но достаточной способностью сопротивляться раздавливанию, например камень, «электрон»¹⁾ и чугун.

Остовы машин и станков, подвергающиеся сжимающим нагрузкам, почти всегда отливаются из чугуна, который не только обладает значительным сопротивлением сжатию, но прекрасно поддается обточке, строжке и другим видам механической обработки.

Приводим значения *предела прочности на раздавливание* (в кг/мм^2):

Чугун	50—80	Цемент чистый	2,5—2,7
«Электрон»	20—30	Цемент с 3 частями	
Гранит	8—20	песка	1,6
Известняк	4—20	Сосна вдоль волокон	2,45
Кирпич	1,5—3	Дуб » »	3,55

Детали, подвергающиеся в процессе работы значительным пластическим деформациям, как, например, электрические провода, водопроводные трубы, краны, мелкие фасонные части различных механизмов и т. п., должны быть сделаны из пластичных материалов. Пластичность характеризуется малым модулем Юнга, низким пределом текучести и большими изменениями линейных размеров образца к моменту разрушения. Такими свойствами, как видно из таблицы на стр. 179, обладают чистое железо, медь и свинец.

Для изготовления режущих инструментов раньше (до 1930 г.) применяли твердые стали с большим содержанием кобальта, хрома, вольфрама. В тридцатых годах режцы стали изготавливать из металлокерамических твердых сплавов, содержащих карбид вольфрама, карбид титана и кобальт. В последние годы для режущего инструмента стали изготавливать металлокерамические пластинки (содержащие мельчайшие кристаллики белого корунда — одной из разновидностей кристаллической окиси алюминия); они выдерживают температуру резания до 1200° и позволяют доводить скорость резания чугуна до $4000\text{—}4500$ м/мин.

За последние десятилетия самые разнообразные применения получили новые искусственные материалы — *пластические массы*. Для изготовления пластмасс чаще всего применяют смолы — некоторые природные и большое число синтетических. Например, небьющееся стекло — *плексиглас* — изготавливается из синтетической смолы, для производства которой используются ацетон, метиловый спирт и синильная кислота. *Бакелит* и пластмассы, изготавливаемые из продуктов переработки каменноугольных смол, применяются как материал для облицовочных щитов, плиток, электроарматуры и т. д. Некоторые пластмассы изготавливаются из *целлюлозы* — главной составляющей части растительного волокна, которая в наибольшем количестве содержится в хлопке (до 95%). Имеются также пластмассы, которые изготавливаются из продуктов переработки обезжиренного молока.

Изготовление изделий из пластмасс производится прессованием на гидравлических прессах под давлением от 100 до 300 кг/см^2 , при температуре около $120\text{—}170^\circ \text{C}$. Часто применяют также литье под давлением.

Пластмассы имеют прочность на разрыв порядка $3\text{—}6 \text{ кг/мм}^2$ и в два-три раза большую прочность на сжатие.

Некоторые пластмассы ценны своей высокой устойчивостью против химических воздействий. Например, *тефлон* более кислотоупорен, чем золото и платина, и поэтому применяется для изготовления химической аппаратуры.

¹⁾ Легкий сплав, главной составной частью которого является магний.

Весьма ценными для многих отраслей строительной техники оказались материалы, получаемые пропиткой растворами пластмасс тонких листов древесины или бумаги, или ткани, сложенных и спрессованных в пластины «лигнофоля» (из дерева), «текстолита» (из ткани) и «гетинакса» (из бумаги). Указанным способом получают материалы с повышенной прочностью; при изгибе эти материалы способны выдерживать нагрузку в 2000—3000 кг/см². Некоторые из таких комбинированных материалов оказались пригодными для изготовления сильно нагруженных деталей машин: шестерен, подшипников и др.

Группой инженеров под руководством проф. И. И. Китайгородского был создан новый высококачественный материал — *пеностекло*. Пеностекло изготавливают из обыкновенного стекла, которое дробят в мелкий порошок и смешивают с порошком мрамора, каменного угля или другого вещества, способного при нагревании выделять газ. Пеностекло в четыре раза легче воды. Пеностекло обладает большой механической прочностью, легко плывится, строгается, сверлится. В то же время оно является хорошим теплоизоляционным материалом.

Замечательным достижением науки и техники является производство различных искусственных *волоконистых материалов*, в частности искусственного шелка и искусственной шерсти.

Наибольшее распространение в последние годы получил вискозный шелк, изготавливаемый из целлюлозы древесины. В молекуле целлюлозы тысячи атомов углерода, связанные с атомами водорода и кислорода, вытянуты в молекулярную нить. Целлюлоза нерастворима. Чтобы получить из нее вещество, растворимое в разбавленной щелочи, — *вискозу*, подвергают целлюлозу такой химической обработке, что к каждой молекулярной нити целлюлозы присоединяются молекулы сероуглерода и едкого натра. Для изготовления искусственного шелка вискозу продавливают через тончайшие отверстия в особых колпачках в раствор серной кислоты, где из струек вискозы образуются нити, состоящие из еле видимых глазом волоконцев чистой целлюлозы (ранее присоединенные молекулы отщепляются серной кислотой). Эти нити наматываются на бобины прядильных машин¹⁾. Благодаря дешевизне исходного сырья мировое производство вискозного шелка уже в 1948 г. достигло ½ миллиона тонн.

Прядение вискозных нитей в более утолщенные жгутики, которые потом режут на волокна длиной в несколько сантиметров, дает материал, получивший название «штапельного волокна». Из такого волокна, обработанного особым образом для придания ему мягкости и извитости, изготавливают вискозную шерсть.

Обработывая хлопковую целлюлозу уксусной кислотой и уксусным ангидридом, получают так называемую *ацетилцеллюлозу*, имеющую способность растворяться в спирте и ацетоне. Тончайшие струйки ацетилцеллюлозы выдавливаются в короб, где они обдуваются горячим воздухом; спирт и ацетон улетучиваются и образующиеся нити наматываются на бобины. Прочность на разрыв нитей ацетонového шелка превосходит прочность стальной проволоки того же сечения.

Особо тонкие нити получают при производстве так называемого медноаммиачного шелка. Струйки медноаммиачного раствора целлюлозы выдавливают в воду. Вода отнимает от молекул целлюлозы ранее присоединенные к ним атомы меди и молекулы аммиака. Так получают нити толщиной около 2 микронов, тогда как толщина паутины 3—5 микронов.

Еще более тонкие нити получают при производстве *стеклянного волокна*. Через отверстия в особой печи вытекают струйки стекла; образующаяся стеклянная нить наматывается на быстро вращающийся барабан, вследствие чего нить растягивается и утоньшается. При скорости вытягивания 2 км в минуту получают нити толщиной около микрона — в 50 раз тоньше человеческого волоса. Канаты,

¹⁾ Заменяя круглые отверстия, через которые выдавливается вискоза, длинной щелью, получают *целлофан*, достаточно прочный упаковочный материал, непроницаемый для микроорганизмов.

сплетенные из стеклянных волокон, крепче стальных тросов такого же сечения. Из нарезанных стеклянных волокон прядут нити для изготовления технических и декоративных тканей, несгораемых, легко моющихся и стойких при действии химических веществ

Высококачественные волокнистые ткани изготовляют из смолистых веществ, синтезируемых для производства пластических масс. Из феноловых смол изготовляют капроновый шелк. Из виниловых смол получают виниловые пленки и виниловое волокно, применяемое для производства химически стойких тканей. Прочные и легко окрашивающиеся виниловые пленки можно кроить, сшивать, склеивать; это — новый нетканый материал, конкурирующий с волокнистыми материалами.

Сочетание средств химии и технологических приемов, основанных на изучении молекулярной структуры, позволило неузнаваемо преобразовать свойства даже такого, казалось бы, совсем не прочного материала, как бумага. В настоящее время изготовляются такие сорта бумаги, что бумага эта не рвется, если даже по ней пройдет танк, хотя бы она и была предварительно намочена. Разработаны также сорта кислотоупорной и в то же время огнеупорной бумаги (без повреждения выдерживающей нагревание до 1100°).
