

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАДРЕЗОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРУШЕНИЯ СЕРОГО ЧУГУНА  
ПРИ СТАТИЧЕСКОМ СЖАТИИ**

Л. М. СЕДОКОВ, В. И. МАКСАК

(Представлено научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Большинство деталей машин имеет резкое изменение поперечного сечения. Эти изменения принято называть надрезами. Влияние, которое оказывают надрезы на прочность и деформацию конструкций, чрезвычайно велико. Надрез вызывает неравномерность напряженного состояния элементарных объемов материалов в различных точках нагружаемого тела.

Теоретический расчет напряженного и деформированного состояния в пластической области для многих случаев нагружения и форм надреза еще не разработан. Экспериментально изучено влияние надрезов при осевом растяжении, изгибе и кручении. Весьма слабо изучено влияние надрезов при осевом сжатии.

Знание механических характеристик процесса разрушения хрупких материалов, типичным представителем которых является серый чугун, полученных при статическом сжатии образцов с надрезами, будет способствовать уточнению расчетов на прочность и жесткость деталей машин, работающих на сжатие.

Для получения фактических характеристик сопротивления сжатию образцов из хрупких материалов с надрезами необходимо фиксировать силу и деформацию в процессе разрушения этих образцов. Поэтому для исследования влияния надрезов на прочность хрупких материалов при сжатии необходимо использовать малоинерционную аппаратуру. С этой целью было переоборудовано силоизмерительное устройство 100-тонной машины типа «Ольсен».

Упругая деформация четырех грузовых колонн, возникающая в процессе нагружения, воспринимается проволочными датчиками сопротивления, наклеенными вдоль оси всех колонн. Для температурной компенсации были наклеены точно такие же датчики перпендикулярно к оси колонн.

Чтобы исключить влияние нецентрального приложения усилия, датчики, наклеенные на колонны, которые расположены по диагонали, собирались в одно плечо моста. На рис. 1 показана монтажная схема силоизмерительного устройства.  $P_1, P_2, P_3, P_4$  — рабочие датчики,  $K_1, K_2, K_3, K_4$  — компенсационные датчики.  $A$  и  $B$  — вход системы,  $C$  и  $D$  — выход системы. Прибор для измерения деформаций также

основан на применении проволочных датчиков и представляет из себя гибкую консольную балку, на которой наклеены датчики, способную в упругой области воспринимать большие деформации. Этот прибор изготовлен в лаборатории Томского политехнического института.

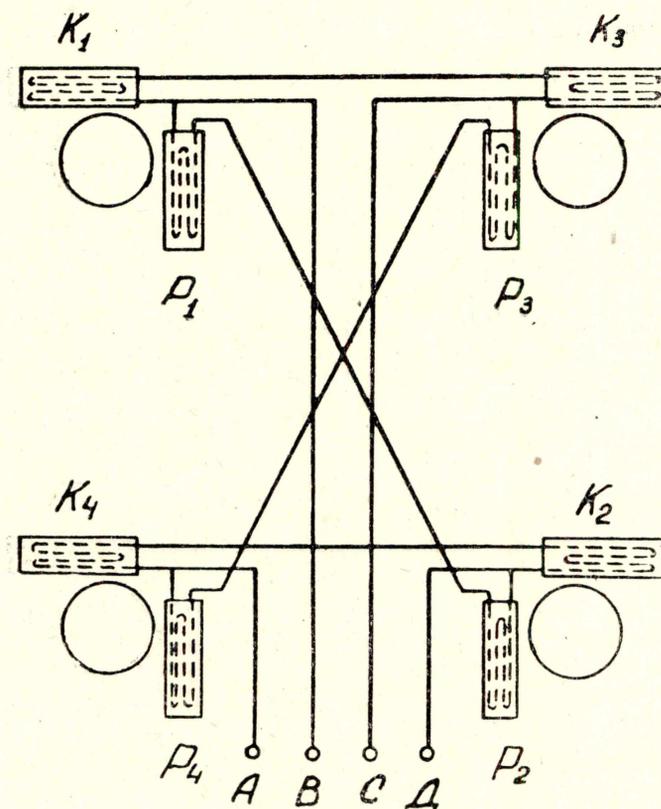


Рис. 1. Электрическая монтажная схема силоизмерительного устройства.

Электрические сигналы, поступающие от этих приборов, подавались на усилитель ТУ, а затем при помощи осциллографа МПО-2 фиксировались на пленку.

Перед каждой серией опытов записывалось положение шлейфа осциллографа при ряде зафиксированных обычным способом нагрузок, что и служило тарифовочным графиком. То же самое производилось и с измерением деформации. Затем разрушались с записью на пленку 5—6 образцов и снова повторялась такая тарифовка.

По исследованию влияния надрезов на механические характеристики хрупких материалов при сжатии было проведено три серии опытов на круглых цилиндрических образцах с соотношением  $h/d = 2$ . Такое соотношение между высотой образца и его диаметром было выбрано с целью возможно большего исключения влияния трения на торцах образца на результаты опыта [1]. На рис. 2 приведены размеры и форма образцов всех трех серий опытов. Образцы вытачивались из литых чугуновых стержней. Критерием однородности материала служила твердость, которая колебалась в пределах  $HV = 180—200$ .

В первой серии опытов исследовались механические характеристики образцов с одной канавкой, расположенной на середине высоты. Глубина канавки изменялась от 1 до 3 мм через каждые 0,5 мм (рис. 2а).

Учитывая некоторую неоднородность материала образцов, каждый опыт повторяли 7—8 раз.

В результате этой серии опытов была установлена зависимость между истинной и условной величинами предела прочности и глубиной канавки, между деформацией, соответствующей моменту разрушения, и:

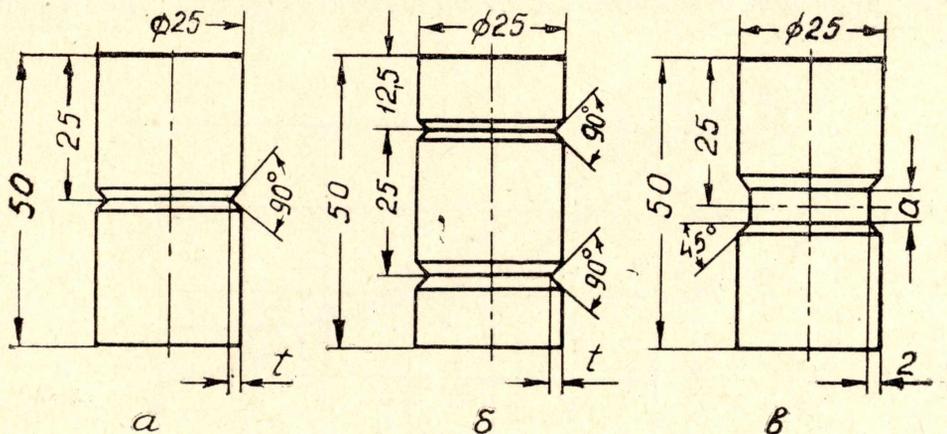


Рис. 2. Типоразмеры образцов.

глубиной канавки. Результаты этой серии опытов представлены на рис. 3. Условный предел прочности вычислялся как отношение разрушающей нагрузки к поперечному сечению ненадрезанной части образца.

$$\sigma_{пч}^y = \frac{P_{\max}}{\frac{\pi \cdot 2,5^2}{4}}$$

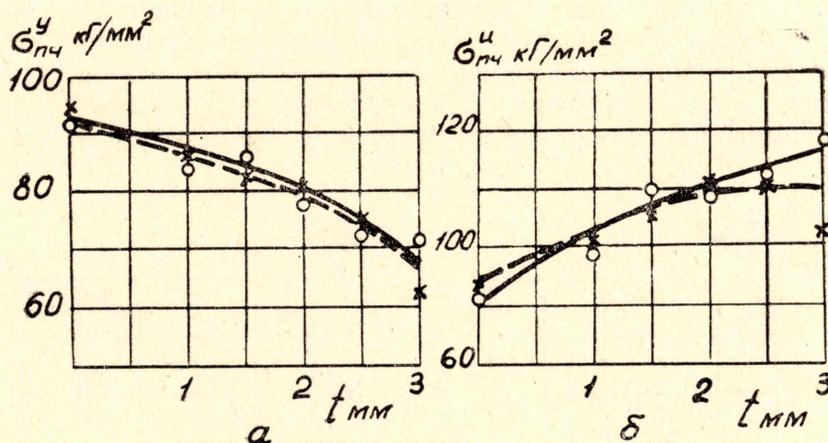


Рис. 3. Влияние глубины канавки на условный предел прочности (а) и истинный предел прочности (б):  $\circ$  — образцы с одной канавкой,  $\times$  — образцы с двумя канавками.

Истинный предел прочности определялся как отношение разрушающей нагрузки к действительной площади поперечного сечения образца (без учета изменения поперечного сечения образца в результате его деформации и сложного напряженного состояния, которое возникает в вершине надреза)

$$\sigma_{пч}^u = \frac{P_{\max}}{\frac{\pi (2,5 - 2t)^2}{4}}$$

С увеличением глубины канавки величина условного предела прочности падает, а величина истинного предела прочности растет. По срав-

нению с гладким образцом истинный предел прочности у образца с глубиной канавки 3 мм увеличивается примерно на 30% (рис. 3б). Относительная деформация с увеличением глубины канавки уменьшается. Для тех же образцов относительная деформация снижается примерно на 40% (рис. 4).

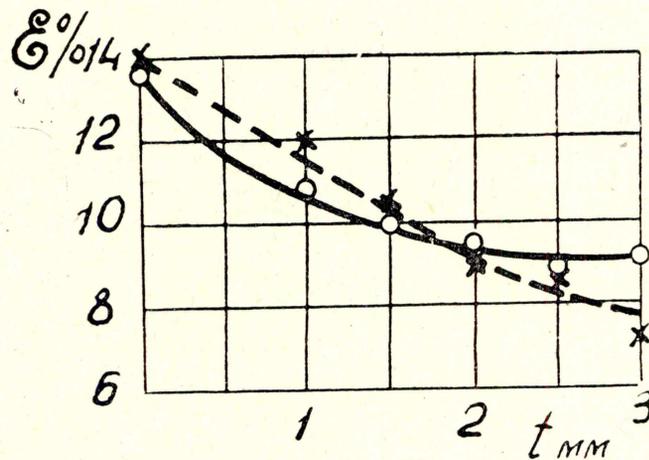


Рис. 4. Влияние глубины канавки на относительную деформацию образца:  $\circ$  — образцы с одной канавкой,  $\times$  — образцы с двумя канавками.

Во второй серии опытов исследовалось влияние 2 канавок, расположенных друг от друга на расстоянии, равном диаметру образца (рис. 2б), на механические характеристики при изменении глубины этих канавок. Учитывая, что сдвиги при разрушении проходят под углом примерно  $45^\circ$ , можно было предполагать, что наличие двух канавок на расстоянии, равном диаметру образца, будет способствовать разрушению и истинный предел прочности будет меньше, чем у образцов с одной канавкой.

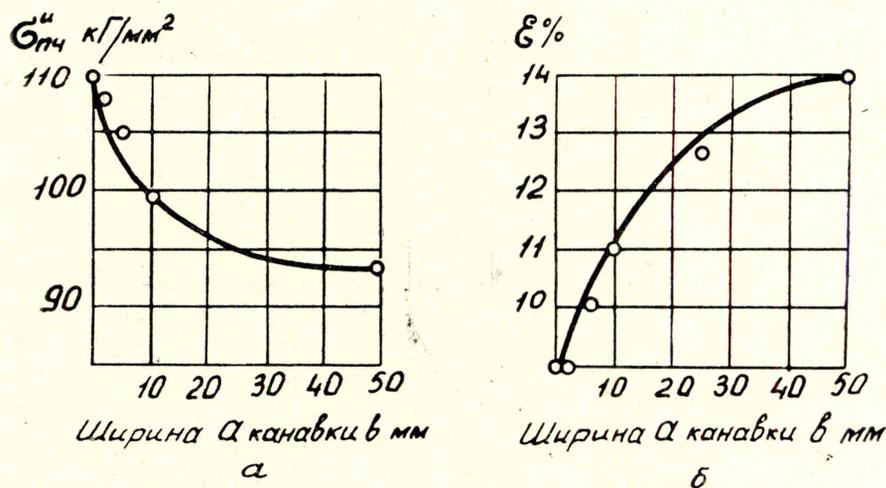


Рис. 5. Влияние ширины канавки на истинный предел прочности (а) и относительную деформацию (б).

Результаты этой серии опытов представлены на рис. 3.

Условный и истинный пределы прочности и относительная деформация при увеличении глубины канавки практически изменяются так же, как и у образцов с одной канавкой, и имеют ту же величину.

В третьей серии опытов исследовалось влияние ширины канавки при постоянной глубине, равной 2 мм (рис. 2 в), на величину предела прочности. Ширина канавки изменялась от 2 мм до 25 мм. Результаты этой серии представлены на рис. 5. При увеличении ширины канавки истинный предел прочности падает и приближается к пределу прочности гладкого образца. С увеличением ширины канавки относительная деформация также растет и приближается к значению деформации гладкого образца.

### Выводы

1. Наличие надразов существенно изменяет механические характеристики разрушения образцов, изготовленных из серого чугуна. Истинный предел прочности образца с глубиной канавки  $t = 3$  мм выше предела прочности гладкого образца на 30%, а уменьшение относительного укорочения образца к моменту разрушения составило 40%. Следовательно, нельзя согласиться с Я. Б. Фридманом [2] в том, что чувствительность к надрезу при сжатии существенно не изменяется.

2. При расчетах на прочность, особенно по предельному состоянию, необходимо учитывать влияние надразов на статическую прочность серого чугуна.

При наличии острых надразов фактический запас прочности будет несколько выше, чем рассчитанный по обычным характеристикам прочности чугуна.

3. При статическом нагружении деталей машин из серого чугуна, имеющих острые надразы, возможно некоторое увеличение нагрузки, особенно если она действует кратковременно.

4. Детали из серого чугуна с острыми надрезами будут сопротивляться ударным нагрузкам значительно хуже, чем детали без надразов, поскольку наличие надразов создаст уменьшение относительной деформации, соответствующей пределу прочности.

5. Наличие более или менее широких канавок не вызывает существенного изменения механических характеристик серого чугуна при статическом сжатии.

6. Необходимы дальнейшие исследования влияния надразов на механические характеристики хрупких материалов. Необходимо также разработать методику оценки чувствительности хрупких материалов на сопротивление сжатию.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Седоков. Исследование пластичности и прочности серого чугуна. Изв. вузов, Физика, № 5, 1959.
2. Я. Б. Фридман. Механические свойства металлов. Оборонгиз, 1952.