

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА ПРИ РАДИАЛЬНОМ СЖАТИИ

Ю. С. БОГОМОЛОВ, Л. М. СЕДОКОВ

(Рекомендована к печати научным семинаром кафедры сопротивления
материалов)

Прочность материала на растяжение является его важнейшей механической характеристикой. Однако для хрупких материалов (чугун, бронза, камень, бетон, некоторые пластические массы и др.) определение прочности на растяжение затруднено, что приводит к существенной неопределенности результатов испытаний.

Исследования [1, 2, 3, 4, 5] говорят о том, что при радиальном сжатии цилиндрического образца хрупкого материала можно определить предел прочности на разрыв по формуле

$$\sigma_{\text{нч}} = A \frac{P}{dl} \quad (1)$$

Здесь P (кг) — максимальная сила при испытании,
 d и l (мм) — диаметр и длина образца,
 A — безразмерный коэффициент.

Введем понятие об удельной разрушающей силе при радиальном сжатии σ_{dl} , как отношении максимальной силы при испытании к площади диаметрального сечения

$$\sigma_{dl} = \frac{P}{dl} \quad (2)$$

Очевидно, безразмерный коэффициент A есть отношение предела прочности на разрыв к удельной разрушающей силе при радиальном сжатии

$$A = \frac{\sigma_{\text{нч}}}{\sigma_{dl}} \quad (3)$$

Методы теории упругости позволяют определить величину растягивающих напряжений на площадках, совпадающих с плоскостью действия силы при радиальном сжатии диска по формуле [6]

$$\sigma_x = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{P}{dl} = \text{const.}$$

Если распространить действие закона Гука при радиальном сжатии образца на хрупкие материалы вплоть до разрушения, то значение безразмерного коэффициента A следует принять равным $\frac{2}{\pi} \approx 0,64$.

В реальных материалах, какими бы они хрупкими не были, всегда будет предшествовать разрушению некоторая пластическая деформация. Поэтому коэффициент A для реальных материалов больше 0,64.

Для выявления фактического значения указанного коэффициента применительно к серому чугуно, как наиболее распространенному хрупкому материалу машиностроения, была проведена настоящая работа. Исследованы зависимость безразмерного коэффициента A от твердости серого чугуна в пределах от $110HB$ до $210HB$, а также влияние условий испытаний на результаты опытов.

Специальные отливки серого чугуна размерами $400 \times 100 \times 30$ мм после снятия поверхностных слоев на глубину не менее 5 мм разрезались на бруски $400 \times 25 \times 20$ мм. По длине этих брусков тщательно измерялась твердость на прессе Бринелля шариком 10 мм. Бруски с постоянной твердостью (вне зависимости от абсолютной величины твердости) отбирались для изготовления образцов.

Таким образом были изготовлены образцы на растяжение диаметром 8 мм и рабочей частью 70 мм, на осевое и радиальное сжатие—диаметром 12 мм и длиной 24 мм, различной твердости.

На рис. 1 и 2 показаны графики, представляющие зависимости предела прочности на растяжение, осевое сжатие и удельной разрушающей силы при радиальном сжатии от твердости чугуна. Получен-

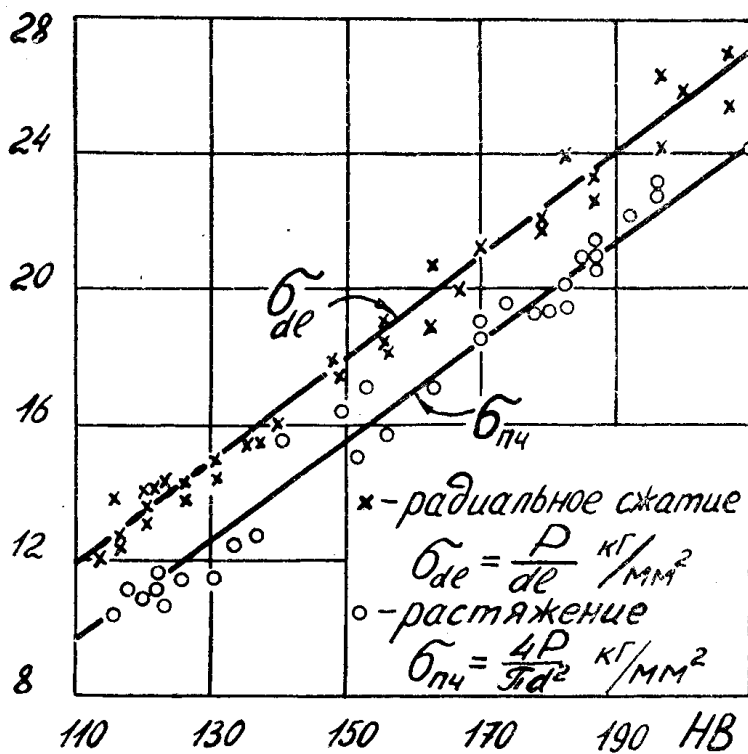


Рис. 1. Зависимость прочности на разрыв $\sigma_{\pi 4}$ и удельной разрушающей силы при радиальном сжатии от твердости HB серого чугуна.

ные результаты дают линейную связь между указанными величинами в виде уравнений прямых, не проходящих через начало координат,

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\pi 4} &= 0,15 HB - 6,4, \\
 \sigma_{\pi 4}^{сж} &= 0,56 HB - 29, \\
 \sigma_{dl} &= 0,15 HB - 4,2.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Разброс экспериментальных точек от прямых, выраженных уравнениями (4), лежит в пределах $\pm 11\%$ для растяжения и осевого сжатия и составляет около $\pm 8\%$ при радиальном сжатии.

Исключая величину твердости H_V из уравнений (6), можно связать пределы прочности на растяжение, осевое сжатие и удельную разрушающую силу при радиальном сжатии следующими соотношениями.

Таблица

Связь между пределами прочности при растяжении, сжатии и удельной разрушающей силой при радиальном сжатии

	Предел прочности при растяжении, $\sigma_{пч}$	Предел прочности при осевом сжатии, $\sigma_{пч}^{сж}$	Удельная разрушающая сила при радиальном сжатии, τ_{dl}
$\sigma_{пч} = \frac{4P}{\pi d^2}$		$3,8\sigma_{пч} - 4,6$	$1,02\sigma_{пч} + 2,3$
$\sigma_{пч}^{сж} = \frac{4P}{\pi d^2}$	$0,26\sigma_{пч}^{сж} \pm 1,2$	—	$0,27\sigma_{пч}^{сж} + 0,36$
$\tau_{dl} = \frac{P}{dl}$	$0,98 \frac{P}{dl} - 2,26$	$3,73 \frac{P}{dl} - 1,33$	—

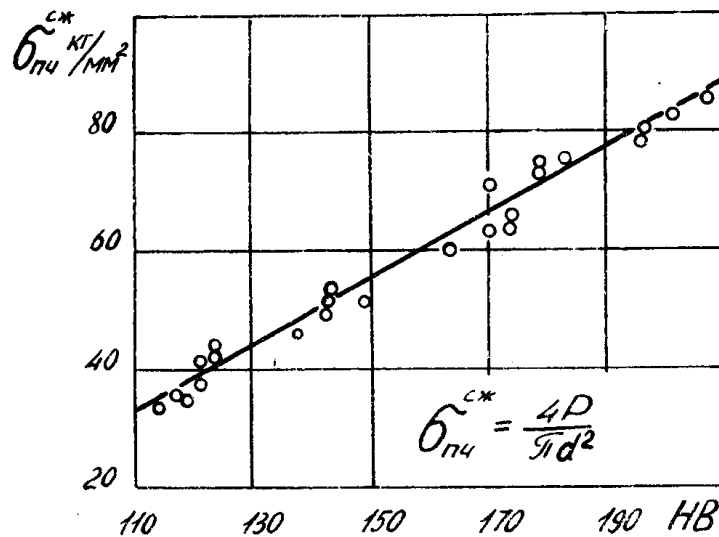


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие $\sigma_{пч}^{сж}$ от величины твердости H_V серого чугуна.

Как видно из рис. 1, графики зависимости предела прочности при растяжении и удельной разрушающей силы при радиальном сжатии от величины твердости H_V представляют параллельные прямые, так как тангенсы углов наклона этих прямых равны 0,15. Характер этих линий говорит об аналогии процесса разрушения при осевом растяжении и радиальном сжатии. В исследуемом диапазоне твердостей серого чугуна безразмерный коэффициент A несколько изменяется, увеличиваясь с возрастанием твердости. Однако это изменение невелико.

В среднем значение коэффициента A для исследуемых чугунов можно принять равным 0,85. В этом случае изменение величины без-

размерного коэффициента A будет $\pm 6\%$. Следовательно, формула (1) для исследованных чугунов может быть записана так:

$$\sigma_{пч} = 0,85 \frac{P}{dl} \quad (5)$$

Зависимость между пределом прочности на сжатие и твердостью по Бринеллю приведена на рис. 2. В этом случае получена также прямая линия, но с большим углом наклона, тангенс которого составляет 0,56. Удельную разрушающую нагрузку при радиальном сжатии можно связать с прочностью при осевом сжатии через коэффициент B .

$$\sigma_{пч}^{сж} = B \frac{P}{dl} \quad (6)$$

Величина коэффициента B не остается постоянной. С возрастанием твердости серого чугуна растет и величина коэффициента B . В среднем значение этого коэффициента равно 3,0 для исследуемой зоны твердостей. Отклонение составляет $\pm 8\%$, что будет также лежать в пределах разброса результатов опытов. Таким образом, для исследованных чугунов формула (6) может быть записана так:

$$\sigma_{пч}^{сж} = \frac{3P}{dl} \quad (7)$$

Следовательно, можно считать установленным, что прочность при осевом сжатии серого чугуна исследованной твердости в 3,5 раза выше прочности на непосредственное растяжение.

В ходе исследования было рассмотрено влияние размеров образца на результаты механических испытаний чугуна при радиальном сжатии. Для этого было проведено 2 серии опытов.

Первая серия проводилась на образцах постоянной длины, равной 20 мм, и ряда значений диаметра в диапазоне от 10 до 80 мм. На рис. 3 показана зависимость удельной разрушающей силы при радиальном сжатии от величины диаметра образцов для 3-х значений

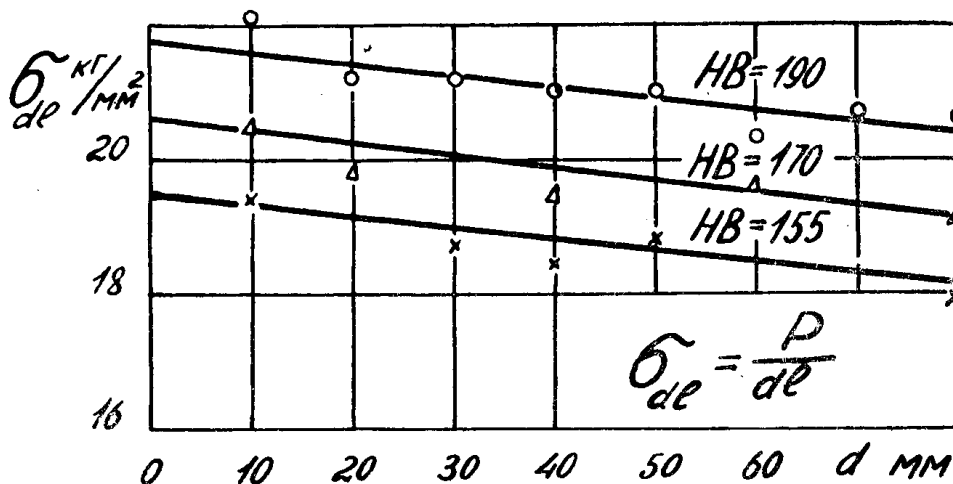


Рис. 3. Влияние диаметра образцов на величину удельной разрушающей силы при радиальном сжатии.

твердости HB : 155, 170 и 190 единиц. Экспериментальные точки нанесены как средние значения испытаний 5–10 образцов. При изменении величины диаметра в 8 раз, т. е. когда отношение диаметра

образца к его длине изменялось от 0,5 до 4, замечена тенденция уменьшения удельной разрушающей силы при радиальном сжатии с увеличением диаметра образцов. Однако это изменение невелико и составляет около 5%. Таким образом, в пределах исследуемых значений $\frac{d}{l}$ можно считать удельную разрушающую силу при радиальном сжатии практически не зависящей от изменения диаметра образца.

Во второй серии диаметр образцов оставался неизменным, равным 12 мм, а длина изменялась в 10 раз: от 4 до 40 мм. На рис. 4 приводится зависимость удельной разрушающей силы при радиальном

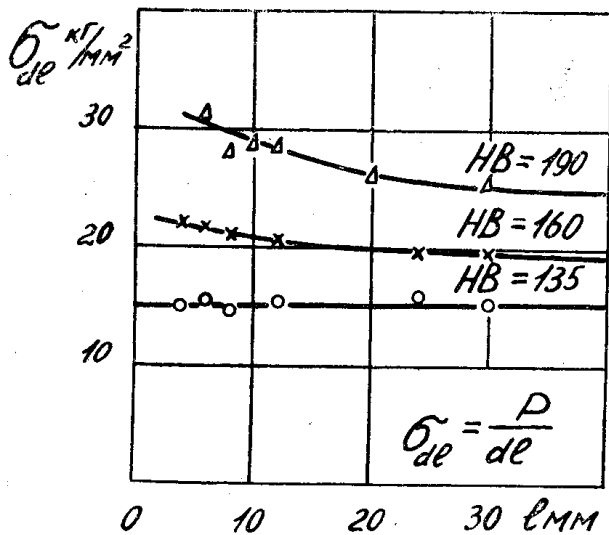


Рис. 4. Влияние длины образцов на величину удельной разрушающей силы при радиальном сжатии.

сжатии от длины образцов для трех значений твердостей серого чугуна: 135, 160, 190 HB. Так, образцы длиной 6 мм по сравнению с образцами длиной 20 мм дают величину удельной разрушающей нагрузки больше примерно на 20%.

Влияние скорости деформации, равной скорости перемещения траверсы (или плиты) машины в пределах от 0,5 до 2 мм/сек, практически не сказывается на проведении испытания по радиальному сжатию цилиндрических образцов из серого чугуна.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Верховский, В. В. Романовская. Определение предела прочности при растяжении методом сжатия цилиндрических образцов. Заводская лаборатория, №11, 1951.
2. А. Н. Успенская. Сравнение различных методов определения предела прочности при разрыве чугуна. Труды Горьковского политехнического института, том XIII, вып. 4, 1957.
3. Л. М. Седоков. Статические испытания хрупких материалов. Стандартизация, №1, 1961.
4. Л. М. Седоков, Ю. С. Богомолов. Определение прочности хрупких пластмасс на разрыв путем сжатия цилиндрических образцов по радиусу. Пластические массы, №11, 1962.
5. О. Э. Пфлаумер. Определение прочности бетона при растяжении. ЦБТИ, М., 1959.
6. Л. С. Лейбензон. Курс теории упругости. ОГИЗ-Гостехиздат, 1947.

Экспериментальные точки на этой фигуре представляют средние значения из 5 - 10 опытов. Результаты обработки опытов показывают, что при отношении $\frac{l}{d} \geq 1,5$ изменение

удельной разрушающей силы при радиальном сжатии можно считать незначительным и лежащим в пределах разброса результатов экспериментов. Уменьшение длины образцов, когда $\frac{l}{d} <$

$< 1,5$, вызывает увеличение удельной разрушающей си-