ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 225 1972

КОЭФФИЦИЕНТ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ

Э. М. МИХАЙЛОВСКИЙ, К. К. ПАХОТИН, Л. М. СЕДОКОВ

(Представлена городской научной конференцией молодых ученых и специалистов)

В пределах упругости соотношение поперечной и продольной деформаций при простом растяжении образца остается примерно постоянным и выражает одну из констант механических свойств материала, называемую коэффициентом Пуассона — μ.

За пределами упругости коэффициент поперечной деформации существенно изменяется и может характеризоваться тремя величинами, найденными либо по упругой, либо по пластической, либо по полной (упруго-пластической) деформации.

Практическое использование в инженерных расчетах уравнения теории наибольших удлинений [1, 2]

$$\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) \leqslant \sigma_p \qquad (1)$$

требует точного знания величины коэффициента поперечной деформации за пределами упругости, так как реальные хрупкие материалы перед разрушением дают остаточную деформацию, превышающую 1—2%.

Распространение условия (1) и на область одноосного сжатия [2] приводит к тому, что сопротивление хрупких материалов сжатию всегда равно

$$|\sigma_c| = \frac{\sigma_p}{\mu}, \qquad (2)$$

где

σ_c — предел прочности на осевое сжатие,

σ^p — предел прочности на осевое растяжение.

Назовем соотношение пределов прочности на растяжение и на сжатие «коэффициентом хрупкости»

$$\nu = \frac{\sigma_p}{|\sigma_c|}. \qquad (3)$$

Из уравнения (2) и (3) следует, что коэффициент хрупкости всегда равен коэффициенту поперечной деформации μ. Однако это равенство не имеет ни теоретического, ни экспериментального обоснования. Фактическое значение этих величин приводится в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что численные значения коэффициентов μ и ν для различных материалов не совпадают: для стекла μ в 5 раз больше ν, а для закаленной стали У7, наоборот, ν в три раза больше μ. Применительно к чугуну эти величины довольно близки, но все же расхождение превышает 10%.

Для малой упруго-пластической деформации Жуковым [7] было показано, что опытные данные хорошо совпадают с вычисленными по формуле

$$\mu_0 = \frac{3K - E_z}{6K}, \tag{4}$$

где K — модуль объемной деформации,

E_z — секущий модуль.

При деформациях порядка 1% расчетное значение μ_0 по зависимости (4) отличается от $\mu = 0{,}5$ не более, чем на 5%. Учитывая, что для хрупких материалов остаточная деформация обычно превосходит 1%, можно полагать, что в момент разрушения для хрупких материалов μ всегда близок к 0,5 [8].

Таблица 1

Материал	μ	ν	Литература
Стекло	0,23	0,045	Н. Н. Давиденков, А. Н. Ставрогин [3]
Гипс	0,22	0,140	„ „
Чугун	0,28	0,320	Корнет и Грасси [4]
Зак. сталь Р18	0,25	0,480	З. М. Конюшко [5]
Зак. сталь У7	0,30	0,940	Ф. С. Савицкий, О. П. Бурмакина [6]

Коэффициент поперечной пластической деформации μ^* Давиденков и Васильев [10] предлагают определять по уравнению

$$\mu^* = \frac{1}{\varepsilon^*}\left(1 - \sqrt{\frac{1+\theta}{1+\varepsilon^*}}\right), \tag{5}$$

где θ — остаточная объемная деформация,

ε^* — относительное условное остаточное удлинение.

Мейер [10], Эндрю и Ли [11], Давиденков и Васильев установили, что при растяжении металлов до $\varepsilon^* = 10\%$ остаточная деформация объема находится в пределах $(10 \div 15) \times 10^{-4}$. Тогда по зависимости (5) коэффициент μ^* равен 0,47.

Было высказано предположение [10], что при больших деформациях μ^* должен приближаться к 0,5.

Если пренебречь остаточной деформацией объема, ввиду ее очевидной малости, получим

$$\mu^* = \frac{1}{\varepsilon^*}\left(1 - \sqrt{\frac{1}{1+\varepsilon^*}}\right). \tag{6}$$

График $\mu^* = f(\varepsilon^*)$ по (6) представлен на рис. 1. Там же нанесены результаты по растяжению сплошных цилиндрических образцов из меди и латуни в состоянии поставки.

До испытания микрометром измерялись диаметры образцов на концах и в середине расчетной длины в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Для опытов были отобраны образцы, расхождение величин диаметров которых на расчетной длине не превышало 0,01 *мм*.

Расчетная длина отмечалась двумя перпендикулярными оси образца рисками, которые наносились на делительной установке, и равнялась 20 *мм*. Растяжение производилось на машине ЦДМУ-30 до $\varepsilon^* = 60\%$.

Научно-техническая библиотека ТПИ №

В процессе эксперимента диаметры на расчетной длине измерялись микрометром, расстояние между рисками — с помощью специального микроскопа с ценой деления 0,02 *мм*. Полученные данные приведены

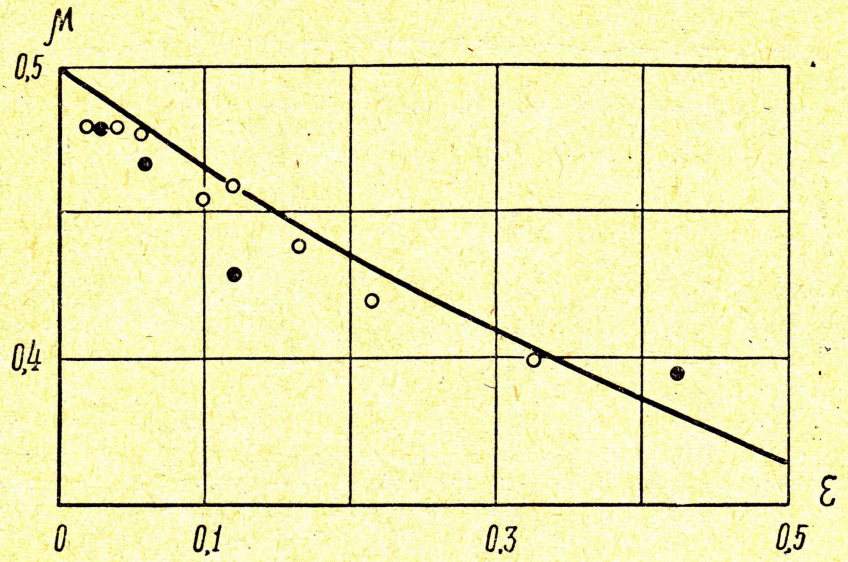

Рис. 1. График зависимости коэффициента пластической деформации от условной остаточной относительной деформации: ● — медь (опыт) ○ — латунь (опыт)

в табл. 2. Из табл. 2 и рис. 1 следует, что μ^* значительно меньше 0,5 при деформациях, превышающих 10%.

Снижения μ^* следовало ожидать, поскольку при экспериментах коэффициент пластической поперечной деформации обычно определяют как результат деления показаний приборов, регистрирующих абсолютную остаточную продольную и поперечную деформации.

Таблица 2

Медь			Латунь		
P, *кг*	d_i, *мм*	l_i, *мм*	P, *кг*	d_i, *мм*	l_i, *мм*
0	19,91	20,45	0	20,00	20,50
3000	19,63	21,05	6000	19,63	21,29
4000	19,31	21,80	7000	19,44	21,70
5000	18,88	22,91	8000	19,18	22,35
6000	16,55	29,14	9000	18,82	23,12
			10000	18,55	23,90
			11000	18,20	24,90
			12000	17,46	27,20
			12430	16,01	32,00

Фактический коэффициент пластической деформации, подсчитанный по соотношению истинных (логарифмических) деформаций, всегда будет равен 0,5, как показано на рис. 2 сплошной линией.

При малых степенях деформации должна быть принята во внимание и упругая составляющая общей деформации. В этом случае коэффициент поперечной деформации растет, асимптотически приближаясь к значению 0,5, причем интенсивность роста его значения тем выше, чем меньше упрочнение материала, и наоборот. Это вытекает из следующей формулы [9]:

$$\mu_0 = \frac{D}{E}(\mu - \mu_1^*) + \mu_1^*, \qquad (7)$$

где

E — модуль начальной нормальной упругости,

D — касательный модуль — тангенс угла наклона касательной и кривой течения.

На рис. 2 зависимость (7) для меди и латуни показана пунктирными линиями.

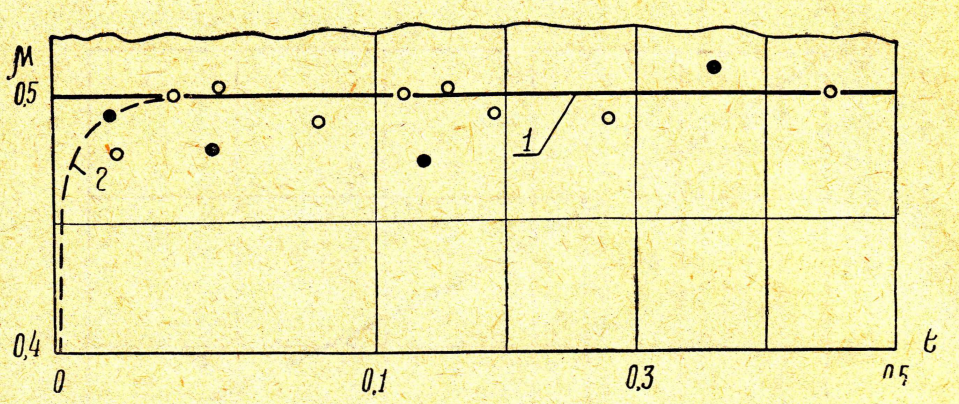

Рис. 2. *1* — график коэффициента пластической деформации, найденный по соотношению логарифмических деформаций; *2* — график коэффициента μ_0 по зависимости (7) для меди: ● — медь (опыт) ○ — латунь (опыт)

Выводы

1. Коэффициент поперечной пластической деформации μ^*, подсчитанный как соотношение показаний тензометров, с ростом деформации снижается и приближается к значению коэффициента Пуассона в упругой области.

2. Фактический коэффициент поперечной пластической деформации будет равен 0,5, если его расчет вести по соотношению истинных (логарифмических) деформаций.

3. С достаточной для инженерных расчетов точностью при определении приведенного напряжения по теории наибольших удлинений применительно к хрупким материалам (с введением коэффициента хрупкости) коэффициент поперечной деформации следует принимать равным 0,5, так как такое значение этого коэффициента является наиболее вероятным в момент разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Гастев. Краткий курс сопротивления материалов. Физматгиз, М., 1959.
2. Я. Б. Фридман. Механические свойства металлов. Оборонгиз, М., 1952.
3. Н. Н. Давиденков, И. Н. Ставрогин. Изв. АН СССР, ОТН, № 8, 1954.
4. J. Cornet and R. C. Grassi, J. of Appl. Mech., v. 22, № 2, 1955.
5. Ф. С. Савицкий, О. П. Бурмакина. ФММ, т. 7, вып. 3, 1959.
6. З. М. Конюшко. Расчеты на прочность в машиностроении, сб. 46, МВТУ, Машгиз, 1955.
7. А. М. Жуков. Изв. АН СССР, ОТН, № 12, 1954.
8. Л. М. Седоков. Изв. ТПИ, т. 157, Томск, 1968.
9. Н. Н. Давиденков, Д. М. Васильев. Заводская лаборатория, т. 18, № 5, М., 1952.
10. Mayer, Metals Technology, т. 111, вып. 3, 1936.
11. Andrew, Lee, Jron and Steel Jnstitute 165, page 2, 1950.
12. А. В. Гурьев. ФММ, т. 2, вып. 3, 1956.