

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ПРИ РАДИАЛЬНОМ СЖАТИИ

Ю. С. БОГОМОЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Исследования [1, 2, 3] позволяют установить характер развития и распределения деформаций при различных степенях сжатия цилиндрических образцов по радиусу. Однако эксперименты проведены на свинцовых и алюминиевых образцах [1, 2], либо на моделях из оптически активных материалов [3]. Между тем практический интерес представляет изучение деформированного состояния при радиальном сжатии стальных заготовок, весьма часто подвергающихся поперечной ковке и прокатке, а также образцов из латуни, бронзы, дюралюмина и т. п.

Целью настоящей работы является попытка оценить влияние механических свойств материалов на деформированное состояние при радиальном сжатии цилиндрических образцов между плоскими плитами пресса.

Исследование деформированного состояния выполнено методом координатных накатанных сеток. Технология нанесения сетки при помощи типографской краски осуществлялась по способу Я. Б. Фридмана, Т. К. Зиловой и Н. И. Деминой [4]. Сетка состоит из системы соприкасающихся окружностей диаметром один миллиметр. Выбор такой сетки обусловлен рядом преимуществ ее по сравнению с другими типами сеток: а) легко определяются направления наибольших удлинений (главные оси эллипса), б) простота обработки результатов измерения.

Расчетные формулы для определения логарифмических главных деформаций:

$$e_1 = \ln \frac{a}{d},$$

$$e_2 = \ln \frac{b}{d},$$

где d — диаметр начальной окружности делительной сетки;

a , b — оси эллипсов (деформированных окружностей) делительной сетки.

Третий компонент деформации может быть определен из условия постоянства объема:

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0.$$

Параллельные опыты сжатия цилиндрических образцов по радиусу из конструкционной стали и стали X18H9T, бронзы, латуни ЛС-59 и дю-

ралюмина позволил сопоставить деформированное состояние этих материалов при различных степенях обжатия. Эксперименты выполнены на образцах диаметром 40 мм и длиной 20 мм. Координатные сетки накатывались на торцы образцов. Перед деформированием образцов уточнялась средняя величина диаметра окружностей сетки путем измерения на инструментальном микроскопе диаметров 10 окружностей по горизонтали образца и 10 — в вертикальном направлении.

Эксперименты показывают, что величина и характер распределения деформации для стали X18H9T и конструкционной, а также бронзы и латуни примерно одинаковы при соответствующих степенях осадки. На рис. 1 и 2 показаны фотографии делительных сеток на стальных образцах при степени осадки 7,5 и 39%.

Первоначально (рис. 1) вертикальные ряды окружностей делительной сетки остаются почти прямыми, получая весьма незначительное искривление в окрестности контактных площадок. Горизонтальные ряды окружностей искривляются более заметно, превращаясь в кривые линии с выпуклостью, обращенной к центру образца, причем наибольшее их искривление относится к зонам, примыкающим к контактным площадкам. В этих областях деформируются и отдельные окружности делительной сетки, переходя в эллипсы. В центральной части образца горизонтальные ряды окружностей практически располагаются по горизонтальным прямым. Не изменяется рисунок делительной сетки на боковых периферийных частях образцов.

С увеличением степени осадки (рис. 2) становится более заметным искривление рядов окружностей. Искажается рисунок делительной сетки и на боковых периферийных частях образцов, искривляются вертикальные ряды окружностей, выпуклость кривых направлена в сторону боковых периферийных частей образца.

Горизонтальные ряды окружностей выглядят в виде кривых не только в контактных зонах, но и в центральной части образца. Исключение составляют ряды окружностей делительной сетки, расположенные по осям симметрии, они практически остаются прямыми линиями.

Такова качественная картина изменения рисунка делительной сетки стальных образцов в зависимости от степени деформации. Также она выглядит и для латунных и бронзовых образцов. Существенное отличие имеет место в характере распределения и величине главных деформаций дюралюмина при степенях осадки $\delta \leq 15\%$.

На рис. 3 показана делительная сетка на торце дюралюминового образца при осадке 21%. На ней отчетливо видна зона повышенной деформации, состоящая из двух полос сильно деформированных окружностей, проходящих в виде диагоналей из одного конца верхней контактной площадки через центр в другой конец нижней контактной площадки.

На рис. 4 приведены эпюры главных деформаций вдоль осей симметрии при осадке 21%. Сплошной линией показаны эпюры для стали X18H9T, пунктиром — для свинца и штрихпунктиром — для дюралюмина. Сравнение эпюр главных деформаций дюралюминовых образцов со стальными, марки X18H9T, показывает, что у контактной площадки главные деформации этих материалов примерно равны, затем они меньше у дюралюмина на 10—20%. Это явление наблюдается на расстоянии от 0,05 до 0,4 высоты сжатого образца от места контакта. В центральной части дюралюминового цилиндра главные деформации резко возрастают, достигая максимума в центре образца, и превышают деформацию стального образца на 50—70%. Столь интенсивный рост главных деформаций дюралюминовых образцов в цент-

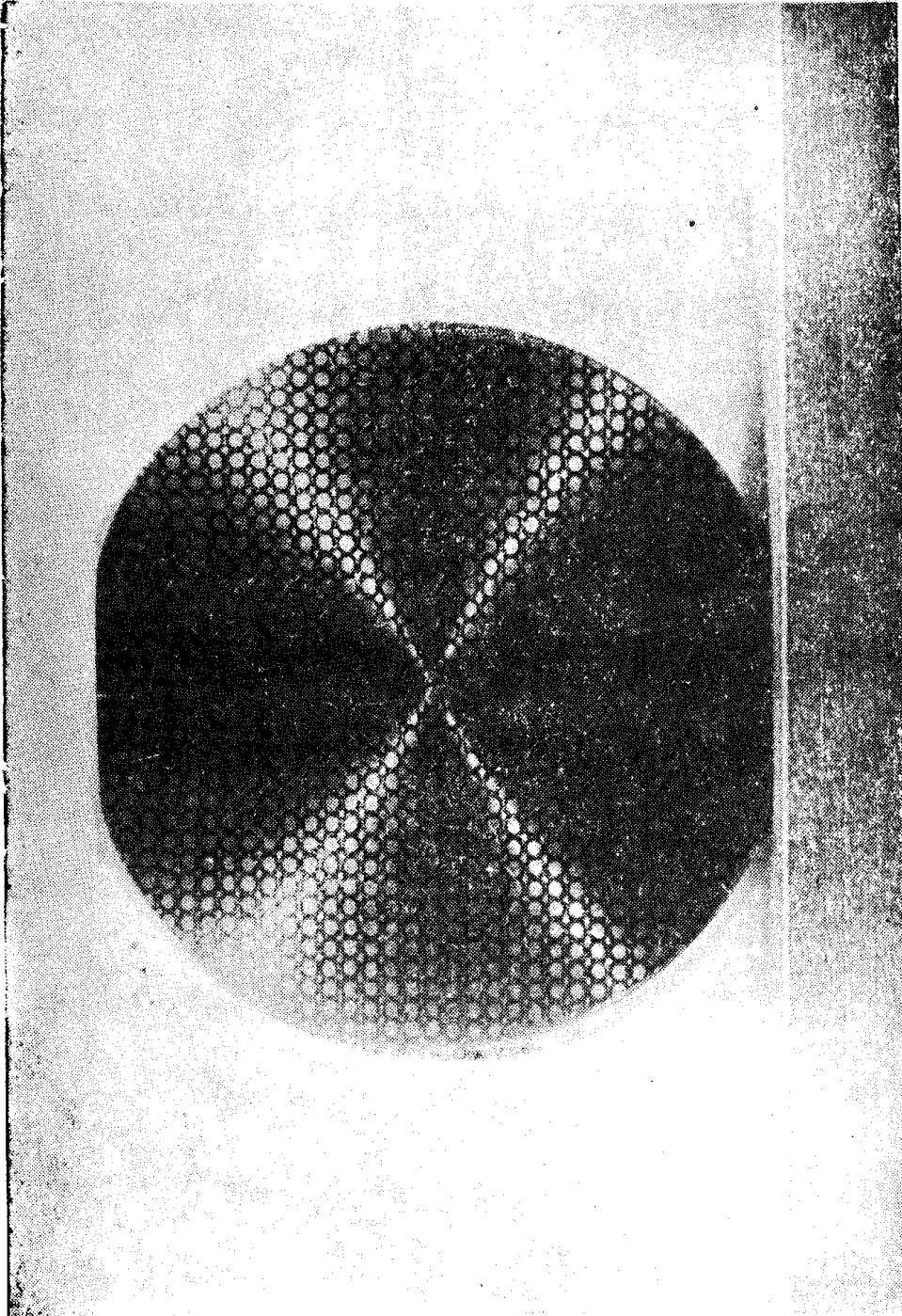


FIG. 1.

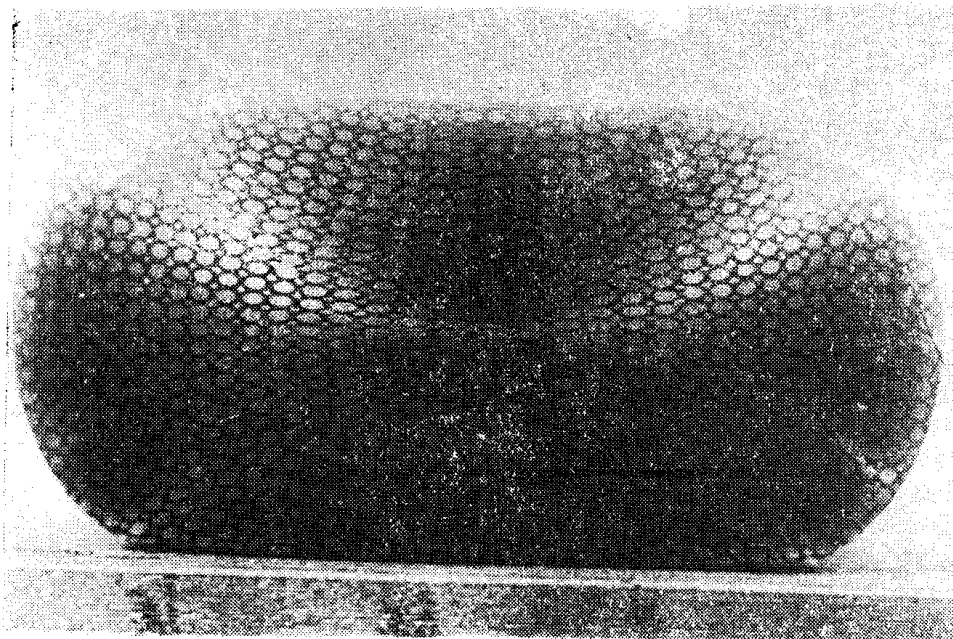


Рис. 2.

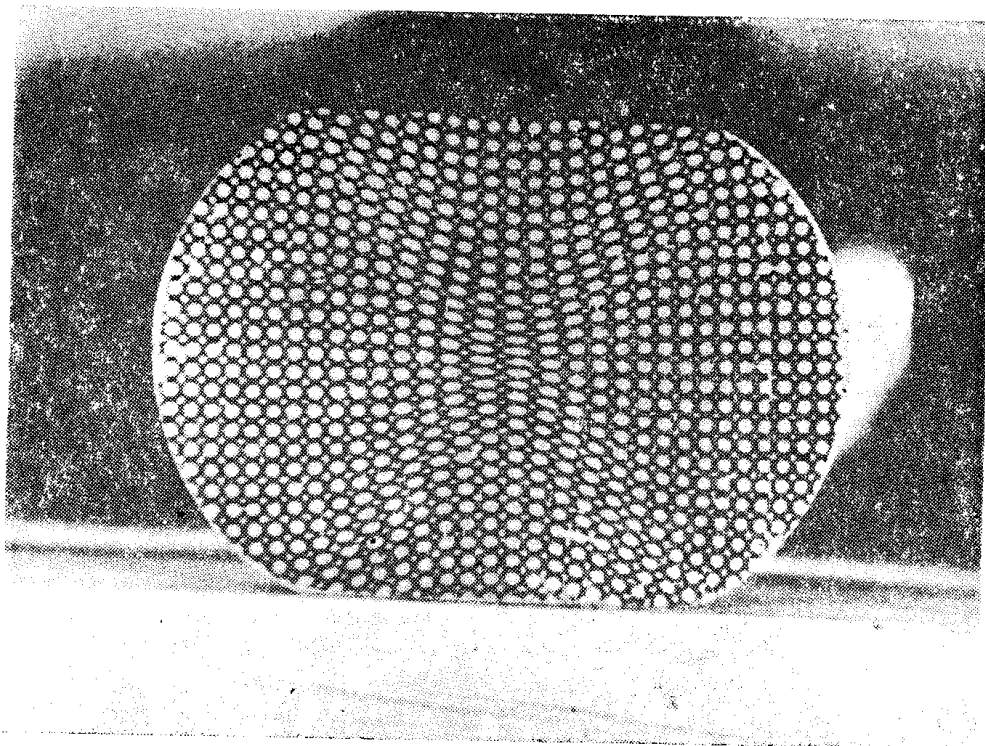


Рис. 3.

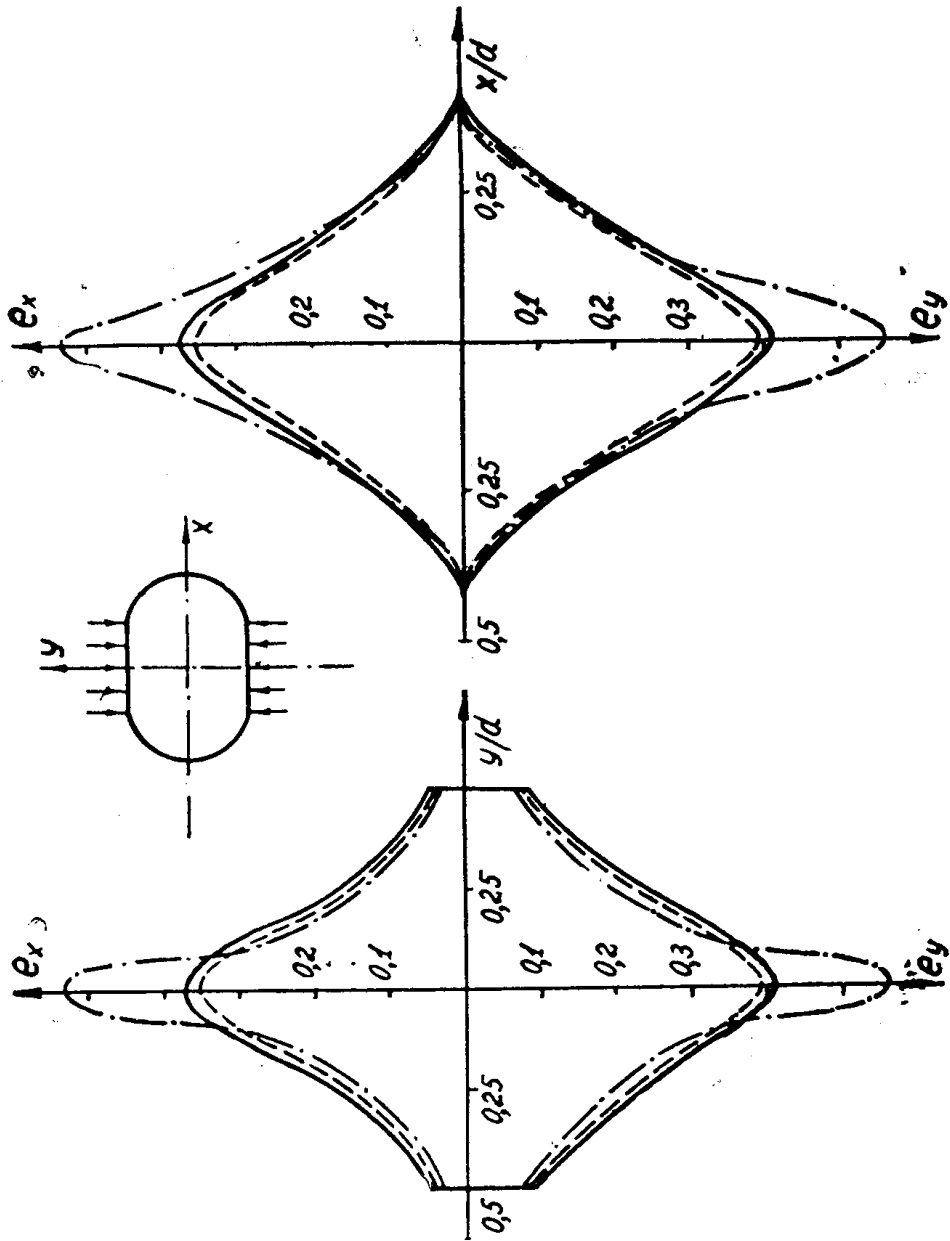


Рис. 4.

ральной части при осадке более 15% объясняется появлением трещин, возникающих с увеличением осадки до 22—25%.

Специальная серия опытов на образцах из высокопрочняющейся стали X18H9T и свинца, практически не упрочняющемся при статическом нагружении, позволила выяснить влияние упрочняемости материала на деформированное состояние. Стальные и свинцовые образцы с накатанными по торцам делительными сетками подвергались радиальному сжатию до различной степени осадки. Величина нагрузки P , ширина контактной площадки a , соответствующие им центральные углы α , высота сечения H и условная степень деформации $\delta = \frac{D-H}{D} \cdot 100\%$ приведены в таблице.

Т а б л и ц а

$P, т$	Сталь	20	30	50	95
	Свинец	1,0	1,1	1,2	1,6
$a, мм$		14	19,5	26	38,5
$\alpha, градусы$		37,5	53	73	110
$H, мм$		41,6	38,9	35	27,5
$\delta, \%$		7,5	13,5	22	39

Сравнение эпюр главных деформаций высокопрочняющейся стали X18H9T со свинцом (рис. 4) говорит о том, что упрочняемость материалов незначительно сказывается на деформированном состоянии при радиальном сжатии цилиндрических образцов. Характер распределения главных деформаций практически одинаков, а величина деформации у неупрочняющегося материала меньше на 10—15%.

Выводы

1. Метод накатанных координатных сеток позволил установить, что рост пластических деформаций идет от контактных площадок к центру образца. При малых степенях осадки максимум главных деформаций находится между контактной площадкой и центральной частью образца, при больших осадках — перемещается в центр образца.

2. Деформированное состояние при радиальном сжатии у материалов, занимающих промежуточное положение между хрупкими и пластичными (дюралюмин) весьма существенно отличается от деформированного состояния пластичных материалов.

3. Влияние упрочняемости материалов на величину и поле распространения пластической деформации при радиальном сжатии цилиндров невелико. У высокопрочняющихся материалов главные деформации по осям симметрии образцов больше, чем у неупрочняющихся на 10—15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Богуславский. Деформация круглых тел при радиальном обжатии между плоскими плитами. Вопросы теории и практики обработки металлов давлением. Машгиз, 1959.

2. И. А. Ефимов. Деформация при поперечной ковке. Труды ЛПИ, № 185. Обработка металлов давлением, 1956.

3. В. В. Швейкин, В. Б. Скорняков. Основы современной теории деформации и напряжений при поперечной ковке и винтовой прокатке. Сборник научных трудов Уральского политехнического института, вып. 122, Свердловск, 1961.

4. Я. Б. Фридман, Т. К. Зилова, Н. И. Демина. Изучение пластической деформации и разрушения методом накатанных сеток. Оборонгиз, 1962.