

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДИСКОВ ПРИ РАДИАЛЬНОЙ ОСАДКЕ

В. А. ОГОРОДНИКОВ, В. Д. ПАНЦИЛИУС

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Радиальная осадка из упрочняющихся материалов моделирует операциюковки. При ковке дисков из малопластичных сталей во внутренних областях часто возникают трещины. С целью выбора оптимальных параметров процессаковки, необходимо знать величину осадки, при которой материал заготовок разрушается.

В настоящей работе исследуется прочность дисков из пластичных и малопластичных металлов при радиальной осадке, отыскивается параметр, по которому можно судить о способности металла к деформированию.

Для оценки прочности заготовки необходимо знать зависимость предельной пластичности материала от вида напряженного состояния. В работах [1, 2] предлагается указанную зависимость характеризовать диаграммой предельной пластичности, связывающей интенсивность логарифмической деформации в момент зарождения трещины e_i с коэффициентом жесткости напряженного состояния

$$\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i} = \frac{3\sigma}{\sigma_i}, \quad (1)$$

где

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные напряжения,
 σ — гидростатическое давление,
 σ_i — интенсивность напряжений.

На рис. 1 приведена диаграмма предельной пластичности для дюралюмина Д-1, построенная по методике, предложенной в работе [3]. При $\eta = 1$ диаграмму строили по результатам испытания сплошного образца на растяжение в области ($1 > \eta > -0,6$) испытывали сплошные цилиндрические образцы, нагруженные крутящим моментом и осевой силой (растягивающей при $\eta > 0$ и сжимающей при $\eta < 1$).

Для оценки прочности заготовок необходимо знать область напряженно-деформированного состояния в процессе радиальной осадки дисков. При осадке дисков с $H_0/D_0 = 0,25$ реализуется плоское напряженное состояние. Параметры η, e_i для плоского напряженного состояния можно рассчитать по соотношениям деформационной теории

$$\sigma_3 - \sigma = \frac{2}{3} \frac{\sigma_i}{e_i} (e_3 - e), \quad (2)$$

где

σ_3 — главное напряжение (оно равно нулю для плоского напряженного состояния).

e_3 — главная деформация в направлении, перпендикулярном диамет-
ральному сечению диска,
 e — средняя деформация.

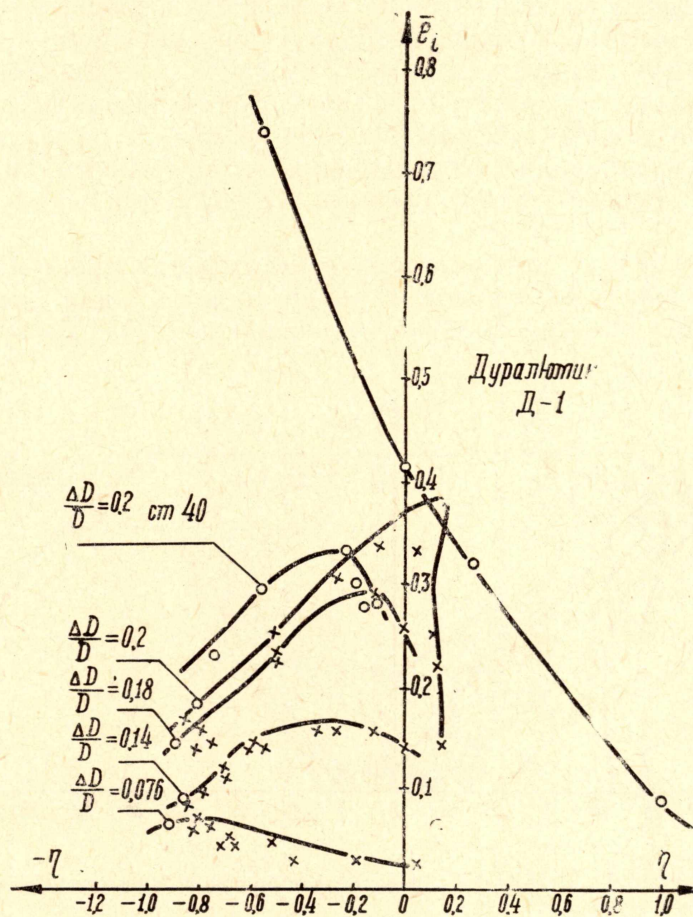


Рис. 1. Диаграмма пластичности дюралюмина и области $\eta - e_i$ при осадке дисков

Для несжимаемого материала имеем

$$\sigma = -\frac{2}{3} \frac{\sigma_i}{e_i} e_3. \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), получим

$$\eta = 2 \frac{e_1 + e_2}{e_i}, \quad (4)$$

где

$$e_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_1 e_2}, \quad (5)$$

e_1, e_2 — главные деформации в диаметральном сечении диска при его осадке.

Коэффициент жесткости напряженного состояния можно также рассчитать с помощью соотношений теории течения

$$\eta = -2 \frac{\partial e_3}{\partial e_i}. \quad (6)$$

Для исследования были изготовлены диски с диаметром $D_0 = 80$ мм, высотой 20 мм из дюралюмина Д-1, стали 40, латуни ЛС-59-1. Торцевую поверхность дисков полировали и на одну из четвертей наносили делительную сетку, состоящую из системы окружностей диаметром $d_0 = 3,5$ мм. Диски из дюралюмина осаживали ступенями на 8, 14, 18 и 20% с разгрузкой до появления видимых трещин на торцевой поверхности. При осадке применяли смазку из смеси коллоидного графита и глицерина с использованием прокладок из свинцовой фольги.

На каждой ступени деформирования измеряли размеры эллипсов, в которые деформировались первоначальные окружности. По известным соотношениям рассчитывали главные деформации e_1 , e_2 , а из (4), (5) — η и e_i .

Параметры η и e_i предварительно сглаживали проведением изолиний. На рис. 2. показаны уровни постоянного η и e_i для диска, осаженого на 20%. Из рисунка следует, что распределение деформаций при

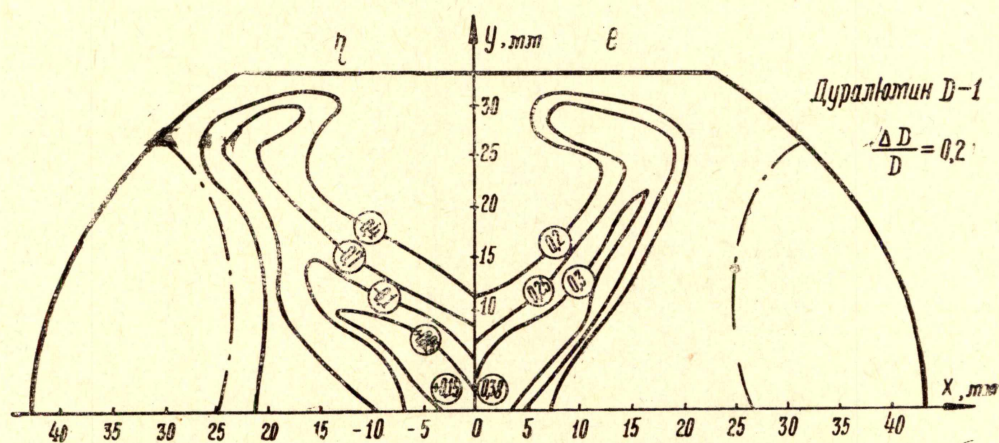


Рис. 2. Изолинии η и e_i для диска из дюралюмина, осаженого на 20%

осадке является неравномерным. В центре тяжести сечения интенсивность деформаций достигает $e_i = 0,38$, а коэффициент жесткости напряженного состояния $\eta = +0,15$. В указанной области наиболее вероятно разрушение — здесь наибольшая деформация и неблагоприятная схема напряженного состояния, близкая к простому сдвигу ($\eta = 0$).

На рис. 1 показаны области напряженно-деформированного состояния, рассмотренные для исследованных случаев. Верхние границы области напряженно-деформированного состояния указывают необходимую пластичность. Например, диски, осажённые на 8, 14, 18%, не разрушились. Их области η и e_i расположились под диаграммой предельной пластичности. В диске, осажённом на 20%, в центре тяжести сечения возникла трещина. Верхняя граница области η и e_i пересекла диаграмму предельной пластичности. Заметим, что во всех исследованных случаях величину необходимой пластичности можно установить испытанием металла на кручение, так как параметр η в опасных точках близок к нулю. Области η и e_i для диска из латуни, осажённого на 20%, рассчитаны по соотношениям деформационной теории и теории течения. Удовлетворительное совпадение верхних границ областей η и e_i позволяет использовать для расчета деформационную теорию.

На рис. 3 приведена кривая зависимости степени осадки дюралюмина Д-1 от величины e_i в центре тяжести сечения дисков. Полученный

график позволяет определять величину осадки в зависимости от интенсивности деформации в опасной точке, которую можно определить испытанием материала на кручение. Аппроксимируя экспериментально найденную функцию, получили формулу

$$\frac{\Delta D}{D} = -1,67 (\bar{e}_i)^2 + 1,13 \bar{e}_i, \quad (7)$$

где $\Delta D = (D - H)$,

H — высота диска после осадки,

D — диаметр диска,

\bar{e}_i — величина интенсивности деформации в опасной точке.

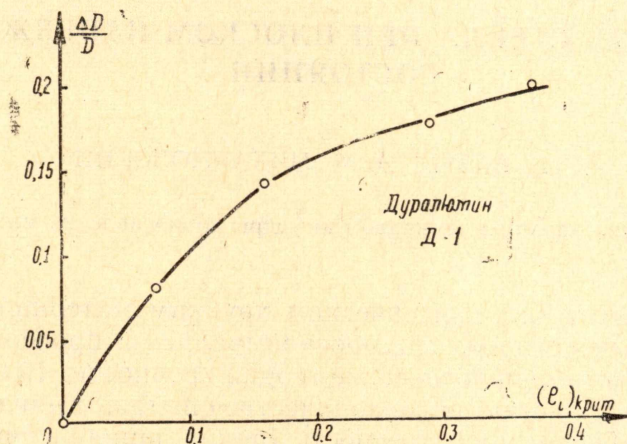


Рис. 3. Зависимость степени осадки от величины e_i в опасной точке

Величину \bar{e}_i можно определить испытанием материала на кручение. Задаваясь коэффициентом запаса пластичности

$$k = \frac{\bar{e}_i}{e_i}, \quad (8)$$

где e_i — необходимая пластичность, можно определить величину осадки, при которой диск деформируется без разрушения.

В работе [5] показано, что распределение деформаций при прочих равных условиях (величина осадки, размеры, условия в контакте) практически не зависят от свойств материала. Это, по-видимому, позволяет использовать формулу (7) для приближенного определения безопасной величины осадки и для других материалов. Сказанное подтверждают полученные экспериментально области напряженно-деформированного состояния, рассчитанные для дисков из латуни ЛС59-1 и дюралюмина Д-1, стали 40, осаженных на 20%. Верхние границы областей $\eta - e_i$ практически совпадают для дисков из указанных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. Дель. Оценка прочности металла при механической обработке, Изв. вузов, Машиностроение, № 8, стр. 177, 1970.
2. Г. А. Смирнов-Аляев. Сопротивление материалов пластическому деформированию, Машгиз, М., 1961.
3. Г. Д. Дель, Л. К. Спиридонов. Влияние вида напряженного состояния на пластичность металлов. Тезисы докладов шестой научно-технической конференции, Тула, стр. 38, 1970.
4. В. А. Огородников, Г. Д. Дель. Исследование напряженно-деформированного состояния при осадке, Кузнечно-штамповочное производство, № 5, стр. 3, 1970.
5. В. А. Огородников, Г. Д. Ковалев. Оценка прочности при осесимметричной осадке. Сборник докладов научно-технической конференции «Технический прогресс в машиностроении», посвященный 70-летию машиностроительного факультета ТПИ, часть 2, Томск, стр. 43, 1970.