

Пластические деформации в основном обусловлены сдвигами в плоскостях, близких к плоскостям действия главных касательных напряжений.

В материале есть направления и виды догружения из достигнутого напряженного состояния, при которых происходит упругое деформирование в этих направлениях, наряду с пластическим деформированием в других. При деформировании сплава ЗВ из состояния полной пластичности с догружениями $\mu_{\Delta\sigma} \geq 3$ восстанавливается упругая связь во втором главном (окружном) направлении. Восстановление упругой связи приводит к повышению прочности материала на 20%.

Поступила 5 XI 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. Христианович С. А. Деформация упрочняющегося пластического материала.— Изв. АН СССР. МТТ, 1974, № 2.
2. Шемякин Е. И. Анизотропия пластического состояния.— ЧММСС, 1973, № 4.
3. Жигалкин В. М. О характере упрочнения пластического материала. Сообщение II.— Проблемы прочности, 1980, № 2.
4. Шишмарев О. А. Экспериментальное исследование подобия девиаторов напряжений и деформаций в образцах стали.— Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение, 1971, № 1.
5. Линдзи Г. Л. Об упрочнении упругопластического тела.— ПМТФ, 1976, № 3.
6. Шишмарев О. А. Влияние вида девиатора напряжений на пластическое деформирование сталей.— Инж. журн. МТТ, 1966, № 5.
7. Шишмарев О. А. Вычисление пластических деформаций по теориям течения с учетом влияния вида девиатора напряжений.— Вестн. АН БССР. Серия физ.-мат. наук, 1979, № 4.

УДК 536.33 + 539.319

МИКРОСТРУКТУРА ИМПУЛЬСНО-НАГРЕВАЕМЫХ СПЛАВОВ ТИТАНА

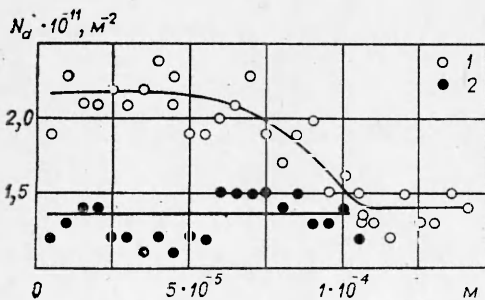
А. Э. Верте, Б. А. Гошмер

(Новосибирск)

В многочисленных опытах при воздействии мощным потоком энергии (лазерным излучением, электронным пучком большой плотности) на металлы обнаружено увеличение плотности дислокаций в окрестностях области воздействия. Подобные исследования не проводились с металлами при импульсном терморadiационном нагреве.

В данной работе приведены результаты исследований микроструктуры титановых сплавов ОТ4-0 и ОТ4-1, нагреваемых тепловой радиацией. Выявлено увеличение плотности дислокаций в облучаемом приповерхностном слое при импульсном нагреве и появление линий скольжения в зернах затененного приповерхностного слоя.

Опыты проводились на образцах, изготовленных из тонколистового проката толщиной (1 ... 1,5 · 10⁻³ м), подвергнутого нагреву до 1070 К лучистым тепловым потоком плотности 2,5 · 10⁵ Вт/м² в установке с источником излучения на галогенных лампах с временем установления теплового потока до максимальной величины, равном 0,5 с. Образец представлял полосу шириной 3 · 10⁻² м, вырезанную из облученного листа, торец которой обрабатывался под шлиф, подготовляемый механической полировкой на абразивах, алмазных пастах и электрохимической полировкой. Шлиф должен быть высокого качества без завала боковых ребер, где сосредоточена основная информация о микроструктуре, и для воспроизводимости результатов исследования дислокационной структуры должны отсутствовать следы растравливания при × 600 увеличении. Указанные требования удовлетворяются при полировке в электролите следующего состава: H₂SO₄ 60%, HF 30% не ниже 50% концентрации, глицерин



Ф и г. 1

полки. Шлиф должен быть высокого качества без завала боковых ребер, где сосредоточена основная информация о микроструктуре, и для воспроизводимости результатов исследования дислокационной структуры должны отсутствовать следы растравливания при × 600 увеличении. Указанные требования удовлетворяются при полировке в электролите следующего состава: H₂SO₄ 60%, HF 30% не ниже 50% концентрации, глицерин



Ф и г. 2

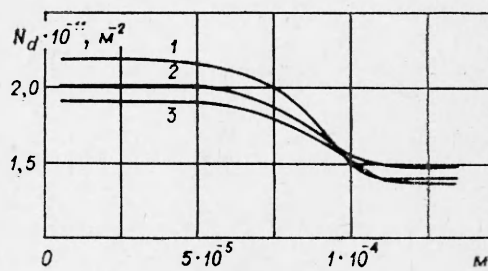
10%; напряжение 3337 В, $20^\circ < t \leq 35^\circ\text{C}$, расстояние между вертикально расположенными электродами около 0,2 м. Катодом служила сталь Х18Н10Т. Обойма и ванна изготовлены из фторопласта-4. Брусочки со шлифом стянуты усилием порядка предела текучести фторопласта. Длительность полировки от 3 до 5 мин. Необходимо отметить, что разработка методики подготовки шлифа с указанными особенностями представляет довольно трудную операцию.

Дислокации выявлялись химическим травлением в травителе Келлера [1] ($21 \text{ см}^3 \text{ HF}$, $64 \text{ см}^3 \text{ HCl}$, $106 \text{ см}^3 \text{ HNO}_3$ и $160 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{O}$). Температура раствора 20°C , время травления 10 ... 15 с (образец обязательно вмонтирован в обойму). Дислокационная структура шлифа просматривалась и фиксировалась на микрофотографиях в световом поле микроскопа МИМ-7.

Подсчет плотности дислокаций проводился следующим образом. Определялось число ямок травления на площадке $50 \cdot 3 \text{ мм}^2$ фотографии начиная счет от боковой поверхности шлифа (увеличение $\times 600$). Для удобства и достоверности счета использовался столик СТЛ для просмотра спектрограмм. При выбранном увеличении расстоянию на фотографии в 3 мм на шлифе соответствовал слой толщиной $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ и распределение дислокаций по сечению образца определялось с погрешностью, соответствующей разности в распределении дислокаций в $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ слое, т. е. шлиф разбивался на зоны в исследуемом направлении. Характер распределения дислокаций, полученный описанным способом, иллюстрирует фиг. 1. По сравнению с плотностью в основном массиве (кривая 2) в облученном приповерхностном слое плотность дислокаций почти в 2 раза больше (кривая 1).

Помимо дислокаций, у поверхности наблюдались и микротрещины, ориентированные и выходящие в основном нормально к этой поверхности. Значительный разброс в распределении дислокаций по сечению образца в областях, удаленных от поверхности, вызван неоднородностью распределения плотности последних, обязанной, вероятно, условиям прокатки. Подобный характер распределения наблюдался и в шлифах, полученных на образцах, не подвергнутых нагреву.

Необходимо отметить одну обнаруженную особенность. В облучаемом приповерхностном слое совсем не наблюдались зерна со следами скольжения, имеющего место в зернах затененной поверхности (фиг. 2). Скольжение, вероятно, произошло при температурах нагрева пластины до достаточно высоких, когда процесс скольжения облегчен и напряжения обусловлены неоднородностью нагрева пластины, вызванного различием оптических свойств в разных участках нагреваемой поверхности.



Ф и г. 3

В участках с более высоким коэффициентом поглощения плотность дислокаций в приповерхностном слое больше. Кривые 1—3 на фиг. 3 соответствуют участкам максимальной, минимальной и некоторой средней плотности распределения, выявленным в обработанных шлифах. Участки затененной поверхности со следами скольжения расположены против областей облучаемой поверхности с малой плотностью дислокаций. Необходимо отметить, что скольжение наблюдалось только в зернах, расположенных близко к поверхности (2 ... 3 линейных размера зерна), а в имеющих свободный выход на поверхность не наблюдалось. В то же время, если встречаются включения в области, где произошла релаксация напряжений скольжением, скольжения наблюдались на значительной глубине (до 5 ... 6 линейных размеров зерна). Вероятно, в зернах, расположенных близко к поверхности, процессы скольжения облегчены.

Поступила 2 XII 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. Пшеничников Ю. П. Выявление тонкой структуры кристаллов. М.: Металлургия, 1973.

УДК 539.3

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ТЕОРИЙ ТИПА ТИМОШЕНКО ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛАСТИНУ

П. А. ЖИЛИН, Т. П. ИЛЬЧЕВА

(Ленинград)

1. Введение. Сосредоточенные воздействия на тонкие тела типа пластин часто встречаются в расчетной практике. В основу исследований полагаются либо теория Кирхгофа, либо неклассические теории пластин типа Тимошенко [1]. Принято считать, что в непосредственной близости от точки приложения сосредоточенной силы двумерные теории пластин не применимы [1]. Это объясняется существенной трехмерностью напряженного состояния вблизи точки приложения силы.

В данной работе производится анализ напряженно-деформированного состояния тонкой плиты на основе трехмерной и двумерной теорий. Известно, что трехмерная теория характеризуется особенностью в перемещениях типа r^{-1} , где r — расстояние до точки A , точки приложения сосредоточенной силы. Особенность имеет место только для лицевой стороны пластины, содержащей точку A . В работе показано, что смещения точек срединной плоскости конечны. Однако если толщина пластины $2h$ стремится к нулю, то смещения точек срединной плоскости приобретают особенность вида $\ln r_0$, где r_0 — расстояние от рассматриваемой точки до точки A_0 , являющейся нормальной проекцией точки A на срединную плоскость. Коэффициент при особенности $\ln r_0$ будем называть коэффициентом интенсивности. Если вместо смещений срединной плоскости рассматривать средние по толщине пластины смещения точек трехмерной среды, то они также будут иметь особенность типа $\ln r_0$, но коэффициент интенсивности будет отличаться от такового для смещений точек срединной плоскости. При $\nu = 0$ (ν — коэффициент Пуассона) различие в коэффициентах интенсивности пропадает.

Обратимся к двумерным теориям. По теории Кирхгофа прогиб пластины, отождествляемый с прогибом срединной плоскости, оказывается конечным и имеет порядок $O(h^{-3})$, если считать, что нагрузка имеет порядок $O(1)$, а за единицу длины принять наименьший размер пластины в плане. Коэффициент интенсивности в трехмерной теории имеет порядок $O(h^{-1})$. Поэтому при малых h решение по теории Кирхгофа достаточно хорошо совпадает с трехмерным решением в области $|\ln r_0| \leq CO(h^{-1})$, где C — ограниченная функция r_0 , т. е. на некотором малом удалении от точки $r_0 = 0$. Решение этой же задачи по теориям типа Тимошенко в отличие от предыдущего содержит особенность в нормальном перемещении типа $\ln r_0$, и вопрос сводится к сравнению коэффициентов интенсивности, полученных по трех- и двумерной теориям.

В основу последующих построений положена теория так называемых простых оболочек [2—4], основные соотношения которой применительно к теории пластин приведены в п. 3.

2. Трехмерная теория. С некоторыми изменениями рассматривается задача Б. Г. Галеркина [5] для прямоугольной плиты, нагруженной распределенной нормальной нагрузкой и свободно опертой по краям. Плита ограничена плоскостями $x = 0$, a , $y = 0$, b , $z = \pm h$. Краевые условия имеют вид

$$(2.1) \quad u_2 = u_3 = \sigma_1 = 0 \text{ при } x = 0, a, \quad u_1 = u_3 = \sigma_2 = 0 \text{ при } y = 0, b;$$

$$(2.2) \quad \sigma_3 = \tau_{31} = \tau_{32} = 0 \text{ при } z = -h, \quad \sigma_3 = p(x, y), \quad \tau_{31} = \tau_{32} = 0 \text{ при } z = h.$$