

В.А.Мехеда

О СВЯЗИ НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ С УСТАЛОСТНОЙ
ПРОЧНОСТЬЮ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИЗГИБЕ

Для измерения динамической петли гистерезиса использовался усовершенствованный метод, описанный в предыдущей статье настоящего сборника. Исследовались неупругие деформации в образцах из стали IX18H9T и алюминиевого сплава Д16АТ в состоянии поставки. Малобазные тензодатчики на пленочной основе типа 2ФКПА-3-100-ГВ наклеивались непосредственно на рабочую часть плоских консольных образцов I (рис.1), выполненную в виде тела равного сопротивления изгибу. Образцы вырезались из одного листа в направлении прокатки. К концу образца I присоединялся удлинитель 2. Совместно с наклеенными на него тензодатчиками он выполнял роль измерителя нагрузки (линейной деформации).

Испытания проводились на экспериментальной установке, описанной в работе [1]. В процессе испытаний амплитуда перемещений точки приложения нагрузки поддерживалась постоянной.

Конструкция образца и характер его нагружения обеспечили достаточно высокий относительный градиент напряжений ($0,5\text{мм}^{-1}$), который определялся из выражения [3]

$$\eta_{\sigma} = \frac{1}{\sigma_x^{\max}} \frac{\partial \sigma_x}{\partial y}$$

На рис.2а показаны петли гистерезиса для стали IX18H9T при различных уровнях циклического напряжения. Они построены

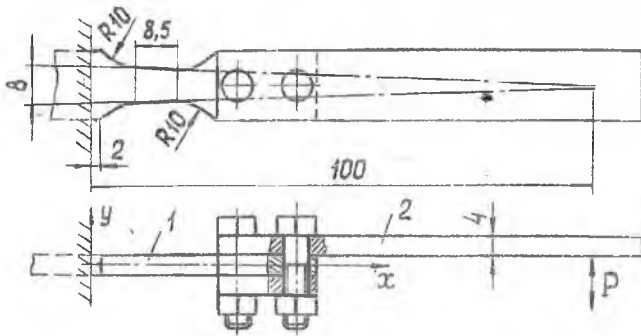


Рис.1

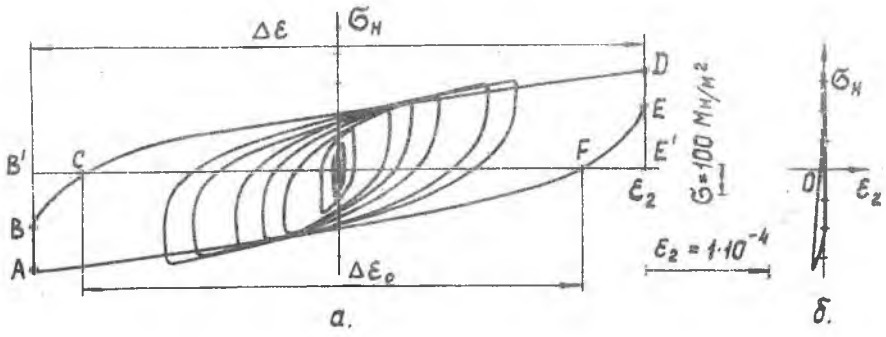


Рис.2

в координатах " $\sigma_n - \varepsilon_2$ ", где σ_n - номинальное напряжение, ε_2 - нелинейная деформация на поверхности рабочей части образца.

Для оценки погрешности всей измерительной системы вместо образца из стали IX18H9T устанавливался образец из закаленной стали 30X1CA. Петля гистерезиса, характеризующая погрешность измерений, представлена на рис.2б. Возникающие погрешности обусловлены наличием механического гистерезиса тензодатчиков, влиянием одного измерительного канала тензостанции УТС-I-ВТ-12 на другой и неточностью изготовления системы нагружения.

Рассмотрим характерные участки полученных петель гистерезиса. Участки АВ и ДЕ соответствуют упругой разгрузке. Длина этих участков практически не изменяется с увеличением уровня номинального напряжения. После упругой разгрузки нелинейные составляющие деформации начинают падать еще до смены знака напряжений (участки ЕФ и ВС диаграммы).

Это аномальное поведение диаграммы деформирования можно, по-видимому, объяснить особенностями микротечения поверхностных слоев металла в псевдоупругой области деформирования. Известно [2], что при нагружении растяжением-сжатием пластическое течение на поверхности образцов начинается раньше (при меньших напряжениях), чем в его глубинных слоях. Различие в поведении поверхностных и внутренних слоев металла под нагрузкой приводит к неравномерному распределению остаточных напряжений по сечению образца после снятия нагрузки. В поверхностном слое разгруженного образца возникают сжимающие остаточные напряжения, которые уравниваются растягивающими остаточными напряжениями внутри образца. Следует ожидать, что этот эффект усиливается при неоднородном напряженном состоянии с высоким градиентом напряжений, который имел место в рассматриваемом случае.

Величину неупругой деформации за полуцикл $\Delta \varepsilon_0$ обычно определяют по петле гистерезиса как разность между полными (нелинейными) деформациями, соответствующими концу и началу полуцикла нагружения (на рис.2 - отрезок СФ). Однако полученные петли гистерезиса показывают, что такое положение верно лишь до определенного уровня циклической нагрузки,

когда весь участок разгрузки упругий. Нам кажется более пре-

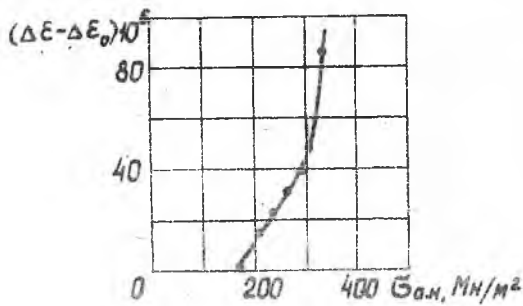


Рис.3

показана на рис.3.

Ширина петли гистерезиса зависит от числа циклов нагружения, что показано на рис.4 и 5. Начиная с некоторого числа циклов, эта зависимость близка к линейной. По оси абсцисс на рис.4 и 5 отложена величина N/N_p , где N - текущее число циклов, N_p - число циклов до разрушения образца. Результаты экспериментов в виде кривых усталости для стали IX18N9T и сплава Д16АТ приведены на рис.6. Испытания проводились на частоте 10 гц.

Кривые 1 на рис.7 и 8 дают связь между амплитудой номинального напряжения и соответствующей ему минимальной амплитудой нелинейной деформации. Кривые 2 соответствуют статическому нагружению. Сопоставление графиков показывает, что циклическое нагружение приводит по сравнению со статическим к существенному упрочнению стали IX18N9T. У сплава Д16АТ этот эффект проявляется значительно слабее.

Графики рис.7,8 и 6 позволяют установить связь между числом циклов до разрушения и шириной петли гистерезиса. Как видно из рис.9, в двойных логарифмических координатах она имеет линейный характер. Полученной зависимости соответствует

вомерным в качестве величины, характеризующей пластическую деформацию за полцикл, принимать величину $\Delta \epsilon$, равную отрезку $B'E'$, который получается в результате пересечения с осью абсцисс касательных к упругим участкам разгрузки. Зависимость величины разности $\Delta \epsilon - \Delta \epsilon_0$ от уровня циклического напряжения

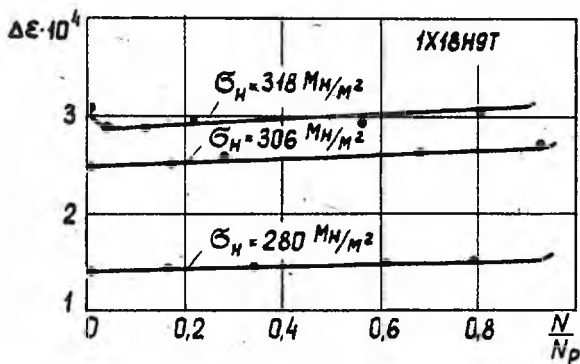


Рис.4

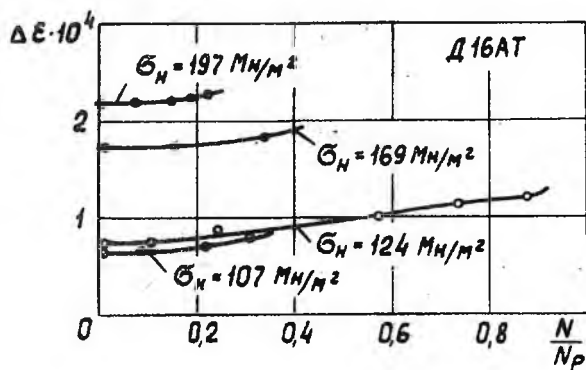


Рис.5

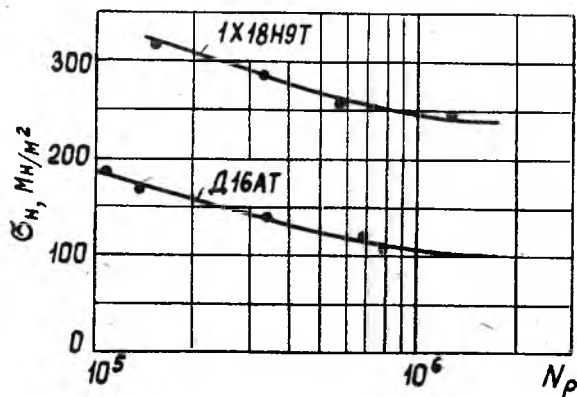


Рис.6

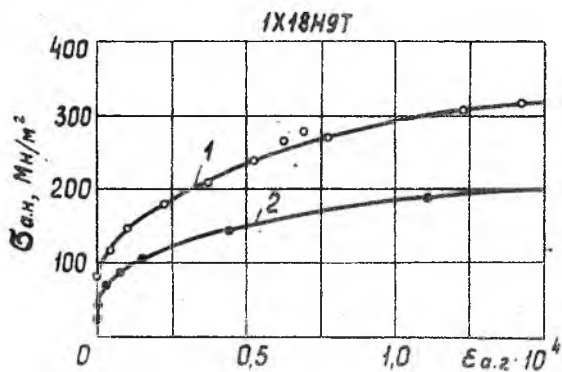


Рис.7

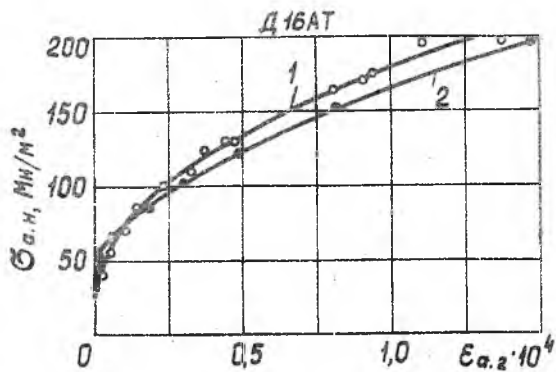


Рис.8

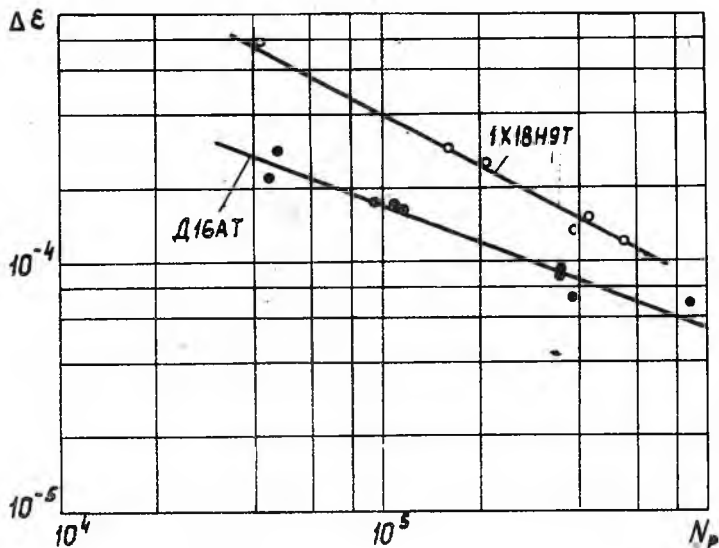


Рис.9

известное [3] соотношение

$$\Delta \epsilon \cdot N_p^k = C,$$

где k , C - постоянные, определяемые из эксперимента. Материалу Д16АТ соответствуют $k = 0,518$, $C = 0,066$, стали 1Х18Н9Т - $k = 0,686$, $C = 1,069$.

Л и т е р а т у р а

1. Гаряев А.К., Иванченко В.И., Пешковичев М.А. Труды КуАИ, вып.39, 1968.
2. Терентьев В.Ф. Докл. АН СССР, 185, № 2, 1969.
3. Троценко В.Т. Усталость и неупругость металлов. Киев, изд-во "Наукова думка", 1971.