

НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ С ПОСТОЯННОЙ

Б.М.Турсунов, А.А.Икрамов

(Ташкентский государственный технический университет имени Ислама

Каримова, г. Ташкент, Узбекистан)

Этот тип диаграмм растяжения был получен на экспериментальной установке, в которой задавалась скорость перемещения активного захвата. Особенности таких испытаний описаны в /1/. Одной из особенностей диаграмм, полученных при постоянной скорости растяжения, является наличие «зубчиков», амплитуда и частота которых различны на разных участках графика. Их появление связано с резким падением нагрузки. Форма «зубчиков» также различна. На начальном участке деформации их амплитуда невелика. Интересно отметить, что их частота на начальном участке графика остается почти неизменной. По достижении участка пластической деформации картина меняется. Появляются «зубчики» с большей амплитудой, частота которых меняется до самого разрыва образца.

В настоящей работе предпринята попытка выяснить причины их появления. На рисунке 1 показана типичная диаграмма растяжения образца из деформируемого алюминиевого сплава АД31 при одноосном растяжении с постоянной скоростью деформирования $v = 0,5$ мм/мин.

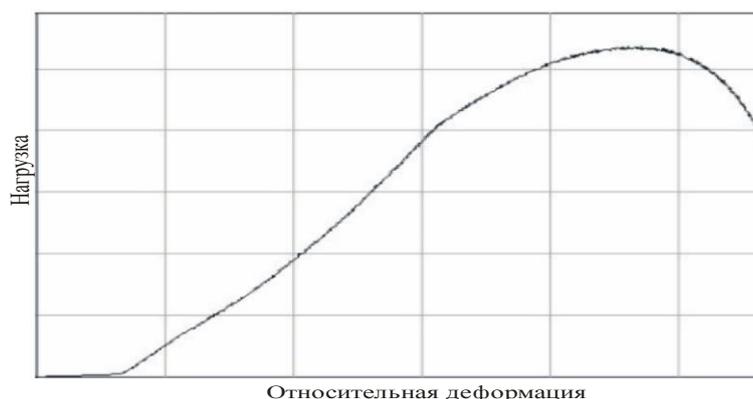


Рисунок 1 – Диаграмма растяжения образца из сплава АД31
(образец №1)

График построен в простых координатах нагрузка-деформация. На рисунке 1 видно, что график на всем протяжении представляет собой зубчатую

линию. Обращает внимание, что на начальном участке диаграммы «зубчики» мелкие с малой амплитудой, которая остается постоянной на участке упругой деформации. Испытания, проведенные на ряде других образцов ситуацию не изменили. Разброс численных значений кратковременных механических свойств не превышал 1,2%.

Было сделано предположение, что «зубчики» связаны с особенностями экспериментального устройства. В качестве силовозбуждающего элемента в экспериментальной установке использован электродвигатель с редуктором. Вращение электродвигателя могло стать причиной вибраций, которые датчик силы фиксировал в виде «зубчиков». Сравнение частот вращения вала электродвигателя с частотой «зубчиков» показало, что они совпадают. Этот факт служит доказательством в пользу вибрационного происхождения «зубчиков».

Как уже отмечалось, частота и амплитуда «зубчиков» на диаграмме растяжения при достижении участка пластической деформации меняется. Но прежде чем приступить к ее рассмотрению ответим на вопрос, почему эти «зубчики» получаются. При испытаниях с постоянной скоростью растяжения стремятся к тому, чтобы экспериментальные устройства обладали максимально большей жесткостью. Поэтому передающие усилие от силовозбуждающего элемента к образцу тяги делают из материалов, обладающих высоким пределом текучести, большой величиной временного сопротивления и большим модулем упругости. Но к датчикам измерения нагрузки (усилия) предъявляются другие требования [2,3]. Датчики силы резисторного типа представляют собой тонкостенный металлический цилиндр с наклеенными на нем тензорезисторами. Изменение сопротивления тензорезисторов, а следовательно, поступающего с них сигнала тем больше, чем больше деформация корпуса датчика. Этим определяется чувствительность датчиков. Следовательно, материал корпуса (цилиндра) тензорезисторного датчика должен обладать высоким пределом текучести, но по возможности малым модулем упругости. В большинстве случаев корпуса датчиков изготавливают из нержавеющей стали. Их модуль упругости $2 \cdot 10^4$ МПа.

Поскольку мы говорим о датчике силы как об упругом элементе, то аналогично пружине нагрузка и деформация будут связаны уравнением

$$P = -E \cdot \varepsilon \cdot k \cdot S , \quad (1)$$

где E – модуль упругости материала из которого изготовлен корпус датчика;

ε – деформация корпуса датчика;

k – коэффициент пропорциональности, отражающий соотношение изменения сопротивления тензорезистора с изменением упругой деформации корпуса датчика. В уравнение (1) входит модуль упругости, который для всех материалов, из которых изготавливают корпуса датчиков имеет достаточно большую величину. По этой причине даже небольшие изменения деформации будут приводить к значительным изменениям нагрузки, P .

«Зубчики» на диаграммах растяжения, построенных при постоянной скорости деформирования, связаны с падением нагрузки. Предстояло ответить на вопрос: как в условиях постоянного нагружения может произойти резкое снижение нагрузки. Объяснение может быть найдено с учетом дислокационной теории.

Считается, что пластическая деформация обусловлена комбинированным движением дислокаций, их скольжением и переползанием. Напряжения, формируемые внешней приложенной силой, создают условия преимущественного движения дислокаций. Разнообразные дефекты кристаллической решетки представляют собой барьеры разной мощности для движущейся дислокации. Вследствие разной природы барьеров (их типа и размеров) их мощность не непрерывна, а дискретна. Это означает, что разного типа барьеры будут преодолеваются дислокациями при разных нагрузках или напряжениях в образце. Движение дислокаций в плоскости скольжения протекает с большими скоростями, превышающими скорость растяжения. В режиме скольжения дислокация достигает следующего, более мощного барьера и оказывается закрепленной на препятствиях в некоторой устойчивой

конфигурации. Затем она преодолевает эти барьеры термоактивационно или за счет переползания и снова скользит. Далее описанный процесс многократно повторяется, приводя к деформации образца. В итоге происходит релаксация напряжений, Для большей наглядности на рисунке 2 показаны «зубчики» в сильно увеличенном виде.

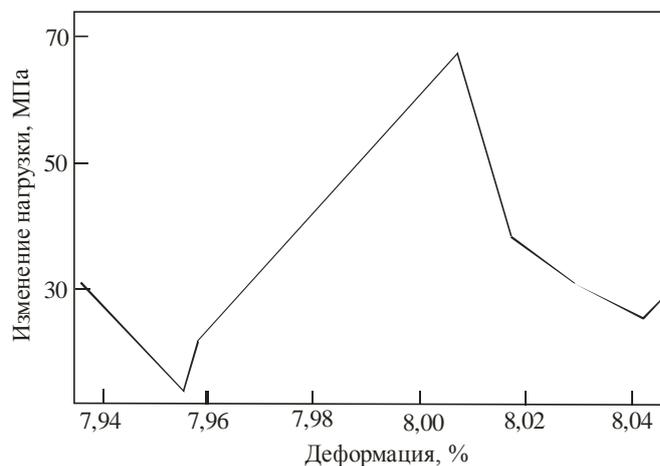


Рисунок 2 – Один из «зубчиков» на диаграмме растяжения в увеличенном виде

Такие "зубчики" характерны для участка пластической деформации. Причем, по мере роста пластической деформации, меняется амплитуда "зубчиков". Она становится больше. Проанализировать все типы «зубчиков» в рамках одной работы невозможно. Поэтому сделана попытка найти общий подход к их анализу.

Литература

1. Бебрис А.А. Устойчивость заготовки в формоизменяющих операциях листовой штамповки. - Рига, Зинатне, 1978. - 127 с.
2. Шофман Л.А. Теория и расчеты процессов холодной штамповки. - М.: Машиностроение, 1964. - 375 с.
3. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1977. - 276 с.
4. Горбунов М.Н. Штамповка деталей да ад баше заготовок, М.: Машгиз, 1960. - 190 с.
5. Аверкиев Ю.А. Анализ обжима полых цилиндрических заготовок конической матрицей. - В кн.: Машины и технология обработки металлов давлением. Труды МВТУ, 1955, № 42, с 21–27.