

Е. П. СМЕЛЯКОВ, Т. А. ЮРКЕНИК, Т. М. ФЕДОРОВА

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

В технической литературе в последнее время публикуются материалы, посвященные разработке способов штамповки листовых материалов с применением циклического нагружения. Использование такого рода нагружения позволяет значительно повысить эффективность технологических операций. Однако, до настоящего времени имеется недостаточно данных, характеризующих влияние циклического нагружения на поведение металлов при пластическом деформировании.

С целью расширения работ этого направления авторами было проведено изучение изменения механических свойств в условиях линейной схемы напряженного состояния при циклическом нагружении.

Для экспериментов были использованы материалы, наиболее часто применяемые в штамповочных цехах: Ст. 10, Д16АМ, АМГ6, ВТ1-2, ОТ4-1. Исследования проводились на гидравлической машине «Амслер» на стандартных плоских образцах в соответствии с ГОСТ 1497-61.

Анализировались изменения показателей механических свойств —  $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta_p$ ,  $\Psi_k$ . При проведении экспериментов за начальные напряжения были приняты напряжения, вызывающие остаточную деформацию, равную 2%, 4%, 6%, 8%, 10%.

По достижении начального усилия, вызывающего в образцах соответствующую остаточную деформацию, производился сброс усилия до 0. Повторные циклы при неизменном усилии продолжались до разрушения образца.

В процессе испытания фиксировалось напряжение 1-го нагружения —  $\sigma_1$  и число циклов до разрушения —  $N$ .

Рассчитывались величины относительного сужения  $\Psi_k\%$  и равномерного удлинения  $\delta_p\%$ .

На основании экспериментов построены графические зависимости величины напряжения 1-го нагружения  $\sigma_1$  и равномерного удлинения  $\delta_p\%$  от числа циклов  $N$ .

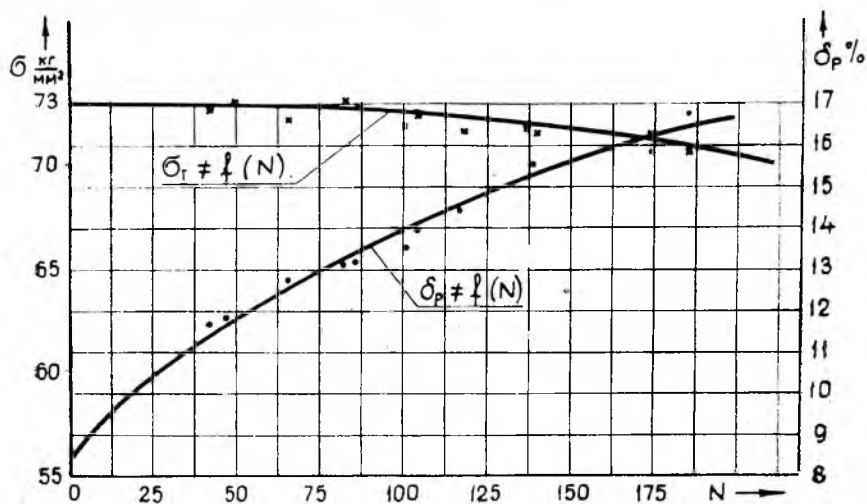


Рис. 1. Зависимости  $\sigma_{1-N}$  и  $\delta_{p-N}$  для образцов из листового материала ОТ4—1 толщиной 1,0 мм при циклическом растяжении

Чем меньше значение усилия 1-го нагружения, тем больше число циклов испытывает материал до разрушения и тем больше удлинение.

Так, у листов ОТ4-1 (рис. 1) равномерное удлинение при циклических нагружениях увеличивалось в 1,5÷2 раза ( $\delta_p\%$  при однократном нагружении = 8,4%,  $\delta_p\%$  при повторных нагружениях = 17,2%), а у листов ВТ1-2 (рис. 2) удалось получить дополнительное равномерное удлинение до 5% ( $\delta_p\%$  при однократном нагружении = 11,6%; при повторном нагружении = 7%).

У листов марки Д16АМ и АМГ6, с10 (рис. 3) удлинение увеличивается незначительно, хотя число циклов в значительной степени изменяется в зависимости от напряжения 1-го нагружения. Кроме того, образцы марки Д16АМ и АМГ6 не удалось испытать до разрушения повторными циклами при постоянном усилии. Испытание этих сплавов производилось постепенным увеличением напряжения в процессе нагружений. Эффект снижения усилия деформирования, расширение области равномерного удлинения объясняется тем, что пластическая деформация не может протекать одновременно и одинаково по всему объему образца, т. к. зерна

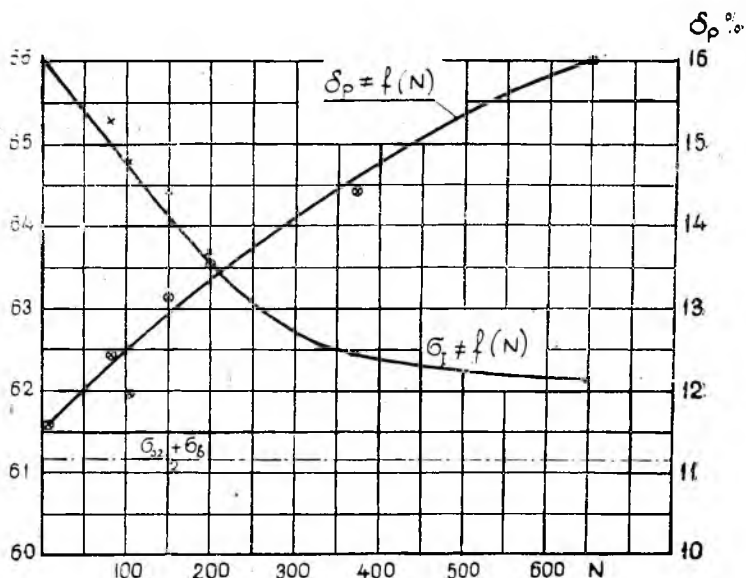


Рис. 2. Зависимости  $\sigma_{I-N}$  и  $\delta_{p-N}$  для образцов из листового материала ВТ1—2 толщиной 1,0 мм при циклическом растяжении

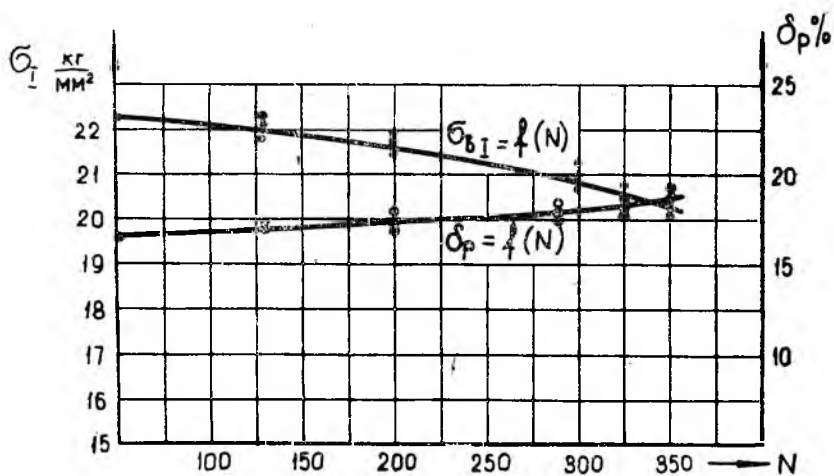


Рис. 3. Зависимость  $\sigma_{I-N}$  и  $\delta_{p-N}$  для образцов из Д16 АМ и 1 мм при циклическом нагружении

его различно ориентированы и имеют неодинаковые исходные напряжения. Даже при значительной пластической деформации сохраняются островки упругого состояния. Сохраняющаяся в пласти-

ческой зоне часть деформации будет действовать на упругую зону, как своего рода распорка, мешающая упругой зоне сократиться полностью, и наоборот, упругая часть, стремясь полностью сократиться, окажет сжимающее действие на пластическую часть.

При разгрузке образца упругие деформации зерен вызовут смену знаков главных напряжений в зернах и приведут к переходу в состояние текучести.

При этом пластическом формоизменении происходит новое перераспределение дополнительных напряжений 2-го рода, которые после снятия нагрузки становятся остаточными. При дальнейшем нагружении происходит сложение основных и остаточных напряжений. Образец получает некоторое удлинение и уменьшает площадь своего поперечного сечения. Последующий цикл позволяет получить дополнительное удлинение при постоянном внешнем усилии, равном усилию предыдущего цикла. Таким образом, происходит процесс наращивания элементарных удлинений при повторном нагружении усилием постоянной величины.

Материалы Д16АМ и АМГ6 в процессе повторных нагружений все время упрочняются, а уменьшение площади поперечного сечения происходит незначительно.

Поэтому эффект снижения усилия деформирования при испытании этих материалов наблюдается в меньшей степени.

Анализ результатов исследований показал следующее

1. Данный вид нагружения расширяет область равномерной деформации при снижении сопротивления деформированию.

2. Величина относительного поперечного сужения образцов, характеризующая полную пластичность материала, в условиях циклического растяжения практически не изменяется.

3. Наращивание элементарных относительных удлинений и число циклов, выдержанных материалами до разрушения изменяется в зависимости от приложенного напряжения 1-го нагружения.

4. Образцы из материалов ОТ4-1, ВТ1-2, с10 имеется возможность деформировать, доводя их до разрушения усилием постоянной величины в условиях циклического нагружения.

5. Образцы из материалов Д16АМ и АМГ6 невозможно разрушить при циклическом нагружении постоянным усилием. Испытание этих образцов производилось при постепенном увеличении напряжения в конце каждого цикла нагружения.

Результаты исследований легли в основу внедрения в производство пульсирующей вытяжки со складкообразованием, отличающейся тем, что превращение плоской заготовки в полое тело в течение всего процесса производится прерывисто и без применения складкодержателя.

Таким образом, полученные данные могут быть использованы для расчета параметров процессов при циклическом нагружении, исходя из величины допустимой степени деформации.