

в очаге деформации и более равномерному распределению деформации по поперечному сечению протянутого изделия.

### Л и т е р а т у р а

- I. Макушок Е.М. и др. Новые методы исследования процессов обработки металлов давлением. "Наука и техника", Минск, 1973.
- I. Зибель Э. Обработка металлов в пластическом состоянии, М., ОНТИ, 1938.

УДК 621.735.32:534-8

В.В.Клубович, А.А.Ярошевский, И.В.Иваненко

### ОСАЖИВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ СТАТИЧЕСКИМ НАГРУЖЕНИЕМ

Наложение ультразвуковых колебаний на пластически деформируемый металл или сплав приводит к снижению статического усилия деформирования и увеличению пластической деформации, причем величина снижения усилия и степень деформации взаимосвязаны и зависят от параметров ультразвука и других факторов.

В связи с этим были проведены исследования по деформации осаждением металлокерамических материалов на основе железа, алюминиевого сплава АЛЮВ и армко-железа с наложением ультразвуковых колебаний.

Металлокерамические материалы были получены статическим и взрывным прессованием.

Из прессованных заготовок изготавливали цилиндрические образцы диаметром 8 мм и высотой 12 мм, а также образцы прямоугольной формы с площадью основания 85-86 мм<sup>2</sup> и высотой 13 мм.

Деформирование образцов проводили на 5-тонной испытательной машине, к верхней траверсе которой прикрепляли магнитострикционный преобразователь ПМС-15А-18 с концентратором, а к нижней - четверть или полуволновой отражатель. Это позволило получить замкнутую колебательную систему, непрерывно работающую в резонансном режиме при любой статической нагрузке. Деформи-

руемые образцы располагали либо в пучности напряжений, либо в пучности смещений колебательной системы.

Для выяснения влияния статического напряжения на снижение усилия, а также величину пластической деформации в результате действия ультразвуковых колебаний образцы предварительно нагружали до различных статических усилий, а затем включали ультразвуковые колебания, которые и вызвали пластическую деформацию нагруженного образца. Снижение усилия и величину пластической деформации оценивали по индикаторным диаграммам.

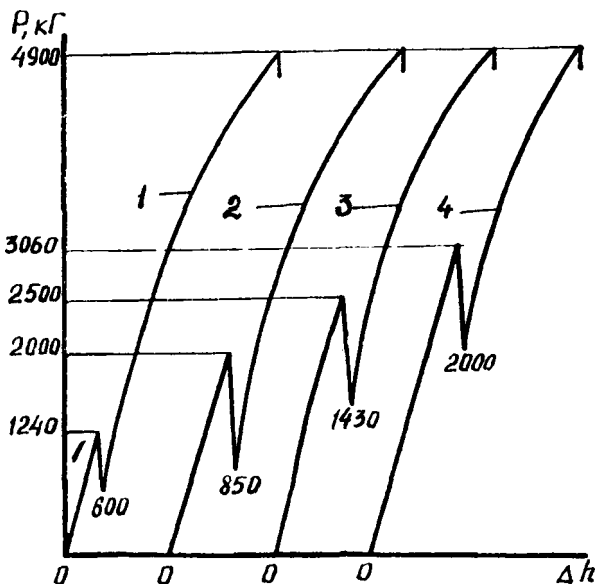


Рис. 1. Индикаторные диаграммы осадки предварительно нагруженных образцов ультразвуковыми колебаниями с последующим нагружением в обычных условиях: 1 — общая степень деформации  $\varepsilon = 32\%$ ; 2 — 34%; 3 — 32%; 4 — 29%.

На рис. 1 представлены индикаторные диаграммы осажённых образцов из железохромового сплава, полученного статическим прессованием. Измерение деформированных образцов показало, что во всех случаях общая степень деформации при осаживании с наложением ультразвуковых колебаний больше, чем при осаживании в обычных

условиях (максимальная нагрузка равнялась 4900 кг).

Как видно из диаграмм (рис.1), эффективность снижения усилия и степень деформации зависят от величины предварительного статического нагружения, причем однозначного соответствия между снижением усилия и деформациями нет. Так, на кривых I-4 (рис.1) снижение усилия составляет 50, 60, 44, 33% соответственно. Следовательно, при осаживании металлокерамических образцов из железохромового сплава максимальное снижение усилия наблюдается при величине статической нагрузки, равной 2000 кг. Уменьшение или увеличение предварительной статической нагрузки приводит к снижению эффективности действия ультразвуковых колебаний.

Для образцов из сплава АЛГОВ при осаживании в обычных условиях разрушение происходит при нагрузке 3100 кг (общая степень деформации 36%), а при осаживании с наложением ультразвуковых колебаний образцы разрушаются при статической нагрузке 2100 кг (общая степень деформации 32%). Предварительное статическое нагружение до 1000 кг, а затем облучение в течение 4 мин приводит к снижению усилия до 800 кг, что составляет только 20%. Дальнейшее осаживание без ультразвуковых колебаний приводит к разрушению образцов при нагрузке 3000 кг с общей степенью деформации 40%. Предварительное нагружение до 1600 кг и облучение в течение 5 мин приводит к снижению усилия до 1200 кг, т.е. на 25%. Дальнейшее осаживание в обычных условиях приводит к разрушению образцов при нагрузке 2600 кг с общей степенью деформации 34%. Предварительное нагружение до 2100 кг и облучение в течение 4 мин приводит к снижению усилия до 1600 кг, т.е. на 23%. Дальнейшее осаживание в обычных условиях приводит к разрушению образцов при нагрузке 2600 кг с общей степенью деформации 29%. Как следует из приведенных экспериментальных данных, снижение усилия и общая степень деформации до разрушения находятся в сложной зависимости от величины предварительного статического нагружения. Особенно заметно указанные особенности проявляются при деформации дисперсно упрочненных материалов.

Кроме того, анализ данных показывает, что осаживание ультразвуковыми колебаниями, когда величина предварительной статической нагрузки мала, приводит к уменьшению величины  $P_{ли}$  (предела пропорциональности линейной зависимости кривой  $P-\Delta h$ ) при последующем осаживании в обычных условиях. Эта величина мини-

малына при максимальном снижении усилия.

Осаживание ультразвуковыми колебаниями с предварительным статическим нагружением оказывает на металлы как разупрочняющее, так и упрочняющее действие.

Эксперименты по повторному многократному осаживанию с наложением ультразвуковых колебаний при одной и той же статической нагрузке показали, что эффективность действия ультразвука уменьшается и стремится к нулю при возрастании количества циклов включения и выключения ультразвука. При большом количестве повторных циклов нагружения наблюдается увеличение статической нагрузки в момент включения ультразвуковых колебаний.

Эффективность снижения усилия зависит не только от величины статической нагрузки, но и от того, каким образом создано предварительное нагружение: в обычных условиях, с наложением ультразвуковых колебаний, осаживанием ультразвуковыми колебаниями с последующим обычным нагружением и т.п., т.е. зависит от удельных давлений и той дислокационной структуры материала, которая имеется в данный момент при статическом нагружении.

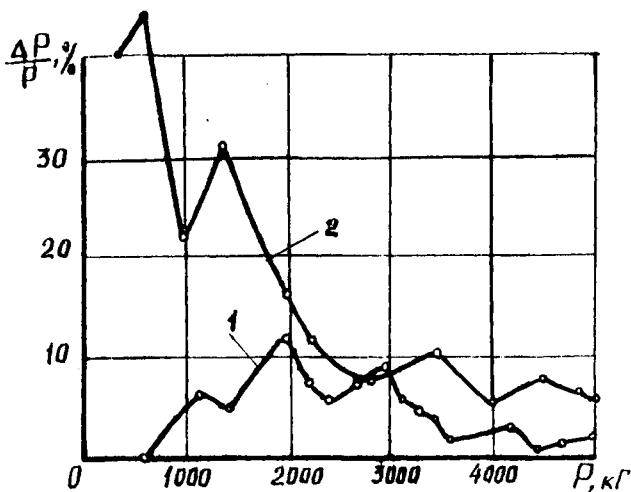


Рис. 2. Кривые относительного изменения усилия, вызванного ультразвуковыми колебаниями предварительно нагруженных образцов:  
1 — образцы из армо-железа; 2 — образцы из железохромового сплава (20%х30+80% Fe).

На рис. 2 представлены кривые относительного усилия при наложении ультразвуковых колебаний в зависимости от величины предварительного нагружения. Каждый последующий цикл нагружения в обычных условиях сопровождался деформацией ультразвуковыми колебаниями до момента прекращения снижения усилия (30–40 сек). Для армко-железа (кривая 1) при малых статических нагрузках эффективность снижения усилия равна нулю. С увеличением статической нагрузки эффективность снижения усилия увеличивается, причем видно, что существует определенный интервал удельных давлений, в котором эффективность снижения усилия максимальна.

У железо-хромового сплава (кривая 2) при прочих равных условиях эта зависимость отличается от такой зависимости у армко-железа (кривая 1), что объясняется изменением дислокационной структуры железохромового сплава и соответственно диссипацией ультразвуковой энергии и ее влиянием на ход кривой упрочнения.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно констатировать, что эффективность воздействия ультразвуковых колебаний на металлокерамический сплав в процессе его деформации осаживанием зависит от величины предварительной статической нагрузки, скорости деформации, интенсивности ультразвука, характера связей между структурными компонентами, дислокационной структуры, диссипации ультразвуковой энергии и др. Поэтому для эффективного применения ультразвуковых колебаний в технологических процессах обработки металлов давлением с целью получения изделий с необходимыми конечными свойствами необходимо подобрать оптимальные скорости деформации и амплитуды и изменять их в соответствии с изменением статической нагрузки и схем напряженно-го состояния.

УДК 621.79+621.891.

Т. В. Калиновская

#### НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО МЕТОДОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Использование координатных сеток является одним из наиболее распространенных приемов исследования кинематики и динамики