

конической трубы из неупрочняемого материала в коническом очаге деформации.

2. Определены поля напряжений и деформаций при формоизменении анизотропного упрочняемого металла. Характер и величина возникающих напряжений и деформаций резко отличается от идеального пластического тела.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геогджаев В. О. Волочение тонкостенных анизотропных труб сквозь коническую матрицу. М., Ж. «Прикладная механика», т. 4, № 2, 1968.
2. Bratt. I. F., Adams A. L., On the Drawing Process of Thin-Walled Tubes of Anisotropic Material., I. of Franklin. Inst. Vol 290, N 4, 1970.
3. Толоконников Л. А., Яковлев С. П., Дьялин В. М. Влияние анизотропии на процесс обжима цилиндрических заготовок в конических матрицах. Известия вузов, М., «Машиностроение», 10, 1971.
4. Арышевский Ю. М., Калужский И. И., Уваров В. В. Вопросы теории пластичности анизотропных сред., Известия вузов, М., «Авиационная техника», № 2, 1969.
5. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М., «Машиностроение», 1968.
6. Бубнова Л. В., Малинин Н. Н. Напряжения и деформации при формоизменении тонкостенных труб. Известия вузов, М., «Машиностроение», 10, 1965.

Е. П. Смеляков, И. Н. Сорокин, Т. А. Юреник, Т. М. Федорова

### ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ С ВИБРАЦИЕЙ

Из литературы известно, что штамповка материалов с применением вибраций улучшает распределение деформации по сечению, вызывает добавочное приращение абсолютного удлинения, снижает сопротивление деформированию.

Повышение пластичности металлов в процессах листовой штамповки имеет большое практическое значение, так как металл, обладающий повышенной пластичностью, можно деформировать при меньших усилиях и при этом получать детали более сложной конфигурации и равномерные по механическим свойствам.

Цель данной работы — исследовать процессы пластического деформирования металлов в условиях, характеризующихся приложением статического усилия растяжения в сочетании с вибрационным. Эксперименты производились на специальных образцах из листов марки Д16АМ [1]. В связи с отсутствием разрывных испытательных машин, обеспечивающих одновременное приложение статических и вибрационных нагрузок, опыты по растяжению образцов производились в два этапа.

Первый этап работы заключался в предварительном вибраци-

оном нагружении образцов на 2, 4, 6 и 8% остаточной деформации.

Для сравнения часть образцов подвергалась статическому нагружению до получения таких же остаточных деформаций, что и при вибрации. Нагружение производилось на экспериментальной установке, представляющей собой 10-тонный гидравлический обтяжной пресс. Вибрации воздействовали на образец в горизонтальном и вертикальном направлении, как показано на рис. 1.

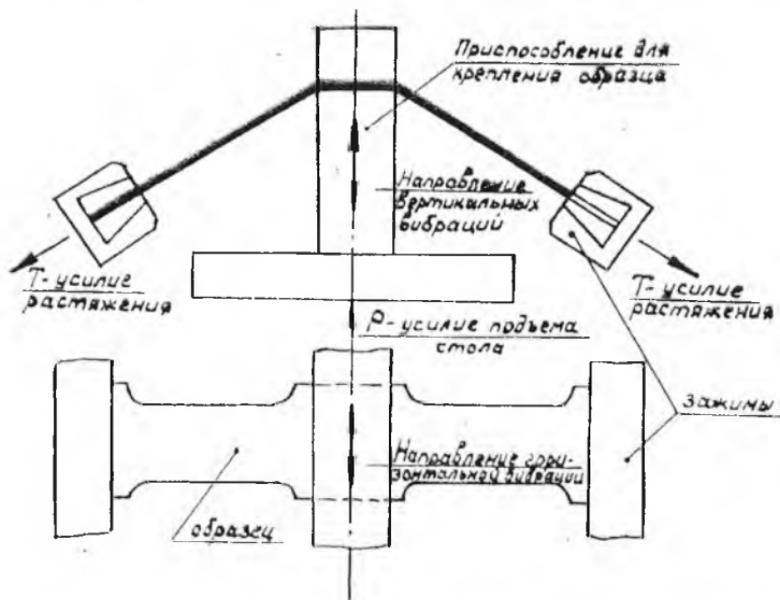


Рис. 1. Схема нагружения при горизонтальных и вертикальных вибрациях

Продолжительность включения вибратора составила 20—30 сек. [2].

Для выбора оптимального режима вибрационных нагружений были взяты 4 режима со следующими параметрами (табл. 1).

Второй этап работы состоял в проведении механических испытаний на растяжение образцов, нагруженных статически и вибрацией на определенный процент остаточной деформации [3].

Таблица 1

Возмущающая сила, кг	Частота колебаний, гц	Амплитуда, мм
----------------------	-----------------------	---------------

1. P = 335	70	0,28—0,3
2. 0,75 P = 266	70	0,25
3. P = 147	45	0,75—0,8
4. 0,75 P = 110	45	0,6—0,7

На каждую степень деформирования было испытано по три стандартных образца, изготовленных из специальных образцов, после вибрации.

За характеристику пластического течения принято изменение равномерного удлинения  $\delta_p$ , которое является критерием устойчивого течения металла и определяет в основном величину упрочнения и момент потери устойчивости при пластическом формоизменении материала.

По результатам испытаний на растяжение стандартных образцов, деформированных статически и при наличии горизонтальных вибраций, построены графики (рис. 2 и 3). Предел прочности  $\sigma_n$  и предел текучести  $\sigma_{02}$  для всех режимов горизонтальной вибрации имеют значения меньше, а изменение равномерного удлинения

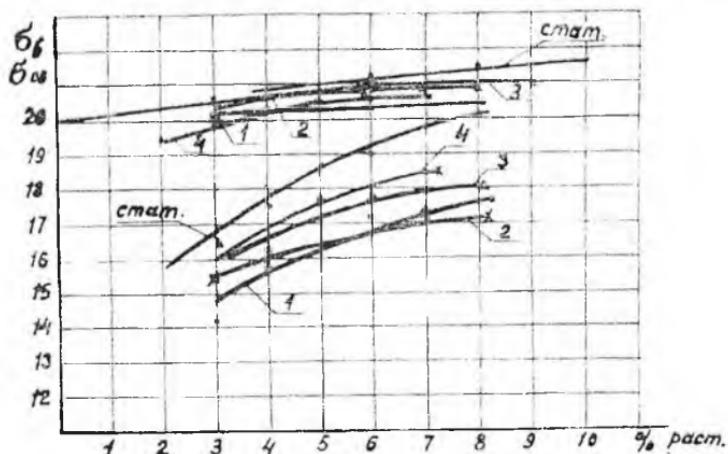


Рис. 2. Зависимость  $\sigma_n$  и  $\sigma_{02}$  от степени деформирования и режимов нагружения

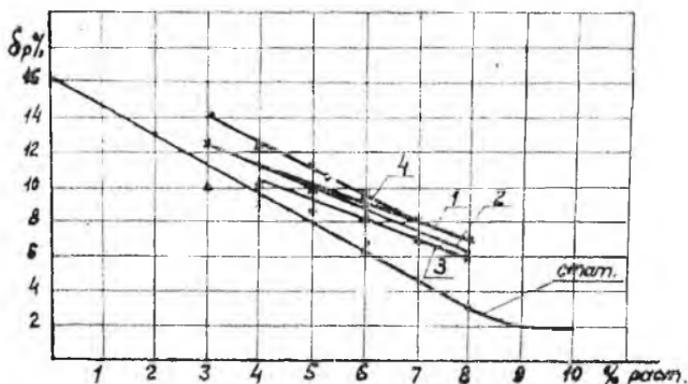


Рис. 3. Зависимость  $\delta_p$  от степени деформирования и режимов нагружения

$\delta_p$  (%) — больше, чем при статическом растяжении с одинаковой степенью нагартовки. С увеличением степени деформирования увеличиваются  $\sigma_b$  и  $\sigma_{02}$  и уменьшается  $\delta_p$  (%). Необходимо отметить, что лучшие механические свойства получены у образцов после деформирования с горизонтальной вибрацией со следующей характеристикой параметров:

$$P = 0,75 P_{\max} = 110 \text{ кг}; f = 45 \text{ гц}; A = 0,6 - 0,7 \text{ мм.}$$

Механические свойства образцов после деформирования статическим и вибрационным нагружениями изменяются в следующем порядке:

$\sigma_b$  во всех случаях практически постоянно;

$\sigma_{02}$  для образцов с горизонтальной вибрацией на 1—2 кг/мм<sup>2</sup> меньше, чем  $\sigma_{02}$  образцов без вибрации;

$\delta_p$  % образцов после деформирования с вибрацией на 1—3% больше, чем  $\delta_p$  % образцов после статического нагружения.

Относительное удлинение  $\delta_{10}$  %, удовлетворяющее требованию технических условий на поставку материала, сохраняется у образцов после статических нагружений до получения остаточной деформации до 6%, а при вибрации — до 7—8%.

Таким образом, область пластического деформирования при наличии горизонтальных вибраций несколько увеличивается, а сопротивление деформированию уменьшается.

Деформирование образцов с вертикальной вибрацией производилось в том же порядке, что и при горизонтальной, только возмущающая сила к образцу прикладывалась вертикально.

Параметры режимов вертикальной вибрации приведены в табл. 2.

Таблица 2

Частота колебаний $f$ , гц	Амплитуда $A$ , мм
22	0,15—0,18
22	0,09—0,14
30	0,13—0,15

Анализ полученных данных показывает:

$\sigma_b$  и  $\sigma_{02}$  образцов, деформированных с вибрацией, несколько меньше  $\sigma_b$  и  $\sigma_{02}$  образцов без вибрации;

$\delta_p$  % образцов после деформирования с вибрацией практически одинаково с  $\delta_p$  % образцов после статического нагружения.

Механические свойства образцов, деформированных с вертикальной вибрацией, несколько хуже механических свойств образцов, деформированных с горизонтальной вибрацией.

Для определения влияния горизонтальной вибрации на пластичность образцов из сплава Д16АМ толщиной 1 мм были по-

строены диаграммы истинных напряжений (рис. 4). Для этой цели были использованы образцы, предварительно нагруженные статически и с вибрацией на 4% остаточной деформации (соответственно кривые 3 и 2). На графике для сравнения приведены

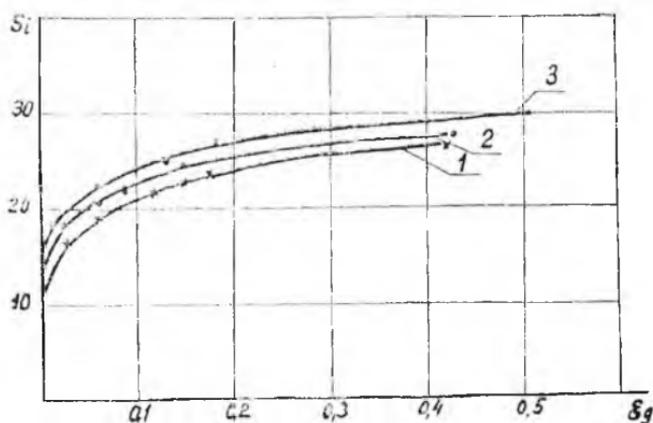


Рис. 4. Кривые упрочнения

диаграммы истинных напряжений образцов в ненаклепанном состоянии (кривая 1).

Анализ графиков показывает, что с увеличением степени деформирования кривые упрочнения располагаются выше кривой упрочнения исходного (ненаклепанного) состояния.

Положение на графике кривой упрочнения при вибрационном нагружении еще раз подтверждает уменьшение потребных деформируемых сил при вибрации по сравнению со статическим нагружением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и технология обработки металлов давлением. Сборник статей. МВТУ им. Баумана, М., 1951.
2. Сорокин И. Н., Санаровский С. В. Обтяжка листовых материалов с применением вибраций. Куйбышевское книжное издательство, 1964.
3. Вопросы технологии производства летательных аппаратов. Сборник статей КуАИ, выпуск 63, 1970

И. Н. Сорокин

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИЙ НА КОНТАКТНОЕ ТРЕНИЕ ПРИ ОБТЯЖКЕ ОБОЛОЧЕК

Формовки обтяжкой листовых материалов проводится посредством растягивающих усилий вокруг обтяжного пуансона, имеющего двойную кривизну.