

чины упругой и пластической деформаций в каждый период нагружения остаются постоянными.

Для повышения производительности вибрационную вырубку следует проводить с максимально возможной скоростью подачи колеблющегося пуансона, при которой бы исключалась пластическая деформация металла в зоне разделения.

Л и т е р а т у р а

1. Любимов В.И. Механизм образования заусенцев при резке, вырезке и пробивке тонких листовых металлов. – В сб.: Металлургия. Минск: БПИ, 1977, вып. 10, с. 81–85.
2. Пашенко В.С., Любимов В.И. О влиянии механических свойств материала на величину заусенца, образующегося при разделении тонколистовых металлов и фольги. – В сб.: Металлургия. Минск: Вышэйшая школа, 1978, вып. 12, с. 132–134.
3. Погодин-Алексеев Г.И. Динамическая прочность и хрупкость металлов. – М.: Машиностроение, 1966. – 244 с.
4. Топоров Г.В., Яговкин В.М. Влияние структуры высокопрочных чугунов на сопротивление разрушению при циклических и ударно-циклических нагрузках. – В сб.: Усталость металлов при ударных циклических нагрузках и исследование машин ударного действия. Томск, 1969, т. XV, с. 54–74.

УДК 621.983

В.С.Пашенко, канд. техн. наук,
Ю.В.Скачко, канд. техн. наук (БПИ),
Н.П.Запорожец, инженер
(ХАЗ им. Ленинского комсомола)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ ЛИСТОВЫХ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ МЕТАЛЛОВ С УЛЬТРАЗВУКОМ*

В лабораторных условиях исследовали возможность отбортовки отверстий в листовых образцах толщиной $s = 0,6$ мм из магниевого сплава МА2–1М. Отбортовка проводилась в матрицу $\phi 16$ мм. Пуансон имел цилиндрическую форму. Радиус скругления пуансона составлял $4s_0$, а матрицы $3s_0$. Технологический зазор был равен $1,2s_0$. Отверстия под отбортовку получали точением. Для исследования использовали установку, включающую:

* В работе принимали участие инженеры В.С.Халтурин и С.А.Эрбейгель.

колебательную систему крутильных ультразвуковых колебаний и штамп для отбортовки. На рис. 1 показана принципиальная схема установки. Заготовка находилась в пучности напряжений стоячей ультразвуковой волны. В результате исследования удалось установить силовые параметры отбортовки отверстий с ультразвуком (рис. 2). Из сравнения кривых 1 и 2 (рис. 2), показывающих изменение усилия отбортовки по пути пуансона, видно их

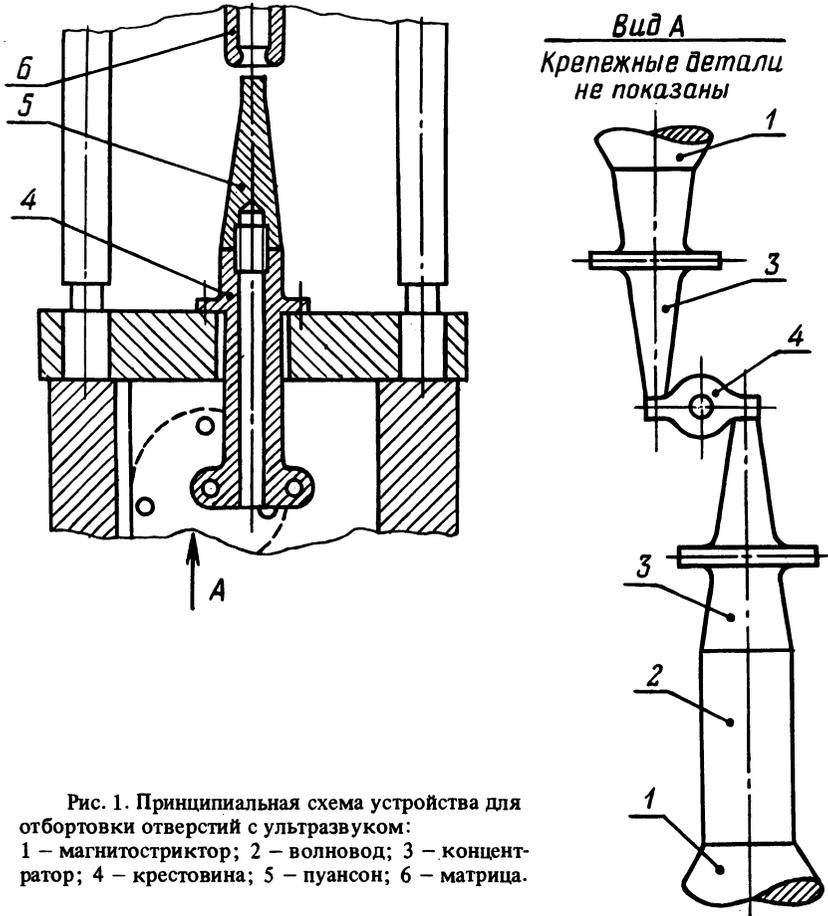


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для отбортовки отверстий с ультразвуком:
1 – магнестриктор; 2 – волновод; 3 – концентратор; 4 – крестовина; 5 – пуансон; 6 – матрица.

существенное различие. При отбортовке без ультразвука усилие интенсивно растет, достигая максимума, а затем снижается. При отбортовке с ультразвуком максимальное усилие ниже, чем для обычных условий отбортовки. Процесс характеризуется устойчивостью. Усилие интенсивно растет на небольшом ходе пуансона. Максимальное усилие смещается в сторону меньшего хода. После достижения максимального усилия отбортовка практически

осуществляется при относительно постоянном его значении (рис. 2, точки а, б). Такой характер кривой 2 (рис. 2) указывает на протекание наряду с процессом упрочнения интенсивного процесса разупрочнения от ультразвука. На участке а—б (рис. 2) наступает равновесие между упрочнением и разупрочнением. Этим и объясняется тот факт, что усилие на этом участке почти не изменяется. Такой характер силового воздействия на заготовку создает благоприятные условия для деформирования в холодном состоянии магниевых сплавов. Действительно коэффициент отбортовки в условиях эксперимента составил 0,42, что соответствует величине предельного коэффициента отбортовки сплава МА2-1М с предварительным нагревом до $t = 350^{\circ}\text{C}$. В ходе эксперимента была получена зависимость: усилие отбортовки (Р) – коэффициент отбортовки (К). Эта зависимость показывает, что отбортовка с ультразвуком может эффективно заменить процесс отбортовки в обычных условиях с предварительным нагревом.

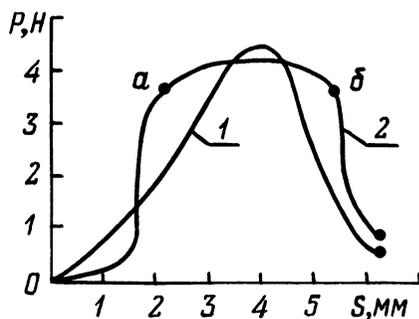


Рис. 2. Зависимость усилия отбортовки от хода пуансона (S):
1, 2 – соответственно отбортовка без ультразвука и с крутильными ультразвуковыми колебаниями.

Удачные эксперименты позволили создать новую технологию штамповки магниевых и алюминиевых сплавов при изготовлении некоторых деталей машиностроения. В настоящее время эти детали, имеющие геометрические формы, представленные на рис. 3, штамуются: магниевые сплавы с предварительным нагревом заготовки, а алюминиевые сплавы после предварительного отжига заготовки. Экспериментальное исследование ставило своей целью исключение предварительного нагрева и отжига на базе использования ультразвука.

Геометрические размеры и форма образцов из магниевого сплава МА8 и Д16Т позволяли исследовать различные процессы: местную вытяжку (формовку) без отверстия (рис. 3, а); местную вытяжку (формовку) с отверстием (рис. 3, б) и отбортовку отверстий (рис. 3, в). Первые два процесса завершаются образованием в листовых заготовках выступов сплошных и с отверстием. Отверстия в заготовках получали двумя способами: то-

чением и пробивкой в штампе. При отбортовке в матрице возбуждали продольные или крутильные колебания [1]. В экспериментах были использованы несколько типоразмеров пуансонов и матриц. Различную степень деформации при отбортовке получали за счет изменения диаметра отверстия в заготовке. В экспериментах определялась высота борта h и коэффициент отбортовки K . Скорость деформирования при штамповке на гидропрессе составляла 50 мм/мин. Результаты эксперимента приведены в табл. 1. Анализ этих результатов позволяет сделать вывод о большей эффективности крутильных ультразвуковых колебаний в сравнении с продольными. Это объясняется более устойчивыми к статическому нагружению амплитудно-частотными характеристиками колебательных систем с крутильными ультразвуковыми колебаниями. Можно считать установленной практическую возможность отбортовки, а тем более местной вытяжки (формовки) магниевых сплавов без предварительного нагрева и алюминиевых сплавов без предварительного отжига. Наиболее эффективной смазкой для этих процессов является масло "Вапор", дисульфид молибдена и тонкая фторопластовая пленка ($s = 0,04$ мм). По-

Таблица 1

Наименование процесса	Материал образцов	Предельный диаметр \varnothing отверстия, мм	Предельная высота борта h , мм	Способ получения отверстия	Предельный коэффициент отбортовки $K_{отб}$
Отбортовка в обычных условиях	МА8	50	7,61	Точение	0,82
Отбортовка с продольными УЗК	МА8	47,5	9,54	Точение	0,77
Отбортовка с крутильными УЗК	МА8	44,8	10,94	Точение	0,72
Отбортовка в обычных условиях	Д16Т	48,5	9,7	Точение	0,795
Отбортовка с продольными УЗК	Д16Т	48,0	10,1	Точение	0,787
Отбортовка с крутильными УЗК	Д16Т	47,0	10,8	Точение	0,770
Отбортовка в обычных условиях	МА8	55	5,39	Пробивка в штампе	0,902
Отбортовка с продольными УЗК	МА8	50,8	8,15	Пробивка в штампе	0,833
Отбортовка с крутильными УЗК	МА8	48,0	9,4	Пробивка в штампе	0,787
Отбортовка в обычных условиях	Д16Т	52,75	7,2	Пробивка в штампе	0,864
Отбортовка с продольными УЗК	Д16Т	52,0	7,0	Пробивка в штампе	0,864
Отбортовка с крутильными УЗК	Д16Т	50,8	8,5	Пробивка в штампе	0,833

лученные результаты по штамповке магниевых и алюминиевых сплавов позволили провести без предварительного нагрева и отжига серию производственных экспериментов. Эта серия была проведена на специально сконструированной промышленной установке с крутильными ультразвуковыми колебаниями, которая в заводских условиях монтировалась на гидравлическом прессе 160 тс. Затем она была испытана в лаборатории кафедры "Машины и технология обработки металлов давлением" Белорусско-

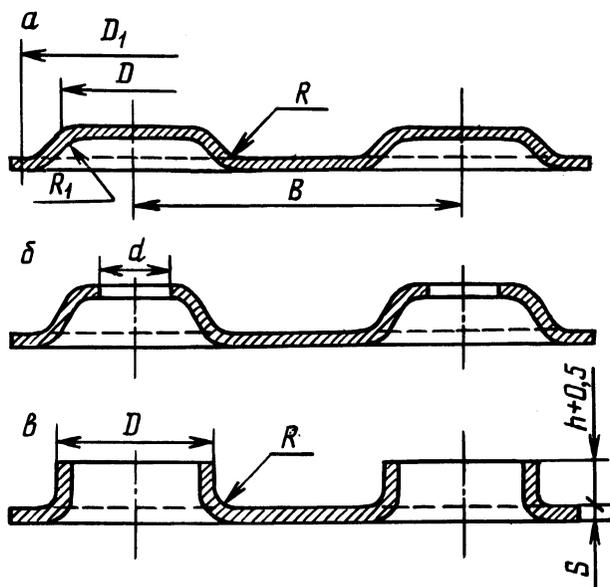


Рис. 3. Геометрические формы образцов для штамповки с ультразвуком.

го политехнического института и смонтирована на гидропрессе 30 тс. Успешно отштампованы девять типоразмеров деталей из сплавов МА8 и Д16Т без предварительного нагрева и отжига. Анализ торцевой части борта показал отсутствие трещин. В производственных условиях отштампованы пять типоразмеров деталей (рис. 3, а, б).

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.П., Пашенко В.С., Кособуцкий Б.С. Листовая штамповка с ультразвуком. – Минск: Наука и техника, 1975. – 289 с.