

УДК 621.98

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИБКИ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК НА МОЛОТАХ**Иван Сергеевич Чуваев<sup>(1)</sup>, Анна Павловна Федосова<sup>(2)</sup>

Аспирант 1 курса<sup>(1)</sup>, магистр 1 года<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Машины и технология обработки давлением им. И.А. Норицына»  
Московский государственный машиностроительный университет «МАМИ»

Научный руководитель: В.Ю. Лавриненко,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Технология обработки материалов» МГТУ им.  
Н.Э. Баумана

В условиях современного производства для изготовления различных деталей летательных аппаратов широко применяют процессы гибки листовых заготовок (рис.1). В условиях мелко- и среднесерийного производства изготавливать такие детали в инструментальных штампах экономически нерентабельно, поскольку увеличиваются затраты на изготовление сложных штампов и сроки производства.

В настоящее время эффективным и экономически целесообразным для изготовления большой номенклатуры деталей летательных аппаратов гибкой является применение листоштамповочных молотов, оснащённых дешёвыми и быстро изготавливаемыми свинцово-цинковыми штампами [1].

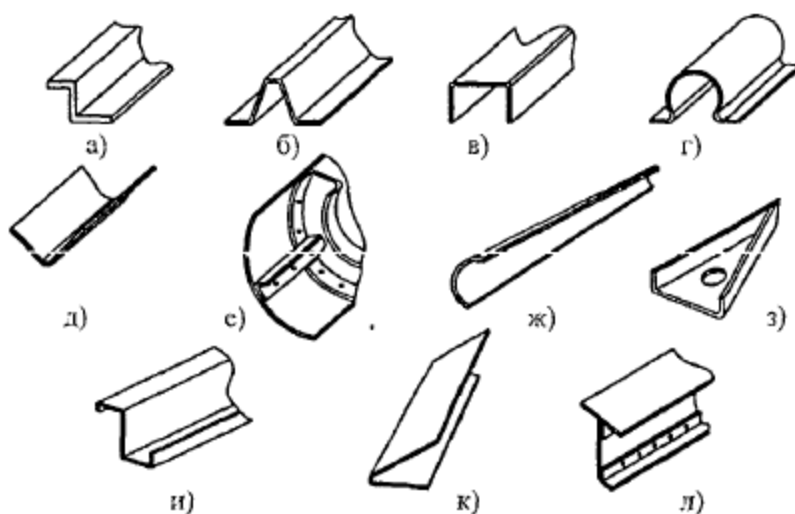


Рис. 1. Типовые детали летательных аппаратов, изготавливаемых гибкой: а, б, в, д – стрингеры; г – хомуты; е, и, к, л, з – элементы силового набора

Эффективность ударного деформирования при гибке на молотах определяют коэффициентом полезного действия (КПД) ударного деформирования заготовки, который равен отношению работы пластической деформации заготовки к энергии падающих частей молота. Основными недостатками гибки на листоштамповочных молотах является низкий КПД ударного деформирования заготовки и низкая точность изготавливаемых деталей вследствие их упругого пружинения, которое устраняют обычно ручной доводкой, что ухудшает качество поверхности детали и увеличивает трудоёмкость.

Одним из направлений повышения КПД ударного деформирования на листоштамповочных молотах, повышения размерной точности деталей и снижения упругого пружинения при гибке является увеличение продолжительности ударного взаимодействия

инструмента и заготовки путем удержания падающих частей молота в нижней точке при ударе при использовании специальных устройств. Ранее проведенные исследования процесса осадки цилиндрических заготовок на молотах [2] позволили выявить предпосылки к возможности применения специальных устройств, обеспечивающих увеличение продолжительности ударного взаимодействия при гибке на молоте.

Для проверки данного предположения были проведены экспериментальные исследования процесса гибки листовых заготовок на молотах (авт. Лавриненко В.Ю., Семенов Е.И., Козырев А.В.). Целью проведенных исследований являлось изучение зависимости угла пружинения детали от радиуса скругления, угла гибки, материала заготовки и энергии удара при V-образной гибке на молоте (копре) в условиях целенаправленного увеличения продолжительности ударного взаимодействия при использовании специального устройства, обеспечивающего повышение эффективности ударного деформирования.

Гибку заготовок и определение параметров удара проводили на специальном комплексе для экспериментальных исследований процесса гибки на молоте (копре), принципиальная которого представлена на рис. 2. Комплекс состоит из вертикального копра и системы скоростной видеосъемки. Технические характеристики копра приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики копра

Масса бабы, кг	22,4
Масса основания копра, кг	250
Предельная высота сбрасывания бабы, м	2
Максимальная теоретическая скорость бабы при ударе, м/с	6,26

Комплекс (рис. 2) включает в себя вертикальный копер 1 с установленными на нем экспериментальным штампом 2 и систему высокоскоростной видеосъемки, включающую камеру высокоскоростной видеосъемки 3 со встроенным модулем буферной памяти, PCI-контроллер 4 для интерфейса с камерой и персональный компьютер 5 для управления, предварительной обработки, записи и хранения видеoinформации.

Вертикальный копер 1 состоит из двух стоек и шабота 6, сменной бабы 7, лебедки для подъема 8 и захвата 9 для фиксации бабы. При подъеме бабы на необходимую высоту захват отпускают, и баба падает на верхнюю плиту штампа 2, деформируя при этом образец.

Одновременно с началом движения бабы с клавиатуры или мышью персонального компьютера включают ввод изображения исследуемой зоны в буферную память камеры высокоскоростной видеосъемки 3.

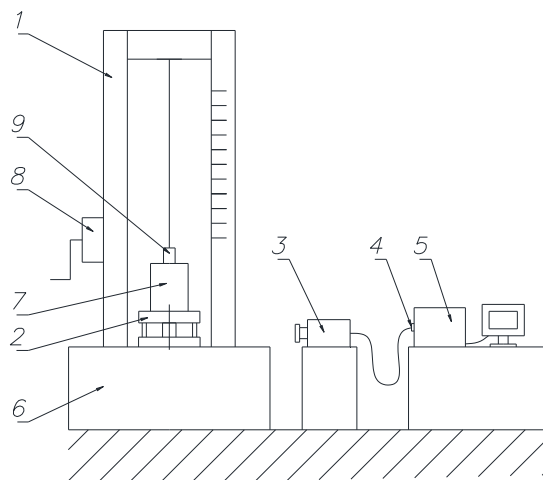


Рис. 2. Принципиальная схема комплекса для экспериментальных исследований  
1 – стойки копра; 2 – устройство захвата бабы; 3 – устройство подъема бабы; 4 – баба;  
5 – заготовка; 6 – нижний боек; 7 - основание; 8 - скоростная цифровая видеокамера; 9 -  
переходник; 10 - персональный компьютер

На рис. 3 представлен экспериментальный штамп для осадки. Угол гибки принимали равным 60, 90 и 120°, радиус гибки 1 мм.

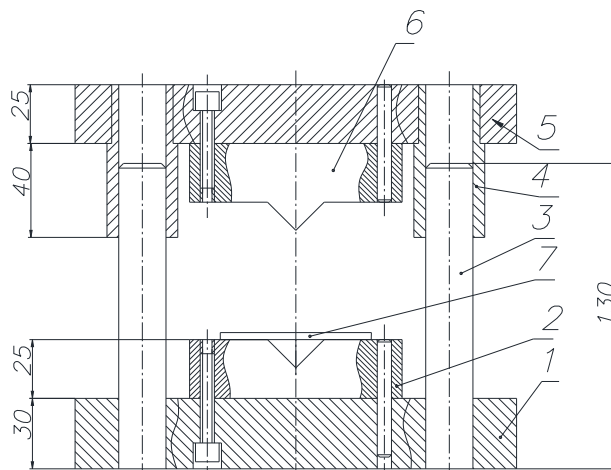


Рис. 3. Экспериментальный штамп для гибки: 1-нижняя плита; 2-матрица; 3-колонка; 4-направляющая втулка; 5-верхняя плита; 6-пуансон; 7-заготовка

Для гибки заготовок на копре использовали стандартную бабу массой  $m_{бабы} = 22,4$  кг, изготовленную из стали 45 (ГОСТ 1050-88). Также для осадки заготовок использовали бабу с наполнителем [3], состоящую из корпуса с внутренней полостью и засыпаемых внутрь шариков диаметром  $D_{шар} = 0,012$  м из стали ШХ15 (рис. 3). Корпус бабы был изготовлен из стали 45 (ГОСТ 1050-88). Между крышкой 1 бабы с наполнителем и шариками 4 установлена упругая прокладка 2 из поролона, которая обеспечивала предварительное упругое поджатие шариков в бабе.

Масса корпуса бабы была равна 14,5 кг, а масса засыпаемых внутрь шариков -  $m_{шар} = 3,36$  кг. При этом отношение массы шариков к общей массе бабы  $K_M = 0,15$ .

Для возможности сравнения результатов экспериментов по гибке заготовок стандартной бабой и бабой с их массы принимали одинаковыми и равными  $m_{бабы} = 22,4$  кг. Для этого в бабе с наполнителем использовали крышку массой 4,54 кг, которая компенсировала недостаток массы бабы.

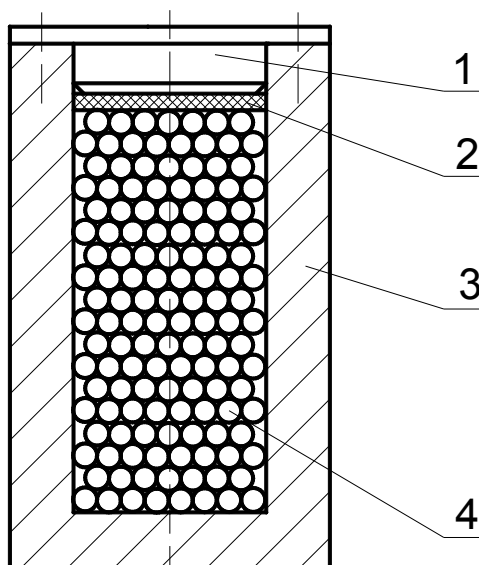


Рис. 4. Схема бабы с наполнителем: 1 – крышка; 2 – упругая прокладка; 3 – корпус; 4 – шарики

Проводили гибку листовых заготовок из стали Ст. 3 (ГОСТ 380-71) размером 30x40мм толщиной 1мм в отожженном состоянии. Каждый эксперимент повторяли 3 раза.

Измерение результатов гибки производили угломером с точностью  $\pm 2'$ . При проведении экспериментов для обеспечения условий минимального трения поверхности заготовок и инструмента для гибки смазывали индустриальным маслом марки И-20А.

На рис. 5 показана раскадровка скоростной видеозаписи процесса гибки заготовки на молоте (копре) с углом гибки  $120^\circ$ .

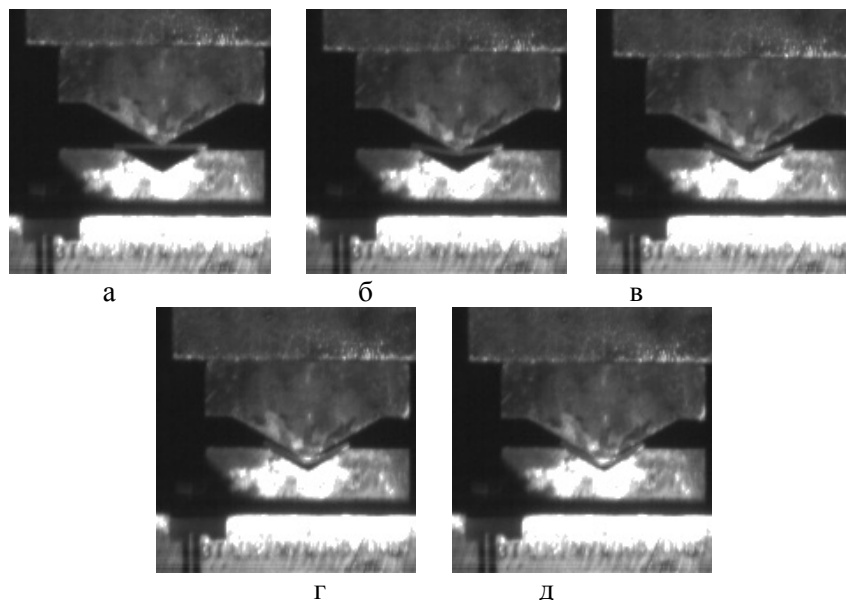


Рис. 5. Раскадровка видеозаписи процесса гибки заготовки на молоте (копре) с углом гибки  $120^\circ$ : а – соприкосновение пуансона и заготовки, начало гибки заготовки; б – в – этапы гибки заготовки; г – окончание гибки заготовки

В табл.2 приведены результаты экспериментов по гибке заготовок из стали Ст.3.

Таблица 2. Параметры экспериментов по гибке заготовок из стали Ст. 3

Высота падения бабы, м / Энергия удара, Дж	Скорость бабы при ударе, м/с	Угол гибки, $^\circ$	Угол пружинения, $^\circ$ / Продолжительность удара, мс	
			Стандартная баба	Баба с наполнителем
0,5 / 109,3	3,13	60	2,0 / 4,0	<b>1,1 / 5,7</b>
		90	1,5 / 3,7	<b>0,3 / 6,3</b>
		120	1,3 / 4,7	<b>0,16 / 6,7</b>

## Выводы

1. При гибке заготовок из стали Ст. 3 с углом  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $120^\circ$  при использовании бабы молота (копра) с наполнителем продолжительность удара увеличилась в среднем в 1,5 раза по сравнению со стандартной бабой.

2. Применение бабы молота (копра) с наполнителем при гибке заготовок из стали Ст. 3 с углом  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $120^\circ$  позволяет уменьшить угол пружинения в 1,8; 5 и 8 раз соответственно по сравнению со стандартной бабой молота (копра).

3. Необходимо проведение дальнейших исследований для определения параметров бабы молота с наполнителем и наиболее целесообразных условий проведения процесса гибки для повышения точности и качества деталей при гибке на молотах.

### **Литература**

1. *Горбунов М.Н.* Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов: Учебник для ВУЗов. - 2-е изд. перераб. и дополн. - М.: Машиностроение, 1981. - 224 с., ил.
2. *Феофанова А.Е., Лавриненко В.Ю.* Экспериментальные исследования процесса удара при осадке цилиндрических заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 2. С. 12-15.
3. *Феофанова А.Е., Демин В.А., Евсюков С.А., Лавриненко В.Ю., Семенов Е.И.* Патент на изобретение РФ № 2438825. Баба молота /опубл. 10.01.2012. Бюл. № 1.