

**Марьин С.Б., Олейников А.И.Куриный В.В., Куриная Н.П.**  
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛАСТОСЫПУЧИХ СРЕД В ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКЕ

**Марьин С.Б., Олейников А.И., Куриный В.В., Куриная Н.П.**  
**S.B. Maryin, A.I. Oleynikov, V.V. Kuriny, N.P. Kurinaya**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛАСТОСЫПУЧИХ СРЕД В ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКЕ**

### **USE OF ELASTIC MEDIUM IN SHEET-METAL PRESSWORK**

**Марьин Сергей Борисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, E-mail: [kmtlp@knastu.ru](mailto:kmtlp@knastu.ru).

**Mr. Sergey B. Maryin** – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), [kmtlp@knastu.ru](mailto:kmtlp@knastu.ru).

**Олейников Александр Иванович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой механики и анализа конструкций и процессов Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. E-mail: [a.i.oleinikov@mail.ru](mailto:a.i.oleinikov@mail.ru), [cvmi@knastu.ru](mailto:cvmi@knastu.ru).

**Mr. Alexander I. Oleinikov** – Professor, Head of the Dep. of Mechanics/Analysis of Structures and Processes, Doctor of Physics and Mathematics, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), E-mail: [a.i.oleinikov@mail.ru](mailto:a.i.oleinikov@mail.ru), [cvmi@knastu.ru](mailto:cvmi@knastu.ru).

**Куриный Владислав Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. E-mail: [kmtlp@knastu.ru](mailto:kmtlp@knastu.ru).

**Mr. Vladislav V. Kuriny** – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), [kmtlp@knastu.ru](mailto:kmtlp@knastu.ru).

**Куриная Наталья Петровна** – старший преподаватель кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. E-mail: [kmtlp@knastu.ru](mailto:kmtlp@knastu.ru).

**Ms. Natalya P. Kurinaya** – senior lecturer at the of Foundry Industrial Machinery/Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), [kmtlp@knastu.ru](mailto:kmtlp@knastu.ru).

**Аннотация:** представлен способ деформирования листовых заготовок с применением универсальной эластичной штамповой оснастки.

**Summary:** The paper describes a method for deformation of sheet billets using a universal elastic medium press forming equipment.

**Ключевые слова:** универсальная штамповая оснастка, эластичная среда, гибка листовых заготовок, снижение пружинения заготовки, увеличение глубины внедрения заготовки.

**Keywords:** universal press forming equipping, elastic medium, bending of sheet billets, decreasing billet elasticity, increasing billet penetration.

УДК 621.983.073

В последние годы на первый план выходят задачи формообразования деталей самых разнообразных конструктивно-геометрических форм, в которых используются универсальные формообразующие элементы штамповой оснастки. В этом отношении большой интерес представляют процессы гибки-формовки листовых заготовок давлением эластичных сред. Этот способ предпочтительнее других при частой сменяемости или модернизации объекта производства, требует меньше затрат на штамповую оснастку и позволяет значительно сократить сроки подготовки производства.

В отношении конструкций штамповой оснастки для гибки-формовки листовых заготовок точки зрения различны, некоторые авторы рекомендуют придавать матричному блоку форму, обеспечивающую равномерную деформацию эластичного инструмента в процессе гибки [1]. Эта равномерность может быть достигнута за счет выемки в блоке различных отверстий, пазов, выемок, подкладок (см. рис. 1), что лишает его универсальности и ведет к увеличению затрат на его изготовление.

Поведение эластичного элемента в процессе формообразования свидетельствует о том, что при штамповке деталей удельное давление по площади заготовки неравномерно, что негативно сказывается на её напряженно-деформированном состоянии. Поэтому возникает необходимость в разработке новых решений в проектировании технологической оснастки, а также в использовании новых материалов. При этом в качестве рабочего тела, деформирующего заготовку, могут быть использованы эластосыпучие среды, которые состоят из эластичных гранул (см. рис. 2).

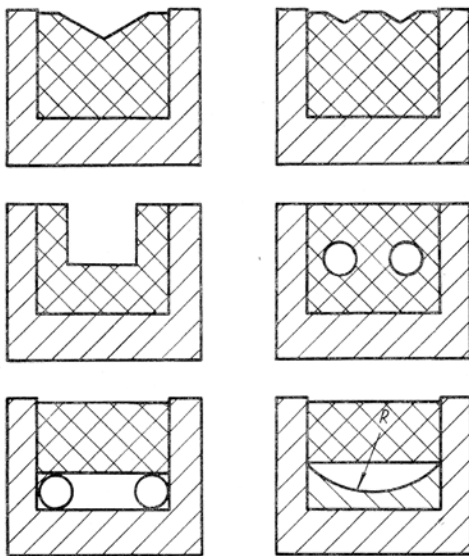


Рис. 1. Различные формы матричных

ных все чаще применяется гранулированный полиуретан ВИТУР-Т, основными преимуществами которого являются сочетание пластичности с твердостью, высокое сопротивление истиранию и сопротивление на разрыв, способность выдерживать высокую нагрузку сжатия (до 250...300 МПа) и ударные нагрузки.



Рис. 2. Гранулированный полиуретан марки ВИТУР Т-0433-85

Применение эластосыпучих сред позволяет:

- получить равномерное распределение усилия по всему объему сжимаемой среды;
- уменьшить усилие деформирования рабочего тела, благодаря возможности гранул перемещаться друг относительно друга;
- увеличить глубину внедрения заготовки в эластичную среду при формообразовании заготовки жестким пуансоном в эластичное тело;
- уменьшить количество эластичных инструментов (матриц-пуансонов), так как сыпучий материал может принимать любую форму, при этом исключить затраты на их изготовление.

Использование в матричном блоке гранулированного полиуретана позволяет получить равномерное распределение усилия по всему объему сжимаемой среды благодаря тому, что он является сыпучим материалом, и гранулы в процессе штамповки имеют возможность перемещаться друг относительно друга. В последнее время на производстве

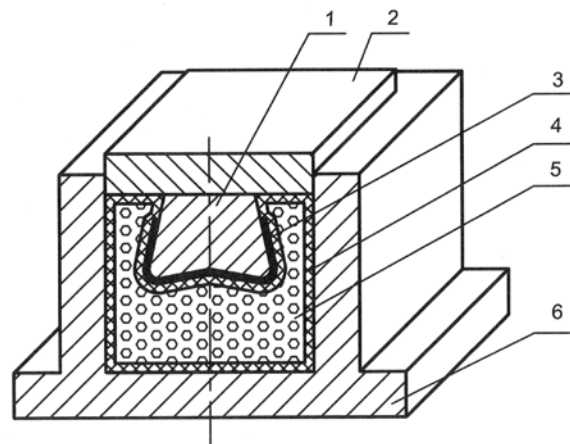


Рис. 3. Штамп для гибки-формовки деталей

Для проведения экспериментов с реальными условиями деформирования было разработано эластосыпучее рабочее тело, а также спроектирован и изготовлен комплект штамповой оснастки.

На рис. 3 показан штамп с эластосыпучим рабочим телом для гибки-формовки деталей в закрытом объеме.

Штамп работает следующим образом. Внутри контейнера *б*, закрепленного на столе прессы, устанавливается рабочее тело, состоящее из эластичной оболочки *4* и наполнителя в виде эластичных гранул и смазки *5*. Сверху рабочего тела располагают листовую заготовку и устанавливают нажимной пуансон *1*, закрепленный на пуансонодержателе *2*, который давит с усилием на листовую заготовку, и она под действием давления рабочего тела принимает форму жесткого пуансона.

Наличие эластичной оболочки в предлагаемом рабочем теле позволяет использовать жидкие смазки, при которых трение между гранулами значительно снижается. Использование смазки между эластичными гранулами способствует снижению трения между гранулами и, как следствие, более свободному перемещению их относительно друга, что обеспечивает равномерное распределение давления по всей площади заготовки.

Разработанный штамп позволяет снизить себестоимость изготавливаемых деталей из листовых заготовок за счет простоты иности используемой оснастки при обеспечении значительных степеней формоизменения, минимальных пружинений, необходимых механических свойств изделия при высоком качестве поверхностей.

Была экспериментально опробована штамповка деталей в штампе с эластосыпучей средой, с целью определения углов пружинения, согласно схеме, показанной на рис. 4.

Результаты экспериментов, величины углов пружинения образцов из материала АМГ6 приведены в табл. 1.

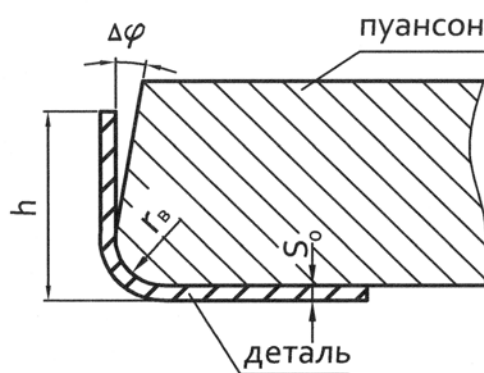


Рис. 4. Поднутрение пуансона на величину угла пружинения

Таблица 1

Средние углы пружинения при гибке-формовке прямолинейных бортов с различной высотой полки

Марка материала	Толщина заготовки $S_0$ , мм	Отношение внутреннего радиуса детали к толщине $r_b/S_0$	Высота борта $h$ , мм					
			6	9	12	15	18	21
			Средний угол пружинения $\Delta\varphi$ , градусы					
АМГ6	1,0	3,0	5°10'	3°10'	3°00'	2°55'	—	—
		6,0	—	7°00'	5°40'	5°10'	5°00'	—
		9,0	—	—	7°00'	6°10'	5°50'	5°40'
	2,0	1,5	3°00'	2°10'	2°00'	1°40'	—	—
		3,0	—	5°10'	4°10'	3°50'	3°20'	—
		4,5	—	—	5°10'	5°00'	5°00'	4°50'
	3,0	1,0	—	—	—	1°10'	1°10'	0°55'
		2,0	—	—	—	3°20'	3°10'	2°40'
		3,0	—	—	—	4°30'	3°40'	3°40'

Результаты экспериментов обрабатывались с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA 4.3», предназначенного для статистической обработки экспериментальных данных на персональном компьютере. Графические зависимости обработанных данных приведены на рис. 5 – 7.

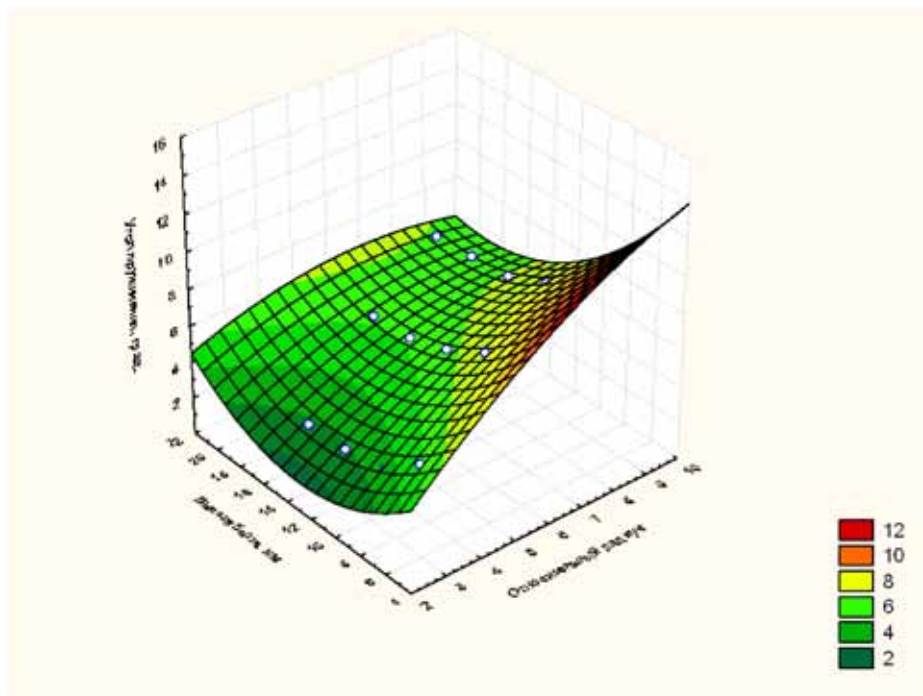


Рис. 5. Зависимость угла пружинения от относительного радиусагиба и высоты прямолинейного борта: материал АМГ6, лист 1,0 мм

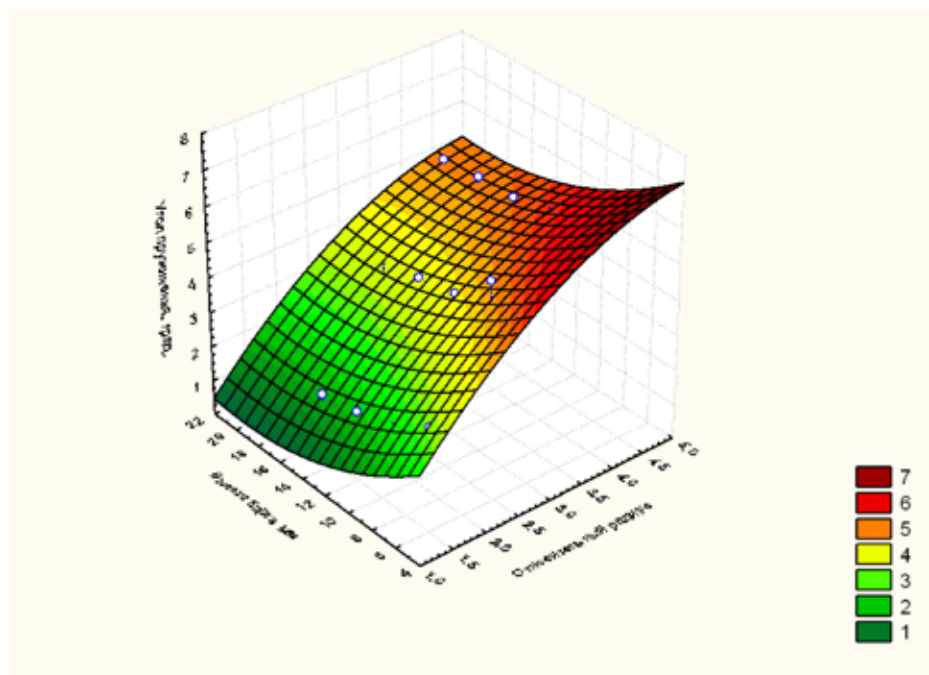


Рис. 6. Зависимость угла пружинения от относительного радиусагиба и высоты прямолинейного борта: материал АМГ6, лист 2,0 мм.

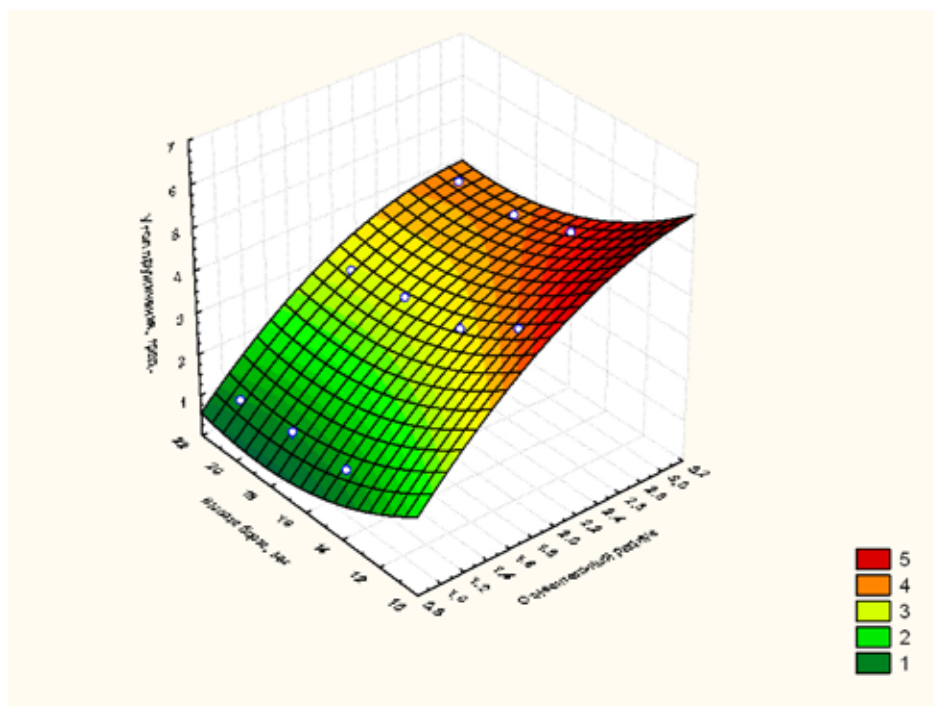


Рис. 7. Зависимость угла пружинения от относительного радиусагиба и высоты прямолинейного бортика: материал АМГ6, лист 3,0 мм

**Вывод.** Рассмотренный штамп можно использовать как базовый при проектировании и изготовлении штамповой оснастки. Предназначенной для гибки-формовки листового материала эластичной средой на производстве. Угол пружинения  $\varphi$  бортика при штамповке в штампе с эластосыпучей матрицей снижается на 5 – 12 % по сравнению со штамповкой в штампе с эластичной подушкой, вследствие более равномерного распределения давления по всей площади заготовки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ходырев, В.А. Применение полиуретана в листоштамповочном производстве. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1973. – 218 с.
2. Пат. №82432 РФ, МКИ U1 B21D 9/15. Универсальная эластичная матрица для штамповки листовых заготовок с нагревом / Марьин С.Б.; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 12.