

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ГК № 14.B37.21.0874.

### Литература

1. Z. Gabryszewski, W. Srodka, Zastosowarietemperatursprzezonej z odkształceniamido oceny dysypacji energii i wyznaczania granie plastycznosci, *Mechanica Teoretyczna i Stosowana*, 19, 1981
2. G. Sallat, Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Fließverhalten von Blechen im zweiachsigen Hauptspannungszustand, Dissertation, TU Karl-Marx-Stadt, 1988
3. W. Müller, Beitrag zur Charakterisierung von Blechwerkstoffen unter zweiachsiger Beanspruchung, Dissertation, Universität Stuttgart, Springer-Verlag, Berlin
4. W. Müller и K. Pöhlandt, New experiments for determining yield loci of sheet metal, *Journal of Materials Processing Technology*, 60, 1996, pp. 643 – 648.
5. D. Banabic, D.S. Comsa, S. Keller, S. Wagner, K. Siegert, An yield criterion for orthotropic sheet metals, *Innovations in processing and manufacturing of sheet materials*, ed. M. Demeri, TMS, Warrendale, 2001, pp. 145 – 159.
6. D. Banabic, J. Huetink. Determination of the yield locus by means of temperature measurement, *Proceedings of the International Conference on material forming ESAFORM*, 2006, pp.
7. П.А. Петров, Ф.Б. Прокопов, М.А. Петров, В.И. Воронков, Устройство для исследования сопротивления металлов и сплавов горячей деформации, Патент 120773 РФ, МПК G01N 3/28, опубликовано 27.09.2012.
8. P. Petrov, V. Voronkov, K. Potapenko, M. Petrov, O. Gamzina, Research into the flow stress of Al-Mg-Si alloy (AD-35) during the abrupt change of the strain rate at elevated temperatures, *Key Engineering Materials*, Vol. 554 – 557, 2013, pp. 1099 – 1104.
9. Петров П.А., Воронков В.И., Петров М.А., Назарова О.А., Шайхулов М.В. Анализ методов исследования контактного трения, основанных на выдавливании деформируемого материала / *Известия МГТУ «МАМИ»*, 2011, № 1. С. 177-184.
10. Петров П.А., Гневашев Д.А., Воронков В.И., Иванов В.А., Басюк С.Т. Конечно-элементное моделирование процесса изготовления тонкостенных оболочек в штампе с жестким буферным устройством / *Технология легких сплавов*. 2011. № 1. С. 86-93.
11. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю. Листовой демпфирующий материал для кузовных деталей. Свойства при сдвиговой деформации / *Автомобильная промышленность*. 2010. № 10. С. 39.
12. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Исследование свойств многослойных листовых материалов / *Заготовительные производства в машиностроении*. 2013. № 1. С. 28-31.
13. Соболев Я.А., Аверкиев А.Ю., Шпунькин Н.Ф., Феофанова А.Е. Ковка и штамповка / *справочник в 4-х томах* / Москва, 2010

### **Пружинение многослойного материала**

к.т.н. доц. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю.  
*Университет машиностроения*  
(495) 223-05-23 доб. 1113, ti@mami.ru

*Аннотация.* Проведено экспериментальное исследование пружинения многослойного материала. Выполнено сравнение пружинения однослойного и многослойного образца. Выявлены характер изменения пружинения в зависимости от угла изгиба и внутреннего радиуса.

*Ключевые слова:* пружинение, многослойный материал, угол изгиба, относительный радиус изгиба

Пружинение листовых деталей называется упругое изменение размеров после снятия нагрузки. Наличие пружинения влияет не только на качество деталей, но и требует значительного изменения геометрии деформирующего инструмента [1,3-8]

Углом пружинения  $\Delta\alpha$  называется разность между углом детали после снятия нагрузки и углом детали до снятия нагрузки (углом инструмента).

Пружинение отдельных участков заготовки всегда происходит в направлении, противоположном гибке. В процессе гибки в заготовке возникают напряжения, уравнивающие внешнее нагружение. После снятия нагрузки эти напряжения и вызывают упругую деформацию детали.

Исследовались образцы из многослойного материала и проведено сравнение с однослойным материалом той же толщины.

Исследование проводилось на универсальной испытательной машине Р-20. Гибке подвергались образцы размером 40x100 из листовой стали 08кп (однослойный материал) толщиной 1, 1,5 и 2 мм и антифона (многослойный материал) толщиной 1,2, 1,5 и 2 мм. Угол инструмента и угол детали после снятия нагрузки измерялись с помощью угломера. При изучении влияния радиуса гибки на угол пружинения использовался пуансон с углом  $90^\circ$  и радиусами закругления 2,5; 5; 10; 15 и 20 мм. При изучении влияния угла гибки используется пуансон радиусами закругления 2,5 и 20 мм и углами  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $120^\circ$ . Схема гибки приведена на рисунке 1. На рисунке 2 представлена, использованная в ходе исследования, оснастка (пуансоны и матрица).

По данным полученных в ходе опытов были построены графики зависимости угла пружинения от относительного радиуса закругления пуансона при угле гибки  $90^\circ$ ,  $\Delta\alpha = f(R/s)$  для стали и антифона толщиной 2 мм (рисунок 3), толщиной 1,5 мм (рисунок 4). И для стали толщиной 1 мм и антифона толщиной 1,2 мм от радиуса гибки (рисунки 5).

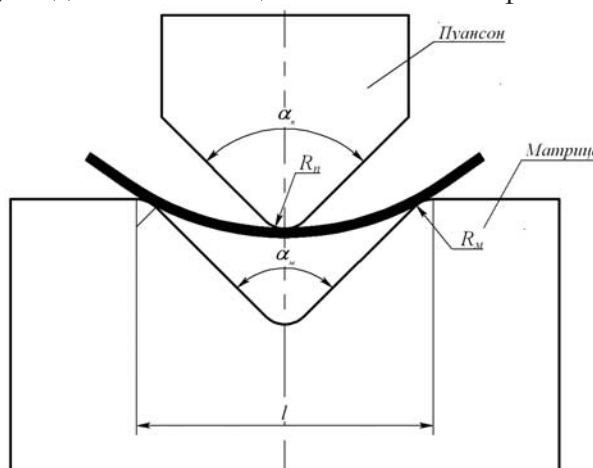


Рисунок 1. Схема гибки



Рисунок 2. Оснастка

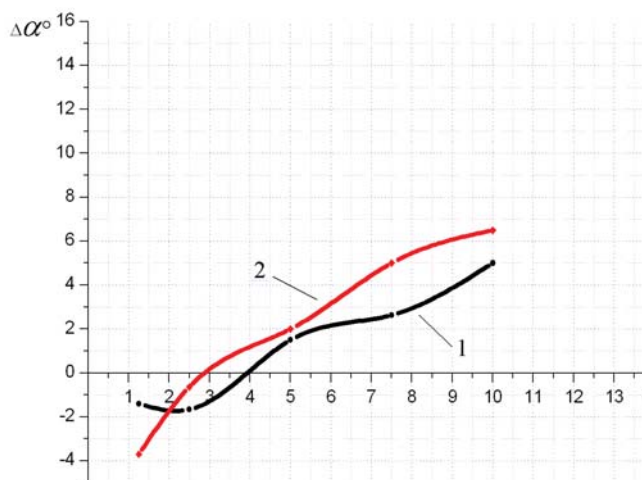


Рисунок 3. Сталь и антифона толщиной 2 мм (1-однослойный материал, 2- многослойный материал)

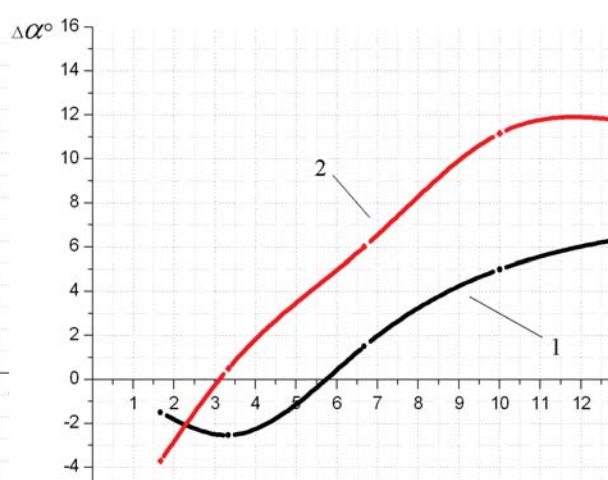


Рисунок 4. Сталь и антифона толщиной 1,5 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

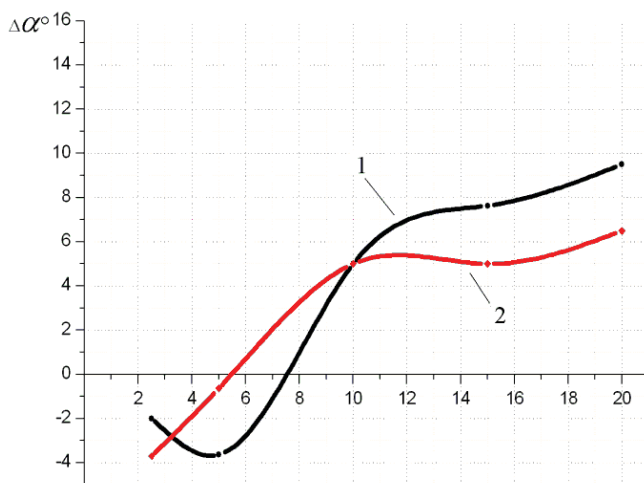


Рисунок 5. Стали толщиной 1 мм антифог толщиной 2 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

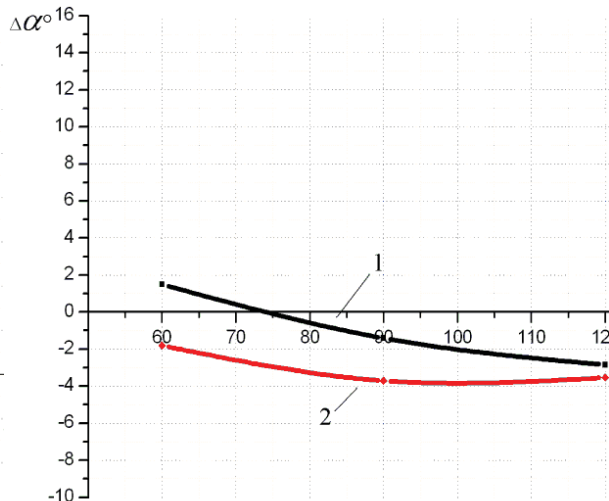


Рисунок 6. Стали и антифог толщиной 2 мм при радиусе гибки 2,5 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

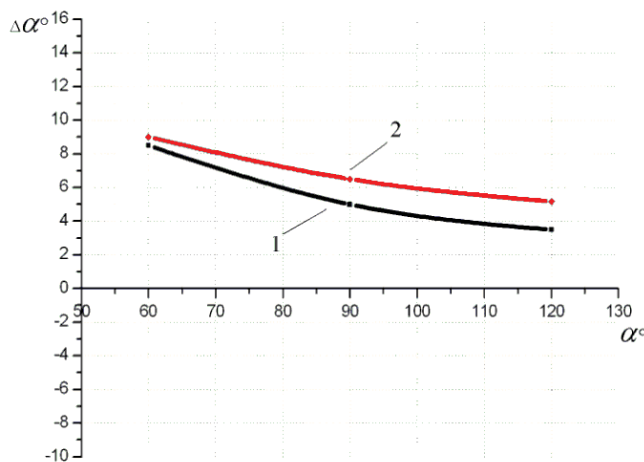


Рисунок 7. Стали и антифог толщиной 2 мм при радиусе гибки 20 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

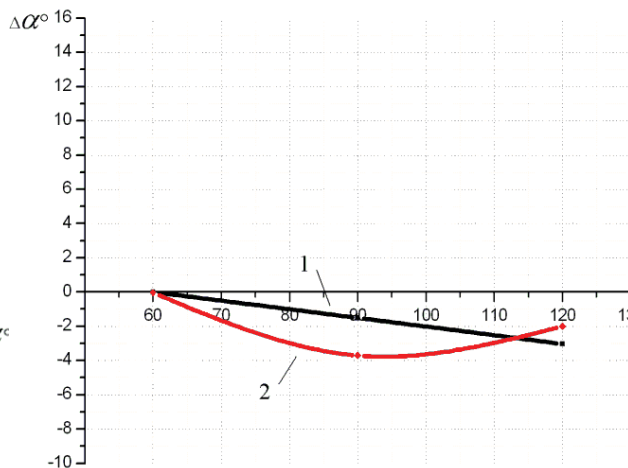


Рисунок 8. Стали и антифог толщиной 1,5 мм при радиусе гибки 2,5 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

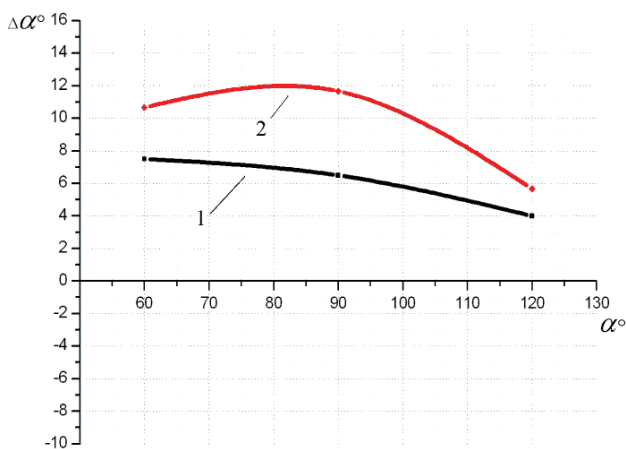


Рисунок 9. Стали и антифог толщиной 1,5 мм при радиусе гибки 20 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

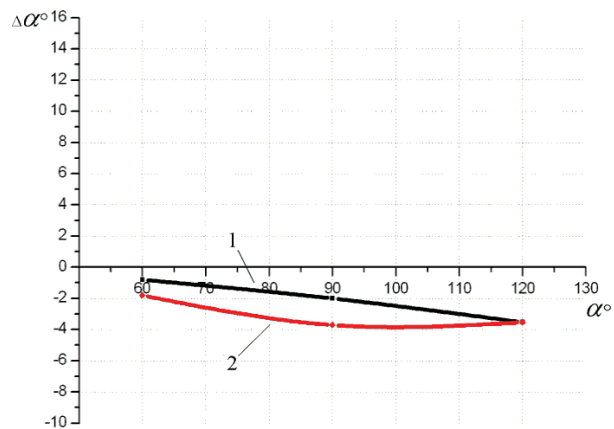
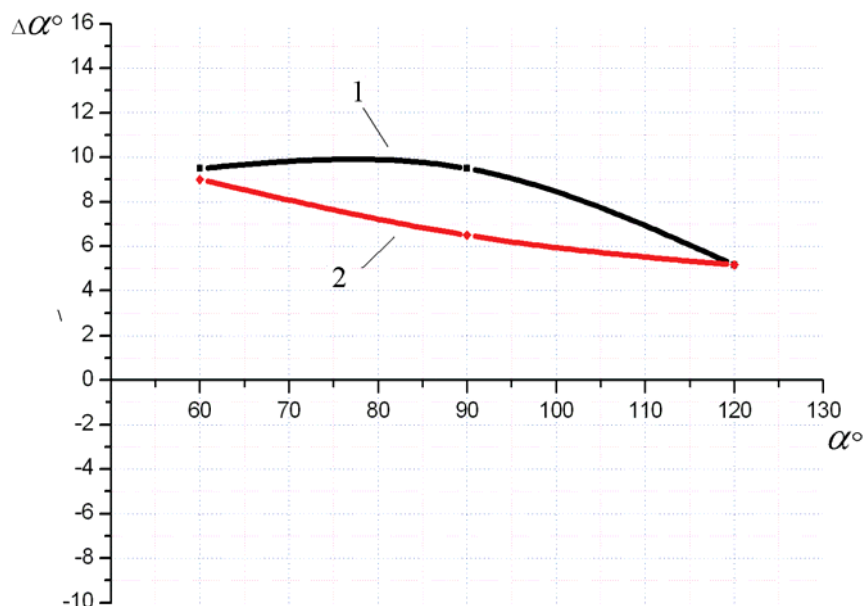


Рисунок 10. Стали толщиной 1 мм и антифог толщиной 2 мм при радиусе гибки 2,5 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)

Также были построены графики влияния угла гибки на угол пружинения  $\Delta\alpha = f(\alpha)$  для однослойного и многослойного материала толщиной 2 мм при радиусе гибки 2,5 мм (рисунок 6) и радиусе гибки 20 мм (рисунок 7), толщиной 1,5 мм при радиусе гибки 2,5 мм (рисунок 8) и радиусе гибки 20 мм (рисунок 9), толщиной 1 мм для стали и для антифона при радиусе гибки 2,5 мм (рисунок 10) и радиусе гибки 20 мм (рисунок 11).



**Рисунок 11. Сталь толщиной 1 мм и антифона толщиной 2 мм при радиусе гибки 20 мм (1- однослойный материал, 2- многослойный материал)**

Проанализировав полученные результаты можно заметить, что у многослойных материалов, так же как и однослойных, угол пружинения растет с увеличением радиуса гибки. При малых радиусах изгиба у обоих материалов угол пружинения отрицательный. Это происходит из-за того что при малых радиусах гибки предварительно изогнутые боковые участки заготовки на последней стадии гибки распрямляющиеся [ 1-2]. А пружинение данных участков значительно больше, чем пружинение центральной части образца. У обоих материалов, при больших радиусах гибки, с увеличением угла гибки, угол пружинения уменьшается.

В следствии того, что многослойный материал состоит из двух стальных слоёв, соединённых клеевой прослойкой, многослойный материал имеет пружинение примерно в 1,5 раза выше, для всех исследованных толщин и радиусов гибки, по сравнению с однослойной сталью. Исключение может составлять радиус 5 мм, при котором сталь имеет большее пружинение. При малых радиусах гибки максимальное значение пружинения у многослойного материала показано при угле 90° которое в 1,5 раза выше чем при больших углах гибки и в 2 раза выше чем при малых углах.

При сравнении материалов с разной толщиной, сталь толщиной 1 мм и антифон толщиной 2 мм, можно увидеть, что при всех радиусах гибки более тонкая сталь пружинит больше примерно в 1,5 раз. В свою очередь при малых и больших углах гибки, при радиусе пуансона 2,5 и 20 мм, материалы имеют практически одинаковое пружинение.

#### Выводы

У многослойного материала так же как и у однослойного при увеличении радиуса гибки увеличивается угол пружинения. При малых радиусах гибки угол пружинения отрицательный.

Многослойный материал толщиной 2 мм и однослойный материалы толщиной 1 мм при угле 60° и 120° имеют практически одинаковый угол пружинения, при угле 90° более тонкий однослойный материал пружинит больше при всех радиусах гибки.

Многослойный материал имеет большее пружинение при различных толщинах, радиусах и углах гибки примерно в 1,5 раза по сравнению с однослойным материалом.



### Список литературы

1. Норицын И. А., Калпина Ю. Г., Определение угла пружинения при одноугловой гибке, Вестник Машиностроения, №1, Москва, 1968 г. 63-66 с.
2. Калпин Ю.Г., Перфилов В.И., Петров П.А., Рябов В.А., Филиппов Ю.К. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением / Учебное пособие // М.:Машиностроение . 2011. 244с., 73 ил.
3. Саушкин Г.Б., Моргунов Ю.А. Электрохимическое нанесение информации на поверхность деталей машин/ Упрочняющие технологии и покрытия 2009 №12. С.45-49.
4. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Унифицированные технологии изготовления штампов с применением электрофизических методов обработки / Металлообработка 2010. № 2. С.42-45.
5. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Анализ технологических решений при изготовлении штампов для горячей объемной штамповки / Металлообработка 2009. №6. С. 26-28.
2. Астахов Ю.П., Кочергин С.А., Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин Г.Б., Саушкин Б.П. Микрообработка поверхностных рельефов с применением физико-химических методов воздействия на материал / Научные технологии в машиностроении. 2012. №7. С.33-38.
9. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов используемых для защиты от шума / Известия МГТУ «МАМИ» 2012. №2., том 2 С.194-199
10. Соболев Я.А., Аверкиев А.Ю., Шпунькин Н.Ф., Феофанова А.Е. Ковка и штамповка /Справочник в 4-х томах / Москва, 2010

### **Влияние числа осаженных заготовок на конечную температуру детали**

Хамидулина А.А.

Университет машиностроения

70789272@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрена технология глубокой холодной объемной штамповки детали из низколегированной стали 20, описана методика проведения эксперимента, выявлено влияние числа штампованных заготовок на конечную температуру детали.

*Ключевые слова:* холодная объемная штамповка, фосфатирование с омыливанием.

### **Введение**

Контактное трение при обработке металлов давлением чаще всего играет отрицательную роль. Оно увеличивает нагрузку на инструмент, приводит к повышению мощности деформирующего оборудования, способствует неоднородности деформации поковки, что в дальнейшем может создать неоднородную микроструктуру металла изделия [7]. Пластичность материала и качество поверхности штампуемой детали также может снизиться [8-9]. Стойкость инструмента существенно зависит от контактного трения.

Для борьбы с отрицательными явлениями, вызванными контактными силами трения при штамповке, служат технологические смазки или покрытия, наносимые на инструмент или исходную заготовку перед деформированием. Особенно важно выбрать эффективную смазку при холодной объемной штамповке, когда нагрузки на инструмент достигают очень больших значений и приближаются к пределу прочности материала штампа (удельное давление может повышаться до 2000 – 2200 МПа).

Практика последних десятилетий показала, что весьма эффективным способом уменьшения контактного трения при холодной объемной штамповке стальных деталей является нанесение на поверхность заготовок фосфатного покрытия с последующим омыливанием. При этом материальные затраты сравнительно невысоки. Фосфатное покрытие толщиной в