

6. Кохан Л.С., Алдуниин А.В., Ремпель Г.Б. Вальцовка профилей с ромбическим сечением / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2013. № 1. С. 13 – 16.
7. Алдуниин А.В. Разработка режимов горячей прокатки низкоуглеродистой стали с использованием закономерности структурообразования / Производство проката. 2007. № 11. С. 7 – 8.
8. Алдуниин А.В., Шумеев А.В. Исследование распределения пластической деформации по толщине стальных полос // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. № 4(22). Т. 2. С. 5 – 9.
9. Алдуниин А.В., Русаков А.Д., Трайно А.И. Исследование и разработка технологий производства стальных полос. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 170 с.
10. Никитин А.Г., Пономарев А.Н., Векессер А.Ю. Жесткость подшипника скольжения с пневматическим амортизатором тороидального типа / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2006. № 4. С. 54 – 55.

Экспериментальное исследование осесимметричной формовки многослойного материала

Типалин С.А., Петров М.А., Косачев Н.Ю., Шпунькин Н.Ф., Пономарев А.Н.

Университет машиностроения

8 (495) 223-05-23 kiod@mami.ru

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования осесимметричной формовки по методу Эриксона. Определена предельная деформация многослойных элементов до разрушения целостности отдельных слоев. В процессе экспериментов изменялись контактные условия взаимодействия слоев с инструментом. Получены экспериментальные данные по силовым параметрам процесса.

Ключевые слова: многослойный материал, осесимметричная формовка, утонение, разрушение слоя.

Многослойные материалы все шире используются в современном мире. Это обусловлено возможностью получения готовых изделий с нужными свойствами, аналог которых при однослойном исполнении из отдельных сплавов или экономически не выгоден или его получить невозможно [1, 2, 3]. В результате чего возникает необходимость совершенствовать технологию изготовления изделий из подобных материалов и более детально исследовать их свойства [4, 5, 6, 8, 9]. Сочетание обычной стали и нержавеющей наиболее востребовано в современном производстве. Причем этот материал используется не только в качестве биметалла, но и в виде сэндвич-листов (с полимерной связующей или прослойкой из синтетического материала), которая способна не только гасить вибрации от работающих элементов конструкции, но и гасить звуковые колебания.

При подготовке к экспериментам использовались две полосы стали различных марок, эпоксидная смола и стекловолокно.

Первая полоса – нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т, толщиной 0,5, шириной 250 мм, длиной 500 мм, вторая полоса – холоднокатаная сталь марки 10кп, толщиной 0,5 мм, шириной 200 мм, длиной 1000 мм.

Характеристики (химический состав, механические свойства) материала 12Х18Н10Т приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав в % материала 12Х18Н10Т

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Прочее
до 0.12	до 0.8	до 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	до 0.3	(5 С - 0.8) Ti, остальное Fe

Механические свойства при $T=20^{\circ}\text{C}$ материала 12X18H10T

Сортамент	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Термообработка
Лист тонкий	530	205	40	Закалка 1050 - 1080 $^{\circ}\text{C}$, Охлаждение вода,

Характеристики (химический состав, механические свойства) материала холоднокатаная сталь марки 10кп приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Химический состав в % материала 10кп ГОСТ 1050 – 74

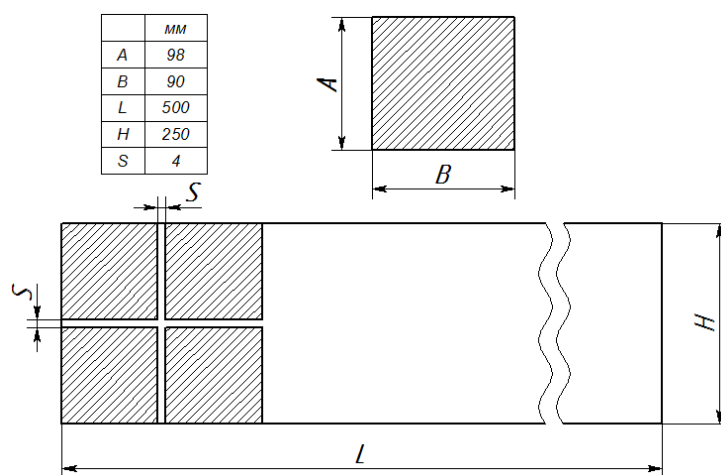
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.07 - 0.14	до 0.07	0.25 - 0.5	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.15	до 0.25	до 0.08

Таблица 4

Механические характеристики при $T=20^{\circ}\text{C}$ материал 10кп

Сортамент	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
Сталь калиброванная	372		55

Стальные полосы были размечены при помощи чертилки и линейки на заготовки согласно схеме раскроя (рисунок 1).

**Рисунок 1. Схема раскроя стальных полос марки 10кп и 12X18H10T**

После нанесения линий разметки стальные листы были разделены на заготовки пневматическими пресножницами.

Затем заготовки были разделены на следующие группы:

- 1) 10кп;
- 2) 10кп + 10кп;
- 3) 10кп + 12X18H10T;
- 4) 10кп + Стекловолокно + 10кп;
- 5) 12X18H10T;
- 6) 12X18H10T + 12X18H10T;
- 7) 12X18H10T + 10кп;
- 8) 12X18H10T + Стекловолокно + 12X18H10T.

На стальные заготовки был нанесен равномерно слой полиэфирной смолы, а затем они

были соединены в соответствии со своей группой. Для соединения слоев была использована полиэфирная смола марки Нигрен Репаратурбокс (NIGRIN Reparaturbox).

Спустя некоторое время образцы были перемещены под равномерный груз для окончательной полимеризации смолы.

Эксперимент проводился на машине марки Roell Amsler Bup 600, внешний вид машины показан на рисунке 2.



Рисунок 2. Испытательная машина Roell Amsler Bup 600

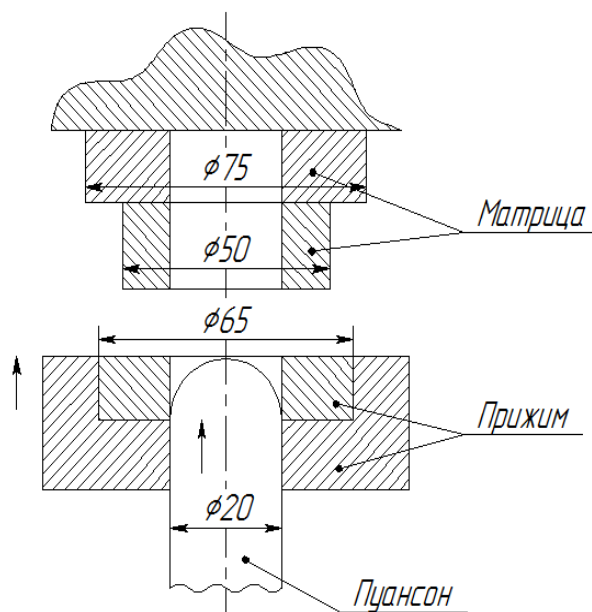


Рисунок 3. Схема инструмента испытательной машины Amsler Bup 600

Машина оснащена компьютеризированным комплексом, который позволяет автоматически считывать данные во время эксперимента.

Технические параметры машины приведены в таблице 5. Схема инструмента испытательной машины показана на рисунке 3.

Таблица 5

Технические параметры машины

Модельный ряд	Amsler Bup 600
Макс, сила вытяжки, кН	600
Макс, сила прижима, кН	50
Сила штамповки, кН	600
Макс, перемещение, мм	120
Макс, скорость испыт., мм/мин	750
Диаметр лунки, мм	250
Макс, ширина полосы металла, мм	260
Макс, толщина полосы металла, мм	10
Макс, диаметр вытяжных матриц, мм	250
Макс, потреб, мощность, кВА	12

Во время проведения экспериментов образцы поочередно помещались в инструмент и подвергались деформированию, результаты передавались на компьютер. В таблице 15 представлены визуальные результаты экспериментов.



а) Сталь 12X18H10T



е) Сталь 10кп



б) Сталь 12X18H10T + Сталь 12X18H10T



ж) Сталь 10кп + Сталь 10кп



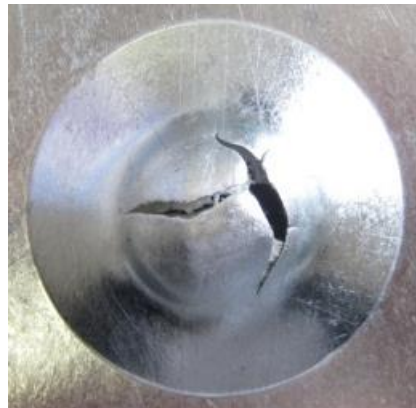
в) Сталь 12X18H10T + Сталь 10кп



з) Сталь 10кп + Сталь 12X18H10T



г) Сталь 12X18H10T + Ст.Вол. + Сталь 12X18H10T



и) Сталь 10кп + Ст. вол. + Сталь 10кп

Рисунок 4. Образцы материала после деформации

Анализ деформируемых образцов показал, что в нижней части двухслойной заготовки, контактирующей с пуансоном, происходит замедление течения металла под влиянием сил трения. При этом большое значение имеет пластичность нижнего слоя. При увеличении пластичности материала, контактирующего с пуансоном, и снижения коэффициента трения с ним деформируемость образца без разрушения значительно увеличивается (рисунок 4 д-ж).

Деформирование верхнего листа происходит в гораздо более благоприятных условиях в сравнении с нижним листом, вследствие этого утонение в сферической части верхней заготовки по сравнению с нижней идет более равномерно. Результатом этого является разрыв верхнего слоя материала не в торовой части заготовки, ближе к вершине сферического выступа.

Качественный состав проведенных экспериментов показал схожесть полученных данных с экспериментами, проведенными для формовки детали пуансоном с торовой частью [7, 9]. Приведенные в статьях [7, 8] данные экспериментов позволяют сравнить деформирование внутренних и внешних слоев заготовки (рисунок 5). На графике показаны изменения отношения утонения заготовки в процессе деформации ΔS к исходной толщине S в радиальном направлении (где N – номер координатной сетки в радиальном направлении).

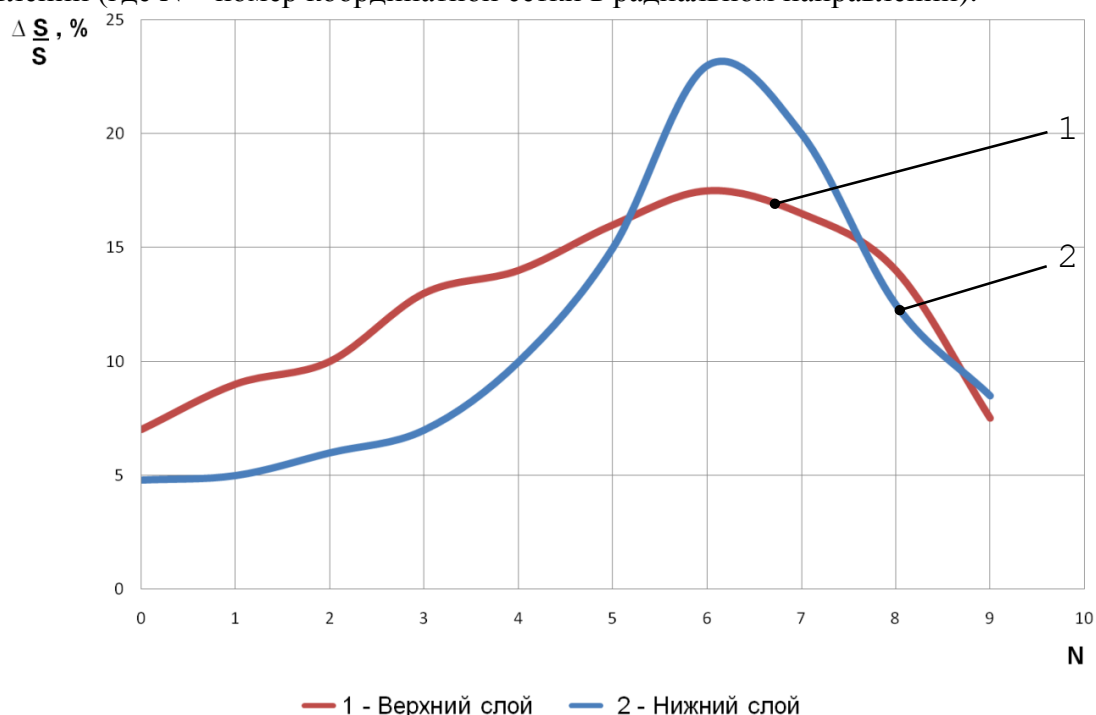


Рисунок 5. Изменения относительной толщины нижнего и верхнего металлических слоев формовой многослойной заготовки в радиальном направлении

Для определения силовых параметров процесса в процессе проведенных экспериментов по формовки образцов сферическим пуансоном были построены графики зависимости силы от перемещения пуансона, $P = f(S)$ (рисунки 6 и 7).

Как видно из графиков, расположение слоев вносит существенный вклад в процесс деформации до образования локализационной трещины (момент падения силы), и, как следствие, происходит изменение максимальной силы в процессе разрушения образца.

Выводы

1. Утонение сферической части верхней заготовки идет равномерно по сравнению с нижней, в следствии того, что деформирование верхнего листа происходит в более благоприятных условиях в сравнении с нижним листом.
2. Расположение слоев вносит существенное изменение силовую характеристику процесса деформации, до образования трещины на образце.

3. Присутствующая прослойка стекловолокна между слоями приводит к уменьшению трения на поверхности пуансона, что сказывается на изменении схемы деформации и, как следствие, изменяется характер разрушения листов.

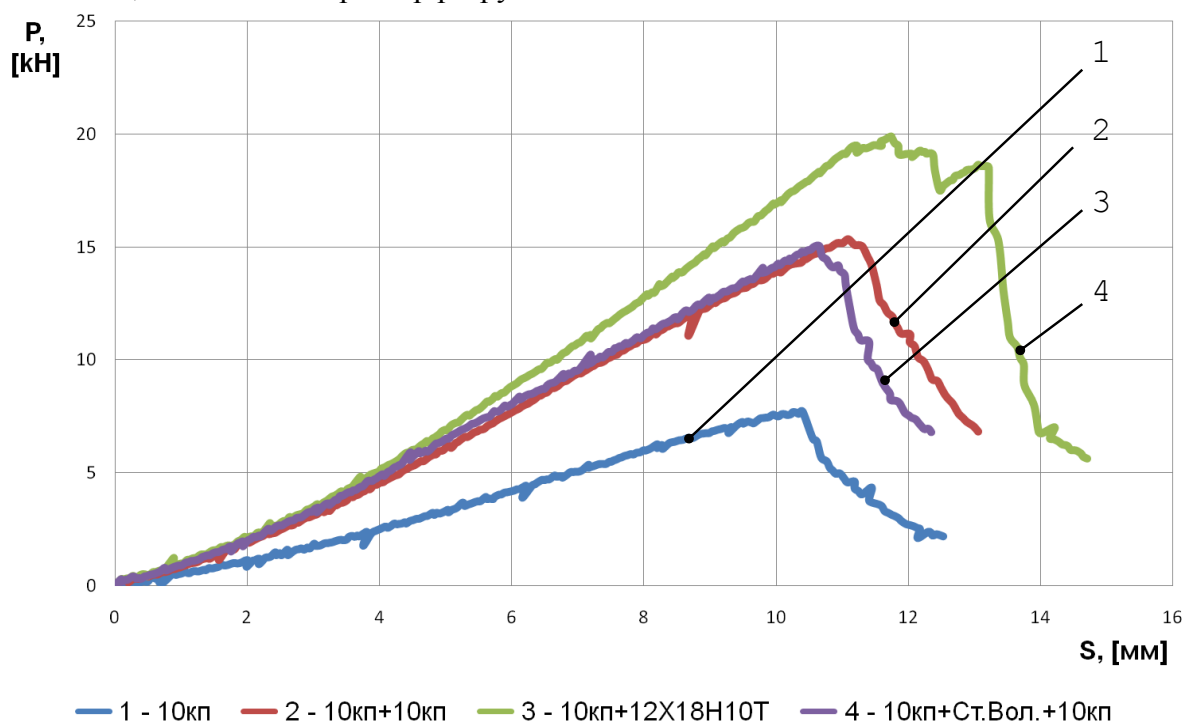


Рисунок 6. Графики для стали 10кп

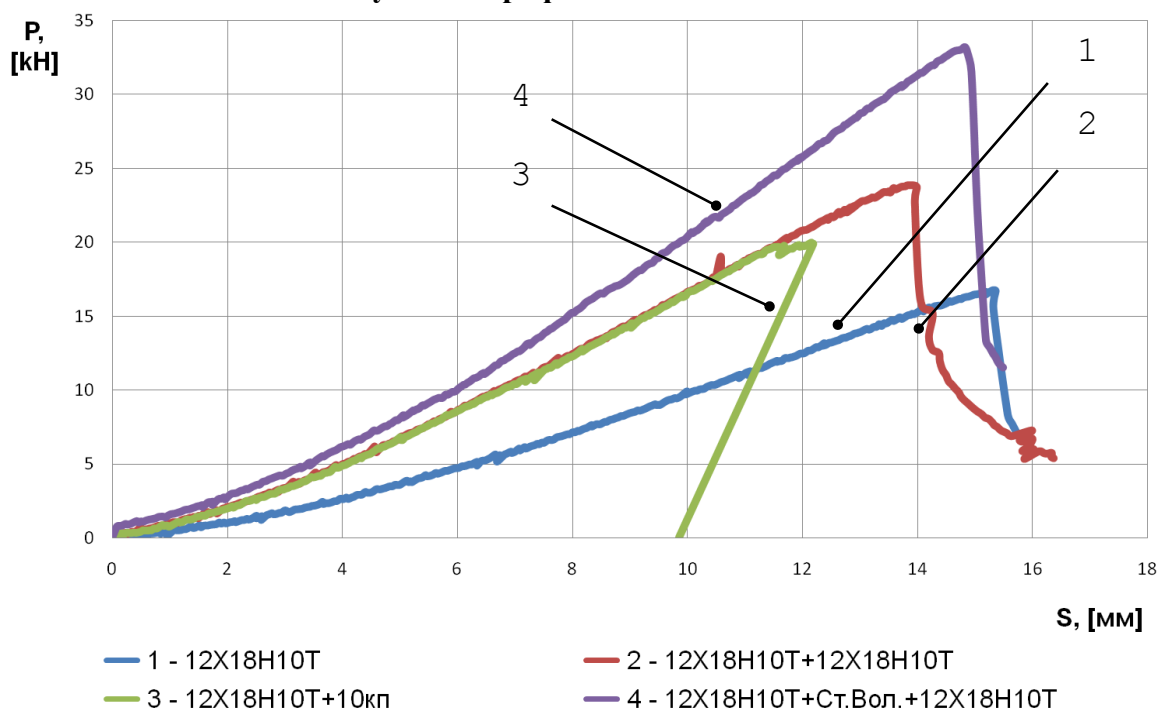


Рисунок 7. Графики для стали 12X18H10T

Литература

1. 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.
2. Филиппов Ю.К., Типалин С.А., Крутина Е.В. Металлы и сплавы для художественной чеканки // Учебное пособие. / М.: Университет машиностроения 2013. 29 с. Ил.

3. Типалин С.А., Филиппов Ю.К., Яковлев С.С., Проскуряков Н.Е. Художественная чеканка медалей / Учебное пособие –ТулГУ, 2014. – 53 с
4. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Технологичность штампованных листовых деталей / Учебное пособие. – М.: Университет машиностроения, 2015. 72 с.
5. Кохан Л.С., Шульгин А.В., Крутина Е.В., Морозов Ю.А. Изменение толщины стенок цилиндрических листовых изделий при вытяжке без прижима / Технология металлов. 2015. № 1. С. 8 – 11.
6. Астахов Ю.П., Кочергин С.А., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Повышение эффективности изготовления лопаток моноколес / Технология машиностроения. 2013. № 5. С. 14 – 18.
7. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Косачев Н.В. Определение деформации слоев при осесимметричной формовке двухслойной заготовки / Известия МГТУ «ММИ». 2013 № 2 (16). Том 2. С. 58 – 62.
8. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Шаргунов М.В. Экспериментальное исследование осесимметричной формовки двухслойных заготовок с не отвержденным промежуточным слоем / Прогрессивные технологии и оборудование при обработке материалов давлением // Научные труды Всероссийского Соперания обрабатчиков давлением «Формирование механизмов совместной деятельности кафедр вузов России по подготовке специалистов, развитие научно-методической и издательской работы в области пластического формообразования деталей из поликристаллических и аморфных материалов. Ульяновск 2007. С. 43 – 46.
9. S.Tipalin, M.Petrov, B.Saprikin, N.Kosatchyov, N.Shpunkin, P.Petrov Numerical and experimental investigation of deep drawing of sandwich panels / Key Engineering Materials //Trans Tech Publications, Switzerland Vols. 611-612 (2014) pp 1627-1636.

Моделирование процесса неравномерной отбортовки

Типалина А.В., Филиппов Ю.К., Панфёров В.В., Кучковский Ю.П., Боронников Д.А.
Университет машиностроения
8 (495) 223-05-23 kiod@mami.ru

Аннотация. В технологических операциях листовой штамповки имеет место неравномерная отбортовка наружного и внутреннего контура. Неравномерная форма отверстия приводит к изменению процесса течения отбортованной кромки. На основании моделирования обобщены результаты исследований. В ходе моделирования выявлены проблемные участки для формы надреза у отбортованной детали.

Ключевые слова: неравномерная отбортовка, моделирование, коэффициент отбортовки, разрыв кромки, утонение материала

Технологическая операция отбортовки круглых отверстий является одним из хорошо изученных процессов листовой штамповки. Однако, как показала практика, изменение геометрических параметров инструмента [1, 2, 3], конфигурации штампуемой части заготовки [4, 5] или наличие неравномерности свойств обрабатываемого материала [6 – 10] приводят к существенным отличиям в протекаемом процессе.

Одним из способов нанесения надежного покрытия в цехах машиностроительного комплекса является использование металлической плитки, путем монтирования ее в бетонное покрытие пола. Данный вид покрытия является относительно недорогим и очень надежным, что подтверждается многолетней эксплуатацией подобных конструкций.

На Российском рынке также достаточно много производителей напольных топпингов, но следует отметить компанию «АвтоСпецМаш», которая успешно работает с 1998 года. Основная её специализация – это холодная штамповка из листового металла. Главным товаром