

УДК 621.7.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «AUTOFORM»

Юрий Петрович Кучковский

Магистр 1 года

кафедра «Машины и технологии обработки материалов давлением»

Университет Машиностроения "МАМИ"

Научный руководитель: С.А. Типалин

кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технологии обработки материалов давлением»

Ключевые слова: пластическая деформация (*plastic deformation*), биметалл (*bimetal*), композиционный материал (*composite material*), компьютерное моделирование (*computer simulation*).

Аннотация: Любое изменение технологического процесса производства изделия связано с значительными материальными затратами на частичную или полную переработку этого процесса. Изменяя характеристики исходного материала или его геометрию в технологии листовой штамповки, технологи обязаны согласовать эти изменения с конструкторами, которые в свою очередь обязаны пересмотреть конструкцию технологической оснастки.

Целью исследования является определение способа сокращения расходов на реализацию нововведений в технологический процесс листоштамповочного производства, путём применения композиционных материалов в качестве исходных заготовок, вместо традиционных – однослойных.

В ходе исследования проведено численное компьютерное моделирование процесса вытяжки осесимметричной детали из композиционного материала (биметалла), для определения возможности замены ею однослойной заготовки, без переработки технологического процесса.

По результатам компьютерного моделирования был сделан вывод о рациональности замены, в процессах листовой штамповки, однослойных материалов на многослойные.

Технический прогресс не стоит на месте и всё время заставляет инженеров удовлетворять вечно растущую потребность человечества. Плодами работы инженеров являются усовершенствованные старые или вновь изобретённые машины и устройства, способные облегчить работу человека и сделать его жизнь максимально комфортной. Здоровая конкуренция на рынке приводит к использованию конструкторами и технологами новых материалов, превосходящих по своим свойствам традиционные аналоги. В связи с этим возрастает роль композиционных материалов в машиностроительной отрасли. В частности, все большее распространение получают многослойные композиционные листовые материалы [1].

Некоторые материалы представляют собой сочетание металлических и полимерных слоёв. Обычно такие материалы называют сэндвич-панелями. Полимерные составляющие

этого материала могут иметь различные свойства. В частности, для получения листовых материалов обладающих шумо- и вибропоглощающим эффектом применяют составляющие, имеющие упруговязкие свойства. Благодаря этой особенности отпадает необходимость проведения дополнительных операций, позволяющих повысить шумопоглощающие свойства изделия, что упрощает сборочные работы, снижает вес готовой конструкции и, как следствие, уменьшает ее стоимость[2].

Но самыми распространенным многослойными материалами, уже на протяжении нескольких десятилетий, являются биметаллы, представляющие собой сочетание различных металлических составляющих.

Применение биметаллов в различных изделиях, получаемых листовой штамповкой, так же обусловлено экономической выгодой и упрощением процесса производства. В отличие от сэндвич-панелей биметаллы не обладают повышенными свойствами виброгашения и шумопоглощения, но у них есть ряд других, не менее весомых, преимуществ. Изделия, изготовленные из биметаллов, могут обладать различными эксплуатационными и защитными свойствами. Регулируя толщину и материал слоёв биметаллической заготовки, можно добиться необходимых свойств в готовом изделии

В качестве примера использования подобных материалов можно привести такие детали, как: картеры, кожухи, перегородки, капот автомобиля и др.

Технологические особенности деформирования подобных материалов вызывают существенные отличия, в плане силовых составляющих и штампуемости материала. В результате деформации подобного материала может возникнуть сдвиг одного металлического слоя, относительно другого.

Постоянно развивающийся потребительский рынок навязывает производителям свои условия, вынуждающие делать производство более эффективным. Традиционные виды проектирования и испытаний, которые являлись основными еще 10-20 лет назад, уже не могут конкурировать не только по времени, но и по затраченной стоимости. В связи с этим большое распространение получили исследовательские работы, основанные на компьютерном проектировании и численном моделировании технологических процессов, с помощью современных программных продуктов.

Многие производители программного обеспечения заявляют, что возможности их программ позволяют проводить вычисление деформации многослойных заготовок. Одним из лидеров этого рынка является компания *AutoForm*, со своим одноимённым программным комплексом.

Цель проведения данного исследования – определение возможности производства вытяжной операции биметаллического материала с использованием расчётных данных – геометрических размеров вытяжных переходов, коэффициентов вытяжки, сил и работ вытяжки, применяемых для разработки технологии штамповки деталей из однослойного материала.

Задача – снижение трудозатрат инженеров и уменьшение времени на переработку технологии производства детали.

В качестве расчётных данных перед нами должны предстать такие показатели как: риски разрыва заготовки, изменения толщин того или иного слоя вытяжного перехода, распределение деформаций и несколько других параметров. После проведения моделирования в программе автоматически строятся графики сил операций, с учётом их распределения по инструменту.

Помимо перечисленного, программа позволяет подобрать оптимальное количество технологических переходов.

Было выполнено несколько вариантов компьютерного расчёта (рис. 1) операции вытяжки, в которых в качестве исходных данных задавался один и тот же деформирующий инструмент, но менялась схема исполнения заготовки (расположение слоёв биметалла).

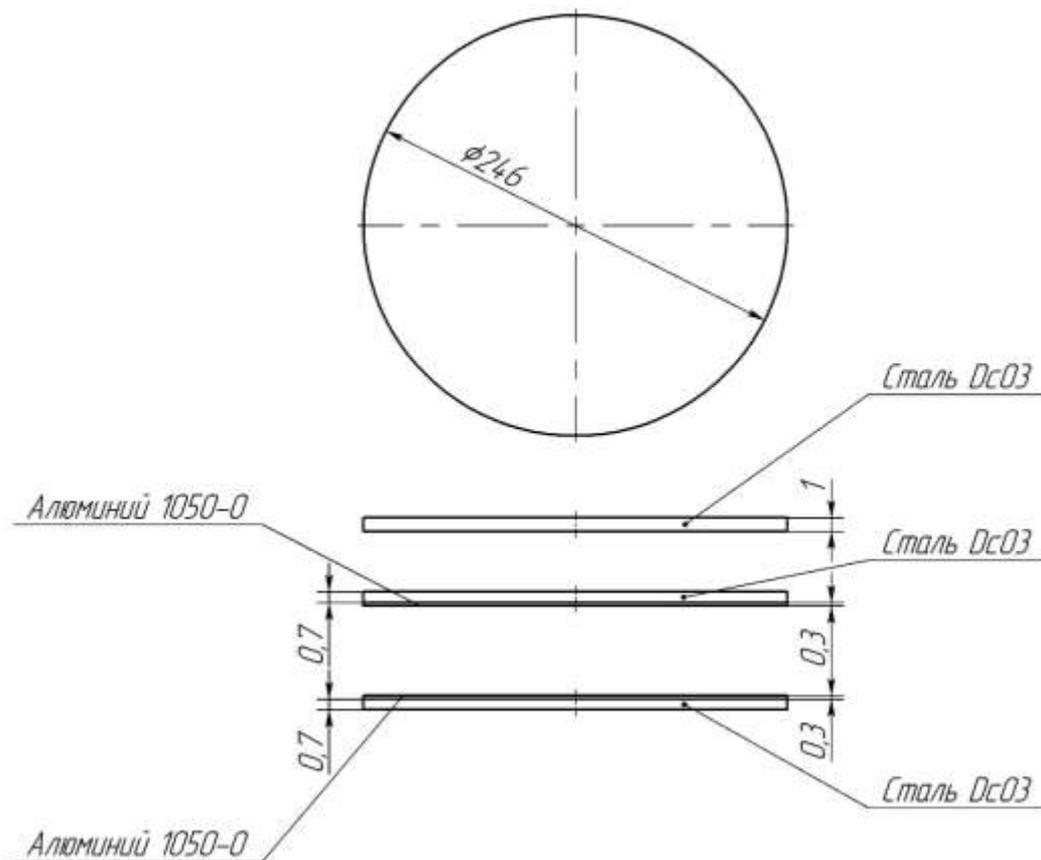


Рис.1. Вариации заготовок для компьютерного расчёта операции вытяжки

В первом случае компьютерного расчёта в качестве исходного материала задавалась сталь Dc03 (европейский аналог стали 08Ю).

Во втором – в качестве исходной заготовки выступила биметаллическая заготовка, состоящая из двух слоёв. Одним слоем, принятой биметаллической заготовки, являлась сталь Dc03, толщиной 0,7 мм, а вторым – алюминий 1050-0, толщиной 0,3 мм. Заготовка укладывается в оснастку таким образом, чтобы с матрицей контактировал стальной слой.

В третьем случае все параметры расчёта оставались аналогичными параметрам второго расчёта, менялось лишь положение заготовки в инструменте на противоположное – с матрицей контактировал алюминиевый слой.

Вид кривых упрочнения для используемого материала приведены на рис.2.



Рис. 2–а. Кривая упрочн. для слоя с 1050-0



Рис. 2–б. Кривая упрочн. для слоя с Dc03

В качестве образца для моделирования, который определяет геометрию деформирующего инструмента, возьмём осесимметричную деталь типа «стаканчик» (рис. 3). Эта деталь является первым технологическим переходом в процессе создания детали «Купол» (рис. 4). Для компьютерного моделирования вытяжной операции был взят именно первый технологический переход, поскольку на этом этапе штамповки необходимы максимальные усилия деформирования, а коэффициент вытяжки принимает минимальное значение.

Перед проведением компьютерного моделирования процесса вытяжки детали были выполнены все необходимые расчёты [3] для определения таких технологических параметров вытяжного процесса как:

- размеры исходной заготовки;
- количество операций вытяжки;
- размеры вытяжных переходов;
- технологические силы операций.

Заготовка, также, принималась согласно предварительно выполненным технологическим расчётам, её диаметр – 246 мм, а общая толщина – 1 мм (см. рис.1).

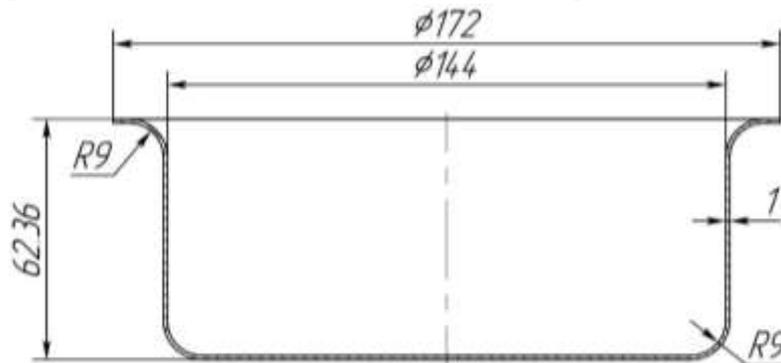


Рис.3. Геометрические параметры 1–го вытяжного перехода

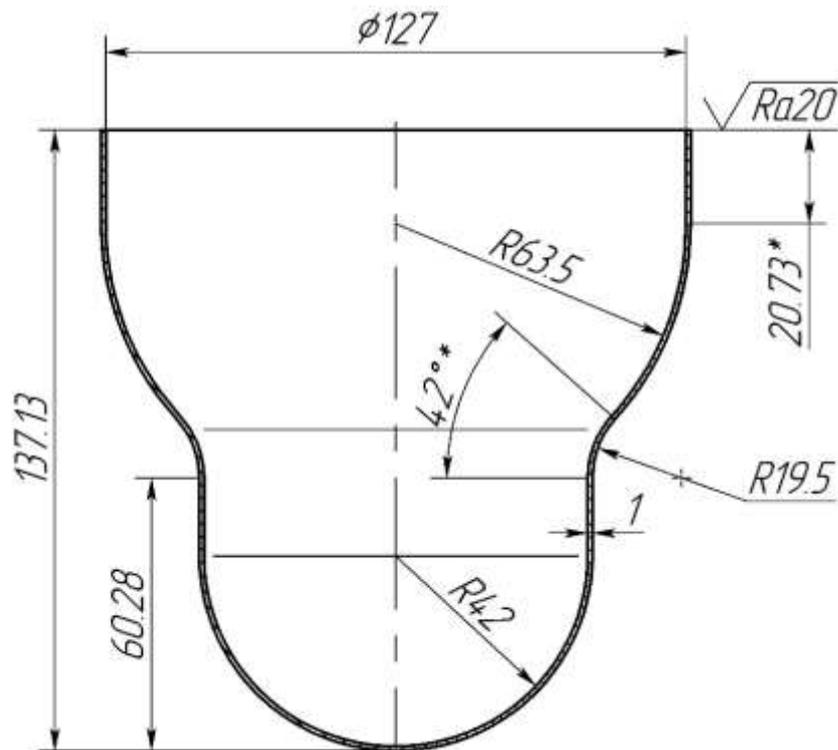


Рис.4. Геометрические параметры последнего вытяжного перехода (готовой детали)

Характеристика стали 08Ю (Dc03): раскисленная алюминированная низкоуглеродистая сталь обладает достаточно высокой пластичностью при холодной деформации.

Основные механические характеристики

Предел прочности: $\sigma_b = 250\text{--}350$ (**347,1**) МПа

Предел текучести: $\sigma_t = 205$ (**231**) МПа

Сопротивление срезу: $\sigma_{ср} = 188\text{--}260$ МПа

Относительное удлинение: δ не менее 36 (**17,1**) %

Характеристика алюминия АД1 (1050-0): технический алюминий, упрочняемый только давлением с высокими антикоррозионными показателями и высокой пластичности, однако прочность его мала.

Основные механические характеристики

Предел прочности: $\sigma_b = 80$ (**81,58**) МПа

Предел текучести: $\sigma_t = 40$ (**48,4**) МПа

Относительное удлинение: δ не менее 35 (**41,9**) %

Смоделировав процесс вытяжки осесимметричной детали в AutoForm 5.2 получаем визуальное отображение технологических переходов (Рис. 5), а также численные значения и визуальное отображение распределения по всей площади детали таких показателей как:

- штампуемость, диаграммы штампуемости (рис. 6, 7);
- риски разрыва детали;
- главные деформации;
- второстепенные (тангенциальные) деформации;
- утонения (утолщения) детали.

После моделирования процесса вытяжки биметаллического материала были сравнены полученные расчётные данные. Сначала сравнивались данные по вытяжке детали из стали и биметалла, состоящего из стали Dc03, толщиной 0,7 мм и алюминием 1050-0, толщиной 0,3 мм. Далее сравнивались данные по вытяжке детали из биметалла, состоящего из алюминия 1050-0, толщиной 0,3 мм и стали Dc03, толщиной 0,7 мм. Расположение заготовок в инструменте при моделировании операции вытяжки принималось аналогично порядку записи соответствующего материала (*биметалл сталь_Dc03 – алюминий 1050-0*, т.е. сталь контактирует с матрицей и находится на внешней поверхности детали, а алюминий контактирует с пуансоном и находится на внутренней поверхности детали).

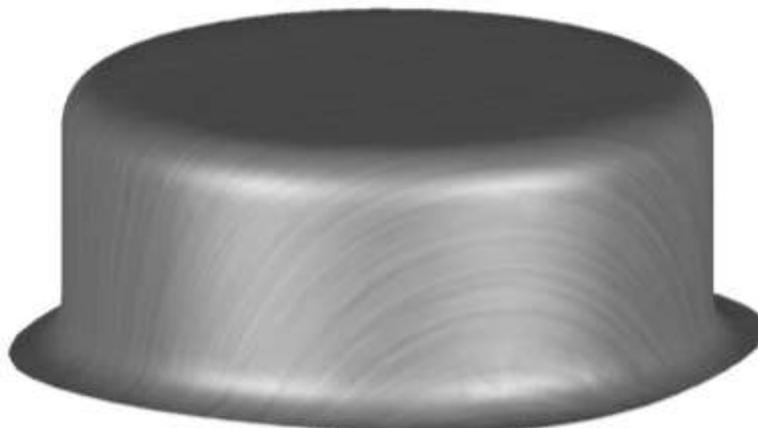


Рис. 5. Визуализация отштампованной детали

Проанализировав все полученные в процессе компьютерного расчёта данные, сделан вывод о том, что цель исследования достигнута и тезис о возможности производства вытяжной операции биметаллического материала с использованием расчётных данных, применяемых для разработки технологии штамповки деталей из однослойного материала, подтверждён. По результатам моделирования, вытяжной переход с наиболее критическими параметрами получен без дефектов, следовательно, все последующие переходы могут быть так же получены без дефектов. Это означает что, применяя биметалл, вместо однослойного металлического материала, можно добавить какие-либо свойства готовому изделию, при сохранении исходной технологической оснастки и параметров технологического процесса

Однако есть некоторые нюансы, связанные с расположением слоёв биметалла и их толщиной, от них зависит внешний вид поверхностей деталей. В нашем случае вытяжной переход является первым, соответственно все неровности поверхностей устранятся при перетягивании их на последующих операциях. Если же деталь штампуются за один переход, то очень важно перед процессом штамповки или проведением моделирования определиться с поверхностью детали, которая является лицевой.

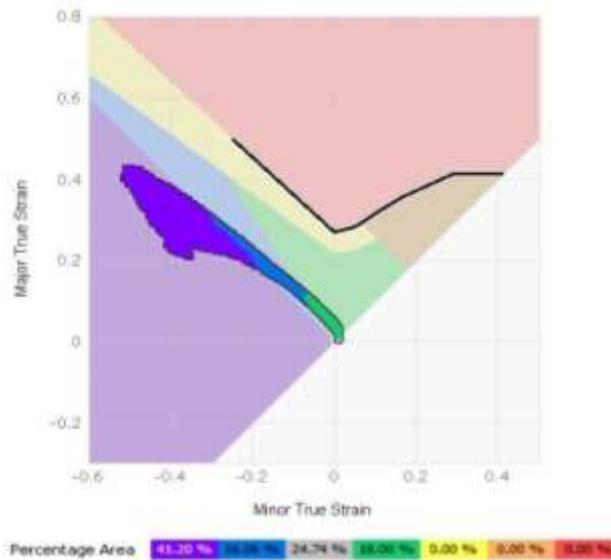


Рис. 6-а. Диаграмма штампуемости для детали из стали Dc03

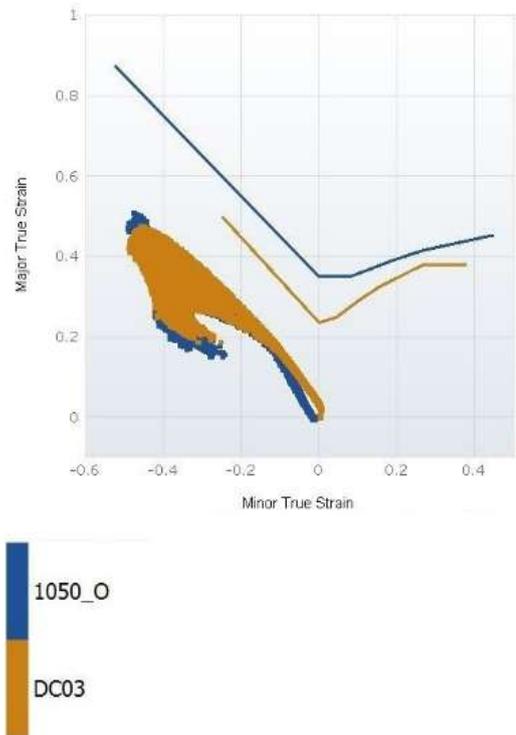


Рис. 6-б. Диаграмма штампуемости для детали из биметалла сталь_Dc03 – Алюминий 1050-0

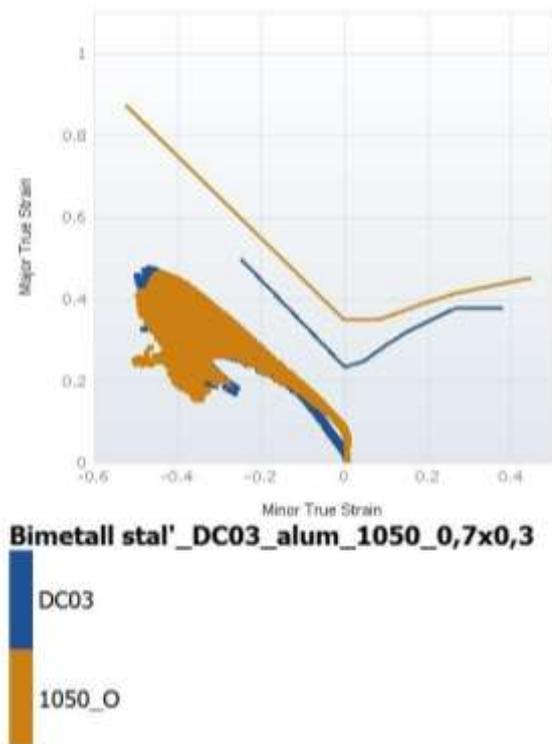


Рис. 7. Диаграмма штампуемости детали из биметалла Алюминий 1050-0 – Сталь_Dc03

Литература

1. *Тупалин 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. *Тупалин С.А.Гладков В.И., Власов А.И., Никитин М.Ю.* Моделирование конструкции клапанной крышки двигателя на основе применения клеевых соединений/ Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. - М., МГТУ "МАМИ", №1 (5), 2008. С.201-206.
3. *Шпунькин Н.Ф., Тупалин С.А., Никитин М.Ю.* Образец и способ испытания плоского клеевого слоя кольцевой формы на кручение в его плоскости / Патент РФ №2431128 от. 20.06.2011.
4. *Шпунькин Н.Ф., Тупалин С.А.* Исследование свойств многослойных листовых материалов / Заготовительные производства в машиностроении 2013 №1 С. 28-31.