

Борис Р.С., к.т.н., доц., Вишневский П.С., ст., преп.
НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев Украина

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБЧАСТИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫТЯЖКОЙ С УТОНЕНИЕМ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

В машиностроении на современном этапе находят широкое применение слоистые металлические композиции трубчатой формы (биметаллические трубчатые элементы – БТЭ). БТЭ, как правило используются для соединения трубопроводов из разнородных металлов в ответственных конструкциях аэрокосмической техники. Процессы пластического формоизменения двухслойных материалов на сегодня мало исследованы.

Традиционные методы (технологии) изготовления биметаллических деталей цилиндрической формы направлены на крупносерийное производство (металлургические технологии) [1, 2] или имеют высокую трудоемкость и специфику реализации (технологии с использованием энергии взрыва) [3]. Но в тоже время эти технологии экономически нецелесообразно использовать для изготовления единичных или малых серий БТЭ в условиях машиностроительных производств.

Таким образом, развитие теории пластического формоизменения двухслойных материалов приобретает высокую актуальность в машиностроительном производстве.

В данной работе авторами выполнено численное моделирование процесса совместной вытяжки с утонением двух разнородных металлов в нагретом состоянии в специализированных программных комплексах CAD/CAE ANSYS и DEFORM-2D. Анализ напряженно-деформированного состояния в CAD/CAE ANSYS показал, что на граничной поверхности слоев наблюдается разрыв нормальных напряжений σ_y и эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{эквив.}}$, при этом радиальные напряжения σ_x , что перпендикулярны к граничной поверхности непрерывны и имеют отрицательный знак. Максимальная погрешность при сравнении численного расчета с теоретическим для идеальнопластического металла, не превышает 12,5%. Показано также, что учитывание сил трения уменьшает погрешность теоретического расчета относительно численного расчета до 8...9% [4].

Выполненные в работе расчеты в системе CAD/CAE DEFORM-2D совпадают с основными результатами, которые получены в CAD/CAE ANSYS. Погрешность расчета в данных системах по принятым моделям не превышает 5%, и позволило выполнить численный расчет напряженно-деформированного состояния биметаллической заготовки в зависимости от геометрических параметров инструмента. Поэтому учитывая большую скорость расчета, для дальнейших исследований была выбрана система CAD/CAE DEFORM-2D.

Было установлено, что на граничной поверхности действуют значительные радиальные напряжения, характер распределения которых показал, что постепенное их повышает пропорционально изменению степени обжатия. Максимальные радиальные напряжения σ_x , сжатия отвечают зоне близкой к выходу из матрицы, при этом их величина увеличивается при уменьшении угла α и уменьшении коэффициента трения [5, 6]. Анализ распределения осевых скоростей деформаций и разницы осевых скоростей перемещения при вытяжке с утонением показал, что увеличение угла конусности матрицы приводит к значительному увеличению осевых скоростей деформаций и максимальных значений разницы осевых скоростей перемещения в очаге деформаций, что определяет большее удлинение слоя с меньшей границей текучести по отношению к слою с большей границей текучести в зависимости от степени обжатия. На выходе из матрицы разница осевых скоростей

перемещения равны нулю. Такой характер деформирования способствует взаимодействию слоев [7].

Анализ напряженно-деформированного состояния и кинематика взаимодействия слоев показали, что в очаге деформации создаются условия, которые способствуют диффузионному соединению слоев:

– максимальные сжимающие напряжения на граничной поверхности слоев, величина которых близка к границе текучести металла с меньшей границей текучести;

– разница осевых скоростей деформаций и деформаций слоев, а также наличие деформаций сдвига при взаимодействии слоев на граничной поверхности, которые обеспечивают разрушение оксидных пленок материалов и образование ювенильных поверхностей, что способствует взаимодействию слоев;

– уменьшение разницы перемещения слоев до нуля в зоне близкой к выходу из матрицы;

– наличие нагрева слоев до температур активации их взаимодействия.

Предложено использование дополнительного угла β для управления силовыми и кинематическими параметрами, а также напряженно-деформированным состоянием двухслойной заготовки при вытяжке с утонением с разным значением коэффициента трения. Анализ показал, что корректировка профиля заходной части конусной матрицы позволяет увеличить зону действия контактных напряжений на граничной поверхности разнородных материалов в очаге деформаций при сбережении их по величине и позволяет увеличить время контакта под нагрузкой слоев, что обеспечивает активизацию взаимодействия разнородных материалов на граничной поверхности [8, 9].

Список литературы

1. *Тітов В. А. Обґрунтування підстав для створення машинобудівної технології виготовлення біметалевих трубчастих елементів витягуванням* / В.А. Тітов, Т.М. Лабур, Р. С. Борис // Технологические системы. – 2007. – № 1. – С. 33–39

2. *Тітов В. А. Напрямки розвитку способів виготовлення біметалевих трубчастих елементів з різнорідних матеріалів витягуванням* / В.А. Тітов, Р.С. Борис, М.С. Тривайло // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Київ : НТУУ «КПІ», 2009. – № 56. – С. 154–159. – (Серія «Машинобудування»).

3. *Резниченко В. И. Экспериментальный промышленный комплекс сварки взрывом Государственного предприятия. Конструкторское бюро «Южное им. М.К. Янгеля»* / В.И. Резниченко, С.Н. Пахомов, С.Е. Мостипан // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 11/47. – С. 102–108.

4. *Тітов В.А. Розрахунок напружено-деформованого стану при витягуванні з потоншенням двошарового металу* / В.А. Тітов, Р. С. Борис // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 1 (30). – С.45–52.

5. *Тітов В.А. Розрахунок напружено-деформованого стану витягування з потоншенням ідеальнопластичного двошарового металу* / Тітов В.А., Борис Р.С. // Обробка матеріалів тиском. – 2012. – №1 (30). – С. 45-52.

6. *Борис Р.С. Особливості врахування сил тертя при витягуванні з потоншенням двошарових заготовок* / Борис Р.С., Тітов В.А., Вишневский П.С. // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 2 (31). – С. 22-29.

7. *Тітов В.А. Обґрунтування та реалізація дослідного процесу виготовлення біметалевих трубчастих елементів* / В.А. Тітов, Р.С. Борис, П. С. Вишневський, О. О. Лук'яненко // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – №59. – С. 13–18. – (Серія «Машинобудування»)

8. *Тітов В.А. Влияние особенностей конструкции рабочей поверхности матрицы оснастки на параметры процесса вытяжки с утонением биметаллических трубчатых элементов* / В.А. Тітов, Р.С. Борис, Е.И. Богодист // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 45. – С. 34–42.

9. *Тітов В.А. Особенности конструкций вытяжных матриц и их влияние на процесс вытяжки биметаллических трубчатых изделий* / Тітов В.А., Борис Р.С., Богодист Е.И. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. Россия, Москва – 2012. – №9.