

УДК 621.787, 621.923

Борис Р.С., к.т.н., доц., Вишневский П.С., ст., преп., Холявік О.В. Меленчук Ю.П.,
Дудка С.Ю.

НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев Украина

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИТЯГУВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ ТРИКУТНИХ У ПЛАНІ

В машиностроении на современном этапе находят широкое применение слоистые металлические композиции трубчатой формы (биметаллические трубастые 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.