

УДК 621.787, 621.923

Р.С. Борис, канд. техн. наук, доц., П.С. Вишневський, В.А. Тупчий

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна

**ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ
ТРУБЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИТЯГУВАННЯМ З ПОТОНШЕННЯМ З
РІЗНОРІДНИХ МЕТАЛІВ**

R.S. Boris, Ph.D, Assoc. Prof, P.S. Vishnevsky, V. A. Tupchiy

**NUMERICAL MODELING OF PROCESS OF MANUFACTURING OF
BIMETALLIC TUBULAR ELEMENTS DRAWING OUT WITH THINNING OF
DISSIMILAR METALS**

В машинобудуванні на сучасному етапі знаходять широке застосування шаруваті металеві композиції трубчастої форми (біметалеві трубчасті елементи – БТЕ). БТЕ, як правило, використовуються для з'єднання трубопроводів з різномірних металів у відповідальних конструкціях аерокосмічної техніки. Процеси пластичного формозмінення двошарових матеріалів в даний час мало досліджені.

Традиційні технології виготовлення біметалевих деталей циліндричної форми спрямовані на крупносерійне виробництво (металургійні технології) [1, 2] або мають високу трудомісткість та специфіку реалізації (технології з використанням енергії вибуху) [3]. Але в той же час ці технології економічно не доцільно використовувати для виготовлення одиничних або малих серій БТЕ в умовах машинобудівних виробництв.

Таким чином, розвиток теорії пластичного формозмінення двошарових матеріалів здобуває особливу актуальність в машинобудівному виробництві.

В даній роботі авторами виконано чисельне моделювання процесу сумісного витягування з потоншенням двох різномірних металів в нагрітому стані в спеціалізованих програмних комплексах CAD/CAE ANSYS та DEFORM-2D. Аналіз напружено-деформованого стану в CAD/CAE ANSYS показав, що на граничній поверхні шарів спостерігається розрив нормальних напружень σ_y та еквівалентних напружень $\sigma_{екв.}$, при цьому радіальні напруження σ_x , що перпендикулярні до граничної поверхні є безперервними та мають від'ємний знак. Максимальна похибка при порівнянні чисельного розрахунку з теоретичним для ідеальнопластичного металу не перевищує 12,5%. Показано також, що врахування сил тертя зменшує похибку теоретичного розрахунку відносно чисельного розрахунку до 8...9% [4].

Виконані в роботі розрахунки в системі CAD/CAE DEFORM-2D співпадають з основними результатами, що отримані чисельно в CAD/CAE ANSYS. Похибка розрахунку в даних системах по прийнятим моделям не перевищує 5% та дозволило виконати чисельний розрахунок напружено-деформованого стану біметалічної заготовки в залежності від геометричних параметрів інструменту. Тому враховуючи більшу швидкість розрахунку, для подальших досліджень була вибрана система – CAD/CAE DEFORM-2D.

Було встановлено, що на граничній поверхні діють значні радіальні напруження, характер розподілу яких показав, що поступове їх підвищення пропорційно зміні ступеню обтиснення. Максимальні радіальні напруження σ_x стиску відповідають зоні близькій до виходу з матриці, при цьому їх величина зростає при зменшенні кута α та зменшенні коефіцієнту тертя. Аналіз розподілу осьових швидкостей деформацій та різниці осьових швидкостей переміщення при витягуванні з потоншенням показав, що збільшення кута конусності матриці призводить до значного зростання осьових швидкостей деформацій та максимальних значень різниці осьових швидкостей переміщення в осеред-

ку деформації, що визначає більше подовження шару з меншою границею текучості по відношенню до шару з більшою границею текучості в залежності від ступеню обтиснення. На виході з матриці різниця осьових швидкостей переміщення дорівнює нулю. Такий характер деформування сприяє взаємодії шарів [5].

Аналіз напружено-деформованого стану та кінематики взаємодії шарів показав, що в осередку деформації створюються умови, які сприяють дифузійному з'єднанню шарів:

- максимальні стискаючі напруження на граничній поверхні шарів, величина якого близька до границі текучості металу з меншою границею текучості;

- різниця осьових швидкостей деформації та деформацій шарів, а також наявність деформацій зсуву при взаємодії шарів на граничній поверхні, які забезпечують руйнування оксидних плівок матеріалів та утворення ювенільних поверхонь, що сприяє взаємодії шарів;

- зменшення різниці переміщення шарів до нуля в зоні близькій до виходу з матриці;

- наявність нагріву шарів до температур активації їх взаємодії.

Запропоновано використання додаткового кута β для керування силовими та кінематичними параметрами, а також напружено-деформованим станом двошарової заготовки при витягуванні з потоншенням з різним значеннями коефіцієнту тертя. Аналіз показав, що корегування профілю західної частини конусної матриці дозволяє збільшити зону дії контактних напружень на граничній поверхні різнорідних матеріалів в осередку деформації при збереженні їх за величиною та дозволяє збільшити час контакту під навантаженням шарів, що забезпечує активізацію взаємодії різнорідних металів на граничній поверхні [6].

Література

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. 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»)

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