

**С.І. Сухоруков, к.т.н., доц.,
М.О. Дацюк, магістрант**

Вінницький національний технічний університет

ПОШАРОВЕ ЛОКАЛЬНЕ ДЕФОРМУВАННЯ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК

Висока конкуренція з боку виробників з Західної Європи та Китаю спонукає машинобудівні підприємства України шукати можливості по вдосконаленню існуючих технологій виробництва деталей та заготовок і впровадженню нових методів обробки.

Існуючі методи виготовлення деталей з листового матеріалу зазвичай полягає у використанні штампувального оснащення та пресів. При цьому собівартість виготовлення такого оснащення дуже висока, а час на його виготовлення не дозволяє швидко переналагоджувати обладнання під випуск нової продукції. Якщо в умовах масового та серійного виробництва застосування таких методів виготовлення деталей економічно доцільне, то в одиничному та дрібносерійному виробництві необхідно використовувати більш прогресивні методи обробки.

Один з таких методів є пошарове локальне деформування (Incremental sheet forming).

Ключовою перевагою пошарового деформування в порівнянні з традиційними процесами деформування листових металів полягає в тому, що не потрібно виготовляти спеціальні штампи.

Локальне деформування відбувається шляхом переміщення сферичного інструменту по спеціально розробленій траєкторії за допомогою числового програмного керування.

Ідею та механізм даного методу запропонував Лежак Едвард у 1967 році [1]. Перші дослідні установки були створені японськими науковцями Kitazawa K., Murata K., Matsubara, M у 1996 році [2,3].

Загальна схема пошарового локального деформування представлена на рис. 1

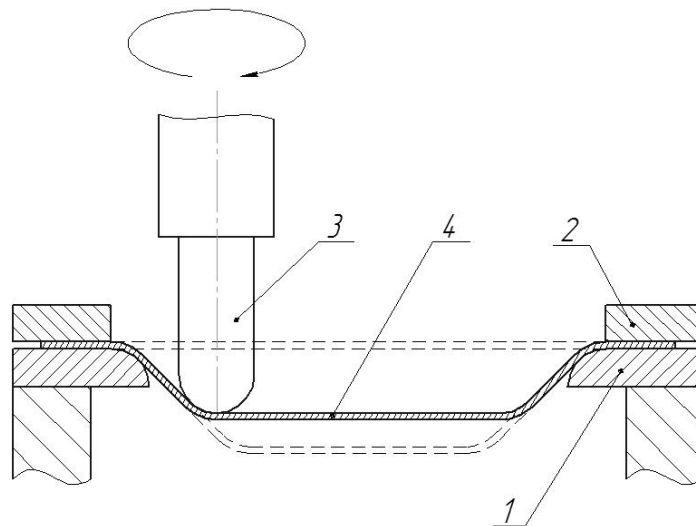


Рисунок 1 – Схема пошарового локального деформування
1 - плита нижня, 2 – плита верхня, 3 – пунсон, 4 – листовая заготовка

Одним з найбільш широко досліджуваною формою пошарового деформування є «точкове деформування» (Single Point Incremental Forming - SPIF), в процесі якого листовий матеріал затискається жорстко по краях, але не підтримується знизу і заготовка формується за рахунок переміщення інструмента (рис. 2).

В процес формозміни з використанням одного інструмента мають місце такі глобальні деформаційні ефекти, як вигин листа поза зоною формозміни та неконтрольоване потоншення матеріалу заготовки.

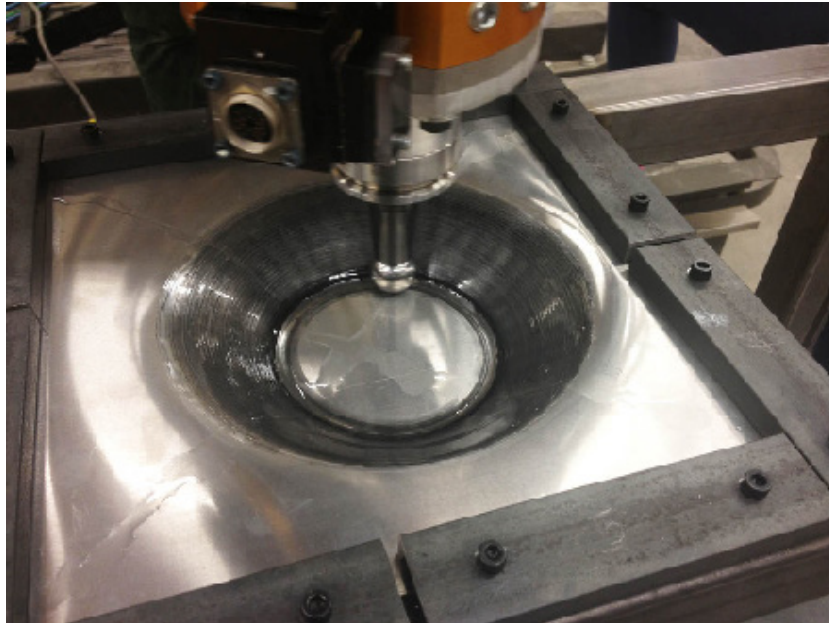


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд станда пошарового локального деформування

Різними дослідниками були запропоновані методи адаптивної зміни кроку переміщення пуансона для компенсації геометричної неточності заготовки [4,5]. Проте дані методи занадто громіздкі та потребують великої підготовчої роботи, калібрування.

Також існують інші варіанти процесу пошарового деформування, які називають "двохточкове деформування», в яких лист формується на повних або часткових матрицях з використанням одного або більше інденторів.

Майже одночасно з SPIF методом був розроблений двох інструментальний метод пошарового локального деформування (Two point incremental forming - TPIF). Він дозволяє більш точно контролювати геометрію zdeформованої заготовки за рахунок використання жорсткого підпору, який відповідає профілю отримуваної заготовки (див рис. 3).

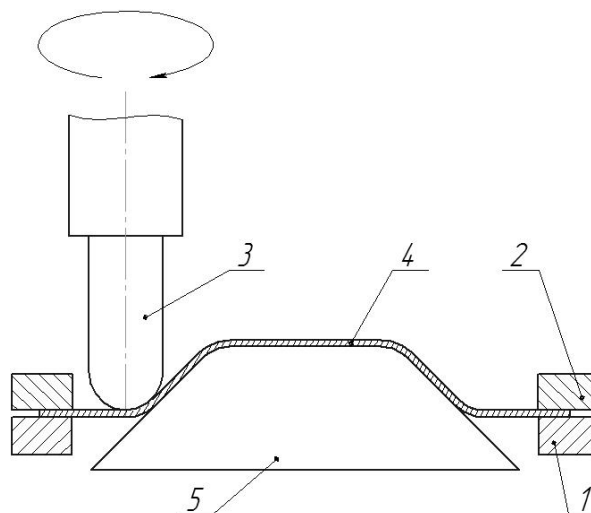


Рисунок 3 – Схема пошарового локального деформування з використанням жорсткого підпору (1 - плита нижня, 2 – плита верхня, 3 – пуансон, 4 – листова заготовка, 5 – жорсткий підпор)

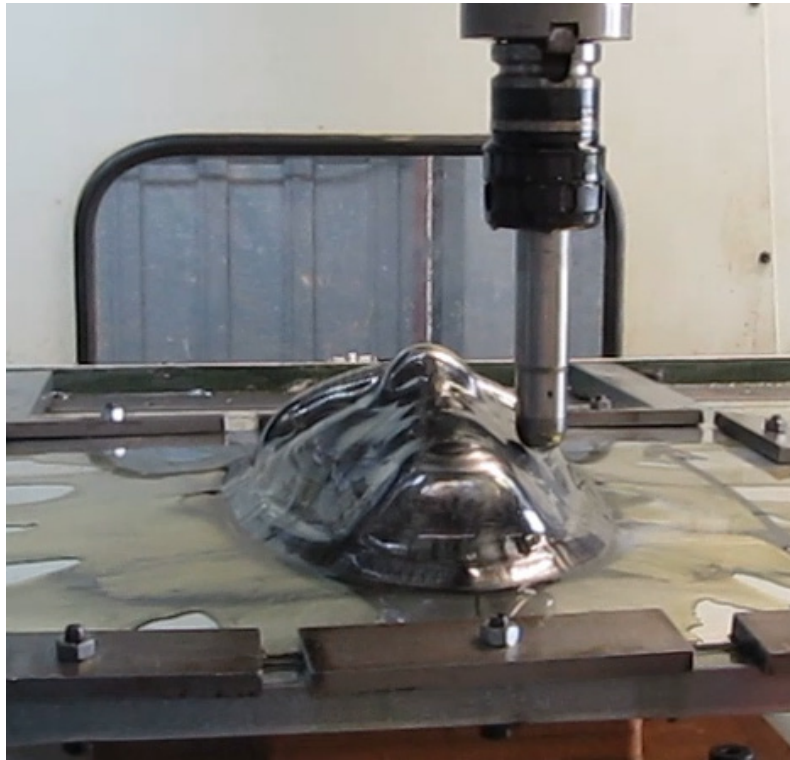


Рисунок 4 – Зовнішній вигляд станда двох інструментальний метод пошарового локального деформування

Даний метод пластичного локального деформування за своїми характеристиками та напружено-деформованим станом в осередку деформації дуже схожий до ротаційної витяжки осесиметричних деталей [6].

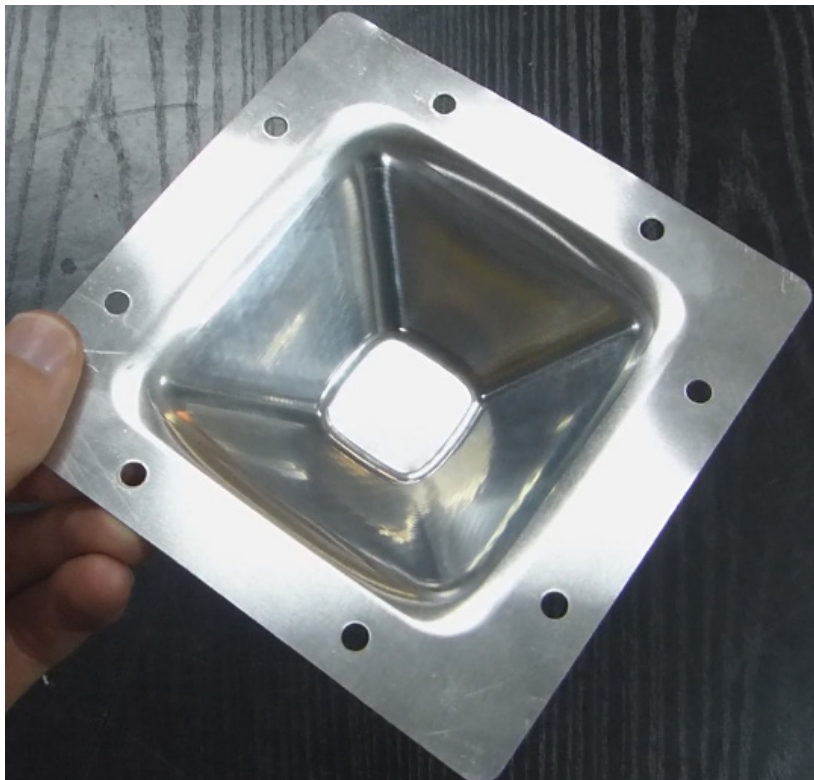


Рисунок 5 – Зовнішній вигляд деталі після пошарового локального деформування

Проте даний метод вимагає виготовлення жорсткого підпору, що зменшує для швидкого переналагодження на виготовлення нової деталі.

Для збільшення геометричної точності та збереження гнучкості процесу було запропоновано новий двох інструментальний метод пошарового локального деформування (Double-Sided Incremental Forming - DSIF) [7,8].

Отже, задачі створення нових та вдосконалення існуючих технологій пластичного деформування листових заготовок є досить актуальною. Технологія пошарового локального пластичного деформування становить значний інтерес для дослідників.

Список літератури

1. Leszak E: Apparatus and process for incremental dieless forming. Patent US3342051A, 1967.
2. Kitazawa K. Metal flow phenomena in computerized numerically controlled incremental stretch – expanding of aluminum sheets / K. Kitazawa , A. Wakabayashi , K. Murata, K. Yaejima // Journal of japan snstitute of light metals, vol. 46, 1996. – pp. 65-70.
3. Matsubara M. Development of incremental sheet metal forming system using elastic tools: principle of forming process and formation of some fundamentally curved shapes / M. Matsubara, S. Tanaka, T. Nakamura // JSME Int. j. ser. c dyn. control robot. des. manuf. 39, 1996. – pp. 156–163.
4. Allwood J. M. Closed-loop feedback control of product properties in flexible metal forming processes with mobile tools / J. M. Allwood, O. Music, A. Raithathna, S. R. Duncan // CIRP Ann.-manuf. technol., 58(1), 2009. – pp. 287–290.
5. Behera A. K. Tool path compensation strategies for single point incremental sheet forming using multivariate adaptive regression splines / A. K. Behera, J. Verbert, B. Lauwers, J. R. Dufloy // Comput. des., 45(3), 2013. – pp. 575–590.
6. Сивак І.О. Напружений стан в осередку деформації листової заготовки під час ротаційної витяжки осесиметричних деталей / І.О. Сивак, С. І. Сухоруков, Є. І. Шевчук // Наукові праці ВНТУ. – Вінниця, 2014. – №4.
7. Meier H. Two point incremental forming with two moving forming tools / H. Meier, V. Smukala, O. Dewald, J. Zhang // Key eng. mater., 344, 2007. – pp. 599–605.
8. Malhotra R. Improvement of geometric accuracy in incremental forming by using a squeezing toolpath strategy with two forming tools / R. Malhotra, J. Cao, F. Ren, V. Kiridena, Z. Cedric Xia, N. V. Reddy // ASME J. manuf. sci. eng., 133 (6), 2011. – p. 61-79.

УДК 621.763.79

О.П. Шиліна, к.т.н., доцент
М.О. Кривенко, магістр

Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ГАЗОТЕРМІЧНОГО ПОКРИТТЯ МЕТОДОМ КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ

Більшість спеціалістів вважають, що внаслідок мінімального теплового впливу процесу ГТН структура матеріалу деталі залишається без змін. Як показують наступні дослідження – це незовсім вірно[1]. Пояснюється це тим, що перед початком нанесення