

материалов (премиксов [ПН-609-21М]) – за счет применения в композиции тонкодисперсных армирующих наполнителей (цеолита и каолина).

5. Установлено, что при пневмоударной штамповке долговечность полиэфирных пресс-материалов выше долговечности эпоксидных и акриловых композиций (более 70 отштампованных деталей на одной оснастке).

**Список литературы:** 1. Жолткевич Н.Д., Денисов В.И., Мовшович И.Я. Универсально-сборные штампы и экономическая эффективность их применения // Кузнечно-штамповое производство. – 1980. - №12. – С. 47-49. 2. Мовшович И.Я. Научные основы для создания системы обратимых штампов для листоштамповочного производства: Дис. ... д-ра техн. наук. – Минск, 1985. – 385 с. 3. Чачин В.Н., Жолткевич Н.Д., Журавский А.Ю., Мовшович И.Я., Наумович Т.М., Петраковский В.С., Фролов Е.А. Ударная листовая штамповка. – М.: НТЦ «Информтехника», 1991. – 224 с. 4. Пивень А.Н., Гречаная Н.А. Теплофизические свойства полимерных материалов. – К.: Вища школа, 1976. – 180 с. 5. Галушко А.И. Внутренние напряжения в герметизирующих компаундах РЭА. – М.: Сов. радио, 1974. - 90 с.

**УДК 621.979.134**

*ХОЛЯВИК О.В.*, асист., НТУУ “КПІ”, м. Київ

### **МОДЕЛЮВАННЯ ВИТЯГУВАННЯ ПРЯМОКУТНИХ КОРОБЧАТИХ ВИРОБІВ ГІДРОДИНАМІЧНИМ МЕТОДОМ “ОБЕРНЕНОГО” ПРОЦЕСУ<sup>1</sup>**

Розглянуто витягування порожнистих виробів, які не мають осевої симетрії. Для моделювання процесу витягування використано пристрій для “зворотного” витягування. Пристрій дозволяє перевірити ефективність використання методу потенціалів при розрахунках оптимальної форми заготовки і проміжних переходів.

Ключові слова: витягування, коробчаті вироби, моделювання, “зворотне” витягування, “обернений” процес, метод потенціалів, оптимальна форма заготовки, розрахунок заготовки, проміжні переходи, метод гідродинамічних аналогій.

Рассмотрена вытяжка пустотелых изделий, которые не имеют осевой симметрии. Для моделирования процесса вытяжки использовано устройство для “обратной” вытяжки. Устройство позволяет проверить эффективность использования метода потенциалов при расчетах оптимальной формы заготовки и промежуточных переходов.

Ключевые слова: вытяжка, коробчатые изделия, моделирование, “обратная” вытяжка, “обратный” процесс, метод потенциалов, оптимальная форма заготовки, расчет заготовки, промежуточные переходы, метод гидродинамических аналогий.

The extract of hollow products, which have no axial symmetry, is considered. For modeling process of an extract the most effective method of hydrodynamical analogies is chosen. The device allows to check up efficiency of use of a method of potentials at calculations of the optimum form of preparation and intermediate transitions.

Keywords: extraction, box-type wares, design, “reverse” extraction, “reverse” process, method of potentials, optimum form of preparation, calculation of preparation, intermediate transitions, method of hydrodynamical analogies.

<sup>1</sup> – робота виконана під керівництвом д.т.н. проф. Стеблюка В.І.

**Вступ.** Слід відзначити, що гідромеханічне моделювання, або як утвердилось у відповідній літературі, метод гідродинамічної аналогії (ГДА), широко застосовувалось у дослідженні процесів обробки металів тиском (ОМТ), як при розв'язку теоретичних задач (переважно), так і на практиці. Він виявився одним з найефективніших методів дослідження процесів ОМТ, що характеризуються великими зміщеннями і деформаціями елементів суцільного середовища. Суть його полягає в моделюванні процесів пластичної деформації течією ідеальної рідини або повільною течією в'язкої рідини [1].

В основі методу ГДА і його застосування до вивчення напружено-деформованого стану процесів ОМТ лежить формальна схожість залежності між девіаторами напружень і швидкостей деформацій течії в'язкої рідини та девіаторами напружень і швидкостей деформацій при пластичній течії металу.

Загальної методики побудови раціональної заготовки для виробів складної форми до нашого часу не існує, якщо не рахувати способу пробного витягування з послідуочим корегуванням. Рекомендації, що надаються у літературі [2, 3], по побудові конфігурації заготовок для виробів, які не являються тілами обертання, ґрунтуються на експериментальних дослідженнях та виробничій практиці. Ю.Н. Алексеевим обґрунтований [4] напрямок реалізації методу гідродинамічних аналогій, а саме: метод швидкостей деформування. При цьому вихідним є поле швидкостей точок деформованого тіла. Воно може задаватись на основі аналізу технологічного процесу і повинно задовольняти граничним умовам.

З метою визначення поля швидкостей деформованого металу максимально наближеного до дійсного в процесах пресування, волочіння, прокатки з використанням методу гідродинамічних аналогій Г.Я. Гун запропонував визначати його параметри з використанням методу потенціалу швидкостей [5]. У вказаній монографії показано, що навіть перше наближення поля швидкостей потенціальним (безвихровим) полем швидкостей ідеальної рідини в багатьох випадках є достатньо точним для визначення дійсного поля швидкостей деформованого металу.

**Ціль роботи.** Метою даної роботи є перевірка адекватності визначення оптимального контуру заготовки для витягування порожнистих виробів типу прямокутних коробок методом гідродинамічної аналогії. Нами запропоновано розглядати “обернений” процес, що полягає у видавлюванні рідини із щілини, що має контури коробки в плані на площину-фланець і фіксації зовнішнього контуру, який створює видавлена рідина [6, 7, 8].

На Рис. 1. показані результати “зворотного” витягування при різній глибині умовної коробчатої деталі прямокутної форми з розмірами у плані 72x36 мм. На Рис. 1.а. показаний контур “заготовки” поблизу кутового заокруглення при “глибині” прямокутної коробчатої деталі 22 мм. Звертає на себе увагу, що ширина фланця на бісектрисі кута менше ширини фланця проти прямолінійної частини контуру. Різниця досягає 17 мм. Для більшої “глибини” ця різниця поступово зменшується. На Рис. 1.г. при “глибині” 40 мм вона складає вже 16 мм. При “глибині” 72 мм ця різниця практично зникає і контур умовної заготовки приймає форму близьку до овалу для прямокутної коробки.



Продовження Рис. 1.

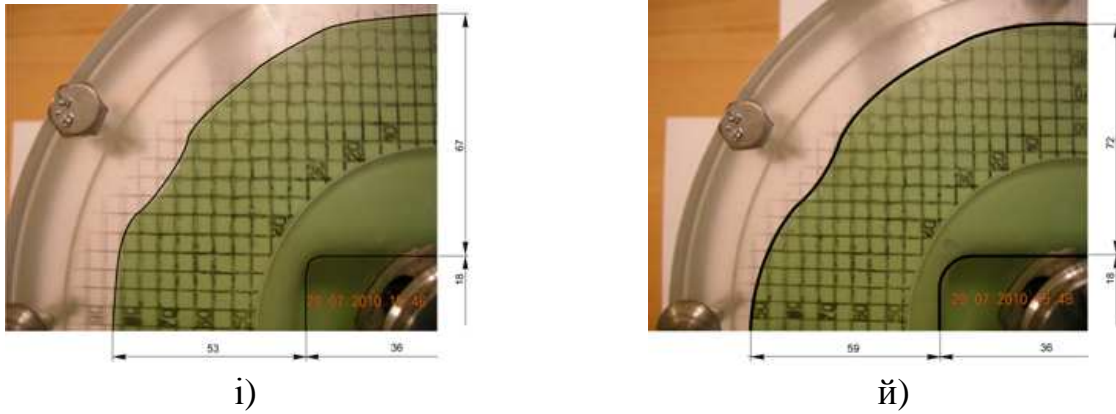


Рис. 1. Результати “зворотного” витягування при різній глибині умовної коробчатої деталі прямокутної форми з розмірами у плані 72x36 мм.

На Рис. 2. показані контури заготовок, отримані за допомогою “зворотного” моделювання, для умовної коробчатої деталі прямокутної форми з розмірами у плані 72x36 мм, що накладені на одну систему координат. На ньому можна помітити динаміку виходу ідеальної пластичної нестисканої рідини у зазор між верхньою і нижньою плитою установки для “зворотного” витягування. Так на початкових стадіях моделювання спостерігається “відставання” виходу моделюючої речовини у місцях кутових заокруглень, що пояснюється нерівномірним НДС станом саме у цих ділянках коробчатої деталі. Крім того, на початкових етапах моделювання можна зафіксувати досить помітні прямолінійні ділянки контуру отриманої заготовки, що узгоджується з думкою щодо наявності пружної ділянки навпроти прямолінійної ділянки контуру матриці в плані. Також на рисунку видно, що поступово контури оптимальних заготовок вирівнюються по всьому периметру і перетворюються у заготовку наближену до овалу для прямокутної коробчатої деталі (Рис. 2.).

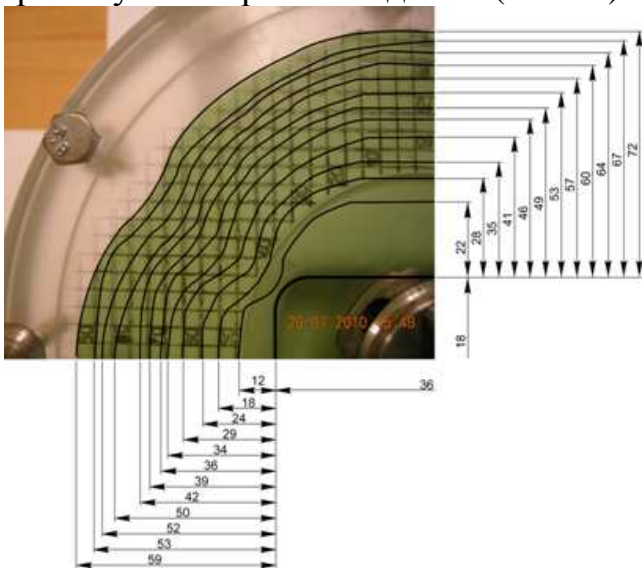


Рис. 2. Результати “зворотнього” витягування при різній глибині умовної коробчатої деталі прямокутної форми з розмірами у плані 72x36 мм.

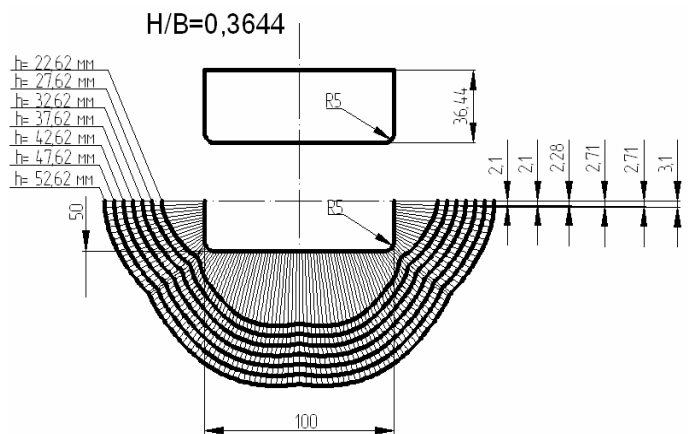


Рис. 3. Сімейство екіпотенціалей і ліній току (контурів раціональних заготовок) отримані за допомогою методу ліній ковзання [1].

На Рис. 3. показано сімейство еквіпотенціалей (контурів раціональних заготовок) з їх координатами та ортогональних до них ліній току, розрахованими з рівняння еквіпотенціальних ліній, що виходять із заданих початкових точок для прямокутних коробчатих деталей різної висоти. Розрахунки і побудова виконані комп'ютерними методами по розробленій нами програмі.

**Висновки.** Одним із напрямків визначення раціональних розмірів і форми заготовок, на наш погляд, може стати гідродинамічне моделювання “оберненого” процесу витягування. Тому пропонується новий підхід вирішення вказаних задач з використанням ГДА, який дозволяє одержати поле швидкостей з урахуванням жорстких зон. Суть методу полягає в тому, що розглядається “обернений” процес витягування, який моделюється витіканням ідеальної рідини із заданою на контурі деталі та границях жорстких зон нормальною компонентою швидкості. На основі проведеного аналогового моделювання можна зробити висновок, що результати його проведення є цілком адекватними і практично співпадають з результатами, що отримані графоаналітичним методом ліній ковзання для розрахунку форми та розмірів заготовок та проміжних переходів для витягування коробчатих виробів прямокутних у плані [9]. На підставі одержаних результатів були створені комп'ютерні програми визначення раціональної форми заготовки та проміжних переходів при витягуванні прямокутних коробчатих виробів.

**Список літератури:** 1. Губкин С.И., Пластическая деформация металлов, Металлургиздат, М:1961г. 2. Романовский В.П., Справочник по холодной штамповке, - Л: Машиностроение, 1979. 3. Вайнтрауб Д.А., Технологические расчеты при вытяжке высоких прямоугольных деталей. – Л: Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1969. 4. Алексеев Ю.Н., Введение в теорию обработки металлов давлением. - Харьков: Издательство ХГУ, 1969. - 107 с. 5. Гун Т.Я., Пластическое формоизменение металлов; Гун Т.Я., Полухин П.И., Полухин В.П. та ін. – М.: Издательство «Металлургия», 1968. - 420 с. 6. Устройство для определения формы и размеров заготовки для вытяжки деталей сложной формы: А.с. 1449189. СССР. В.И. Стеблюк, И.А. Олешко, И.Н. Сушко, В.Г. Мыслик, П.С. Вишневский, И.Л. Семеренко - №4211150/25-27, Заявл. 04.01.87, Опубл. 07.01.89р., Бюл. №1. – Зс.:ил. 7. №14709 Україна. Пристрій для визначення форми і розмірів заготовки для витяжки деталей складної форми: №14709 Україна, МПК В21D 22/20. О.В. Холявік, В.І. Стеблюк, М.С. Тривайло, П.С. Вишневський, С.М. Добровлянський, І.П. Азарх; НТУУ “КПІ”. – Заявл. 25.12.2007, Опубл. 29.01.2008 - 4 с. 8. Вишневський П.С., Експериментальна установка для моделювання процесу витягування із листового металу порожнистих виробів коробчастої форми; Вишневський П.С., Добровлянський С.М., Холявік О.В.; Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичний збірник наукових праць, Краматорськ, 2007 – 538 с. 9. “Основы теории обработки металлов давлением”, под редакцией М.В. Сторожева, - М: МАШГИЗ, 1959.