

Проектування фальцювального обладнання засобами тривимірного моделювання

І.І. Ререї, д.т.н., П.І. Бегень, к.т.н., Українська академія друкарства, м. Львів

Активний розвиток ринкових відносин сприятливо впливає на стан світової пакувальної індустрії. В Україні ринок споживчої тари для пакування харчової продукції та напоїв у 2012 р. сягав 17,3 млрд шт. Частка картонного пакування становила 33 % від кількості одиниць (у млн шт.), 6 % від загальної маси тари (у тис. т), 30 % від сумарної вартості пакувань (млн грн.) [1].

В усіх аспектах, які стосуються пакувального виробництва, дедалі актуальнішою стає проблема перевитрат сировинних та виробничих ресурсів. Значний сегмент творчого пошуку науковців займають розробки, пов'язані зі зменшенням енергетичних та сировинних витрат [2]. Важливим питанням у цьому напрямі виступає економна і раціональна поведінка з напівфабрикатами для мінімізації відходів та зменшення браку під час виготовлення картонного пакування. Відображення цієї проблематики проявляється на прикладі використання швидкісних і високоефективних фальцювальних-склеювальних потокових ліній для виготовлення паперово-картонної пакувальної продукції обмеженими тиражами. Залучення такого високоефективного устаткування не дає можливості отримати задовільні показники частки бракованої продукції, що пов'язано з особливостями переналагоджень і приладки машин.

Реальний вихід для малих та середніх підприємств пакувальної індустрії полягає в залученні операційного обладнання, переваги якого якнайкраще проявляються в малотиражному виробництві та полягають в його малих габаритах, низькій металомісткості, економному споживанні енергоресурсів.

Операційне фальцювальне обладнання має низку принципів відмінностей від потокових ліній, які призначені для виконання комплексу операцій. Його не характеризують універсальність, наявність додаткових функцій (точкове нанесення клею, підготовка до складування в транспортну тару, нанесення шрифту Брайля). Проте функціонально операційне обладнання є простим в ек-

сплуатації, агрегативним, зручним та оперативним у переналагодженні.

Проектуючи операційне фальцювальне обладнання, необхідно враховувати особливості його функціонування та умови використання. Для економії виробничих площ доцільно виконувати фальцювання картонних розгорток за умови їх зупинки або під час руху по обмеженій колійній траєкторії. У такому разі компоновка пристроїв включає вузол фіксування картонних розгорток між II та IV бігувальними лініями (відлік проводиться від клейового з'єднувального клапана) та пару виконавчих інструментів для фальцювання їх незафіксованих елементів. Залежно від виду картону, його фізико-механічних властивостей інструменти можуть бути виконани-

ми у вигляді просторових напрямних, гачків, валиків, фальцювальних крил або їх комбінацій.

Проектування такого типу обладнання треба здійснювати, враховуючи можливість його компоновки з іншими секціями та модулями. Для фальцювальних пристроїв (вузол В на рис. 1) ці секції уможливають автоматизацію таких операцій, як поштучне виведення розгорток КР з магазину (вузол А), нанесення клейового шару на з'єднувальний клапан (вузол Б), пресування сфальцюваного і склеєного пакування П та їх виведення (вузол Г). Тому пристрої мають ефективно функціонувати як самостійно (у разі ручного виконання згаданих операцій), так і в комплексі з додатковими модулями.

Операційні пристрої доцільно розробляти і продукувати для фальцювання певних типорозмірів розгорток картонної тари з можливістю переналагодження у визначеному діапазоні. Тоді проектування передбачає розроблення принципової схеми виконавчих інструментів та механізмів на базі вузла фіксування картонних розгорток. Далі на основі схеми розробляють типоряд пристроїв, структурна побудова яких ідентична, а відрізняються вони обраним мінімальним і максимальним форматом розгорток.

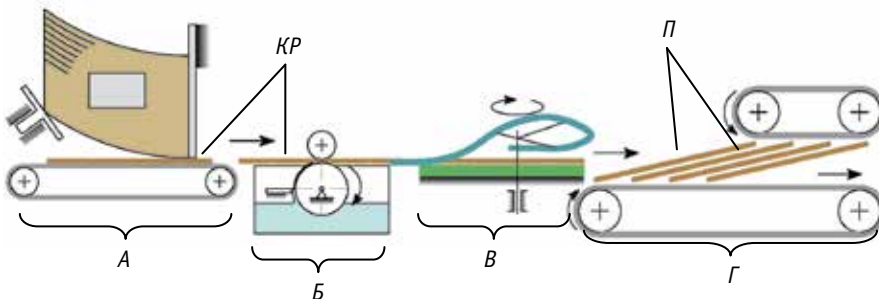


Рис. 1. Схема компоновки операційного пристрою фальцювання з іншими функціональними вузлами

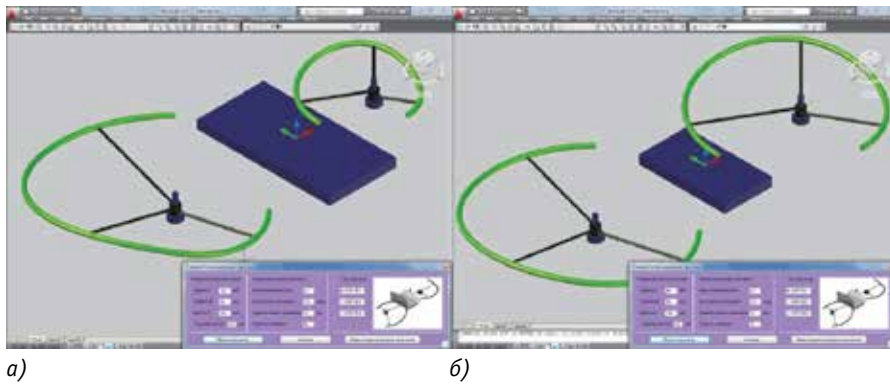


Рис. 2. Вікно програми AutoCAD з модулем тривимірної побудови фальцювальних інструментів

Для цього доцільно застосовувати системи автоматизованого проектування. Засоби САПР, SolidWorks, Autodesk Inventor дають змогу використовувати параметризацію для створення однотипних деталей та вузлів, які відрізняються тільки розмірами [3]. Параметризація включає алгоритм створення деталі, який складається з послідовності ескізів і об'єктів на їх основі (дерево побудови), що формують модель деталі. Кожному з елементів дерева побудови властивий набір параметрів, які можна коректувати залежно від необхідних розмірів деталі. Зміни, внесені в одну з віток дерева, автоматично будуть враховані у вітках, які знаходяться нижче в ієрархії. Таким чином, зміни певного елемента деталі не потребують проходження всіх кроків її створення.

Проектування фальцювальних напрямних, які через особливості виконання операції мають складну просторову конфігурацію та вимагають найбільших затрат часу, зручно виконувати із залученням засобів програмування САПР AutoCAD мовою Auto LISP. Програмування дає змогу закласти аналітичні залежності для точного формування профілів напрямних та оперативно одержувати їх моделі. Структурно відповідне програмне забезпечення включає модулі:

- вводу параметрів пакувань, типу та параметрів пристрою;
- обчислення за заданими параметрами просторових координат профілю напрямних;
- побудови тривимірного макета напрямних для візуальної оцінки правильності розрахунків та складності профілю;

- виводу даних просторових координат профілю в зовнішній текстовий файл для подальшої роботи.

Приклади роботи відповідного програмного модуля в системі AutoCAD зображено на рис. 2. Результат – побудова тривимірного макета напрямних для пачки розмірів 100 × 50 × 200 мм (рис. 2а) і 50 × 60 × 100 мм (рис. 2б). Як видно з рисунків, у першому випадку обрано компактнішу побудову напрямних, що впливає на складність їх профілю.

Тривимірне моделювання дає змогу усувати труднощі, наявні в процесі проектування класичними методами. Під час плоского проектування на основі креслень виготовляють пробні зразки вузлів чи пристроїв, на яких перевіряють правильність компоновки деталей, за потреби вносять виправлення, а потім передають документацію на виробництво. Такий підхід вимагає додаткових витрат часу і коштів на етапі від створення кон-

цепції до одержання готового виробу. Основою 3D моделювання є цифровий прототип – віртуальна копія майбутнього вузла чи деталі. На рис. 3 зображено віртуальні прототипи операційних пристроїв для фальцювання картонних розгорток: з обертовими напрямними (рис. 3а) [4] та з призматичним шаблоном (рис. 3б) [5]. Тривимірне моделювання виконано в програмі AutoCAD, візуалізація – у 3d StudioMax. За допомогою таких моделей уже на етапі проектування можна наочно оцінити конструкцію виробу, правильно обрати розташування деталей і ланок та уникнути багатьох помилок.

Плоскі креслення (ортогональні та аксонометричні проекції, види, перерізи) на основі 3D моделей засобами САПР одержують автоматично. В AutoCAD цю функцію виконують команди solview і soldraw. Результат проектування зображено на рис. 4 у вигляді вузлового креслення пристрою з обертовими напрямними. У разі потреби корективи вносять тільки в модель (немає потреби змінювати кожен проєкцію чи вид).

Засоби таких програм, як SolidWorks, Autodesk Inventor, надають можливість «оживити» створений тривимірний прототип і перевірити його працездатність. Такі модулі, як SolidWorks Motion, дають можливість, розставивши зв'язки між ланками, здійснювати кінематичний і динамічний аналіз механізмів, що на початковому етапі випробування нового устаткування знижує кошти, витрачені на створення тестових зразків та залучення вимірювальної апаратури.

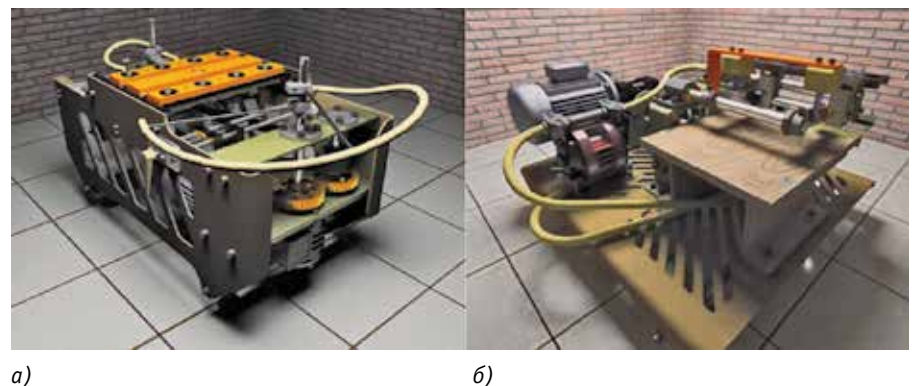


Рис. 3. Тривимірні прототипи фальцювальних операційних пристроїв з обертовими напрямними (а) та з призматичним шаблоном (б)

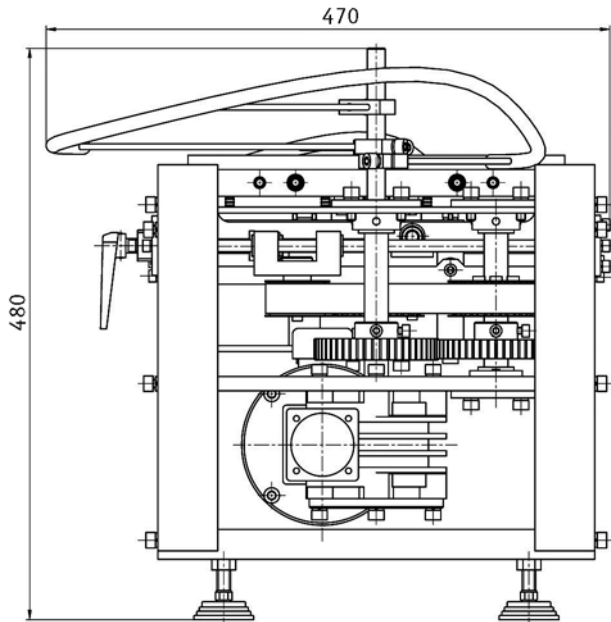


Рис. 4. Креслення фальцювального пристрою

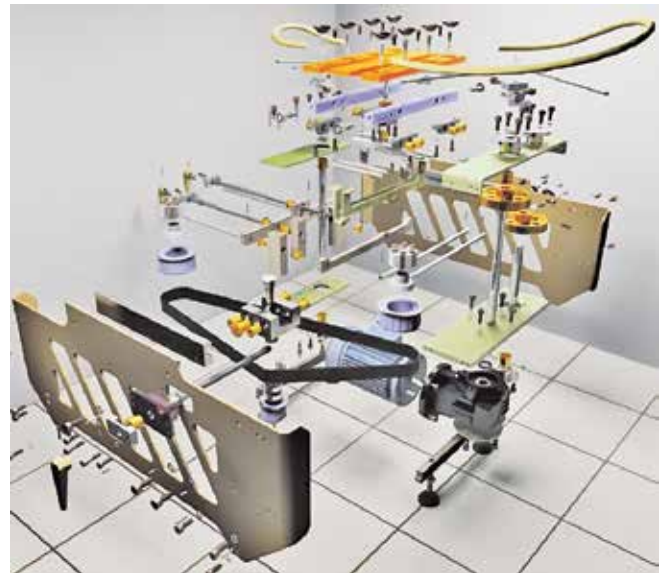


Рис. 5. Візуалізація процесу складання фальцювального пристрою

Програмні продукти Showcase та 3d StudioMax призначені для створення реалістичних зображень віртуальних моделей, а також проведення візуалізації процесу складання устаткування (рис. 5).

Можливості розглянутого програмного забезпечення варто залучати і в навчальному процесі для наочної демонстрації роботи устаткування чи протікання технологічних процесів.

Також із розвитком новітніх технологій вихідним матеріалом для виготовлення деталей може слугувати не тільки креслення, а й віртуальний їх макет. Все більшого поширення набувають системи підготовки виробництва, які автоматично створюють програми для машин-автоматів із числовим програмним керуванням (ЧПК). Для залучення устаткування із ЧПК достатньо файлу макета деталі з розширенням *.dxf* для створення плоскої деталі з листового металу та *.stl* – для тривимірної деталі.

Висновки

Операційне фальцювальне обладнання є ефективним у виготовленні паперово-картонних засобів пакування малими тиражами. Використання засобів автоматизованого проектування для спеціалізованого фальцювального обладнання підвищує оперативність та спрощує процес розроблення нового пакувального обладнання, що

позитивно позначається на ефективності його створення. Тривимірне комп'ютерне проектування надає такі переваги: автоматизація однотипних операцій для економії часу; унаочнення результатів проектування для уникнення помилок на початкових етапах; зв'язок з обладнанням з ЧПК для підвищення якості виробництва.

Література

1. *Кривошей В.Н.* Упаковочный рынок Украины (состояние и тенденции): Матеріали VIII Наук.-практ. конф. «Пакувальна індустрія (ринок, інновації, бізнес-практики)» (24–25 вересня 2014 р., м. Київ, Пуша-Водиця, Україна). – Додаток до часопису «Упаковка». – 2014. – № 5. – К. : ІАЦ «Упаковка», 2014. – С. 4–25.
2. *Регей І.І.* Енергоощадна технологія і засоби виготовлення розгортки картонного пакування: монографія. – Львів : Вид-во УАД, 2009. – 176 с.
3. *Кузьминский Д., Порхунов С.* SolidWorks как основа для проектирования // «САПР и графика». – 2011. – № 11. – С. 97–99.
4. Патент на винахід № 98069 України, МПК В31В 1/12 В31В 3/00. Спосіб фальцювання розгортки картонного пакування та пристрій для його реалізації / І.І. Регей, П.І. Бегень; – № а201103718; заявл. 28.03.2011; опубл. 10.04.2012. Бюл № 7. – 4 с.

5. Патент на винахід № 98855 України, МПК В31В 3/00 В31В 1/12. Спосіб фальцювання та склеювання розгортки картонного пакування та пристрій для його реалізації / І.І. Регей, П.І. Бегень, А.С. Главацький; – № а201012344; заявл. 19.10.2010; опубл. 25.06.2012. Бюл. № 12. – 4 с. *Ж*

Проектирование фальцевого оборудования средствами трехмерного моделирования

И.И. Регей, д.т.н., П.И. Бегень, к.т.н.

В статье проведен анализ тенденций в упаковочной индустрии. Выделено важную роль операционного фальцевого оборудования для малых и средних предприятий, указаны особенности его проектирования на базе модульного построения. Обоснована необходимость привлечения САПР для повышения эффективности разработки нового оборудования, описаны основные методы трехмерного моделирования на основе цифрового прототипа. Установлены их преимущества над традиционными методами плоского проектирования.

Ключевые слова: операционное оборудование; трехмерное моделирование; прототип.

Design folding equipment of 3D modeling

I.I. Regey, Dr., P.I. Behen, Ph.D.

In this paper, authors analyzed the trends in the packaging industry. The important role of operating equipment for small and middle enterprises is determined, specified on the features of its design in the case of modular construction. The necessity of attracting CAD to improve efficiency development of new equipment is justified. The main methods of 3D modeling based on the digital prototype are described. The advantages of 3D modeling over traditional methods of 2D design are established.

Keywords: operating equipment; 3D modeling; prototype.