

УДК 621.74.07

Р.Т. Карпик, канд. техн. наук, С.В. Дідик, магістр, Івано-Франківськ, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ПРЕС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТВА ТЕРМОПЛАСТІВ ПІД ТИСКОМ

Проведено аналіз потенційних можливостей та функцій систем автоматизованого проектування. На основі створеної моделі деталі у середовищі Autodesk Inventor показано процес розробки прес-форм для литва із врахуванням технологічних особливостей та проведено симуляцію процесів заливки з подальшим прогнозом якості виливків, що дозволяє спростити та суттєво пришвидшити процеси: проектування прес-форм, здійснення аналізу ливарної порожнини та розроблення керуючих програм для обробки деталей на верстатах з ЧПК.

Ключові слова: прес-форма, термопласти, литво пластмас під тиском, Autodesk Inventor, підготовка виробництва.

Проведен анализ потенциальных возможностей и функций систем автоматизированного проектирования. На основе созданной модели детали в среде Autodesk Inventor показан процесс разработки пресс-форм для литья с учетом технологических особенностей и проведено симуляцию процессов заливки с последующим прогнозом качества отливки, что позволяет упростить и существенно ускорить процессы: проектирования пресс-формы, осуществления анализа литейной полости и разработки управляющих программ для обработки деталей на станках с ЧПУ.

Ключевые слова: пресс-форма, термопласты, литье пластмасс под давлением, Autodesk Inventor, подготовка производства.

The analysis of potential possibilities and functions of computer-aided design systems is carried out. Based on the created part model, the Autodesk Inventor environment demonstrates the process of developing molds for molding taking into account technological features, and the simulation of the casting processes was carried out, followed by a forecast of the quality of the castings, which makes it possible to simplify and substantially accelerate the processes: mold design, analysis of the casting cavity and development of control programs for machining of parts on CNC machines.

Keywords: mold, thermoplastics, plastic injection molding, Autodesk Inventor, preparation of production.

Постановка проблеми

На даний момент у світі дуже велика кількість деталей і виробів виготовляється литтям пластмас, для проведення якого потрібно сконструювати оснастку – прес-форму. Для проектування прес-форм чи їхніх деталей використовують САД-системи (Computer Aided Design), з подальшим використанням САМ-систем (Computer Aided Manufacturing), які служать для технологічної підготовки виробництва. Розрахунок основних деталей та вузлів проводиться в САЕ-системах (Computer Aided Engineering) [1-4]. Проте далеко не всі вони є комплексним інструментом і поєднують в собі можливості створювати деталь, проектувати форму для неї, перевіряти її міцнісні характеристики та симулювати заливання і прогнозувати якість кінцевого виливка. Зазвичай якогось з вище вказаних пунктів в поширених програмах немає, тому завжди доводиться використовувати декілька

програмних продуктів, що вимагає додаткових затрат на програмне забезпечення. Також при експорті-імпорті моделей потрібно використовувати файли однакового розширення, що не завжди можливо, крім того файли з перехідним розширенням можуть призводити до неточностей у моделі.

Різного виду систем автоматизованого проектування (САПР) є доволі багато, проте далеко не всі вони є у вільному доступі для ознайомлення, а їхні інтерфейси є вельми складними, тому для їх використання потрібно як мінімум ознайомитися зі всіма інструкціями виробника програмного продукту. Наявна технічна література та інструкції, що в даний час існують також не завжди доступні загалом і в більшості випадків написані англійською мовою, і насичена вузькоспеціалізованою термінологією, яку важко коректно перекласти, а тому вимагає багато часу для вивчення. Однією з найбільш доступних і пристосованих для проектування прес-форм для литва пластикових деталей є програмний комплекс Autodesk Inventor.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасне виробництво характеризується багатою номенклатурою деталей, які виготовляються, з великою зміною виробів, що випускаються. При цьому САПР стали невід'ємною частиною виробничого процесу та актуальним напрямом вдосконалення технологічної підготовки виробництва, що забезпечує високу якість та ефективність проектування [3, 4]. Розробка та вдосконалення системи автоматизованого проектування технологічної оснастки дозволяє скоротити терміни технологічної підготовки виробництва і зменшити собівартість виробів, що випускаються [5-8].

Основою автоматизації проектування технологічної оснастки (пристосувань, штампів, прес-форм тощо) є максимальна стандартизація і уніфікація їх елементів та систематизація проектних рішень [9, 10].

Метою роботи є демонстрація технологічних можливостей САПР Autodesk Inventor для створення моделей пластикових деталей та проектування прес-форм, для їх лиття, на базі цих моделей із подальшим випробуванням елементів прес-форми, перевірки та аналізу кінцевого виливка на предмет якості та відповідності усім вимогам.

Обґрунтування автоматизації проектування прес-форм для виготовлення литтям деталей із термопластів у Autodesk Inventor

Метою автоматизації проектних робіт є насамперед скорочення тривалості проектування та зменшення витрат на проектування. Це дозволяє зменшити час на проектування та випробування розробленого оснащення ще на стадії підготовки виробництва.

В цілому процес проектування можна охарактеризувати такими кроками (рис. 1).

Раціональний поділ функцій під час автоматизованого проектування прес-форм між людиною та програмою – одна з найважливіших проблем, яку вирішують при використанні ЕОМ для автоматизації проектно-

конструкторських робіт. Залежно від проєктованого об'єкта, ступеня можливої формалізації процесу його проєктування, наявної технічної та програмної бази, проєктну задачу можна реалізувати різними шляхами, але наявність розвинутого програмного забезпечення зовсім не гарантує спрощення процесу проєктування до натискання кількох кнопок та відсутності потреби у кваліфікованому і креативному мисленні з боку інженера. Проте середовище для проєктування Autodesk Inventor дозволяє максимально спростити процес розробки оснастки і скоротити затрати часу.

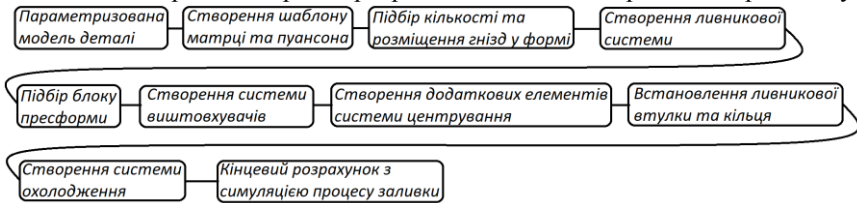


Рисунок 1 – Блок-схема послідовності процесу розробки прес-форми

Початковими даними для проєктування прес-форми служать:

- креслення деталі з технічними вимогами та відомостями про її призначення;
- матеріал з якого виготовляють деталь та його властивості (далеко не останню роль відіграють реологічні властивості пластмаси);
- технічні характеристики обладнання (термопластавтомата), на якому проводитимуть процес литва;
- інші технічні та технологічні фактори, які слід враховувати під час виконання проєктних робіт.

У процесі проєктування вибирають раціональні конструкції, проводять перевірки на міцність та розробляють робочі кресленики всіх деталей прес-форми, прогнозують потенційну якість деталі.

Система Autodesk Inventor дозволяє виконувати такі операції:

- створення параметризованої моделі деталі;
- вибір матеріалу деталі з власної бази даних;
- аналіз ухилів площин деталі;
- автоматичний підбір та створення ливників та ливникових каналів;
- обчислення усадки поверхонь деталі залежно від вибраного матеріалу;
- проєктування блоків прес-форм: систем «колонка-втулка», пази в плитах та транспортні деталі за даними бібліотеки;
- проєктування пуансонів;
- розрахунок конструктивних розмірів матриці;
- підбір та розміщення кріпильних елементів на складальному кресленнику;
- проєктування систем: фіксації, виштовхування та охолодження прес-форми;

- проектування додаткових деталей типу плит (підкладок: верхня та нижня, пуансонотримач);
- проектування хвостовиків;
- формування креслень (деталей блока, пакета та додаткових деталей);
- розрахунок маси; ';
- прогнозування якості деталі;
- формування специфікації та ряд інших функцій.

У сукупності всі ці функції надають конструктору необмежені можливості в плані створення деталей та оснастки. При цьому відпадає необхідність у громіздких та надлишкових розрахунках, що займають багато часу. Навіть дрібна помилка в подібних розрахунках може призвести до викривлення кінцевого результату, а це тягне за собою втрати часу та ресурсів, тому САПР на даний час дозволяють уникнути подібних помилок, адже велика частина обчислень переноситься на машину. Крім того, велика база інженерних даних дозволяє підібрати оптимальні рішення для конкретних задач, що дозволяє економити час.

Номенклатура деталей з пластмас, яку потрібно виготовити литвом у прес-форми під тиском на малих підприємствах може бути різноманітною, що вимагає мінімальної тривалості підготовки виробництва для виготовлення виробу з відсутністю помилок і скороченням тривалості проектування, що може бути досягнуто при використанні САПР, але фактором, який стримує їх впровадження на підприємствах, є висока вартість таких програмних продуктів. Отже, набір можливостей САПР для застосування на підприємстві має відповідати наявному типу виробництва, складності та номенклатурі виробів та обладнання і необхідності проведення розрахунків у процесі проектування для зменшення витрат на впровадження САПР та отримання результатів від її використання за відносно короткий термін.

Процес проектування прес-форми розчленований на три етапи. На першому здійснюється створення або імпортування параметризованої 3D-моделі деталі (рис. 2), яку вилитимуть у прес-формі та її всебічну перевірку на технологічність і відповідність усім технічним вимогам (рис. 3). Якщо у моделі немає помилок, то відбувається перехід до другого етапу – проектування самої прес-форми на базі уже готової моделі деталі, а при наявності помилок вносять відповідні корективи у початкові дані.

Багато рутинних обчислень та підборів на другому етапі можна віддати самій системі Inventor (розрахунки усадок, раціональних температурних параметрів процесу лиття тощо). Проте це не означає, що для конструктора все зводиться до натискання кількох кнопок, адже він повинен провести підбір взаємного розміщення гнізд в прес-формі, типу та виду ливникової системи та системи охолодження тощо. Результатом другого етапу є ряд графіків симуляції заливки деталей у прес-формі, прогноз якості кінцевого виливка (рис. 4) та модель блоку прес-форми у збірці (рис. 5), яку практично

легко можна перетворити в кінцеві технологічні кресленики, а моделі окремих деталей використати як вихідні при розробленні керуючих програм для їх обробки на верстатах з ЧПК.

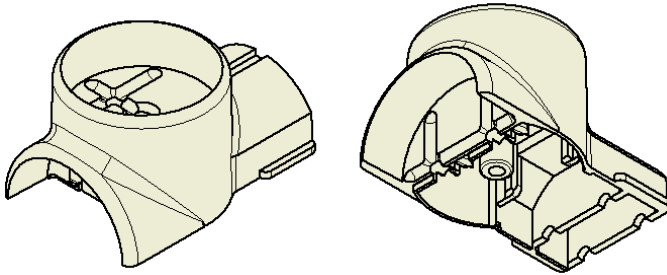


Рисунок 2 – 3D-модель деталі

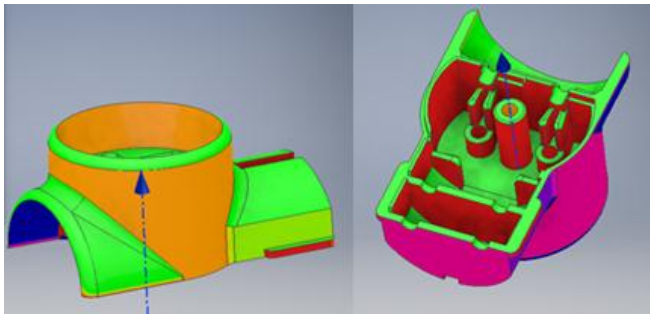


Рисунок 3 – Приклад виконання графічного аналізу ухилів: зелений та оранжевий колір – раціональні кути нахилу; червоний – строго перпендикулярні поверхні

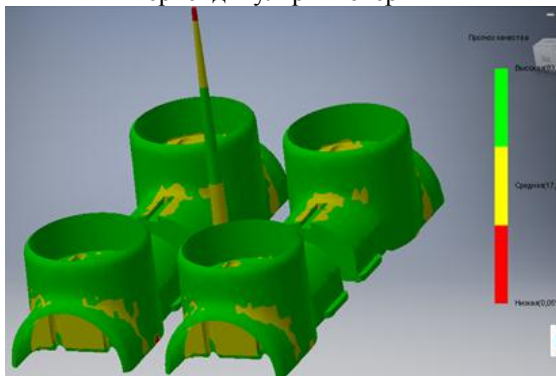


Рисунок 4– Графік прогнозування якості виливка: зелений – висока; жовтий – середня; червоний – низька

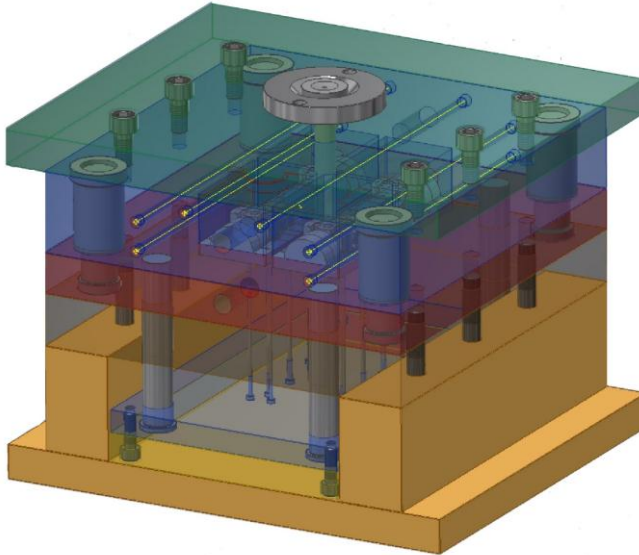


Рисунок 5 – Загальний вигляд готового блоку прес-форми

Під час третього етапу проводять випробування раніше створених деталей прес-форми на міцність та стійкість. Достатньо завантажити деталь або певну збірку в середовище для випробування, створити новий експеримент і задати всі необхідні умови закріплення, взаємного розміщення та навантаження, які діють на модель. Система проведе обчислення всіх потрібних параметрів і видасть результати у формі графіків та таблиць. На рис. 6 показано напруження за Мізесом у матриці прес-форми.

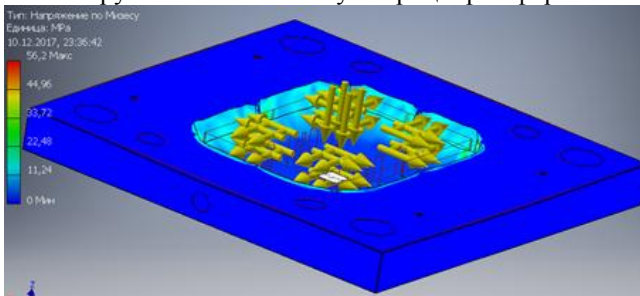


Рисунок 6 – Напруження за Мізесом у матриці

Висновки

Проектування прес-форми для лиття деталей зі складними поверхнями є складним і довготривалим процесом, від якості якого залежить подальше її виготовлення. Застосування сучасних програмних продуктів дозволяє

спростити та суттєво пришвидшити процеси: проектування прес-форми, здійснення аналізу ливарної порожнини та розроблення керуючих програм для оброблення деталей на верстатах з ЧПК.

Список використаних джерел: 1. *Глинских А.* Мировой рынок CAD/CAM/CAE-систем. – Компьютер-Информ № 01 (117), 2002. 2. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 430 с. 3. *Рыбаков А.В.* Создание автоматизированных систем в машиностроении: [учеб. пособие] / Рыбаков А.В., Евдокимов С.А., Мелешина Г.А. – М.: Изд-во "Станкин", 2001. – 157с. 4. *Мазейн П.Г., Шаламов А.В.* Сквозное автоматизированное проектирование в САД/CAM системах: учебное пособие. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 83 с. 5. *Суберляк О. В.* Технология переработки полимерных та композиційних матеріалів: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Суберляк, П.І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 375 с. 6. Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов / С.В. Власов. Л.Б. Кандырин. В. Н. Кулезнев и др. – М.: Химия, 2004. – 600 с. 7. *Мэллой Р. А.* Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением / Р. А. Мэллой ; пер. с англ. яз. под ред. В. А. Брагинского, Е. С. Цобкалло, Г. В. Комарова. – СПб.: Профессия, 2006. – 512 с. 8. Литье под давлением / М. Б. Беккер, М. Л. Заславский. Ю. Ф. Игнатенко и др. – 3-е изд., перераб. и доп. М. Машиностроение, 1990, – 400 с. 9. *Видгоф Н. Б.* Основы конструирования литьевых форм для термопластов / Н. Б. Видгоф. – М.: Машиностроение, 1979. – 264 с. 10. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс та технологической оснастки для их изготовления / *Мирзгоев Р. Г., Брагинский В.А. и др.* – Ленинград: 1972 – 416 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Glinskikh A.* Mirovoy ryinok CAD/CAM/CAE-sistem. – Kompyuter-Inform № 01 (117), 2002. 2. *Norenkov I.P.* Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya: uchenik dlya vuzov. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Izd-vo MG TU im. N.E. Bauman a, 2009. – 430 s. 3. *Ryibakov A.V.* Sozdanie avtomatizirovannykh sistem v mashinostroenii: [ucheb. posobie] / *Ryibakov A.V., Evdokimov S.A., Meleshina G.A.* – M.: Izd-vo "Stankin", 2001. – 157s. 4. *Mazein P.G., Shalamov A.V.* Skvoznnoe avtomatizirovannoe proektirovanie v CAD/CAM sistemah: uchebnoe posobie. – Chelyabinsk : Izd-vo YuUrGU, 2002. – 83 s. 5. *Suberlyak O. V.* Tehnologiya pererobki polimernykh ta kompozitsionnykh materialov: podruch. [dlya stud. vnsch. navch. zakl.] / *O. V. Suberlyak, P.I. Bashtannik.* – Lviv: Rastr-7, 2007. – 375 s. 6. Osnovy tehnologii pererabotki plastmass: uchebnyk dlya vuzov / *S.V. Vlasov. L.B. Kandyirin. V. N. Kuleznev i dr.* – M.: Himiya, 2004. – 600 s. 7. *Melloy R. A.* Konstruirovaniye plastmassovykh izdeliy dlya litya pod davleniem / *R. A. Melloy;* per. s angl. yaz. pod red. *V.A. Braginskogo, E.S. Tsobkallo, G.V. Komarova.* – SPb.: Professiya, 2006. – 512 s. 8. Lite pod davleniem / *M. B. Bekker, M. L. Zaslavskiy. Yu. F. Ignatenko i dr.* – 3-e izd., pefrab. i dop. M. Mashinostroenie, 1990, – 400 s. 9. *Vidgof N. B.* Osnovy konstruirovaniya litevykh form dlya termoplastov / *N.B. Vidgof.* – M.: Mashinostroenie, 1979. – 264 s. 10. Osnovy konstruirovaniya i rascheta detaley iz plastmass i tehnologicheskoy osnastki dlya ih izgotovleniya / *Mirzgoev R.G., Braginskiy V.A. i drugie.* – Leningrad: 1972 – 416 s.

Надійшла до редколегії 25.06.2018