

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код та назва)

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Удосконалення процесів технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей.

Здобувача групи

ТМ.м-21

(шифр групи)

Корнієнка Андрія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Андрій КОРНІЄНКО

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

ст. викладач, канд. техн. наук Юлія Денисенко

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант
з питань охоро-
ни праці

ст. викладач, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, канд. техн. наук, доцент Олександр ІВЧЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

| | |
|--------------------------|---|
| Інститут, факультет | <u>факультет технічних систем і енергоефективних технологій</u> |
| Кафедра | <u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u> |
| Освітньо-науковий рівень | <u>другий (магістерський)</u> (назва) |
| Спеціальність | <u>131 – прикладна механіка</u> (шифр і назва) |
| Освітня програма | <u>технології машинобудування</u> (назва освітньої програми, за наявності) |

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«__» _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) ЗДОБУВАЧА**

Корнієнко Андрій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення процесів технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей

керівник проекту Денисенко Юлія Олександрівна ст. викладач, канд. техн. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» грудня 2023 року за №1401-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «17» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Вхідна 3D-модель для розробки формоутворюючого інструменту пресформи.

3.2 Типовий життєвий цикл процесу технологічно-конструкторської підготовки виробництва деталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз службового призначення виробу «інструмент пресформи». Аналіз вхідної 3D-моделі.

4.2 Аналіз життєвого циклу процесу технологічно-конструкторської підготовки виробництва деталей.

4.3 Оптимізація життєвого циклу технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей.

4.4 Питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях | Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ | | |

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи (проєкту) | Строк виконання етапів роботи (проєкту) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | Аналіз службового призначення виробу «інструмент пресформи». Аналіз вхідної 3D-моделі. | 01.10.2023 | |
| 2 | Аналіз життєвого циклу процесу технологічно-конструкторської підготовки виробництва деталей. | 01.10.2023 | |
| 3 | Оптимізація життєвого циклу технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей. | 01.11.2023 | |
| 4 | Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях | 01.12.2023 | |
| 5 | Формулювання загальних висновків | 10.12.2023 | |
| 6 | Підготовка доповіді | 12.12.2023 | |
| 7 | Підготовка презентації | 12.12.2023 | |
| 8 | Оформлення роботи | 14.12.2023 | |
| | | | |
| | | | |

Здобувач

(підпис)

Андрій КОРНІЄНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Юлія ДЕНИСЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Реферат

Записка: 46с., 14 рис., 1 табл., 19 літературних джерел.

В даній роботі детально вивчено та проаналізовано етапи життєвого циклу процесу технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільх деталей на прикладі комплекту формоутворюючого інструменту пресформи для лиття пластмас під тиском. Виконано аналіз комплекту формоутворюючого інструменту пресформи для лиття пластмас під тиском.

В роботі проведено аналіз можливостей САD-модуля «Creo Tool Design Extension», для чого наведений детальний опис його можливостей при розробці технологічно-конструкторської документації виготовлення складнопрофільних деталей. Розроблено модель процесу технологічно-конструкторської підготовки виготовлення формоутворюючих компонентів, яка дозволяє простежувати інформаційні зв'язки з позиції саме процесного підходу, що підвищує обґрунтованість ухвалення рішень.

Запропоновано рекомендації щодо корегуючих дій для критичних помилок, які впливають на результат процесу ТКП виготовлення складнопрофільх деталей.

Також проведено аналіз стану охорони праці на АТ «ТЕХНОЛОГІЯ», а саме проведено розрахунок природного освітлення у виробничому приміщенні.

Мета роботи удосконалення процесу технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей шляхом розроблення моделі процесу ТКП та рекомендацій корегуючих дій для критичних помилок.

Об'єкт дослідження – життєвий цикл технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей.

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, IDEF0, ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТТОВКА, ПРЕСФОРМА, ОПТИМІЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Аналіз службового призначення виробу «інструмент пресформи». Аналіз вхідної 3D-моделі | 6 |
| 1.1 Аналіз дозатора полікарбонатного..... | 6 |
| 1.2 Конструкція пресформи. Основні компоненти. | 10 |
| 1.3 Інструмент пресформи. | 13 |
| 1.4. Висновки до розділу | 17 |
| 2 Процеси технологічно-конструкторської підготовки виробництва як елемент життєвого циклу складнопрофільних деталей | 19 |
| 2.1 Життєвий цикл. Базове поняття. | 19 |
| 2.2 Блок-схема IDEF0. Базове поняття. | 20 |
| 2.3 Місце технологічно-конструкторської підготовки в життєвому циклі.... | 21 |
| 2.4 Висновок до розділу | 26 |
| 3 Удосконалення процесу технологічно-конструкторської підготовки при впровадженні CAD-модуля «Creo Tool Design Extension» | 28 |
| 3.1 Роль 3D-моделювання у процесі технологічно-конструкторської підготовки виробництва деталей складного профілю..... | 28 |
| 3.2 Аналіз можливостей CAD-модуля «Creo Tool Design Extension» | 29 |
| 3.3 Розроблення моделі процесу проектування формоутворюючих компонентів. | 31 |
| 3.4 Рекомендації щодо удосконалення процесу технологічно-конструкторської підготовки процесу виготовлення деталей складного профілю. | 35 |
| 3.5 Висновок до розділу..... | 36 |
| Висновки | 38 |
| Перілік джерел посилання..... | 39 |

ВСТУП

Харчове пакування грає важливу роль у забезпеченні безпеки, тривалості зберігання та зручності використання продуктів, а також в створенні позитивного враження для споживачів. У промисловості широко використовується полікарбонатний дозатор для герметизації харчової упаковки. Його функції включають зручне дозування рідин, візуальний контроль цілісності пляшок та надання естетичного вигляду кінцевому продукту споживання. Технологічно-конструкторська підготовка виробництва (далі ТКП) є важливим етапом у виробництві та потребує вдосконалення її процесів з кількох причин:

1. Підвищення ефективності виробництва: оптимізація технологічно-конструкторської підготовки дозволяє зменшити час, необхідний для переходу від концепції до виробництва, що пришвидшує виробничий процес і забезпечує більшу продуктивність.

2. Зменшення витрат на виробництво: оптимізація технологічних процесів може призвести до ефективнішого використання ресурсів, що дозволяє знизити витрати на виробництво, включаючи витрати на матеріали, працю та енергію.

3. Підвищення якості продукції: удосконалення технологічно-конструкторської підготовки може включати у себе оптимізацію процесів контролю якості, що призводить до виготовлення більш високоякісної продукції та зменшення кількості бракованих виробів.

4. Швидка підготовка до випуску нових продуктів: оптимізований процес розробки і виробництва дозволяє підприємствам швидше реагувати на зміни вимог ринку і випускати нові продукти, що може бути важливим у конкурентному середовищі.

5. Гнучкість виробництва: покращення технологічних процесів сприяє більшій гнучкості виробництва, що дозволяє легко адаптуватися до змін в виробничому плані, обсягах виробництва та вимогах замовників.

6. Інновації та конкурентоспроможність: при вдосконаленні технологій і процесів підприємство може стати більш інноваційним і конкурентоспроможним, привертаючи нових клієнтів і забезпечуючи стабільність на ринку.

7. Забезпечення безпеки виробництва: оптимізація технологічно-конструкторської підготовки також може включати удосконалення заходів з безпеки виробництва, що важливо для забезпечення нормального функціонування підприємства та здоров'я працівників.

Загалом, удосконалення технологічно-конструкторської підготовки виробництва у механічній сфері допомагає підприємству бути більш конкурентоспроможним, ефективним та адаптованим до змін у виробничому середовищі.

Мета роботи удосконалення процесу технологічно-конструкторської підготовки виробництва складнопрофільних деталей шляхом розроблення моделі процесу ТКП та рекомендацій корегуючих дій для критичних помилок.

Об'єкт дослідження – процеси технологічно-конструкторської підготовки виробництва деталей складного профілю на АТ «ТЕХНОЛОГІЯ».

Предметом дослідження: нормативна документація щодо процесів ТКП виготовлення складнопрофільних деталей.

Наукова новизна: полягає в удосконаленні наукових підходів до процесу ТКП в умовах функціонування сучасних інформаційних технологій.

Практична цінність дослідження: розроблена модель процесу технологічно-конструкторської підготовки виготовлення формоутворюючих компонентів, яка дозволяє простежувати інформаційні зв'язки з позиції саме процесного підходу, що підвищує обґрунтованість ухвалення рішень. Запропоновані рекомендації щодо корегуючих дій для критичних помилок, які впливають на результат процесу ТКП виготовлення складнопрофільних деталей

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ «ІНСТРУМЕНТ ПРЕСФОРМИ». АНАЛІЗ ВХІДНОЇ ЗD-МОДЕЛІ

1.1 Аналіз дозатора полікарбонатного.

Полікарбонатний дозатор широко використовується в промисловості для герметизації харчової упаковки. Виконує функції зручного дозування рідин, та візуального контролю цілісності упаковки пляшок, додає естетичного вигляду кінцевому продукту споживання.

Від якості виготовлення дозатора прямопропорційно залежить його здатність виконувати задані функції.

Нижче надано перелік основних вимог [1, 2]:

- естетика: виріб є прозорим, не повинен мати слідів від процесу лиття, облою та викривлень поверхонь;
- зносостійкість та ударостійкість: виріб повинен забезпечувати визначений термін служби, при цьому зберігати естетичний вигляд, також мати стійкість до хімічних речовин;
- герметичність: виріб повинен забезпечувати герметичність при транспортуванні та експлуатації;
- геометричні параметри: вся серія виготовлених виробів повинна відповідати вимогам до розташування поверхонь, точності та їх шорсткості;
- стандарти безпеки: продукція має відповідати стандартам безпеки (використання у харчовій продукції);
- екологія: продукт має підлягати переробці;
- ергономічність: ковпачки повинні бути зручними для відкривання та закривання.

Контроль якості продукції має проходити кожна партія виробів.

При виготовленні ковпачків з полікарбонату можуть виникати наступні проблеми:

- якість матеріалу (хімічний склад);

- невірно вибраний режим лиття;
- точність формують компонентів пресформ.

Перелічені проблеми можуть виникнути на різних етапах, але найбільший вплив на формування показників якості кінцевого виробу відбувається на етапі технологічно-конструкторської підготовки.

На етапі технологічно-конструкторської підготовки (далі ТКП) відбувається аналіз 3D-моделі [3]. Вхідним технічним завданням для проектування інструменту пресформи (або пресформи в цілому) є 3D-модель теоретичної відливки (приклад показано на рис.1.1). Іноді технічне завдання потребує корекції. Часто це викликано складністю геометричних параметрів та високими вимогами до розміщення та якості поверхонь відливки.

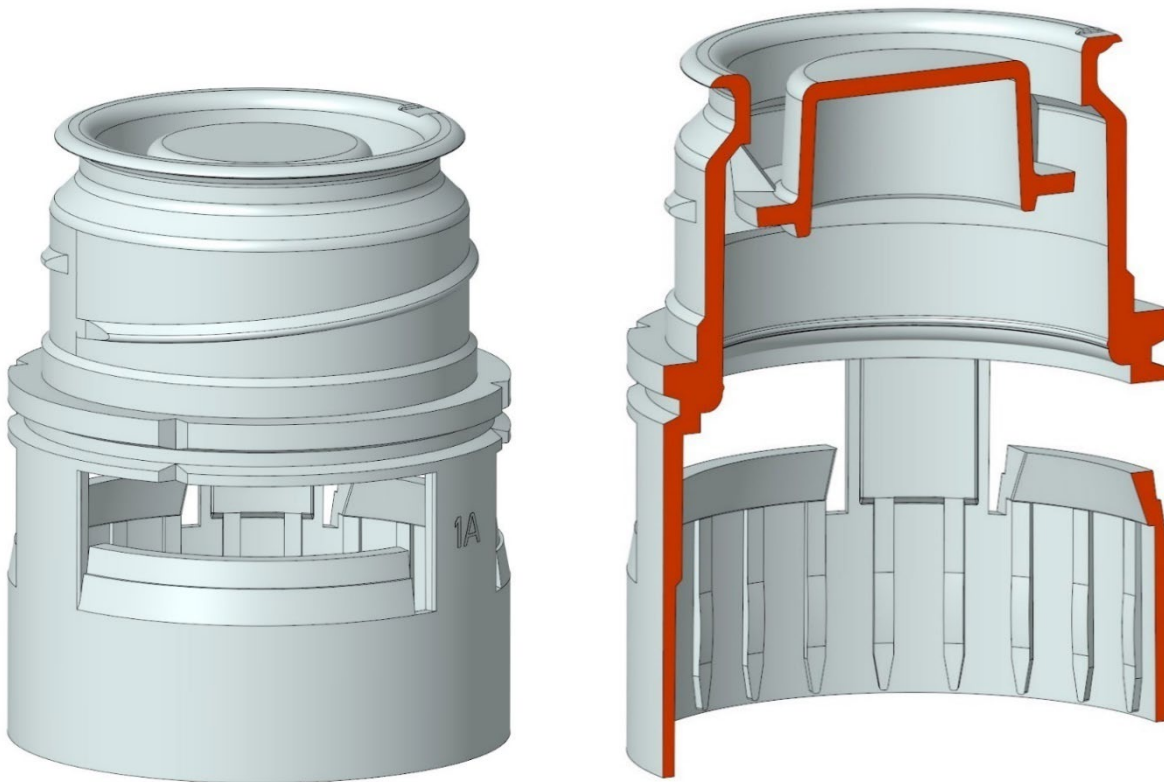


Рисунок 1.1 – Приклад 3D-моделі бажаної відливки.

Зазвичай для харчових продуктів використовується поліетилентерефталат (ПЕТ), поліпропілен (ПП), поліетилен (ПЕ) та полікарбонат (РС) [4]. Матеріал відливки – полікарбонат.

Полікарбонат – це термопластичний полімер, який володіє численними корисними властивостями і застосовується у різних галузях, включаючи лиття у пресформах під тиском.

Основні характеристики полікарбонату, які роблять його популярним матеріалом для лиття у пресформах:

- висока міцність: полікарбонат має дуже високий показник міцності і здатність витримувати удари, що робить його ефективним для виробництва деталей, які піддаються механічному навантаженню.

- термостійкість: властивість термостійкості полікарбонату дозволяє використовувати його для виготовлення деталей, які будуть працювати при високих температурах без втрати міцності та структурної стабільності.

- прозорість: полікарбонат має високий ступінь прозорості, що робить його ідеальним для виробництва прозорих частин, наприклад, вікон, кришок або панелей.

- легкість: полікарбонат є легким матеріалом, що полегшує обробку та транспортування виготовлених виробів.

- добра оброблюваність: цей матеріал легко формується, тобто його можна лити в форми різних конфігурацій, що робить його досить універсальним для виробництва різноманітних деталей.

Полікарбонат використовується для лиття у пресформах за допомогою термоформування або лиття під тиском. Процес лиття у пресформах дозволяє отримати точні та стійкі деталі з високою продуктивністю. Однак, слід враховувати, що полікарбонат може вимагати деякої обстеженості щодо температурного режиму під час лиття, а також контролю за швидкістю охолодження для уникнення деформацій чи напружень у виготовлених виробах.

Є вимога до прозорості відливки, що в свою чергу тягне за собою високі вимоги до параметру шорсткості контактних формоутворюючих поверхонь інструменту (поліровка, 0,4 мкм за параметром Ra).

1.2 Конструкція пресформи. Основні компоненти.

Пресформи [5] (рис.1.2) представляють собою вироби з високоякісної нержавіючої сталі, які використовуються для виготовлення пластикових виробів методом лиття під тиском за допомогою термопластавтоматів. Основна ідея полягає в тому, що розплавлений під впливом тепла пластик подається під значним тиском у формоутворюючу частину пресформи, звідки, після охолодження, виходить готовий виріб.

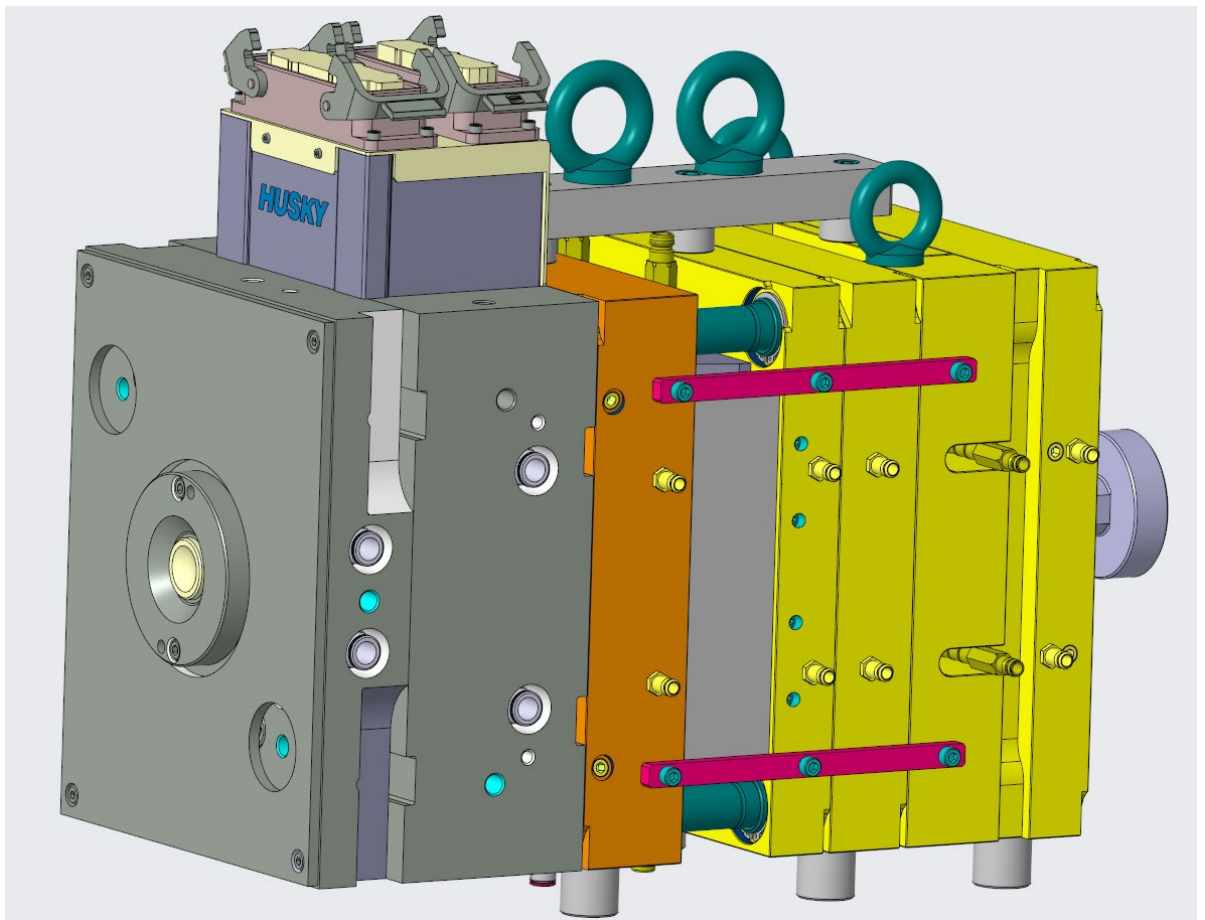


Рисунок 1.2 – приклад конструкції пресформи.

Нижче переховано основні компоненти пресформи:

1. Базові плити: базові плити пресформи є основними елементами конструкції пресформи, які визначають загальну форму та габарити виробу. Ці плити виступають у ролі основи, на якій зазвичай розміщені інші компоненти пресформи.
2. Плити виштовхування: плити виштовхування у пресформі, також відомі як виштовхувальні плити або плити викиду, є компонентами пресформи, які

відповідають за виведення готового виробу з литого матеріалу після завершення процесу формування. Ці плити рухаються для виведення виробу з пресформи та підготовки пресформи до нового циклу лиття.

3. Плити охолодження: плити охолодження у пресформі є компонентами, що відіграють важливу роль у процесі лиття під тиском. Їх основна функція полягає в забезпеченні ефективного та рівномірного охолодження литого матеріалу, що дозволяє отримати якісні та стабільні вироби.

4. Напрямні колони: напрямні колони у пресформі – це структурні елементи, які використовуються для утримання та направлення руху компонентів пресформи під час їх переміщення. Ці колони забезпечують стабільність та точність позиціонування в процесі лиття під тиском.

5. Формувальна частина: формувальна частина являє собою окремий блок пресформи, куди встановлюється змінний формоутворюючий інструмент пресформи (формує геометрію майбутньої відливки).

6. Система подачі: система подачі у пресформі включає в себе різноманітні компоненти та механізми, які відповідають за подачу матеріалу (часто розплавленого пластику) в камеру лиття для формування виробу. Ця система грає ключову роль у процесі лиття під тиском, де точність та ефективність подачі матеріалу мають велике значення для якості та продуктивності виробництва.

Пресформи є доречним вибором для масового виробництва з ряду причин:

1. Швидкість виробництва: пресформи дозволяють виготовляти великі обсяги виробів швидко та ефективно. Процес лиття під тиском забезпечує швидке наповнення форми матеріалом та швидке здійснення процесу застигання.

2. Ефективність матеріалів: використання пресформ дозволяє ефективно використовувати матеріали, оскільки вони заповнюють форму точно та уникають втрат матеріалу.

3. Висока точність та повторюваність: пресформи забезпечують високу точність та повторюваність геометричних параметрів виробів, що особливо важливо для стандартизованого виробництва.

4. Стабільність якості: кожен виріб, виготовлений за допомогою пресформи, має однакові характеристики, що забезпечує стабільність якості продукції.

5. Можливість автоматизації: процес лиття під тиском може бути автоматизованим, що дозволяє підтримувати великі темпи виробництва і знижувати витрати на робочу силу.

6. Економія часу та ресурсів: масове виробництво за допомогою пресформ дозволяє ефективно використовувати час та ресурси завдяки швидкому циклу виробництва.

7. Можливість виготовлення складних форм: пресформи можуть бути спроектовані для виробництва виробів складної геометрії, що важко досягти іншими методами.

8. Економічна вигідність при великих обсягах: при масовому виробництві витрати на виготовлення пресформ можуть бути розподілені на велику кількість виробів, що знижує витрати на одиницю продукції.

Загалом, використання пресформ у масовому виробництві дозволяє забезпечити високу продуктивність, ефективність та якість виробів. В свою чергу пресформа є складним дороговартісним механізмом, що потребує правильного обслуговування за регламентом, високого рівня кваліфікації операторів та обслуговуючого персоналу.

1.3 Інструмент пресформи.

Під поняттям «інструмент для пресформи» (приклад показано на рис.1.3) розуміють комплект формуючих компонентів (деталей) пресформи, контактний (формує) профіль повністю повторює контур майбутньої відливки. Формуючий інструмент – це комбінація конструкцій малих складальних одиниць та деталей, які знаходяться у певному взаємозв'язку та забезпечують необхідне функціонування. В залежності від конструкції [6] та заданим теоретичним параметрам поверхонь майбутньої відливки (виробу), отриманої за допомогою інструменту, інструмент пресформи має відповідати високим технічним вимогам (геометричні параметри, жорсткість, стійкість до температурної деформації, точність та шоркстість поверхонь). Складна конструкція виробу (інструменту) роблять його не технологічним. Часто вище перелічені вимоги роблять інструмент дорогавартісним та складним у виготовленні.

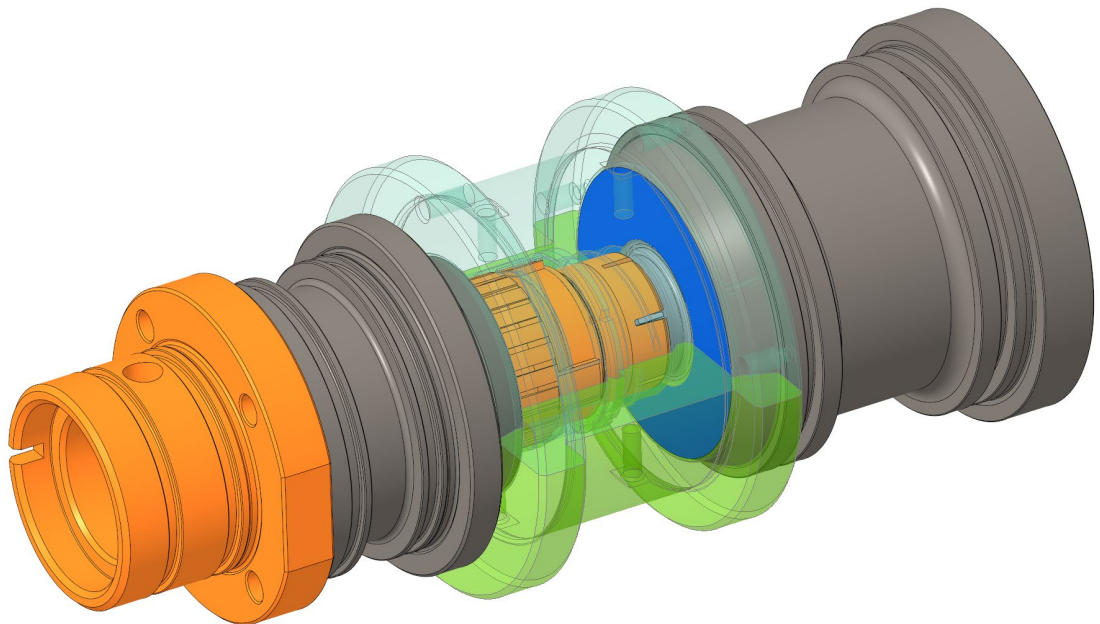


Рисунок 1.3 – Інструмент пресформи для лиття пластмас під тиском.

Вище показаний блок інструменту складається з комбінованого пуансону, двох зовнішніх напівформ, матриці вприску та втулки з'єму.

Розглянемо кожен елемент інструменту окремо:

1. Комбінований пуансон (рис.1.4): являє собою три деталі типу вал. Формує внутрішню частину майбутньої відливки. Комбінована конструкція використана з ряду причин:

- всередині розташовані канали охолодження;
- формуюча частина має складну конфігурацію, що додає складності у виготовленні.
- одночасно взаємодіє в великою кількістю плит пресформи.
- має велику кількість контактних поверхонь з відливкою та іншими компонентами формуючого інструменту.

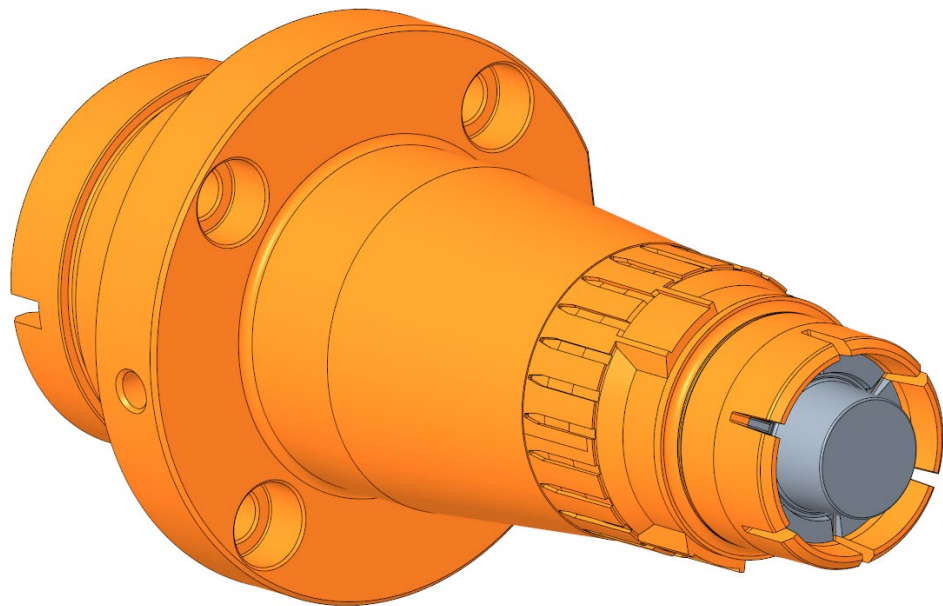


Рисунок 1.4 – комбінований пуансон.

2. Зовнішні напівформи (рис. 1.5): формують зовнішню частину майбутньої відливки. Розташовані у «водяній сорочці» (рухома плита охолодження). Мають велику кількість площин роз'єму, потребують найбільшу кількість слюсарної обробки (поліровка)

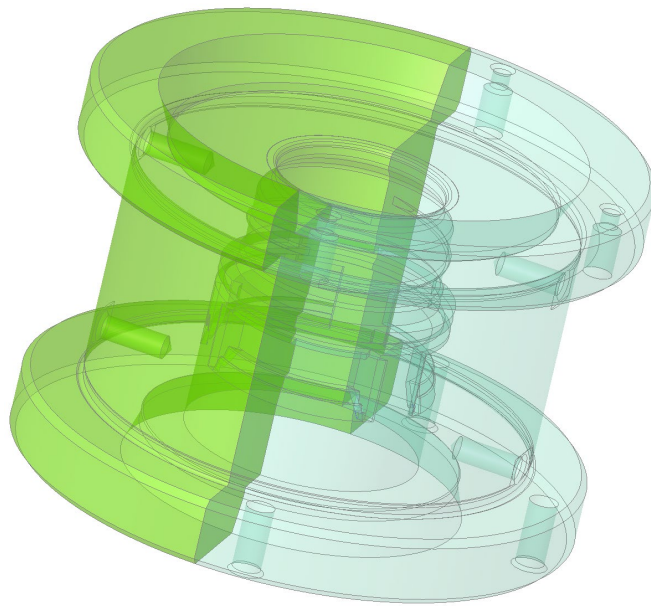


Рисунок 1.5 – зовнішні напівформи формуючого інструменту.

3. Матриця вприску (рис. 1.6): формує верхню частину майбутньої відливки. Має точку вприску, де розміщена дюза (окремий компонент гарячої частини пресформи), саме через цю точку розплавлений пластик подається до порожнини лиття. Невелика кількість площин роз'ємів. Для охолодження в процесі лиття матрицю розміщують у «водяній сорочці» окремої плити пресформи.

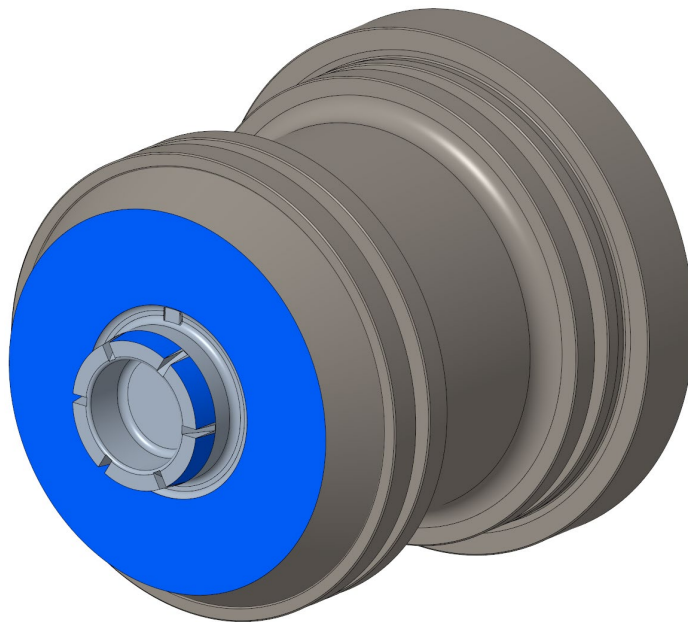


Рисунок 1.6 – Матриця вприску.

4. Втулка з'єму (рис.1.7) виконує функцію видалення готової відливки після процесу лиття. Має окрему «водяну сорочку» для охолодження.

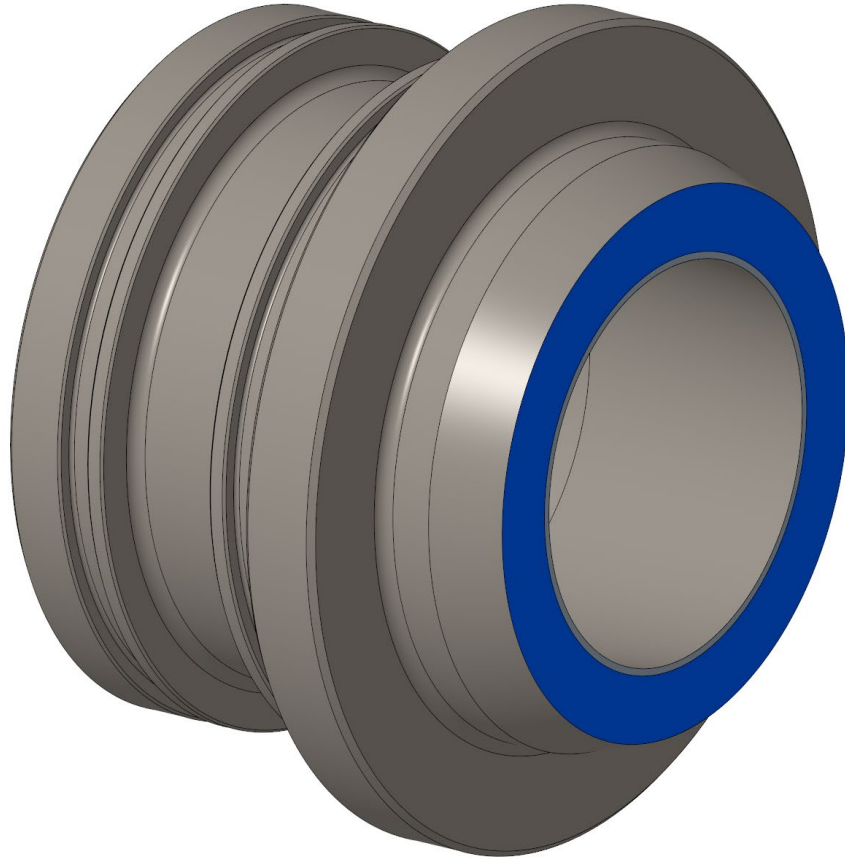


Рисунок 1.7 – втулка з'єму.

Слід розуміти, що компоненти формуючого інструменти мають бути ідеально підігнані один з одним. Зазори повинні мати величини на межі вільного переміщення компонентів та одночасно цей зазор повинен гарантувати непроникність матеріалу між компонентами.

Формуювальні блоки пресформ для лиття під тиском виготовляються з різних матеріалів [7], залежно від конкретних вимог і характеристик процесу.

Ось деякі з типових матеріалів, які можуть використовуватися для виготовлення інструменту пресформ:

- Сталь для пресформ: нержавіюча сталь, або стандартна інструментальна сталь, яка відзначається високою міцністю та довговічністю. Іноді застосовують сталі з покриттям, таке як нітрид титану чи хрому, може додатково підвищити твердість та опір зносу форми.

1. Алюміній: інструмент має низьку масу та гарну теплопровідність. В деяких випадках використовується алюміній для виготовлення форм для легших виробів або там, де важлива теплопровідність.

2. Магнієві сплави: легкі та міцні: Магнієві сплави можуть бути використані для компонентів пресформ, якщо маса інструменту є важливою.

3. Бронза: добра теплопровідність та стійкість до корозії: Бронза може бути використана в деяких випадках, де важливі ці властивості.

4. Силіконові гуми та еластомери: для виготовлення гнучких елементів форми: у випадках, де необхідна гнучкість або резиноподібні властивості, використовують силіконові гуми чи еластомери.

5. Кераміка та карбід кремнію - висока твердість та стійкість: деякі формоутворюючі компоненти можуть бути виготовлені з кераміки або карбиду кремнію для підвищення твердості та стійкості.

Вибір матеріалу залежить від вимог до виробу, технічних характеристик процесу лиття (режиму лиття) під тиском та експлуатаційних умов.

1.4. Висновки до розділу

Виконавши детальний аналіз інструменту пресформи для лиття пластмас під тиском можна зробити висновок, що дані компоненти мають складну конструкцію, вискі вимоги до точності поверхонь, розташування цих поверхонь, та параметрів шорсткості, маються складну технологію виготовлення.

До дозаторів висунуто ряд вимог якості, більшість яких закладається на етапі технологічно-конструкторської підготовки виробництва. Розробка конструкції формоутворюючих компонентів пресформи є базовим елементом в дотриманні вимог до якості та забезпеченні службового призначення дозаторів полікарбонатних.

На етапі ТКП відбувається підготовка технічної документації, що є складним та трудоємним процесом, потребує високого рівня підготовки інженерного персоналу. Тому вдосконалення ТКП є актуальним завданням для підприємства. Для цього необхідно провести детальний аналіз існуючих підпроцесів на етапі ТКП та запропонувати рекомендації щодо вдосконалення.

2 ПРОЦЕСИ ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЯК ЕЛЕМЕНТ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

2.1 Життєвий цикл. Базове поняття.

Для розуміння місця процесів ТКП у виробничому процесі виготовлення дозатора полікарбонатного необхідно провести аналіз процесів його життєвого циклу.

Життєвий цикл [8] – це концепція, яка описує різні етапи та фази, через які проходить продукт, проект, процес чи організація від початку існування до завершення. Це важливий підхід для розуміння та управління різними аспектами життєвого циклу, такими як розробка, виробництво, впровадження, використання та утилізація.

Основні етапи життєвого циклу можуть включати наступне:

1. Планування та розробка:
 - визначення потреб: визначення цілей та вимог до продукту чи процесу.
 - проектування: розробка концепції та структури продукту чи системи.
 - виробництво чи розробка:
2. Створення:
 - фізичне виробництво або програмна реалізація продукту чи проекту.
3. Впровадження:
 - тестування: перевірка продукту на відповідність вимогам та якості.
 - безпосередньо провадження: запуск продукту на ринок або використання виробничого процесу.
4. Використання та експлуатація:
 - експлуатація: фаза, коли продукт чи система використовується за призначенням.
 - обслуговування та підтримка: забезпечення продукту необхідного обслуговування та підтримки.
5. Фаза видалення:

- утилізація чи вилучення: завершення експлуатації та видалення продукту або його компонентів.

- підготовка до вторинної переробки: якщо можливо, підготовка до вторинного використання або переробки.

6. Аналіз та оптимізація:

- оцінка: аналіз ефективності, вартості та інших факторів життєвого циклу.
- оптимізація: внесення змін для поліпшення продуктивності, якості чи ефективності.

Життєвий цикл допомагає компаніям та організаціям краще розуміти та управляти своїми продуктами та процесами, а також враховувати вплив на навколишнє середовище та економію^[9].

Застосування життєвого циклу у технологічно-конструкторській підготовці виробництва деталей складного профілю повноцінно дасть змогу правильно розуміти бізнес-логіку процесу та його транзакції між станами цього процесу.

2.2 Блок-схема IDEF0. Базове поняття.

Схеми IDEF0 можуть бути використані для розробки, аналізу та оптимізації процесів життєвого циклу, підготовки до впровадження нових систем чи проектів, а також для створення єдиної та зрозумілої документації [10].

Схема IDEF0 [11,12] (Integrated Definition for Function Modeling) є графічним методом для моделювання функціональних процесів у системах. IDEF0 використовується для визначення, аналізу та документування бізнес-процесів, забезпечуючи чітке та структуроване представлення функціональної архітектури системи чи організації.

Основні елементи схеми IDEF0 включають [13]:

- Блок функції (Function Box): це головний елемент схеми, який представляє окрему функцію або процес. Блок функції має назву, що вказує на конкретну діяльність.

– Стрілки (Arrows): Стрілки вказують на потік даних чи управління між блоками функцій. Вони вказують на напрямок обробки інформації чи участь управління між функціями. Потік даних керує схемою за допомогою Коду ICOM (ICOM Code). Це код, який встановлює єдність відповідності між граничними стрілками діаграми-нащадка та стрілками батьківського блоку. Аббревіатура від Input (Вхід), Control (Управління), Output (Вихід), Mechanism (Механізм).

– Контекстний блок (Context Box): це прямокутник, який представляє собою систему, проект або організацію, де розглядається схема IDEF0.

– Декомпозиція (Decomposition): деякі блоки функцій можуть бути розкриті для подальшої деталізації. Це показує структурні зв'язки між більш деталізованими функціями та їх батьківськими функціями.

Схема IDEF0 дозволяє детально вивчати функціональні аспекти системи, інтегруючи їх у логічні блоки та з'єднуючи стрілками для визначення потоків даних чи управління між цими функціями. Цей метод є ефективним для розуміння внутрішніх і зовнішніх функцій, що відбуваються в системі або організації.

Блок-схема IDEF0 виконана за принципом декомпозиції

Принцип декомпозиції (структуризації, деталізації) використовується для розгортання та уточнення моделі, при цьому розробник моделі визначає рівень деталізації відповідно до поставлених цілей. Суттєвою є те, що декомпозиція представляє собою процес, під час якого розробник описує внутрішню структуру функціонального блоку.

2.3 Місце технологічно-конструкторської підготовки в життєвому циклі.

Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва (ТКП) — це комплекс заходів, спрямованих на розробку оптимального технологічного процесу для виготовлення деталі або виробу, який би враховував конструктивні особливості, матеріали, технологічні можливості та вимоги до якості виробу. ТКП забезпечує перехід від концепції та проекту до конкретного виробництва.

Типовий життєвий цикл дозаторів полікарбонатних (рис. 2.1) можна зобразити у вигляді схеми.

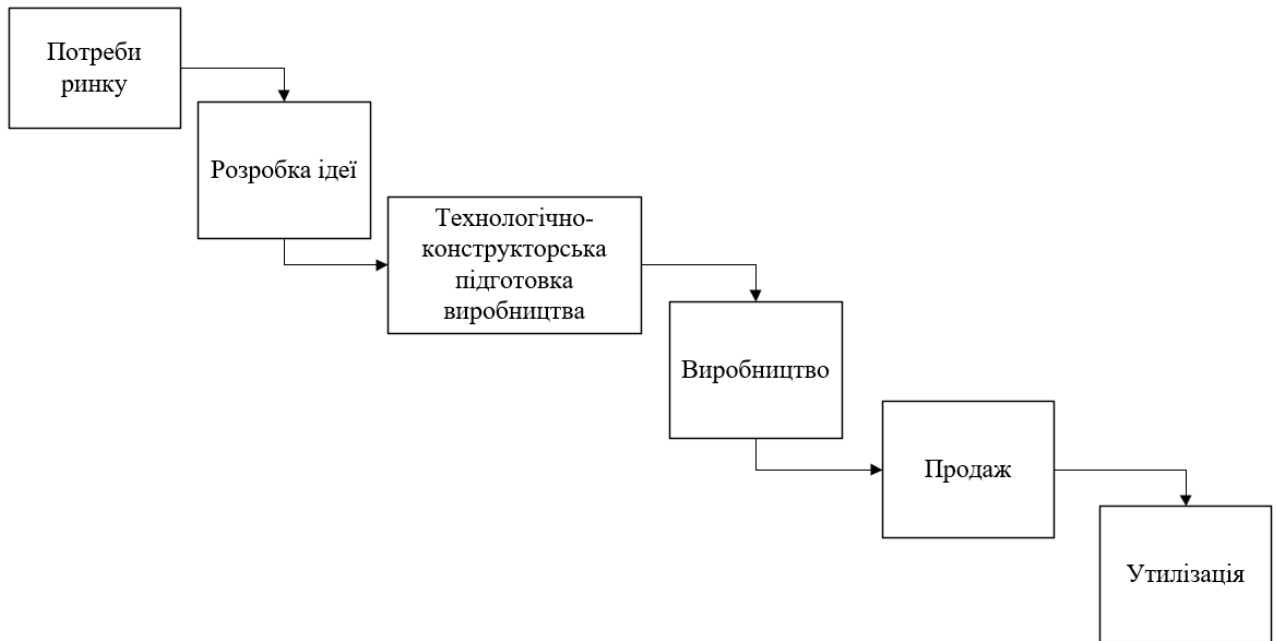


Рисунок 2.1 – Типовий життєвий цикл дозаторів полікарбонатних.

Розглянемо ТКП як елемент життєвого циклу виготовлення дозаторів полікарбонатних - це послідовність етапів та процесів, що охоплюють концептуальний розвиток виробу, створення детальних технічних, конструкторських рішень, вибір оптимальних технологій та матеріалів, виробництво прототипів, впровадження виробу в серійне виробництво, контроль якості, введення в експлуатацію та постійне вдосконалення на всіх етапах для досягнення максимальної якості, ефективності та відповідності вимогам ринку та споживачів. Як було зазначено в розділі 1, окремим важливим етапом ТКП дозаторів є ТКП виготовлення інструменту пресформи.

Основні етапи конструкторсько-технологічної підготовки включають:

- аналіз конструкції: оцінка конструктивних особливостей інструменту пресформи, визначення матеріалів, встановлення геометричних та технічних вимог.
- вибір технології виготовлення: визначення оптимального технологічного процесу, який забезпечить високу якість та ефективність виробництва.

- розробка технічної документації: створення робочих креслень, специфікацій, інструкцій для виготовлення та інших документів, необхідних для виробництва.
- вибір обладнання та інструментів: визначення необхідного обладнання та інструментів для виготовлення деталі чи виробу, враховуючи технічні вимоги і обмеження.
- оцінка вартості виробництва: розрахунок вартості виготовлення, враховуючи витрати на матеріали, працю, обладнання та інші ресурси.
- визначення термінів та обсягів виробництва: встановлення плану виробництва, визначення термінів виготовлення та потрібних обсягів продукції.
- підготовка виробництва: організація процесу виготовлення, навчання персоналу, закупівля матеріалів та запуск виробництва.
- контроль якості: впровадження системи контролю якості для забезпечення відповідності виробу вимогам та стандартам.

Після аналізу процесів ТКП на підприємстві АТ «ТЕХНОЛОГІЯ» з урахуванням описаних вище принципів опису життєвого циклу і побудови IDEF моделей було розроблено контекстну діаграму процесу ТКП (рис.2.2), яка описує процес найбільш узагальненому вигляді. Також запропоновано комплексний підхід до проектування інструменту пресформи, який складається з чотирьох етапів, кожен з яких є логічним продовженням попереднього.

Першим етапом є аналіз геометричних характеристик та вимог до поверхонь 3D-моделі, матеріалу. Наступним кроком є вибір технології виготовлення, ґрунтується на конструкції компонентів інструменту. Розробка технічної документації є третім етапом, який включає в себе розробку конструкторської та технологічної документації. Останнім етапом є оцінка планування та звітність.

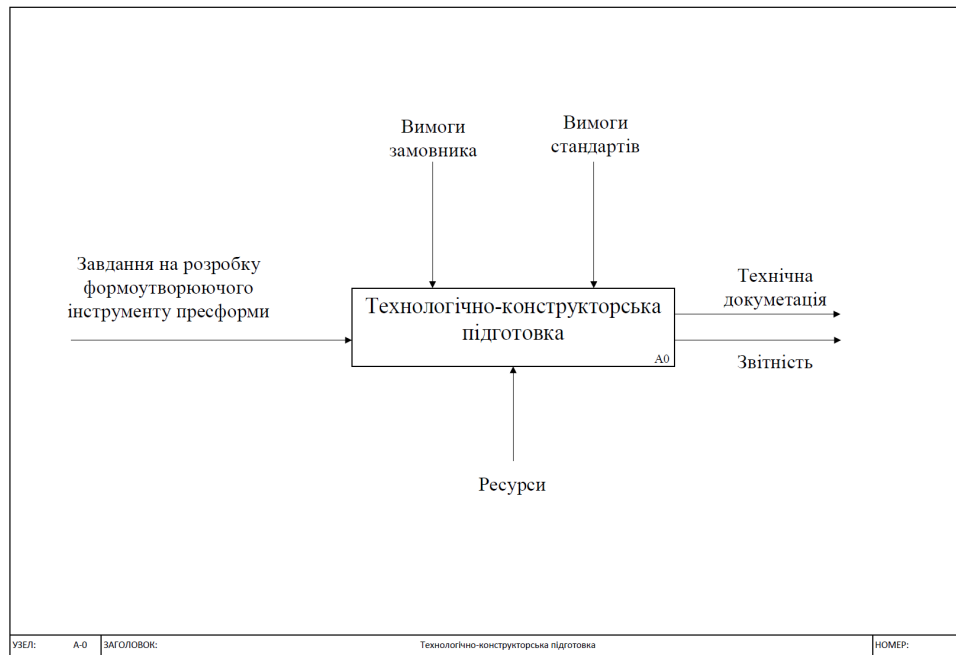


Рисунок 2.2 - Контекстна діаграма ТКП виробництва дозаторів.

На рис.2.2 показано технологічно-конструкторську підготовку виробництва як елемент життєвого циклу складнопрофільних деталей з урахування пунктів 1 та 2.

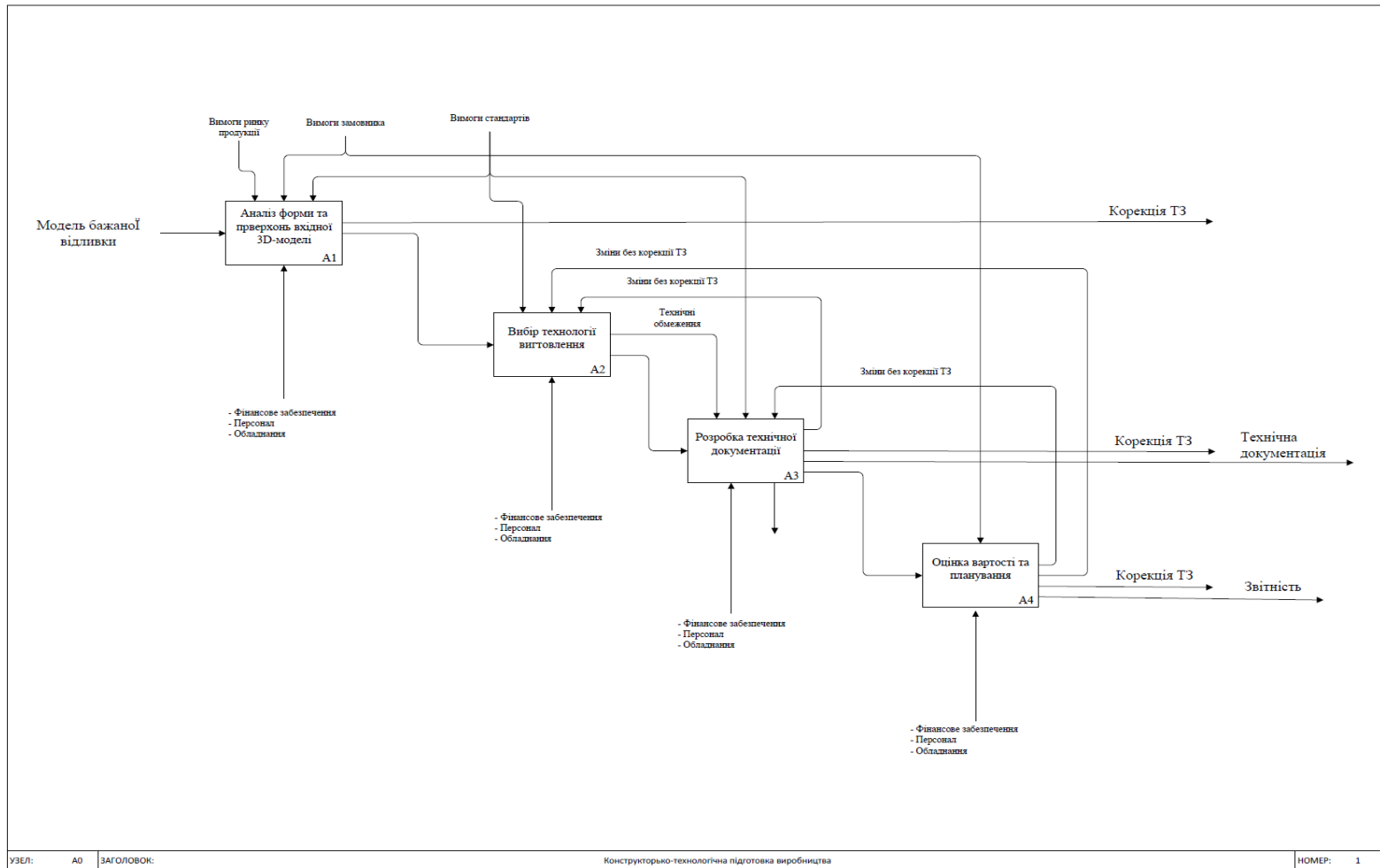


Рисунок 2.3 - Технологічно-конструкторська підготовка виробництва як елемент життєвого циклу складнопрофільних деталей

Використання різних модулів систем автоматизованого проектування та проектування (САПР) може значно покращити конструкторсько-технологічну підготовку (ТКП) деталей до виробництва. САПР надає інструменти для оптимізації різних аспектів процесу проектування та виробництва.

Модулі, що можуть бути використані при ТКП:

- Моделювання та аналіз конструкцій (CAD): модулі CAD дозволяють інженерам створювати віртуальні 3D-моделі деталей та виробів, проводити аналіз на міцність, динаміку і інші характеристики. Це дозволяє виявити можливі проблеми та оптимізувати конструкцію.

- Модулі CAM (КАМ – комп'ютерно-автоматизоване виробництво): вони дозволяють генерувати програми обробки для обладнання ЧПУ (числово-програмоване управління) для виготовлення деталей. Це автоматизує процес обробки і забезпечує високу точність.

- Модулі CAE (КАЕ – комп'ютерний інженерний аналіз): вони включають інструменти для проведення аналізу елементів, теплового аналізу, оптимізації форми та інші функції для оцінки різних аспектів проекту.

- Модулі PDM (управління даними проекту): дозволяють ефективно управляти даними проекту, включаючи версії, зміни та спільну роботу.

- Модулі ERP (планування ресурсів підприємства): ці модулі дозволяють оптимізувати процес планування та виробництва, координуючи різні аспекти виробничого процесу.

- Модулі управління якістю: вони дозволяють встановлювати та контролювати стандарти якості, використовуючи інструменти для моніторингу та аналізу якості виробів.

2.4 Висновок до розділу

ТКП є важливим етапом у виробництві, оскільки вона сприяє ефективному та економічному виготовленню продукції з високою якістю.

Використання інтегрованих рішень САПР може покращити комунікацію між відділами, зменшити час проектування та підготовки до виробництва, а також підвищити точність та якість виробів.

Розроблено IDEF модель існуючої ТКП виготовлення інструменту пресформи. Існуючий процес не враховує особливостей побудови процесів після впровадження CAD-модуля «Creo Tool Design Extension Нормативні документи, що описують процеси ТКП не оновлені з урахування цього модуля. Також наявна низка чинників які впливають на якість інструменту пресформи і несуть не систематичний характер. Тому пропонується розроблення моделі процесу проектування формоутворюючих компонентів інструменту пресформи з урахуванням зазначених особливостей, а також розроблення рекомендацій щодо попередження виникнення помилок при проектуванні.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЧНО- КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ CAD-МОДУЛЯ «CREO TOOL DESIGN EXTENSION»

3.1 Роль 3D-моделювання у процесі технологічно-конструкторської підготовки виробництва деталей складного профілю.

Використання 3D-моделювання значно полегшує процес технологічно-конструкторської підготовки виготовлення деталей складного профілю в порівнянні з традиційними методами черчіння та виробництва. Ось декілька способів, якими 3D-моделювання поліпшує цей процес:

- Візуалізація та аналіз деталей: завдяки 3D-моделям можна докладно розглядати та аналізувати деталі. Це дозволяє виробникам та інженерам отримувати чітке уявлення про форму, розміри та структуру деталі, що полегшує прийняття рішень та визначення оптимального виробничого процесу.

- Моделювання та оптимізація процесу виготовлення: за допомогою 3D-моделі можна виконувати віртуальне моделювання виробничих процесів. Це дозволяє визначити оптимальні кроки виготовлення, уникнути конфліктів та здійснити ефективну оптимізацію.

- Можливість роботи зі складними формами: 3D-моделювання дозволяє легко створювати та редагувати складні геометричні форми, що забезпечує більш велику свободу у проектуванні деталей складного профілю.

- Підготовка до виготовлення за допомогою САПР: відомості, отримані з 3D-моделі, можуть використовуватися для автоматизованої підготовки виробничої документації, включаючи чертежі та специфікації, за допомогою систем комп'ютерного дизайну (САПР).

- Мінімізація помилок: використання 3D-моделі дозволяє уникнути деяких помилок, пов'язаних із неправильним розумінням або інтерпретацією двовимірних чертежів. Це забезпечує більшу точність та консистентність у виробництві.

В деяких випадках складний профіль деталі неможливо отримати зрізанням шару матеріалу, тому часто при виготовленні подібних деталей використовується «паління» деталі за допомогою електричної ерозії.

3D-модель майбутнього інструменту пресформи є технічним завданням для електроерозійної операції виготовлення інструменту. Саме з 3D-моделі беруть геометричні параметри поверхонь електрода для виготовлення компонентів складного профілю.

Загалом, 3D-моделювання робить виробництво деталей складного профілю більш ефективним, точним та інноваційним процесом.

3.2 Аналіз можливостей CAD-модуля «Creo Tool Design Extension»

Creo Tool Design Extension (TDX) [14] є модулем програмного забезпечення Creo Parametric, яке використовується для проектування і моделювання інструментів та пресформ для виробництва. Цей модуль спеціалізується на підготовці пресформ і інших інструментів для виробництва.

Основні можливості Creo Tool Design Extension включають:

- Проектування пресформ: Модуль дозволяє інженерам створювати 3D-моделі пресформ для виробництва відливок або лиття під тиском.
- Генерація гнучких та металевих вставок: Вам дозволяє додавати різноманітні вставки та допоміжні елементи до пресформи для отримання різних характеристик виробу.
- Моделювання систем подачі матеріалу: Забезпечує можливість моделювати системи подачі розплавленого матеріалу в пресформу для отримання високої якості відливок.
- Оптимізація процесу лиття: Дозволяє проводити аналіз та оптимізацію процесу лиття під тиском, враховуючи різні фактори, такі як наповнення форми, температура та інші.

нормативні документи, що описують процеси ТКП не оновлені з урахування вище описаного модуля. Також наявна низка чинників які впливають на якість інструменту пресформи і несуть не систематичний характер. Тому розроблення моделі процесу проектування формоутворюючих компонентів інструменту пресформи є першим етапом удосконалення його процесу ТКП.

3.3 Розроблення моделі процесу проектування формоутворюючих компонентів.

Процес розробки формоутворювальних компонентів пресформи [15] відіграє важливу роль у виробництві, особливо в областях, де використовуються пресформи для виробництва деталей з полімерних матеріалів, металів чи інших сировин. Основні аспекти важливості цього процесу включають:

- якість та точність вироблених деталей: якісні та точні формоутворювальні компоненти пресформи забезпечують високу якість та точність кінцевих виробів. Це особливо важливо у виробництві автомобільних частин, електроніки, медичного обладнання та інших прецизійних виробів.

- ефективність виробництва: правильно розроблені формоутворювальні компоненти дозволяють оптимізувати виробництво та зменшити час циклу лиття. Це важливо для підвищення продуктивності та зниження витрат на виробництво.

- ергономіка та надійність пресформи: грамотно розроблені компоненти сприяють створенню ергономічної та надійної пресформи. Це полегшує обслуговування, підтримку та тривалий термін служби пресформи.

- можливість виготовлення складних форм: процес розробки формоутворювальних компонентів визначає можливість створення складних форм та геометрій виробів. Це особливо важливо у виробництві складних та технічно вишуканих деталей.

- вартість виробництва: ефективна розробка формоутворювальних компонентів дозволяє зменшити витрати на виробництво через оптимізацію матеріалів та процесів, що важливо для економічності виробництва.

– відповідність стандартам та регуляціям: процес розробки повинен враховувати вимоги та стандарти, що регулюють виробництво. Відповідність нормам та нормативам гарантує високу якість та безпеку вироблених деталей.

Загалом, правильно розроблені формоутворювальні компоненти пресформи є ключовим елементом успішного та ефективного виробництва, що впливає на багато аспектів, включаючи якість, вартість та швидкість виробництва.

Нижче перелічено основні етапи базового алгоритму розробки формоутворюючих компонентів пресформи [16]:

– Аналіз вихідної інформації: детальний огляд теоретичної моделі відливки та пресформи.

– Визначення геометричних характеристик та технічних вимог для нових формоутворюючих компонентів.

– Визначення функціональності: визначення функціональних вимог до нових компонентів, таких як вставки, витискуючі елементи тощо.

– Створення концепцій: розробка різних концепцій формоутворюючих компонентів, які відповідають визначеним вимогам.

– 3D-моделювання: створення 3D-моделей вибраних концепцій за допомогою САПР-системи (наприклад, Creo TDX). Розміщення моделей в просторі пресформи та взаємодія з вже існуючими компонентами.

– Аналіз та оптимізація: проведення аналізу на міцність, динаміку та інші аспекти. Оптимізація геометрії для максимальної ефективності в процесі формування відливок.

– Валідація та верифікація: перевірка нових формоутворюючих компонентів на відповідність технічним вимогам та стандартам. Виконання симуляцій та тестування взаємодії з іншими елементами пресформи.

– Проєктування технічної документації: створення робочих креслень, специфікацій та іншої технічної документації для виготовлення нових компонентів.

– Виготовлення та тестування прототипу: виготовлення прототипу нових формоутворюючих компонентів для подальшого тестування в реальних умовах.

Таким чином оновлена IDEF модель процесу ТКП виготовлення інструменту виглядає, як показано на рис.3.3. Удосконалений процес розроблений [17] з урахуванням використання CAD-модуля «Creo Tool Design Extension» та PDM-модуля «Windchill» [18] та складається з десяти послідовних етапів. Слід зауважити, що кожен етап може повернути процес ТКП на будь-який попередній етап.

Першим етапом удосконаленого процесу аналіз вимог до 3D-моделі: геометричні параметри, параметри шорсткості майбутньої відливки, при потребі скорегувати завдання ТЗ повертається замовнику. Наступний етап є найважливішим у ТКП, він включає у себе вибір конструкції майбутнього інструменту, вибір кількості площин роз'єму, вибір матеріалу інструменту, наявність покриття для зменшення коефіцієнту тертя (за потреби), розрахунок усадки матеріалу та аналіз процесу лиття. Третій та четвертий етап виконується конструкторами та технологами спільно, він включає в себе прототипу конструкторської документації (модель-креслення) та його детальний аналіз. Слідуючий етап – вибір технології виготовлення інструменту та написання технологічних процесів виготовлення компонентів інструменту. Попередній прорахунок собівартості відбувається на шостому етапі. На сьомому етапі виконується розробка інструменту для електроерозійної операції. Виготовляються прототип інструменту. Восьмим етапом є виготовлення прототипу відливки та її аналіз. Дев'ятий та десятий етап – остаточна підготовка комплексу технічної документації, оцінка вартості та планування.

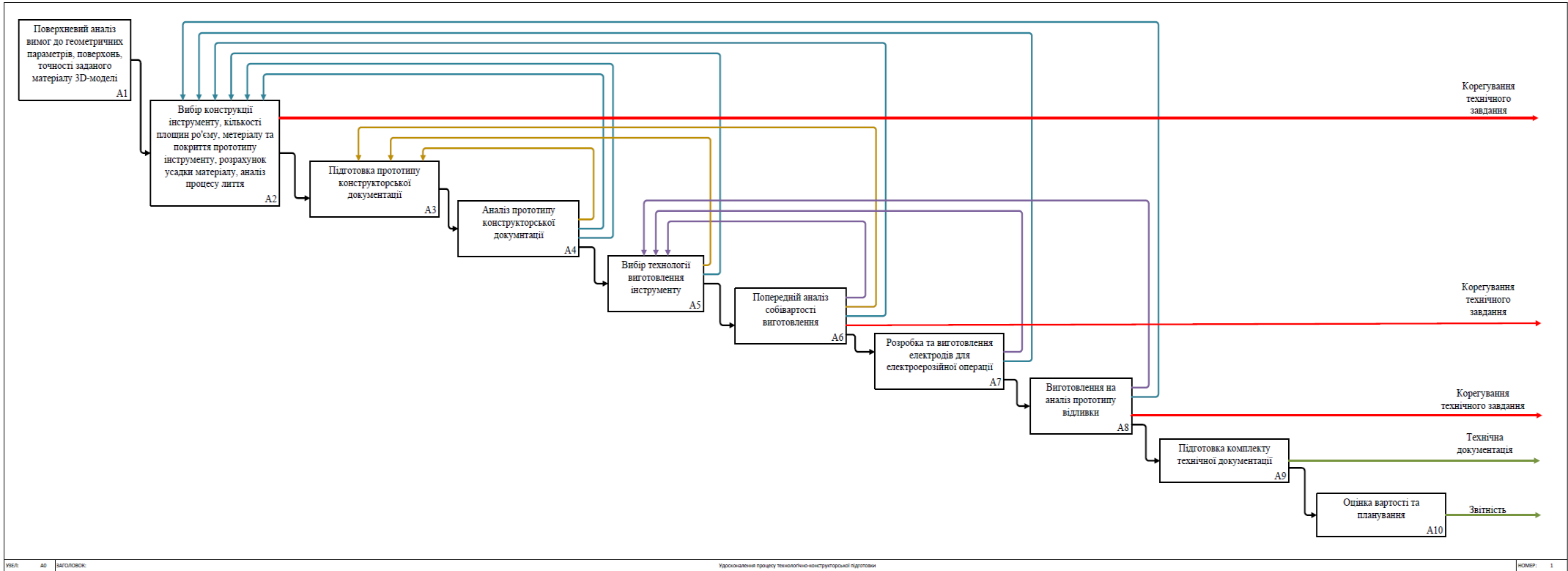


Рисунок 3.3 - оновлена IDEF модель процесу ТКП виготовлення інструменту

3.4 Рекомендації щодо удосконалення процесу технологічно-конструкторської підготовки процесу виготовлення деталей складного профілю.

Аналіз моделі процесу ТКП виготовлення формують компонентів пресформи дозволив виявити типові проблеми.

До переліку проблем входить:

- ускладнена комунікація між конструкторським відділом, відділом технологів та механічною дільницею;
- недостатня компетенція та взаємозамінність персоналу;
- складність використання модуля.

Перелічені проблеми впливають на появу критичних помилок, які безпосередньо впливають на кінцеві результати процесів ТКП виготовлення формують компонентів пресформ, наведених на рис. 3.3. Найчастіше описані проблеми виникають на процесах A4 та A7 (див. рис. 3.3). Опис та частота їх виникнення подана у таблиці 3.1. Також ця таблиця містить рекомендації щодо корегуючих дій.

Удосконалення комунікації може покращити співпрацю між відділами та сприяти більш ефективній технологічно-конструкторській підготовці.

Ось деякі аспекти, які варто враховувати:

– чіткість та зрозумілість: забезпечте чіткість у висловленні інформації та зрозумілість вказівок. використовуйте стандартизовані терміни та термінологію, щоб уникнути непорозумінь.

– спільна платформа для обміну інформацією: використовуйте спеціалізовані платформи для обміну даними та документацією, які дозволяють різним відділам легко спілкуватися та спільно працювати над проектами.

– регулярні зустрічі та брифінги: організуйте регулярні зустрічі між представниками відділів для обговорення поточного стану проектів, виправлення проблем та обміну ідеями.

- залучення всіх зацікавлених сторін: забезпечте взаємодію між інженерами, дизайнерами, виробничими спеціалістами, менеджерами проектів та іншими зацікавленими сторонами в різних етапах підготовки.

- використання технологій CAD/PDM [19]: Впровадження систем управління даними продукту (PDM) і CAD може полегшити спільну роботу над конструкторськими документами, сприяючи обміну інформацією між відділами.

- стандартизація документації: встановлення стандартів для документації та процесів допомагає зменшити ризик помилок та ускладнень через єдність інструкцій та вимог.

- тренінги та розвиток: надавайте навчання та тренінги, щоб персонал був ознайомлений з новими технологіями та практиками, що полегшує спілкування та співпрацю.

- формальні процеси звітності: встановлення процедур для звітності та оновлення стану проектів дозволяє всім сторонам вчасно отримувати необхідну інформацію.

3.5 Висновок до розділу

Проведено аналіз можливостей CAD-модуля «Creo Tool Design Extension», для чого наведений детальний опис його можливостей при розробці технологічно-конструкторської документації виготовлення складнопрофільних деталей. Розроблено модель процесу технологічно-конструкторської підготовки виготовлення формоутворюючих компонентів, яка дозволяє простежувати інформаційні зв'язки з позиції саме процесного підходу, що підвищує обґрунтованість ухвалення рішень.

Запропоновано рекомендації щодо корегуючих дій для критичних помилок, які впливають на результат процесу ТКП виготовлення складнопрофільних деталей.

Таблиця 3.1 – Критичні події, що впливають на кінцевий результат процесів.

| № з/п | Проблема | Опис | Частота виникнення | Вирішення |
|-------|--|--|--------------------|---|
| 1 | Помилка створення елемента моделі. | | Висока. | Перевірити обмеження використані при створенні елемента |
| 2 | Помилка створення елемента моделі. | | Висока. | Перевірити модель на наявність помилок при «зашиванні» поверхнями. |
| 3 | Помилка створення елемента моделі | Абсолютна точність моделі має велике значення | Висока | Змінити параметри точності моделі |
| 4 | Невірно відпрацьовує процес лиття. | Точка вприску розташована невірно. Кількість точок вприску замала. | Низька. | Змінити розташування точки вприску. Змінити кількість точок приску |
| 5 | Невірно відпрацьовує процес лиття. | Відливка має повітряні камери | Середня | Змінити конфігурацію каналів відводу повітря |
| 6 | Невірно відпрацьовує процес лиття. | Відливка не відповідає кресленню | Середня | Призначити нові коефіцієнти усадки. Змінити режим лиття |
| 7 | Відливка не видаляється з форми. | Неможливе видалення відливки через невірно задану конфігурацію площин роз'єму. | Низька | Переробити конфігурацію площин розташування. |
| 8 | Облой на відливці | Невірно призначені допуски на креслення деталі. Зазор між ними занадто великий. | Середня | Змінити вимоги до точності розмірів на відповідних кресленнях |
| 9 | Створення моделі електроду неможливе | Помилка створення конструктивних елементів електроду унеможливлена через конфігурацію інструменту. | Середня | Переробка конфігурації формоутворюючого інструменту. |
| 10 | Модель теоретичної відливки не генерується | Елементи побудови конструкції інструменту конфліктують між собою | Висока | Перевірити розташування та параметри конструктивних елементів, необхідних для виготовлення інструменту. (радіуси інструменту різання, міжелектродний зазор) |

ВИСНОВКИ

Детальний аналіз інструменту пресформи для лиття пластмас під тиском показав, що дані компоненти мають складну конструкцію, високі вимоги до точності поверхонь, розташування цих поверхонь, та параметрів шорсткості, маються складну технологію виготовлення. До дозаторів висунуто ряд вимог якості, більшість яких закладається на етапі технологічно-конструкторської підготовки виробництва. Розробка конструкції формоутворюючих компонентів пресформи є базовим елементом в дотриманні вимог до якості та забезпеченні службового призначення дозаторів полікарбонатних.

На етапі ТКП відбувається підготовка технічної документації, що є складним та трудоємним процесом, потребує високого рівня підготовки інженерного персоналу.

Використання інтегрованих рішень САПР покращує комунікацію між відділами, зменшує час проектування та підготовку до виробництва, а також підвищує точність та якість виробів. Тому в роботі проведено аналіз можливостей САД-модуля «Creo Tool Design Extension», для чого наведений детальний опис його можливостей при розробці технологічно-конструкторської документації виготовлення складнопрофільних деталей. Розроблено модель процесу технологічно-конструкторської підготовки виготовлення формоутворюючих компонентів, яка дозволяє простежувати інформаційні зв'язки з позиції саме процесного підходу, що підвищує обґрунтованість ухвалення рішень.

Запропоновано рекомендації щодо корегуючих дій для критичних помилок, які впливають на результат процесу ТКП виготовлення складнопрофільних деталей.

Також проведено аналіз стану охорони праці на АТ «ТЕХНОЛОГІЯ», а саме проведено розрахунок природного освітлення у виробничому приміщенні.

ПЕРІЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

-
- 1 Driscoll R. H., Rahman M. S. Types of packaging materials used for foods //Handbook of food preservation. – CRC Press, 2007. – С. 935-956.
 - 2 Doser Jr J. G. How safe are self-serve unpackaged foods? //Journal of environmental health. – 1999. – Т. 61. – №. 8. – С. 29.
 - 3 Rashli R. et al. A study of 3D CAD model and feature analysis for casting object //International Journal of Engineering and Technology Innovation. – 2012. – Т. 2. – №. 2. – С. 138.
 - 4 Giese A. et al. A preliminary study of microplastic abrasion from the screw cap system of reusable plastic bottles by Raman microspectroscopy //ACS ES&T Water. – 2021. – Т. 1. – №. 6. – С. 1363-1368.
 - 5 Ruttico P. et al. Innovative methods for mold design and fabrication //Proceedings of the CIB IAARC W119 CIC 2015 Workshop, Advanced Construction and Building Technology for Society. – 2016. – С. 36.
 - 6 Jong W. R. et al. Automatic process planning of mold components with integration of feature recognition and group technology //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2015. – Т. 78. – С. 807-824.
 - 7 Altan T., Lilly B., Yen Y. C. Manufacturing of dies and molds //CiRP Annals. – 2001. – Т. 50. – №. 2. – С. 404-422.
 - 8 Kiritsis D., Bufardi A., Xirouchakis P. Research issues on product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems //Advanced engineering informatics. – 2003. – Т. 17. – №. 3-4. – С. 189-202.
 - 9 Brenner D. et al. Life cycle management of cutting tools: comprehensive acquisition and aggregation of tool life data //Procedia Cirp. – 2017. – Т. 61. – С. 311-316.
 - 10 Dorador J. M., Young R. I. M. Application of IDEF0, IDEF3 and UML methodologies in the creation of information models //International Journal of Computer Integrated Manufacturing. – 2000. – Т. 13. – №. 5. – С. 430-445.

11 Manenti G. et al. Functional modelling and IDEF0 to enhance and support process tailoring in systems engineering //2019 International Symposium on Systems Engineering (ISSE). – IEEE, 2019. – С. 1-8.

12 Godlevskiy M. D., Orlovskiy D. L., Kopp A. M. Structural analysis and optimization of IDEF0 functional business process models //Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2018. – №. 3 (46). – С. 48-56.

13 Baghbani M. IDEF0 Modeling Standard: a tool for process map drawing under requirements of ISO 9001: 2015: a case study //Journal of Modern Processes in Manufacturing and Production. – 2019. – Т. 8. – №. 4. – С. 57-66.

14 Toogood R. Creo Parametric 8.0 Advanced Tutorial. – SDC publications, 2021.

15 Lee R. S., Chen Y. M., Lee C. Z. Development of a concurrent mold design system: a knowledge-based approach //Computer Integrated Manufacturing Systems. – 1997. – Т. 10. – №. 4. – С. 287-307.

16 Jeng Y. R., Liu D. S., Yau H. T. Fast numerical algorithm for optimization mold shape of direct injection molding process //Materials and manufacturing processes. – 2013. – Т. 28. – №. 6. – С. 689-694.

17 Wynn D. C., Clarkson P. J. Process models in design and development //Research in Engineering Design. – 2018. – Т. 29. – С. 161-202.

¹⁸ Jeyaganeshan R., Sivakumar K., Saravanan S. Business Configuration of Windchill PDMLink 10.0 For MR Manufacturing Company //Indian Journal of Science and Technology. – 2015. – Т. 8. – С. 31.

19 Saaksvuori A., Immonen A. Product lifecycle management systems. – Springer Berlin Heidelberg, 2008. – С. 27-44.