

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА БАЗЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ И СТАНОЧНОЙ СИСТЕМ

Рассматривается математическая модель новой технологии производства штампов холодной листовой штамповки, позволяющая сократить время и трудоемкость проектирования, и изготовление деталей штампов.

Ключевые слова: интегрированная сквозная подготовка производства, новая технология, продление «жизненного цикла» штампов, математическая модель.

New technology of production of stamps of the cold sheet stamping, allowing to shorten time and labour intensiveness of project and making of details of stamps, is examined.

Keywords: computer-integrated through preproduction, new technology, extension of «life cycle» of stamps, adaptive model.

Введение

Создание интегрированных сквозных технологий подготовки производства, разработка управляющих программ для станков с ЧПУ невозможна без создания систем автоматизации процессов управления на базе инструментальных и станочных систем. В тоже время в современном производственном процессе холодная листовая штамповка (ХЛШ), выполняемая до 85% «вручную», является одним из наиболее распространённых методов, который позволяет: 1. Изготавливать самые разнообразные по форме детали в короткие сроки с минимальными затратами. 2. Обеспечивать удельный вес штампуемых деталей для основных отраслей промышленности до 60% до 85%. 3. Расширять номенклатуру холодноштампуемых деталей за счёт труднодеформируемых и малопластичных металлов, сплавов и неметаллических деталей. 4. Переводить ряд процессов литья иковки на холодную листовую штамповку, что снижает вес детали на 50% и уменьшает расход металла до 70%. 5. Обеспечивать применение холодной листовой штамповки кроме серийного, а также в мелкосерийном и единичном производствах. Поэтому вышесказанное приводит к выводу о необходимости дальнейших исследований и проведения экспериментальных работ в области автоматизированной подготовки производства штампов ХЛШ. Сказанное вызывает необходимость, с одной стороны, замены общепринятых (ручных) методов решения задач подготовки холодноштампового производства, с другой стороны, создания интегрированных адаптивных сквозных систем автоматизированного конструкторско-технологического проектирования и изготовления штампового инструмента на базе математических методов и средств вычислительной техники.

Состояние проблемы

Тенденция рынка к мелкосерийному (единичному) производству изделий заставила многих производителей обращаться к более гибким методам обработки, позволяющим чаще перестраивать производство, затрачивая на это минимум времени и трудозатрат. В связи с этим возникла необходимость в технически гибких системах и спецстанках, позволяющих повысить производительность при мелкосерийном производстве. Рассмотренные последние публикации и в них исследования носят демонстрационный характер [1] с относительным приближением к реальному проектированию и изготовлению штампов ХЛШ.

Цель исследований

Повышение эффективности изготовления штампового инструмента холодной листовой штамповки за счет сокращения сроков и трудовых затрат.

Основные результаты исследования

В настоящее время во всех отраслях страны заводы, производящие конструкции штампов из металла осуществляют производство (проектирование и изготовление) штампов, в основном, на своих предприятиях «вручную», что приводит к большим трудовым и финансовым затратам. Предлагается автоматизировать указанный производственный процесс, используя ИС СТСП – интегрированную сквозную систему конструкторско-технологической подготовки производства (ПАТЕНТ № 48027, заявка 27.07.2009, опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5), представленный в перечне литературы [2]. Система работает следующим образом. На «Вход» подаётся информация о чертеже штампуемой детали и некоторые сведения технологического и производственного характера: количество штампов необходимое для проектирования, включая штампы дублёры, возможна ли замена толщины штампуемой детали, марки материала и конфигурации штампуемой детали и т. д.

По чертежу детали разрабатывается эскиз раскроя для дальнейшего его кодирования (при отсутствии устройства сканирования чертежей заказчика). Полученная информация от кодирования эскиза заносится в четыре таблицы кодированных сведений (ТКС). Закодированная информация вводится в ПЭВМ для формирования и распознавания исходного чертежа, вычерчивания его и контроля. Кодирование и контроль чертежа штампуемой детали заказчика, полученного с графического устройства (плоттера),

производится на «Рабочем месте конструктора». Контроль осуществляется кодировщиком визуально и, при необходимости, производится повторное вычерчивание. Далее автоматически информация о штампуемой детали поступает в систему «Раскрой», где раскраивается полоса (лента), выдаётся чертёж раскроя и сведения с некоторыми технологическими данными. Система «Раскрой» анализирует 72 варианта раскроя и выдаёт оптимальный. Автоматически полученная информация передаётся в систему «Конструктор», где разрабатываются чертежи штампа или «штамп-полуфабриката», а далее информация автоматически поступает в систему «Технолог», где разрабатываются технологические карты на каждую деталь спроектированного штампа. Полученная технологическая информация поступает в систему «Оператор» для разработки УП для станков с ЧПУ. Разработанные УП автоматически без участия оператора (безлюдная, безбумажная технология) передаются [3,4] в участок «Производство». При необходимости чертежи деталей штампа и технологические карты выдаются заказчику.

Учитывая большой производственный опыт, предлагается производство (проектирование, изготовление в металле и ремонт) штампов осуществлять централизованно по следующему алгоритму (см. рис. 1). В стране создаются (как минимум) два предприятия – изготовителя дублирующие друг друга для обеспечения бесперебойной работы. С этой же целью они соединены между собой информационной связью. Предприятия изготовители – дублеры, сформировав «Портфель» заказов по типоразмерам штампов (их может быть: 10, 20, 50 и более), спроектировав и изготовив их с использованием штамп - полуфабрикатов в металле, выдают штампы заказчику, но не выдают заказчику комплекты чертежей и технологических карт, оставляя их сведения в базах данных и знаний (БДиЗ) предприятий – дублеров, осуществляющих производство (проектирование и изготовление) штампов при помощи ЭВМ (потоки 1 и 2). Таким образом на этой стадии освобождаются десятки (сотни) конструкторов и технологов, изготавливавших эту документацию на предприятиях дублерах - изготовителях штампов. Заводы заказчики, отправляя штампы (и штампы – дублеры, которых заказчик заказывает от 2_х до 4_х штук и более) на централизованный ремонт (поток 3) предприятиям изготовителям, которые используют для ремонта ту же ИСС ТПП, тоже оборудование и тех же специалистов – продление «жизненного цикла» штампов [5,6], также высвобождают у себя десятки (сотни) конструкторов, технологов и рабочих высокой квалификации, участвовавших в ремонтных работах штампов (поток 4). Математическая модель новой технологии производства штампов по прибыли и себестоимости представлена ниже (1-18).

Рассмотрим систему предприятий «изготовители - заказчики штампов» для обеспечения «основного Заказчика» штампуемыми деталями на: комбайны, станки, самолеты и т.д. Рассматривается базовый вариант - 1 организации: изготовления (проектирование и изготовление в металле штампов), эксплуатация и ремонт, а также предлагается новая технология организации производства штампов - новый вариант - 2. В системе имеются 2 предприятия-изготовителя и n предприятий - заказчиков. Цель j-го (j=1,2,...,n) предприятия - заказчика штампов – минимизировать затраты, связанные с оплатой документации и эксплуатацией штампов.

Математические модели проектирования и изготовления штампов для ЗАКАЗЧИКОВ

Параметры в моделях:

- $\min \tilde{n}_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^3 + o_j + z_j$ (1) b_j – потребность j-го предприятия в работающих штампах,
- $x_j^1 + x_j^2 \geq b_j$ (2) c_j^1 – стоимость разработки проекта и изготовления, одного образца штампа,
- $x_j^1 \geq 0, x_j^2 \geq 0, x_j^1, x_j^2 - \text{целые}$ (3) c_j^2 – стоимость изготовления дополнительного штампа(дублёра) по разработанному проекту,
- $\min c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^4(y_j^1 + y_j^2)$ (4) c_j^3 – стоимость изготовления документации по проекту,
- $x_j^1 + x_j^2 - (y_j^1 + y_j^2) = b_j$ (5) o_j – затраты на покупку и обслуживание ремонтного оборудования,
- $x_j^1 \geq 0, x_j^2 \geq 0, y_j^1 \geq 0,$ (6) z_j – затраты на оплату труда на ремонтном участке.
- $y_j^2 \geq 0, x_j^1, x_j^2, y_j^2 - \text{целые}$ c_j^4 – стоимость ремонта одного штампа, который выполняется предприятием-изготовителем – известная величина.

Оценка разности между значением целевой функции (1) и (4):

$$c_j^3 + o_j + z_j - c_j^4(y_j^1 + y_j^2) \gg 0$$

Искомые величины:

x_j^1 – количество заказанных штампов на первом предприятии-изготовителе,

x_j^2 – количество заказанных штампов на втором предприятии-

y_j^2 – количество ремонтируемых штампов на втором предприятии- изготовителе.

Математические модели проектирования и изготовления для ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ

$$\max \sum_{j=1}^n (c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^3) - (d_j^1 + d_j^2(x_j^1 + x_j^2) + d_j^3) \quad (7)$$

$$x_j^1 + x_j^2 \geq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n (x_j^1 + x_j^2) \leq v^1 + v^2 \quad (9)$$

$$x_j^1 \geq 0, \quad x_j^2 \geq 0, \quad x_j^1, x_j^2 - \text{целые} \quad (10)$$

Параметры в моделях (дополнительно к указанным выше):

d_j^1 – себестоимость разработки проекта и изготовления одного образца штампа,

d_j^2 – себестоим. изгот. допол. одного штампа,

d_j^3 – себестоим. тиражирования документации по проекту,

d_j^4 – себестоим. ремонта одного штампа,

Искомые величины: те же

$$\max \sum_{j=1}^n \left[c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^4(y_j^1 + y_j^2) - (d_j^1 + d_j^2(x_j^1 + x_j^2) + d_j^4(y_j^1 + y_j^2)) \right] \quad (11)$$

$$x_j^1 + x_j^2 \geq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n (x_j^1 + x_j^2) \leq 0,95(v^1 + v^2) \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^n (y_j^1 + y_j^2) \leq 0,05(v^1 + v^2) \quad (14)$$

$$x_j^1 \geq 0, \quad x_j^2 \geq 0, \quad x_j^1, x_j^2 - \text{целые} \quad (15)$$

Оценка разности между значением целевой функции (11) и (7):

$$\sum_{j=1}^n [(c_j^4 - d_j^4)(y_j^1 + y_j^2)] - \sum_{j=1}^n (c_j^3 - d_j^3) \gg 0,$$

Рассмотрим ценность двух видов технологической организации производства, то есть представим себестоимость продукции. Θ_j – количество единиц продукции, производимой j-м предприятием на штамповом оборудовании. Тогда удельный вес затрат j-го предприятия на изготовление, производство и обслуживание штампового оборудования готовой продукции с учетом (1) и с учетом (4) – соответственно для двух видов технологической организации производства и обслуживания составит:

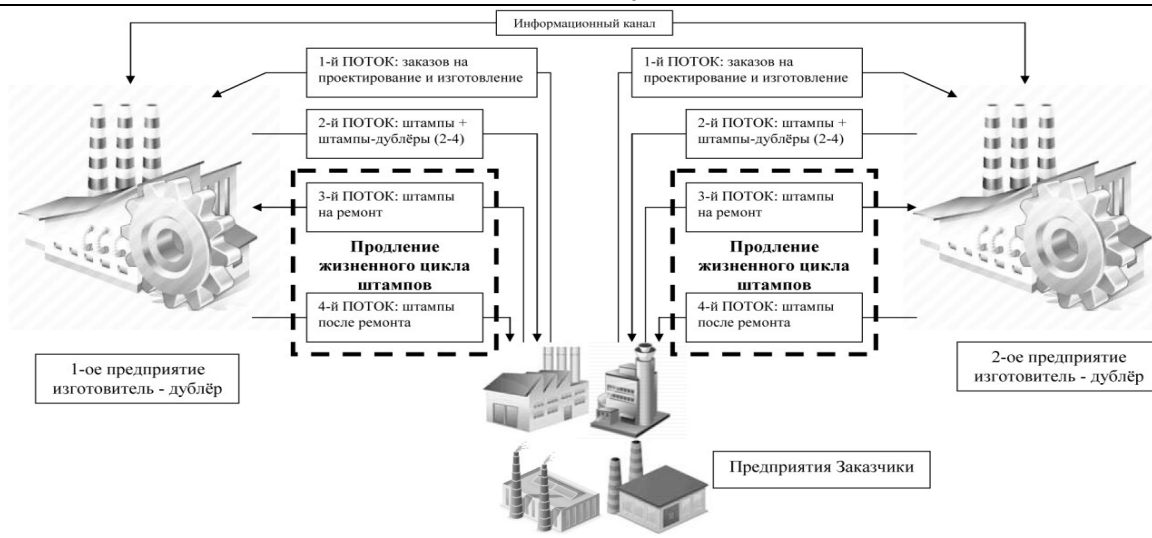
$$\frac{c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^3 + o_j + z_j}{\Theta_j} \quad (16)$$

$$\frac{c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^4(y_j^1 + y_j^2)}{\Theta_j} \quad (17)$$

Оценим отношения (16) и (17):

$$\frac{c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^3 + o_j + z_j}{\Theta_j} \gg \frac{c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^4(y_j^1 + y_j^2)}{\Theta_j} \quad (18)$$

Как видим из формулы (18) себестоимость базового варианта - 1 существенно превышает себестоимость новой технологии - варианта 2.



1. Підприємства виготовителі – дублери видають штампи в металі, але не видають заказчику комплекти чертежей і технологічні карти, залишаючи в базах даних і знань (БДЗ) підприємств – дублерів всі дані про спроектовані і виготовлені штампи. Таким чином, на цій стадії звільняються десятки (сотні) конструкторів і технологів, виготовляючих цю документацію на підприємствах виготовителів.
2. Підприємство Заказчик, отправляючи штампи на централізований ремонт, так же звільнює у себе десятки (сотні) конструкторів, технологів і робітників високої кваліфікації, учасників у ремонтних роботах штампів.
3. Підприємства виготовителі – дублери, маючи всі дані про спроектовані і виготовлені штампи в своїх БДЗ, виробляють ремонт штампів на тому ж обладнанні і тими ж робітниками (продовження життєвого циклу штампів).
4. Нова технологія дозволяє підвищити ефективність за рахунок: скорочення людських засобів, термінів, витрат праці і підвищення якості.

Рис.1. Модель нової технології виробництва деталей штампів

Висновки

Представлена в статті ІСС ТПП [2] значно підвищує ефективність порівняно з ручним проектуванням і виготовленням штампів. В той же час по новій технології витрати на ремонт у виготовителя $c_j^4(y_j^1 + y_j^2)$ суттєво менше ніж для j-го підприємства заказчика штампів, відпадає потреба в виготовленні документації, обслуговуванні свого ремонтного цеху і обслуговуванні ремонтного обладнання ($c_j^3 + o_j + z_j$). Як видно, собівартість кінцевої продукції (штампуємих деталей), виготовленої на штамповому обладнанні, при новій моделі технології проектування і виготовлення штампів суттєво менше, так як підприємства не несуть витрати, пов'язані з обслуговуванням ремонтних цехів і обслуговуванням ремонтного обладнання, замовлень на ремонт штампового інструмента: металу, електроенергії, додаткових площ і т.д.. Крім того собівартість суттєво знижується за рахунок документації, яку немає потреби видавати заказчику. В цьому випадку звільняються конструктори, технологи і копіївщиці (ручної копіївщиці), що також знижує собівартість кінцевої продукції. Гнучке виробництво автоматизованих процесів управління найбільш вигідно в індивідуальному, мелкосерійному і серійному виробництві, яке охоплює зараз до 85 і більше всіх виробств машино- і приборостроєння. Однак його закони можуть поширюватися і на області крупносерійного виробництва, наприклад, авто-, станко- сільсько- і тракторостроєння.

Література

1. Клещов Г.М. Математическая модель автоматизированной интегрированной системы подготовки производства штампов ХЛШ/Г.М.Клещов.//Одеса:Вісник, випуск №29. Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2008.- С.136-143.
2. Квасников В.П. Патент «Метод інтегрованої наскрізної підготовки виробництва та виготовлення деталей штампів», №48027 від 10.03.2010 Бюл.№5/В.П.Квасников, Л.В. Коломієць, Г. М. Клещев и др. – К.: 2010.
3. Клещов Г.М. Адаптивна наскрізна комп'ютерна технологія управління підготовкою виробництва та виготовлення деталей штампів на базі штамп - напівфабрикатів / Г.М. Клещов. - Одеса//Під загальною редакцією доктора технічних наук, професора Л.В. Коломієця.2010. – 283 с.
4. Клещов Г.М. Безпаперова, наскрізна комп'ютерна технологія управління виробництвом штампів ХЛШ є критерієм якості/Г.М. Клещов, Л.В.Коломієць. // Одеса: Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск №37, Зовнішньрекламсервіс, 2010. – С. 161-165.
5. Клещев Г.М. Интегрированная адаптивная сквозная компьютерная технология механообработки деталей штампов холодной листовой штамповки /Г.М. Клещев.// Київ: Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вип.№30.2011. – С.110-114.
6. Геннадий Клещев. Продление «жизненного цикла» штампового інструмента – основний критерій інтегрованої сквозної системи автоматизації проектування штампів/ Г. Клещев, Л. Коломієць // Сборник Міжнародних науково-технічних трудов MOTROL' 2012, Том 14.№1 LUBLIN, Польща, 2012 С.167- 172.

Надійшла 28.1.2013 р.
Статтю представляє: Г.М. Клещев