
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.512.011.102

Г.М. КЛЕЦОВ, Г.Д. БРАТЧЕНКО

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

**ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА
З АВТОМАТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПІВ**

Розглядається інтегрована інформаційно-вимірювальна система автоматизації виробництва деталей штампів з автоматичним контролем виробництва деталей штампів. В сучасному виробництві штампів холодного листового штампування близько 85 % операцій контролю є пасивними, що є причиною зростання похибок виготовлення деталей штампів. Для забезпечення якості виробництва штампів використовується активний метод контролю та автоматичне коригування зносу різального інструменту з використанням лазерних засобів виміру.

Ключові слова: інтегрована система, коригування зносу різального інструменту, лазерні засоби виміру, пасивний контроль, активний метод контролю.

Г.М. КЛЕЩЁВ, Г.Д. БРАТЧЕНКО

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, Одесса

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
С АВТОМАТИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ**

Рассматривается интегрированная информационно-измерительная система автоматизации производства деталей штампов с автоматическим контролем производства деталей штампов. В современном производстве штампов холодного листового штампования около 85 % операций контроля являются пассивными, что является причиной роста погрешностей изготовления деталей штампов. Для обеспечения качества производства штампов используется активный метод контроля и автоматическая корректировка износа режущего инструмента с использованием лазерных средств измерения.

Ключевые слова: интегрированная система, корректировка износа режущего инструмента, лазерные средства измерения, пассивный контроль, активный метод контроля

G. KLESCHEV, G. BRATCHENKO

Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, Odesa

**COMPUTER-INTEGRATED INFORMATIVELY-MEASURING SYSTEM WITH AUTOMATIC
PRODUCTION OF DETAILS OF STAMPS CONTROL**

The computer-integrated informatively-measuring system of the computer-aided of details of stamps manufacturing is examined with automatic production of details of stamps control. In the modern production of stamps of the cold sheet punching about 85 % operations of control are passive, that is reason of height of errors of making of details of stamps. For providing of quality of production of stamps the active method of control and automatic adjustment of wear of tool piece are used with the use of laser facilities of measuring.

Keywords: computer-integrated system, adjustment of wear of toolpiece, laser facilities of measuring, passive control, active method of control

Постановка проблеми

В сучасному виробництві штампів холодного листового штампування (ХЛШ) близько 85 % вимірювальних операцій виконуються пасивним методом, що є першою причиною зростання похибок виготовлення деталей штампів та збільшення відсотку їх браку. Другою причиною відсутності якості вирубаних деталей замовника є мала автоматизація процесів вимірювань. Третьою важливою причиною відсутності якості вирубаних деталей замовника є відсутність централізованого виготовлення і ремонту штампів.

Дослідження спрямоване на забезпечення якості виробництва штампів шляхом впровадження автоматичного активного методу вимірювань та коригування зносу різального інструменту з використанням лазерних засобів вимірювань (ЗВ) в інтегрованій інформаційно-вимірювальній системі автоматизації виробництва деталей штампів (І ІВС АВДШ) та впровадження «Нової технології», яка дає

можливість перейти від одиничного проектування до серійного виробництва деталей штампів з організацією підтримки їх життєвого циклу і з видачею замовникові штампів тільки в металі та виконанням їх ремонту також централізовано на підприємствах-дублерах з використанням тієї ж ІВС АВДШ, того ж устаткування, що й при їх виробництві. Замовникові при цьому немає потреби купувати документацію для ремонту, мати ремонтний цех, обслуговуючий персонал, верстати і т. п.

На сучасному приладобудівному виробництві ХЛШ є:

1. Одним з найбільш поширених методів виробництва деталей, який дозволяє виготовляти найрізноманітніші за формою деталі в короткі терміни з мінімальними витратами;
2. Перспективним, оскільки питома вага штампованих з листа деталей для основних галузей промисловості складала від 60% до 85%;
3. Необхідним, оскільки розширюється номенклатура холодноштампованих деталей за рахунок металів, що важко деформуються, мало пластичних сплавів і неметалічних деталей;
4. Доцільним, оскільки є відомості, про тенденцію заміни ряду процесів литва і кування на холодне листове штампування, що знижує вагу деталі до 50% і зменшує витрату металу до 70 %.

Тому вищесказане призводить до висновку про необхідність подальших досліджень і проведення експериментальних робіт в області автоматизації систем технологічної підготовки виробництва штампів ХЛШ, їх виготовлення з урахуванням активного лазерного контролю і коригування зносу різального інструменту в процесі виготовлення деталей штампів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для здійснення оперативного контролю в приладобудуванні потрібні ЗВ, які задовольняють вимогам по точності, безконтактності з об'єктом контролю і швидкодії. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняють механічні та оптико-електронні засоби контролю, що працюють на різних фізичних принципах. У статті [1] розглядаються схеми контролю лінійних переміщень об'єктів: столів, санчат, супортів в механооброблюючих верстатах, обґрунтовується схема організації активного контролю переміщення супорта, столів токарного і фрезерного верстатів, в [2] розглядаються цифрові датчики і сенсорні системи. У статті [3] розроблена математична модель вимірювального каналу ІВС при дії дестабілізуючих чинників, застосування якої дозволяє підвищити точність і оперативність визначення параметрів ІВС в результаті оптимізації параметрів вимірювального каналу. У цій статті ІВС не містять вимірювань лазерними ЗВ. У статті [4] доводиться оцінка невизначеності результатів вимірювання координатних вимірювальних машин (КВМ) та моделювання і планування експерименту. Однак, в статті [4] також не розглядається процес різання та лазерний контроль зносу інструменту. Проведений аналіз результатів отриманих вітчизняними та закордонними вченими показав доцільність подальших розробок і досліджень за цією темою. У вище вказаних статтях розглядаються, в основному, загальні питання і не розглядаються похибки виготовлення деталей штампів і, отже, не розглядається організація підтримки життєвого циклу деталей штампів. В [5] розроблено адаптивний метод активного лазерного контролю і коригування зносу різального інструменту в процесі обробки деталей. В [6, 7, 8, 9] розроблена модель ІВС АВДШ для підготовки виробництва і виготовлення деталей, що забезпечить підвищення надійності, конкурентоспроможності, ефективності і якості виробництва штампів; створена і досліджена модель технологічного лазерного контролю на спец. верстаті із зворотним зв'язком; створена структурна і математична моделі «Нової технології» підвищення ефективності і якості автоматизації підготовки виробництва і виготовлення деталей штампів та підтримки життєвого циклу деталей штампів.

Формулювання мети дослідження

Мета дослідження – підвищення ефективності й якості виготовлення деталей штампів на основі використання нових наукових методів, моделей, способів, інтегрованої адаптивної наскрізної ІВС АВДШ і технологічного лазерного контролю з використанням штамп-напівфабрикатів, що забезпечують створення безлюдної, безпаперової конкурентоспроможної системи для галузей народного господарства.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для досягнення вказаної мети досліджується структурна і математична моделі адаптивної підготовки виробництва і виготовлення деталей штампів, враховуючи невизначеність умов виробництва, що змінюються.

Сьогодні вимірювання і метрологія пронизують усі сфери життя. Інженери промислових підприємств виробництва, що здійснюють метрологічне забезпечення, повинні мати повні відомості про можливості вимірювальної техніки, для вирішення завдань взаємозамінності вузлів і деталей, контролю виробництва продукції на усіх його життєвих циклах. Як було відмічено раніше, у основу розробок та досліджень покладена ідея підвищення ефективності і якості деталей штампів на основі застосування активного лазерного контролю на базі сучасного виробництва штампів. Крім того, підготовка виробництва – одна з трудомістких складових виробничого процесу. Від підготовки виробництва залежать: трудомісткість, терміни виготовлення, підвищення ефективності, вартість і якість виробів.

Актуальними проблемами в промисловості і, зокрема, в авіаційній, будівній, верстатобудівній, автомобільній, сільськогосподарській і радіоелектронній галузях є: впровадження сучасних

математичних методів і засобів обчислювальної техніки, створення інтелектуальних інтегрованих адаптивних наскрізних систем автоматизації проектних робіт конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, а також створення інтегрованих гнучких автоматизованих систем виробництва (ГАСВ) верстатів, інструментів (штампів) і автоматичних ліній. Нині підготовка виробництва і виготовлення штамів спеціалізована по галузях і окремих підприємствах.

Пропонується процес автоматизованої підготовки виробництва штамів і їх виготовлення в металі не прив'язувати до вимог конкретної галузі або окремого підприємства, а виготовляти їх на декількох спеціалізованих підприємствах із застосуванням наскрізної комп'ютерної технології. Це дозволить вирішити ряд проблем, які різко підвищать точність виготовлення деталей штамів, збільшать кількість штамів, що виготовляються, в одному типорозмірі (партії), скоротить трудомісткість і вартість виготовлення штамів в умовах ринкової економіки, підвищать ефективність і конкурентоспроможність у різних галузях народного господарства. У виробництві штамів за «Новою технологією» централізованими двома (як мінімум) підприємствами-дублерами на ЕОМ, видаються замовникові штампи тільки в металі, а ремонт проводиться також централізовано на підприємствах – дублерах, використовуючи відомості базданих і знань(БДЗ) про раніше розроблені штампи на тій же І ВСАВДШ, на тому ж устаткуванні і тими ж робітниками, вивільняючи сотні конструкторів, технологів і робітників високої кваліфікації.

На рис. 1 вказана модель «Нової технології» процесу виробництва стандартизованих штамів [10, 11, 12]. Основний принцип роботи моделі «Нової технології» процесу проектування і виробництва штамів полягає в наступному: в країні створюються два (як мінімум) підприємства-дублери, які централізовано проектують і виготовляють в металі усі штампи на ЕОМ і на верстатах з ЧПУ, залишаючи усі відомості про штампи у своїх БДЗ. Замовникові видаються тільки штампи в металі.

У цьому випадку вивільняються сотні конструкторів, технологів і копіювальників, а конструкторське бюро (КБ) по проектуванню штамів ХЛШ різко скорочуються (безлюдна і безпаперова технологія). Для ремонту штамів і штамів дублерів (яких замовляють від 2 до 4 і більш) замовник відвантажує їх підприємствам-виробникам. Підприємство-виробник, маючи усі дані про штампи у своїх БДЗ, робить ремонт, використовуючи ту саму І ВСАВДШ, на тому самому устаткуванні і тими самими робітниками високої кваліфікації (продовження «життєвого циклу» штамів), а замовнику не треба мати цех по ремонту штамів, обслуговуючий персонал, устаткування, платити за площі для ремонтного цеху, верстати, матеріали, метал і т.д.

У тому випадку, коли по якійсь причині виходить з ладу одне з підприємств-дублерів (виробників), спрацьовує «Інформаційний канал» для передачі завдань замовників діючому підприємству і процес проектування і виготовлення деталей штамів не переривається. На рис. 1 показано продовження «життєвого циклу» штамів (3-й і 4-й потоки).

Порівняємо математичні моделі проектування, виготовлення і ремонту штамів для замовників базового (1) і нового (2) варіантів.

Математичні моделі проектування, виготовлення і ремонту штамів (базовий варіант - 1):

$$\min c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^3 + o_j + z_j \quad (1)$$

$$x_j^1 + x_j^2 \geq b_j \quad (2)$$

$$x_j^1 \geq 0, x_j^2 \geq 0, x_j^1, x_j^2 - \text{цілі числа} \quad (3)$$

Оцінка різниці між значенням цільової функції (1) і (3) :

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

$$\min c_j^1 + c_j^2(x_j^1 + x_j^2) + c_j^4(y_j^1 + y_j^2) \quad (4)$$

$$x_j^1 + x_j^2 - (y_j^1 + y_j^2) = b_j \quad (5)$$

$$x_j^1 \geq 0, x_j^2 \geq 0, y_j^1 \geq 0, y_j^2 \geq 0, x_j^1, x_j^2, y_j^1, y_j^2 \quad (6)$$

де x_j^1 – кількість замовлених штамів на першому підприємстві-виробнику;

x_j^2 – кількість замовлених штамтів на другому підприємстві;
 y_j^1 – кількість ремонтваних штамтів на першому підприємстві-виробнику;
 y_j^2 – кількість ремонтваних штамтів на другому підприємстві-виробнику;
 Параметри в моделях:
 b_j – потреба j -го підприємства в працюючих штамтах;
 c_j^1 – вартість розробки проекту і виготовлення одного зразка штампу;
 c_j^2 – вартість виготовлення додатково штампу за розробленим проектом;
 c_j^3 – вартість виготовлення документації за проектом.

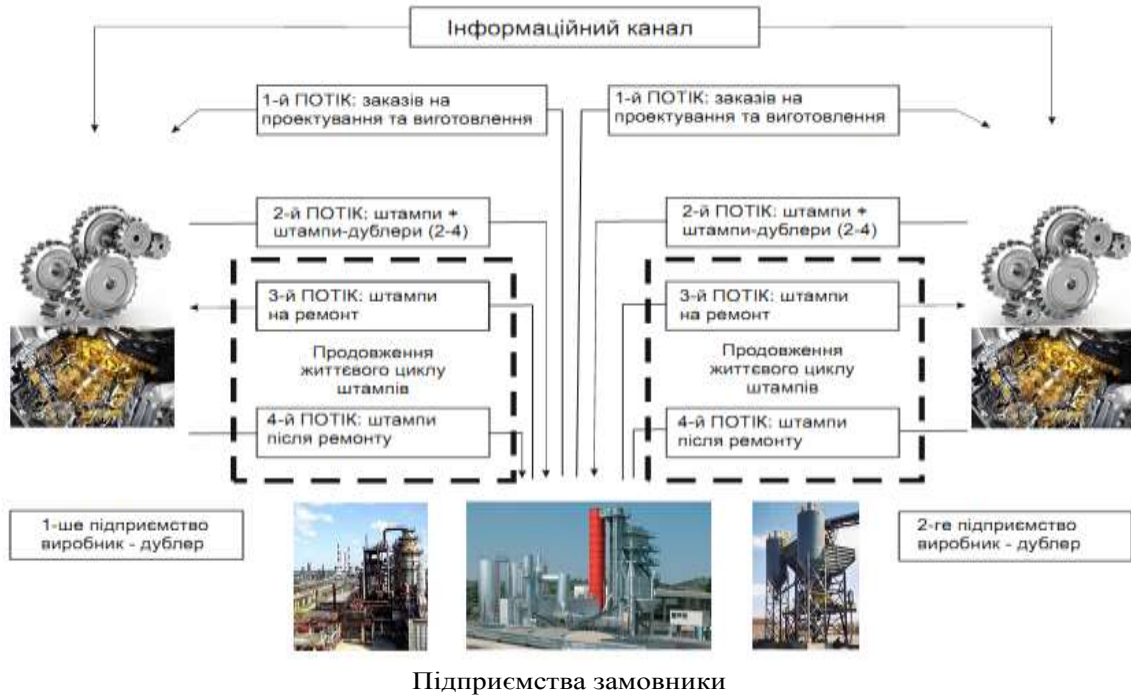


Рис. 1. Модель «Нової технології» інструментального процесу виробництва штамтів

o_j – витрати на купівлю і обслуговування ремонтного устаткування
 z_j – витрати на оплату праці на ремонтній ділянці
 c_j^4 – вартість ремонту одного штампу, який виконується підприємством-виробником – відома величина.

Математичні моделі проектування і виготовлення для виробників(новий варіант – 2):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Параметри в моделях (додаток до вказаних вище) :

d_j^1 – собівартість розробки проекту і виготовлення одного зразка штампу;

d_j^2 – собівартість розробки одного штампу;

d_j^3 – собівартість тиражування документації за проектом;

d_j^4 – собівартість ремонту одного штампу;

θ_j – кількість одиниць продукції, виробляється j -м підприємством на штамповому устаткуванні.

Оцінка різниці між значенням цільової функції:

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

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

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

Оскільки витрати на ремонт у виробника істотно менші, ніж для j -го підприємства, у замовника штамсів відпадає потреба у виготовленні документації, наявності свого ремонтного цеху і обслуговування ремонтного устаткування. Як видно, собівартість кінцевої продукції (штампованих деталей), виготовленої на штампах, при «Новій технології» істотно менше, оскільки підприємство не несе витрат, пов'язаних з ремонтним цехом і обслуговуванням ремонтного устаткування, а також витрати на купівлю документації і, у зв'язку з цим, немає необхідності мати конструкторів, технологів і робітників високої кваліфікації для ремонту штамсів, яких замовник вивільняє.

Висновки

На підставі досліджень, розроблених авторами адаптивної І ІВС АВДШ, доведена доцільність застосування вказаного напрямку безлюдної, безпаперової технології виробництва штамсів.

На підставі створення «Нової технології» запропонований науковий підхід: технологічну обробку деталей штамсів і ремонт виконувати централізовано з використанням інтегрованої інформаційно-виміральної системи автоматизації виробництва деталей штамсів (І ІВС АВДШ), а створені «партії» при виготовленні дають можливість перейти від одиничного проектування до серійного виготовлення деталей штамсів, що також скорочує трудомісткість і час виробництва деталей, які вирубуються на штампах.

З метою удосконалення «Нової технології» запропоновано: при технологічній обробці деталей штамсів застосовувати метод активного контролю та коригування зносу різального інструменту з

використанням лазерних ЗВ в інтегрованій інформаційно-вимірювальній системі автоматизації виробництва деталей штампів, ремонт деталей виконувати централізовано з використанням І ІВС АВДШ, створені «партії» деталей при цьому дають можливість перейти від одиничного проектування до серійного виготовлення деталей штампів.

Безлюдна технологія характеризується повною комплексною автоматизацією технологічних процесів, різким скороченням числа тих, що працюють. Люди повністю виключені з безпосередньо виробничої сфери. Їх функції полягають лише в обслуговуванні ЕОМ і верстатів з ЧПУ, тоді як сама автоматизована виробнича система працює під управлінням ЕОМ.

Список використаної літератури

1. Чан Тиен Хан. Оптико-электронные приборы контроля погрешности перемещений объектов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.11.07 / Чан Тиен Хан; [Место защиты: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана].-Москва, 2015.–123 с.
2. Yurish Sergey Y. Digital Sensors and Sensor Systems : Practical Design. International Frequency Sensor Association (IFSA), 2011. – 419 p.
3. Селиванова З. М. Моделирование и оптимизация параметров измерительного канала информационно-измерительных систем / З. М. Селиванова, В. В. і ін. // Вестник ТГТУ. – 2012. – № 1, Т.18. – С. 20 – 26.
4. Aggogeri F. Measurement un certainty assessment of Coordinate Measuring Machines by simulation and planned experimentation / F. Aggogeri, G. Barbato, E. Modesto Barini // CIRP Journal of Manuf. Science and Technology. – 2011. – Vol. 4/1. – P. 51–56.
5. Клещев Г. М. Патент «Спосіб реалізації активного методу вимірювання і корегування зносу інструменту з використанням лазерних приладів на основі інтегрованої системи автоматизації виробництва штампів», № 111088, зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.10.2016, Бюл. № 20.
6. Клещев Г. М. Новая технология производства штампов холодной листовой штамповки для строительства и сельхозмашиностроения / Г. М. Клещев, Л. В. Коломиец, М. Г. Клещев // Збірник Міжнародних науково-технічних праць MOTROL'2014. – Польша, LUBLIN, 2014. – Том 15, № 1. – С. 157 – 161.
7. Клещев Г. М. Интегрированная адаптивная сквозная компьютерная технология механообработки деталей штампов холодной листовой штамповки / Г. М. Клещев // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Київ, 2011. – Вип. 30.– С. 110–114.
8. Клещев Г. М. Адаптивна наскрізна комп'ютерна технологія управління підготовкою виробництва та виготовлення деталей штампів на базі штамп-напівфабрикатів / Г. М. Клещев. // Під загальною редакцією доктора технічних наук, професора Л. В. Коломійця. – Одеса, 2010. – 283с.
9. Евдокимов С. А. Автоматизированное проектирование конструкций штампов для листовой штамповки / С. А. Евдокимов. – М.: Вестник компьютерных технологий. – 2005. – С. 315 – 325.
10. Клещев Г. М. Исследование «новой технологии» производства деталей штампов на основе использования лазерных измерительных проборов / Г. М. Клещев. // Збірник наукових праць ОДАТРА. – Одеса, 2015. – Випуск 1 (6). – С. 125 – 129.
11. Клещев Г. М. Интегрированная сквозная система автоматизации проектных работ и новая технология с использованием штамп-полуфабрикатов / Г. М. Клещев // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2013. – Вип № 3. – С. 102-105.
12. Kolomiets, L. V., Kleschew G. M. Active method of measurements with use of laser devices on basis of integrated adaptive through system automations of manufacture stamps // Metallurgical and Mining Industry, № 8, (2015). – Pages 16-18. - ISSN 20760507, ISSN (Print) 20788312 Available at: http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_8/003Kolomiets.pdf.