

знімання припуску, а збільшення тільки швидкості знімання приводить до незначного збільшення погрішності обробки. Однакова точність може бути досягнута при завершенні обробки зі швидкістю знімання від 1 до 20 мкм/с.

Висновки

Проведені дослідження наявно ілюструють вплив технологічних факторів на погрішність обробки і показують необхідність стабілізації режимів різання на шліфувальних верстатах.

Список використаних джерел:

1. Контрольно-измерительные приборы и инструменты / С. А. Зайцев, О. Д. Грибанов, А. Н. Толстов, Р. В. Меркулов. – М. : Издательский центр «Академия», 2002. – 464 с.
2. Капустин Н. М. Автоматизация машиностроения: учебник для вузов / Капустин Н. М., Дьячкова Н. П., Ковалев П. М.; под ред. Н. М. Капустина – М. : Высшая школа, 2003. – 223 с.
3. Саункин В. Т. Повышение производительности и точности контроля деталей / В. Т. Саункин, С. Г. Онищук, С. Л. Миранцов, В. И. Тулупов // Вестник ДГМА. – 2008. – Вып. 1. – С. 162-165.

Рецензент: Колот А. В.

д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ДДМА», м. Краматорськ

Стаття надійшла 25.03.2011

УДК 621.717

Зинченко А. М.¹, Левченко О. О.², Щербак В. В.³

ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ В СУЧАСНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Розглянуто та проаналізовано різні варіанти можливості автоматизації складальних робіт у машинобудівельній галузі та наведено рекомендації з їх використання.

Ключові слова: збиральні роботи, економічна ефективність, промисловий робот, вузол, деталь, трудоемкість, система, структура, збиральна лінія.

Зинченко А. М., Левченко О. А., Щербак В. В. Особенности эффективности автоматизации сборочных работ в современном машиностроении. Рассмотрены и проанализированы различные варианты возможности автоматизации сборочных работ в машиностроительной отрасли и приведены рекомендации по их использованию.

Ключевые слова: сборочные работы, экономическая эффективность, промышленный робот, узел, деталь, трудоемкость, система, структура, сборочная линия.

A.M. Zinchenko, O.A. Levchenko, V.V. Cherbak. Peculiarities of efficiency of assembly work automation in modern engineering. Different variants of opportunities of automation assembly work are examined and analyzed in the engineering field and recommendations for their use are presented.

Key words: assembly work, efficiency, industrial robots, unit, detail, complexity, system, structure, assembly line.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. З метою полегшення праці та, можливо, більшого скорочення часу, що витрачається на складання виробів, крім механізації

¹ канд. економ. наук, доцент, ГВУЗ «Донбаська державний технічний університет», м. Алчевськ

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Донбаська державний технічний університет», м. Алчевськ

³ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Донбаська державний технічний університет», м. Алчевськ

окремих складальних операцій та прийомів, виникає необхідність автоматизування складальних процесів, тобто створення автоматичної системи, яка без безпосередньої участі людини виконує різні прийоми та операції складання машин [1- 4]. Для цього може бути застосовано складальне устаткування, на якому в більшості випадків встановлюють базові деталі механізмів або машин, які складаються.

При обговоренні проблем, що стосуються автоматизації складальних операцій, виникає природне бажання зосередити увагу на складальній машині – її механізмах та їх оснащенні. Проте, потенційна ефективність автоматичних складальних систем виразно виявляється тільки тоді, коли всі складові виробничого процесу розглядаються як єдине ціле. При такому підході у поле зору потрапляють багато суміжних операцій, часто не менш важливих, ніж ті, що виконуються безпосередньо складальними пристроями. Іншими словами, необхідно розглядати питання загального планування та управління, а також організації окремих компонентів виробництва на всіх його рівнях. Без правильного рішення цих питань ефективного використання автоматичного складального виробництва добитися важко. Розглядаючи складальні операції як автономний процес, легко дійти неправильних висновків. Для того, щоб прослідкувати всі взаємозв'язки процесу складання, слід розглянути використання складальних пристроїв з різних сторін [5, 6].

Метою даної статті є правильний вибір типу складальної системи та її архітектури. Це включає вибір оптимального ступеню складності системи, що забезпечує отримання відчутного економічного ефекту. Достатній ступінь складності (а отже й вартість) системи залежить від вартості робочої сили, кон'юнктури ринку та потрібного ступеню технологічної гнучкості, необхідної для випуску продукції серіями оптимальних розмірів.

Викладення основного матеріалу. Ефективність виконання складальної операції можна оцінити продуктивністю робочого місця, яка виражається кількістю вузлів або цілих виробів, що збираються в одиницю часу. Продуктивність робочого місця можна виразити наведеними нижче чинниками:

Хвилиною продуктивністю $C_{xв}$ (тобто кількістю вузлів або виробів, що збираються в одну хвилину):

$$C_{xв} = \frac{1}{t_{зб}}, \quad (1)$$

де $t_{зб}$ – норма часу на виконання складальної операції, хв.;

Годинною продуктивністю $C_г$ (тобто кількістю вузлів або виробів, що збираються в одну годину):

$$C_г = \frac{60}{t_{зб}}, \quad (2)$$

Критеріями техніко-економічної оцінки виконання окремих складальних операцій та загального складання можуть служити витрати, пов'язані з їх виконанням, а також їх трудомісткість (тобто штучний час).

Зіставлення витрат на виконання складальної операції різними методами дозволяє вибрати найбільш ефективний в економічних відносинах варіант.

Сума витрат на виконання окремих операцій визначає загальну суму витрат (загальну собівартість) $S_{зб}$ на виконання всього процесу складання вузла або виробу:

$$S_{зб} = \sum_{i=1}^m S_{iн}, \quad (3)$$

де $S_{iн}$ – витрати, що пов'язані з виконанням однієї операції;
 m – число складальних операцій.

Загальна трудомісткість складання вузла або виробу $T_{ум}$ визначається сумою штучних часів на виконання окремих операцій.

Для оцінки техніко-економічної ефективності складального процесу можна використовувати наступні показники:

- коефіцієнт завантаження кожного робочого місця;
- середній коефіцієнт завантаження робочих місць складальної лінії;
- коефіцієнт трудомісткості складального процесу;

Наведений комплекс техніко-економічних показників дає можливість оцінювати ефективність спроектованого автоматизованого технологічного процесу складання та порівнювати різні методи виконання складального процесу.

Управління на рівні системи: архітектура системи, оперативне планування, облік, впорядкування, управління складами, закупівля сировини та комплектуючих виробів, загальне управління виробництвом і міжопераційними переміщеннями.

Взаємодія компонентів системи. Взаємодія з операторами. Працююче в умовах дрібно-серійного виробництва устаткування доводиться часто переналагоджувати. Це вимагає створення ефективних засобів швидкої зміни програми та переналадки механічної частини. При такому підході складальні пристрої можна розглядати як "чорні ящики" з вбудованим мікропроцесорним пристроєм управління, що дозволяє оператору міняти номенклатуру виконуваних операцій за допомогою виконання простих дій. Особливої важливості набувають діагностичні засоби, що швидко реагують на помилкові дії оператора.

Загальна взаємодія. Автономні системи управління практично втратили свої позиції у сфері складального виробництва, тому використання останніх досягнень в області локальних засобів зв'язку стає невід'ємною частиною повної автоматизації виробництва.

Розвиток складальних систем йшов в напрямку від жорстко спеціалізованих механізмів до сучасних універсальних систем. У 60-і роки минулого сторіччя (період бурхливого розвитку засобів автоматизації та механізації складальних робіт) найбільшого поширення набули пристосування, що виконували лінійний або круговий рух деталі. Багато з тих механізмів до сьогоднішнього дня зберігають високу ефективність на ряду операцій. Ці складальні пристосування мають механічні пристрої управління і будуються у вигляді модуля, що складається з несучого шасі та розташованих на ньому пристроїв орієнтування і подачі деталей. Не дивлячись на елементи модульності, властиві цим складальним пристроям, з економічної точки зору застосовувати їх в умовах частой зміни продукції, що випускається, непрактично – вони не володіють достатньою технологічною гнучкістю. Тому не можна говорити про універсальність складальних пристроїв цього класу щодо виробів (можливість виготовлення різних виробів на одному устаткуванні). В даний час існують системи, що мають набагато вищий рівень модульності. Як правило, це уніфіковані автономні пристрої механічного переміщення деталей з електронним (процесорним) пристроєм управління.

Сьогодні можна виділити три основні напрями автоматизації складальних операцій на базі програмованих пристроїв [3, 4, 6].

1. Використання пристроїв з фіксованою структурою, конструкція яких забезпечує адаптацію до виконуваних операцій. Ці пристрої мають розвинені підсистеми відчуття, що дозволяють визначати різні стандартні ситуації типу "деталь відсутня", "деталь неправильно орієнтована" та так далі. Ефективність експлуатації таких пристроїв забезпечується можливістю налагодити їх так, щоб вони могли без переналадки виконувати операції з різними об'єктами.

2. Використання складальних пристроїв, конструкція яких забезпечує їх універсальність в межах деякого класу операцій. Пристрої, як першого, так і другого типу можуть працювати як "спеціалізована програмована складальна система". Їх експлуатація в такому режимі частіше всього досить ефективна, а область використання таких пристроїв в промисловості достатньо велика. Спеціалізовані програмовані складальні пристрої виявляються ще вигіднішими, коли вони об'єднуються в складальну лінію. В цьому випадку технологічні прийоми масового виробництва можна успішно поширювати й на дрібносерійне виробництво.

3. Використання для виконання складальних операцій робота з програмованим пристроєм управління. В даний час використання цього напрямку викликає необхідність рішення цілого ряду питань [1-3]. Одне з найважливіших – чи є реальна необхідність використовувати для виконання більшості виробничих складальних операцій складні маніпулятори з великим числом ступенів свободи. Звичайно, обчислювальної потужності вбудованого в пристрій управління робота мікропроцесора цілком достатньо для управління найскладнішим маніпулятором. Але в

більшості випадків траєкторія переміщення деталі при виконанні складальної операції прямо-лінійна і виконувати такі переміщення за допомогою маніпулятора, що має шість ступенів свободи, означає не виправдано ускладнювати систему.

Повною мірою ефективне застосування програмованих складальних пристроїв можливо тільки у складі інтегрованого виробничого комплексу, коли вони знаходяться під керуванням центральної системи управління з урахуванням конструкції вузла, що збирається та особливостей його технічного контролю. До тих пір, поки не визначені технічні вимоги, що пред'являються до конструкції виробу системами складання, транспортування та контролю, майбутнє гнучких складальних систем залишається невизначеним.

Прийнято вважати, що економічно виправданим є використання автоматичного пристрою, здатного в одиницю часу проводити більше продукції, ніж робітник, що виконує ті ж операції. Проте, сьогодні тільки тривалість одного робочого циклу вже не може бути достатнім критерієм порівняльної ефективності. Слід використовувати таку характеристику, як об'єм продукції, випущеної за тривалий період часу: автомат може виконувати операцію довше, ніж людина, але працювати безперервно впродовж тривалого часу, не вимагаючи втручання оператора. У таких умовах об'єм продукції, виробленої автоматом за добу, може набагато перевищувати аналогічний показник для робітника.

Ця сторона процесу автоматизації часто випускається з уваги. Пристрої та системи, про які йшла мова, після одноразово виконаної процедури настройки можуть працювати з повною віддачею впродовж будь-якого відрізка часу.

Очевидно, що для того, щоб реалізувати всі потенційні можливості програмованих складальних систем, потрібно критично переосмислити багато сторін сьогоденного машинобудівного виробництва. Ймовірно, шлях еволюційного розвитку автоматизованого складання є перспективнішим, ніж стрибкоподібна ломка технології, що склалася на сьогодні у машинобудуванні [1, 7, 8, 11].

У багатьох роботах по автоматизації складання та робототехніці підкреслюється контраст між гнучкістю робототехнічних систем та жорсткою обмеженістю області застосування спеціалізованих складальних пристроїв, призначених для виконання конкретної складальної операції. Дуже часто їх автори ігнорують існування модульних універсальних складальних систем, здатних виконувати різні складальні операції. Існує думка, що значних успіхів на шляху переходу від ручного складання до автоматичного слід чекати не від впровадження роботів, а від використання стандартизованих модульних складальних систем. На користь таких систем говорять багато економічних і навіть політичних міркувань: недостатньо тільки технічній прийнятності пристрою – потрібно, щоб його використання було економічно виправдано. Проте, думається, що істина, як завжди, знаходиться десь посередині і використання роботизованих систем складання буде поширюватися, на що вказують тенденції у машинобудівельній промисловості останніх років.

Концепція стандартизованих складальних пристроїв, орієнтованих не на використання в певній галузі виробництва, а на роботу з конкретними виробами певних розмірів та об'ємів, ґрунтується на узагальненні досвіду проектування спеціалізованих пристроїв. Особлива увага приділяється в ній питанням наладки, функціонування та обслуговування. Використання стандартизованих систем дозволяє проектувальнику приділяти основну увагу рішенням задач, пов'язаних безпосередньо із специфікою продукції, що виготовляється, конструкцією її складових частин та забезпеченням якості.

Достатньо широке застосування в сучасному машинобудуванні знаходять автоматичні складальні лінії. Зараз експлуатуються автоматичні лінії з великою кількістю позицій, де майже всі операції виконуються автоматично.

Досвід автоматизації складальних операцій свідчить про те, що вищий рівень механізації та автоматизації на складанні переважно не є найвигіднішим. Тому в промисловості намітилася певна тенденція збереження ручних операцій при автоматизації складальних процесів, де це економічно виправдано [4, 9, 11].

У більшості конструкцій складальних машин та ліній, що створюються, використовується принцип напівавтоматичного складання, що обумовлює наявність операторів налагоджувальників. Це пояснюється тим, що крупні споживачі складального устаткування відмовляються від застосування повністю автоматизованих пристроїв зважаючи на низьку надійність їх роботи. Наприклад, більшість зарубіжних фірм починають роботи по автоматизації складальних

процесів з рішення невеликих задач, поступово розширюючи межі автоматизації. Практика поступової автоматизації процесу володіє цілим рядом переваг: значно знижуються первинні капіталовкладення; робітники, що обслуговують автоматичне устаткування, набувають навиків і досвіду, що полегшує умови подальшої автоматизації.

Однією з головних труднощів автоматизації складальних процесів є невідповідність виробів до умов автоматичного складання. Досвід застосування складальних автоматів у машинобудуванні показує, що приблизно 50% виробів вимагають переробки конструкції, без якої неможливе їх автоматичне складання. Проведення робіт з підготовки виробів до автоматизованого складання гальмується відсутністю норм технологічності конструкцій виробів за умовами автоматичного складання. Завдання ускладнюється значною мірою низьким рівнем уніфікації та нормалізації деталей і вузлів.

Найбільш перспективним напрямом автоматизації складальних робіт за допомогою роботів є створення типових переналагоджуваних складальних ліній, що обслуговуються декількома операторами-складальниками та промисловими роботами.

Автоматизовані складальні лінії можуть включати декілька поворотних столів (роторів), транспортно-передавальні операції між якими виконують промислові роботи. На цих лініях окрім транспортних операцій роботи можуть виконувати операції з'єднання та закріплення деталей. Технічні можливості роботів, призначених для складання вузлів, як правило сильно збільшуються, якщо робот володіє здатністю пристосовуватися до змінних умов, тобто відноситься до групи адаптивних [10, 11]. В цьому випадку одержується на основі збору даних про зовнішнє середовище інформація обробляється за допомогою ЕОМ і робот може змінювати параметри руху руки із захопленням залежно від зовнішніх умов. Зразки адаптивних роботів для складання вже створені і, в даний час, ведеться їх експлуатація у виробничих умовах, яка показує, що є ще безліч технічних проблем у цьому питанні, розглядання яких виходить за межі цієї публікації.

Висновки

1. Підвищення ефективності складального виробництва у машинобудуванні проявляється тільки, коли всі складові виробничого процесу розглядаються як єдине ціле на рівні системи, взаємодії її компонентів та їх загальної взаємодії.
2. Переведення складального виробництва на масове використання складних невиправдано ускладнює та здорожує систему збирання машинобудівельної продукції.
3. Найбільш перспективним напрямом автоматизації складальних робіт за допомогою роботів є створення типових переналагоджуваних складальних ліній, що обслуговуються декількома операторами-складальниками та промисловими роботами.

Список використаних джерел:

1. Соломенцев Ю.М. Адаптивное управление технологическими процессами / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, С.П. Протопопов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 536 с.
2. Анискин Ю.П. Новая техника: повышение эффективности создания и освоения / Ю.П. Анискин, Н.К. Моисеева, А.В. Проскураков. – М.: Машиностроение, 1984. – 192 с.
3. Гибкие сборочные системы / Под ред. У.Б. Хегинботамы; Пер. с англ. Д.Ф. Миронова; Под ред. А.М. Покровского. – М.: Машиностроение, 1988 – 400 с.
4. Ямпольский Л.С. Гибкие автоматизированные производственные системы / Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин, М.М. Ткач и др. – К.: Техніка, 1985. – 280 с.
5. Гинзбург Е.Г. Законы и методология развития организации производственных систем / Е.Г. Гинзбург. – Иваново: изд.-во ИГУ, 1989. – 285 с.
6. Голоденко Б.А. САПР в мелкосерийном производстве / Б.А. Голоденко, В.П. Соленцев – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1991. – 123 с.
7. Как работают японские предприятия / Сокр. пер. с англ. под ред. Я. Мондена. – М.: Экономика, 1989. – 239 с.
8. Колосов А.Н. Организация и экономика гибкого автоматизированного производства: Учеб. пособие / А.Н. Колосов. – К.: Выща шк., 1991. – 167 с.
9. Логашев В.Г. Технологические основы гибких автоматических производств / В.Г. Логашев – Л.: Машиностроение, 1985 – 176 с.
10. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн. 7. Гибкие автоматизированные производства в отраслях промышленности / Под ред. И.М. Макарова. – М.:

Высш. шк., 1986. – 176 с.

11. Гончаров В.М., Зінченко А.М., Зінченко Н.В., Подліпенська Л.С., Татарин А. П. Організація і моделювання сучасного складального виробництва: Монографія / В.М. Гончаров, А.М. Зінченко, Н.В. Зінченко та ін. / Під загальною редакцією В.М. Гончарова. – Донецьк: ТОВ "Альматео", 2005. – 160 с.

Рецензент О.М. Новохатський,
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ДонГТУ»

Статья поступила 28.03.2011.

УДК 539.374.4

Колот Л.П.¹, Придворов А.В.²

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

В статье рассматривается исследование технологии поверхностного пластического деформирования поверхностей нежестких плоскостных деталей с целью уменьшения остаточных деформаций компенсационными режимами накатки.

Ключевые слова: *поверхностное пластическое деформирование, компенсатор, накатка, деформация изгиба*

Колот Л.П., Придворов А.В. Підвищення якості нежорстких деталей шляхом поверхневої пластичної деформації. У статті розглянуто дослідження технології поверхневого пластичного деформування поверхонь нежорстких плоских деталей з метою зменшення остаточних деформацій компенсуючими режимами накатки.

Ключові слова: *поверхнева пластична деформація, компенсатор, накатка, деформація згину*

L.P. Kolot, A.V. Pridvorov. Improvement of unrigged details by superficial plastic deformation. In the article the research of technology of surface plastic deformation of surfaces of unrigged planar details is considered with the purpose of a diminution of residual strain by compensatory modes rothen.

Keywords: *surface plastic deformation, canceller, knurl, bending strain.*

Постановка проблемы и анализ последних публикаций. Поверхностное пластическое деформирование (ППД) традиционно служит для обеспечения требуемых показателей качества поверхностного слоя металла на финишных этапах изготовления деталей. Вопросы влияния ППД на параметры точности формы и расположения поверхностей остаются еще малоизученными. В литературе имеются лишь самые общие сведения, позволяющие оценить качественную сторону механизма коробления нежестких деталей при упрочнении их поверхностей пластическим деформированием. Вопросы кинематики и управления величиной коробления при ППД деталей привлекают исследователей из-за высокой эффективности этого процесса с целью повышения износостойкости и циклической прочности деталей [1]. Характерной особенностью коробления при обработке резанием и ППД является то, что оно носит наследственный характер.

Целью работы является разработка методики управления остаточными деформациями изгиба, связанными с короблением плоских нежестких деталей типа брус на предшествующих этапах формообразования.

Авторами выполнены теоретические и экспериментальные исследования возможностей использования ППД для управления остаточными деформациями изгиба, связанными с короблением плоских нежестких деталей типа брус на предшествующих этапах формообразования.

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Донбасская государственная машиностроительная академия», г. Краматорск

² студент, ГВУЗ «Донбасская государственная машиностроительная академия», г. Краматорск