

УДК 621.38

Калафатова Л. П., докт. тех. наук, професор  
Носов Р. О., бакалавр

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, м. Луцьк  
[lydmila.kalafatova@gmail.com](mailto:lydmila.kalafatova@gmail.com)

## АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ В УМОВАХ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ

Інтенсифікація сучасного машинобудівного виробництва супроводжується необхідністю вирішення складних завдань підвищення продуктивності механічної обробки деталей різних класів. Це вимагає проведення аналізу структури гнучких виробничих систем (ГВС) і ситуацій, які виникають під час їх експлуатації, що і є метою даної роботи.

Під структурою гнучкої технологічної системи розуміють її виробничо-технічну організацію. Технічно структури ГВС реалізуються набором верстатного обладнання на базі ЧПУ, транспортно-завантажувальних засобів для переміщення заготовок, а також засобів керування і додаткових пристроїв, що забезпечують життєдіяльність системи.

Аналіз варіантів структури і елементів ГВС базується на результатах їх моделювання, яке може бути виконано з використанням імітаційних моделей або моделей натурного типу [1]. Імітаційні моделі можна уявити математичними об'єктами, що схематизують елементи реальної системи ГВС. Ці моделі мають значні переваги, які дозволяють на етапі проектування прогнозувати основні параметри ГВС по сукупності обраних критеріїв (наприклад, продуктивності, надійності при експлуатації тощо). Але такі моделі, будучи машинно-орієнтованими, не є повністю адекватними до реальних умов обробки, що притаманно натурному моделюванню структури і елементів ГВС.

Тому для моделювання структури ГВС механічної обробки деталей типу «корпус» (приклад деталі наведений на рис. 1), як одного з поширених у машинобудуванні видів продукції, був використаний принцип натурного моделювання зі створенням так званих технологічних моделей ГВС різного рівня автоматизації. Ці моделі у комплексі включають: основне обладнання – верстати з ЧПУ різних конструкцій; транспортні системи; варіанти завантажувальних пристроїв, в тому числі на базі промислових роботів (ПР); систему керування, які призначені для обробки деталей названого класу.

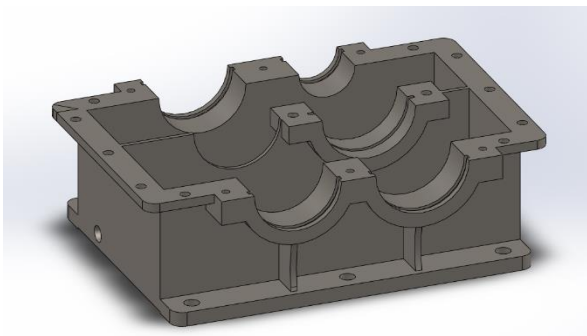


Рис. 1 – Тривимірна модель деталі-корпус

фрезерування і свердління площини, і якому передуює операція підготовки бази – підшви корпусу.

Перший варіант – використання багатоопераційного верстату–напівавтомату з ЧПУ, на якому можна виконувати операції обробки корпусу. На ньому автоматизовані усі допоміжні переміщення всередині робочої частини циклу обробки: підвід і відвід інструменту;

Ефективність порівнювальних варіантів оцінювалася величиною штучного часу  $T_{шт}$  [2] обробки деталі, як суми часу циклу автоматичної роботи обладнання за програмою  $T_{ца}$  і часу виконання допоміжної роботи  $T_{д}$ , наперед за все, пов'язаної із завантаженням і розвантаженням технологічного обладнання.

Розглянемо наступні варіанти реалізації процесу обробки площини роз'єму корпусу (див. рис. 1), що включає операції

перестановка інструментів, що знаходяться в інструментальному магазині; послідовність виконання всіх елементів циклу; переключення технологічних режимів; зміна координат обробки і управління їх величиною тощо. Вони впливають на величину  $T_{ца}$ , яка в цих умовах з урахуванням безпосередньо процесу різання є сумою часу всіх перерахованих дій.

Від способів завантаження-розвантаження верстату, які можуть реалізовуватися вручну або з використанням автоматизованих завантажувальних пристроїв, наприклад, ПР, залежить величина часу допоміжної роботи  $T_d$ .

Виходячи з цього, цикл обробки виробу в таких умовах визначається як сума часу виконання перерахованих вище операцій. А сам верстат незалежно від об'єму інструментального магазину, якщо не використані інші конструкції інструменту (наприклад, багатоінструментальні головки), залишається одноінструментним, оскільки одночасно може працювати тільки один інструмент, крім того суміщення робочих і холостих ходів у часі відсутні. Тому його продуктивність порівняно з обробкою на звичайних універсальних верстатах збільшиться не більше ніж на 40-60%. Такий варіант може бути доцільним для використання в умовах дрібносерійного виробництва.

Другий варіант – обробка корпусу при тих же режимах різання на автоматичній лінії з агрегатних верстатів з ЧПУ (рис. 2), при розробці структури якої використовуються принципи диференціації технологічного процесу і суміщення операцій [2].

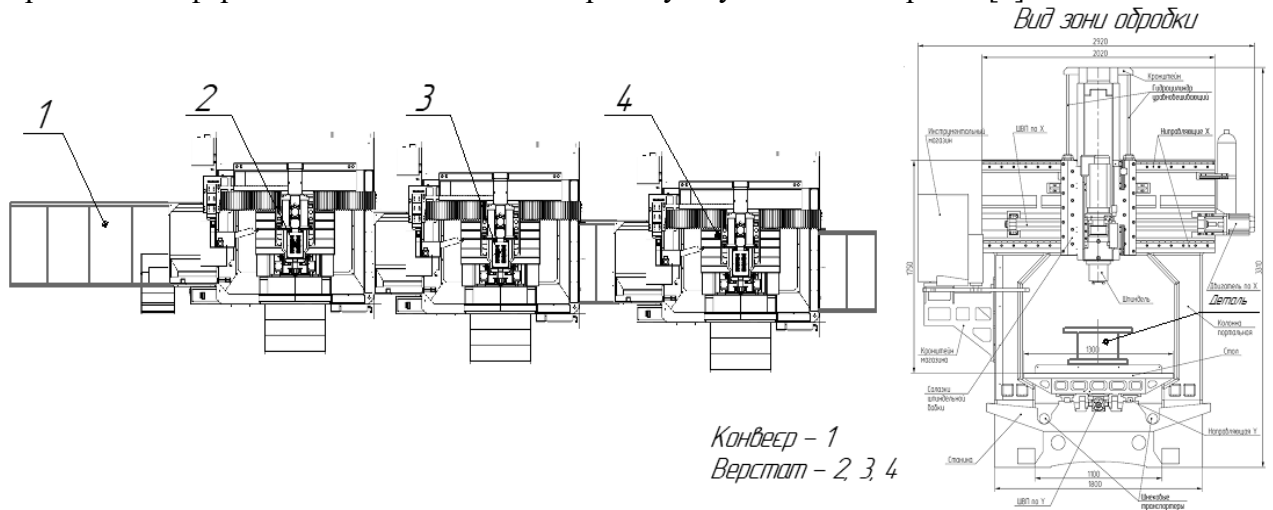


Рис. 2 – Компонувальна схема обробки деталі «корпус»

АЛ складається: з верстатів 2 і 3, на яких послідовно відбувається чорнове і чистове фрезерування площини роз'єму корпусу; верстату 4, призначеному для свердління отворів; транспортно-завантажувальної системи на базі конвеєра 1. Цикл обробки буде дорівнювати сумі часів реалізації найбільш тривалої операції обробки і транспортного переміщення заготовок на крок між позиціями лінії. Встановлено, що використання АЛ аналогічного типу дозволяє в залежності від конструкції оброблюваної деталі при високій гнучкості системи підвищити продуктивність обробки у порівнянні з попереднім варіантом до 10 разів і рекомендувати такий варіант обробки для умов великосерійного і масового виробництв.

Таким чином, встановлено суттєвий вплив варіанту компоновки технологічного обладнання на ефективність реалізації технологічного процесу обробки групи деталей, в нашому випадку – деталей типу «корпус», при різних типах виробництва.

#### Список посилань

1. Любимов В.И. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства / В.И. Любимов, К.Е. Белявин. – Минск: Белорусский национальный технический университет. – 2012. – 200 с.

2. Капустин А.М. Автоматизация машиностроения / А.М. Капустин, Н.П. Дьякова, П.М. Кузнецов; Под ред. А.М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2003. – 223 с.

УДК 621.791:389

**Тонконогий В.М., докт. техн. наук, професор**  
**Голофєєва М.О., канд. техн. наук**  
**Левинський О.С., старший викладач**  
**Клімов С.В., аспірант**

Національний університет «Одеська політехніка», [mgolofeyeva@gmail.com](mailto:mgolofeyeva@gmail.com)

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ДЕФЕКТОСКОПІ ВИРОБІВ З НЕМЕТАЛЕВИХ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АКТИВНОЇ ТЕРМОГРАФІЇ**

Основною задачею роботи є розробка оптимальних алгоритмів визначення кожного дефекту виробу з неметалевого гетерогенного матеріалу з встановленням точного його розташування, в тому числі, глибини залягання, а також його геометричних параметрів. На сьогоднішній день одним з найбільш перспективних для дефектоскопії виробів із зазначеного класу матеріалів вважається метод теплового неруйнівного контролю [1]. Цей вид дефектоскопії базується на візуалізації теплового поля поверхні об'єкта дослідження за допомогою приладів інфрачервоної техніки та аналізу аномалій цього поля.

При такому підході аналізується змінення температур на поверхні досліджуваного зразка в бездефектній зоні  $T_{\text{бд}} = f(x, y, t)$  та в проекції дефекту  $T_{\text{д}} = f(x, y, t)$  після нагрівання поверхні одиничним тепловим імпульсом кінцевої довжини  $t_{\text{и}}$ .

Залежність температурного контрасту від часу має екстремум  $\Delta T_{\text{max}}$  у момент часу  $t_{\text{м}}$ , який є оптимальним часом спостереження дефекту. Обидва зазначені параметри є основними параметрами амплітудного методу теплового контролю і залежать не тільки від теплофізичних характеристик досліджуваного неметалевого гетерогенного матеріалу, але і від глибини залягання та розмірів безпосередньо дефекту [2].

Суттєвим недоліком безконтактних методів вимірювання температури приладами інфрачервоної техніки є відсутність даних щодо випромінювальної здатності поверхні об'єкта дослідження в умовах експерименту. Здатність об'єкта виділяти інфрачервоне випромінювання може змінюватися, оскільки залежить не тільки від, власне, матеріалу, але і від властивостей поверхні (наприклад, шорсткості, наявності забруднень, масляних плівок і тому подібне) та напрямку спостереження цієї поверхні [3]. Саме невизначеність в задаванні коефіцієнту випромінювальної здатності поверхні об'єкта дослідження є основною складністю у розрахунках температур за результатами тепловізійних вимірювань. А, відтак, це вносить додаткову методичну похибку у результати визначення глибини залягання дефектів в неметалевих гетерогенних матеріалах.

Тому перед тим, як проводити дослідження теплових процесів на поверхнях зразків з метою їх дефектоскопії проводилися визначення коефіцієнту випромінювальної здатності поверхні в реперних точках. До числа останніх обов'язково включалися точки поверхні з відмінним від базового станом поверхні. Наприклад, із іншою шорсткістю, наявністю подряпин, покриттів, плівок і тому подібне, що за термограмою могли сприйматися в якості дефектів. Ця операція обов'язково має проводитися під час дефектоскопії виробів, що були в експлуатації, оскільки стан поверхні в різних точках може суттєво відрізнятись один від одного.

Визначення коефіцієнту випромінювальної здатності проводили в такому порядку. В характерній зоні досліджуваної поверхні без температурних аномалій обиралися реперні точки, температури в яких вимірювалися контактним термометром (термопарою). В цих самих точках вимірювали температуру тепловізором при заздалегідь встановлених параметрах знімання (відбитої температури фону, температурі та вологості навколишнього