

УДК 621.9.06:536

А.М. Чечоткіна, О.В. Даниленко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Регламентоване охолодження як засіб забезпечення необхідної точності обробки деталей

Головними тенденціями, що реалізуються у сучасних верстатах, є високі швидкості різання, гнучкість та довготривала точність. Дослідження показують, що в верстатах з ЧПК, особливо при прецизійній обробці, основною складовою загального балансу похибок обробки є теплові деформації.

Проаналізувавши фахові тематичні видання [1, 2], було зроблено висновок, що темі випробовування металорізальних верстатів при дії термічних деформацій приділяється досить мало уваги. В останні роки все більше надходить інформації і статей присвячених забезпеченню термостабільності конструкції верстата на етапах його проектування, конструювання та експлуатації.

Теплові процеси в верстатах впливають на точність обробки не тільки шляхом зміни положення осі шпинделя і інструменту, а й відхилення траєкторії переміщення рухомих органів верстата від заданих.

За об'єкт дослідження взято токарний горизонтальний двошпиндельний верстат ПАБ-130 з числовим програмним управлінням.

Здійснення активного впливу на формування точності металорізального верстата потребує визначення спільних закономірностей формування і управління просторово-часовою зміною температурного поля і теплових деформацій верстата. Визначення таких закономірностей має велике практичне значення, так як вміння правильно оцінювати очікувані величини теплових деформацій і характер зміни їх під час роботи верстата дозволить на різних стадіях створення і експлуатації приймати раціональні рішення для зниження шкідливого впливу теплових деформацій на точність.

Характерним показником точності сучасних металорізальних верстатів є розмірна похибка обробки в межах 2-10 мкм [3]. Разом з тим, температурні похибки верстата при обробці можуть становити від 40 до 100 мкм [4], що більше, ніж на порядок, перевищує необхідну точність обробки.

Для досягнення стабільної розмірної точності в межах 10 мкм необхідно оснащувати верстати системами компенсації температурної похибки, які будуються на двох альтернативних методах: пряме вимірювання температурної похибки на верстаті і прогнозування температурної похибки.

Об'єктом дослідження теплових відхилення є токарний горизонтальний верстат з ЧПК ПАБ-130 [5]. В результаті аналізу теплових моделей шпиндельного вузла та несучої системи верстата, було обрано ряд заходів, спрямованих на зменшення тепловиділення та високого нагріву вузлів. Також

передбачено зміну пасової передачі, покращення конструктивних характеристик підшипника та розроблені запобіжні заходи по зменшенню тепловиділення.

Розроблена теплова модель засобами Autodesk CFD 2019 (рис.1) [6], в процесі якої було визначено, що найбільше нагрів відбувається в опорах шпинделя. Визначено залежності, які показують відношення частоти обертання шпинделя до нагріву частин верстата за певний проміжок часу. Також була виявлена залежність нагріву підшипників від класу точності верстата.

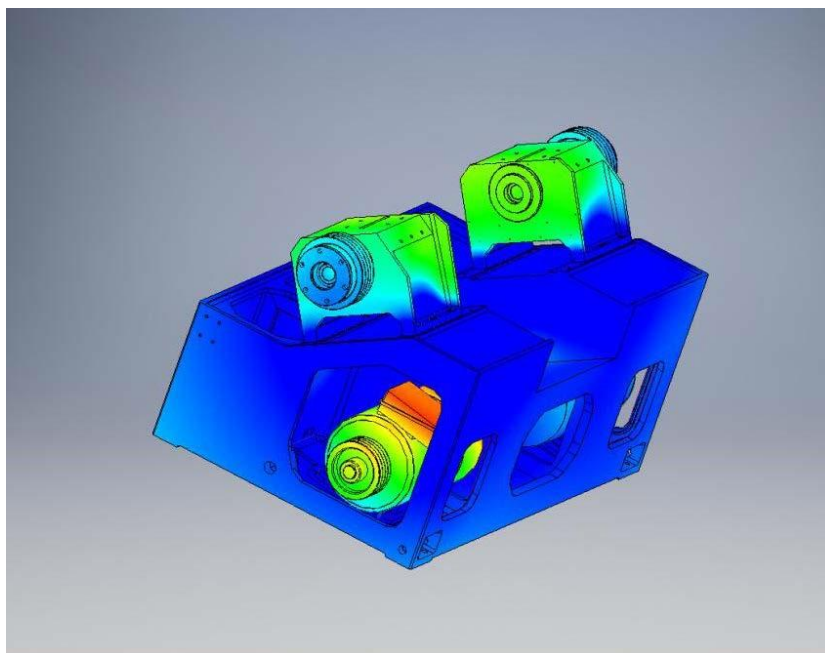


Рис. 1 – Моделювання теплової моделі несучої системи верстата

Також було проаналізовано те, що похибки, які спричинені температурними деформаціями системи верстат-приспособлення-інструмент-деталь, мають вплив на зміну статичної та динамічної настройки. Одним із радикальних способів боротьби з таким видом похибок є використання автоматичного управління, яке дозволяє на всіх етапах технологічного процесу керувати параметрами точності деталі, що оброблюється. Є варіант автоматичного “виключення з роботи” шпиндельного вузла, яке обумовлено тим, що на шпинделі встановлені певні датчики, які працюють за методом сигналізації і в разі підвищення абнормованої температури, вимикають ШВ з роботи та сповіщають про це оператора.

Дані, отримані при дослідженні температурного стану шпиндельних бабок в середовищі Autodesk CFD 2019 показали те, що теплові зміщення визначаються температурою деяких характерних точок. Для ШВ з різними типами опор (приймалися для дослідження підшипники легкої та середньої серії), дві характерні точки були розташовані на передній та задній опорах в зоні їх найбільшого нагріву. В опорах кочення слід мати на увазі наявність тепловіддачі, найбільш нагрітим елементом є зовнішнє кільце підшипника.

Для частот обертання 3160, 3600, 4000, 4600, 5000, 6000 об/хв були проведені серії віртуальних експериментів, в ході яких було виміряно встановлену та змодельовану температуру зовнішнього та внутрішнього кільця підшипників та температуру шпинделя. Джерелами теплоти для шпинделя являються його опори. Потужність їх тепловиділення визначалися по експериментально встановленим значенням температури.

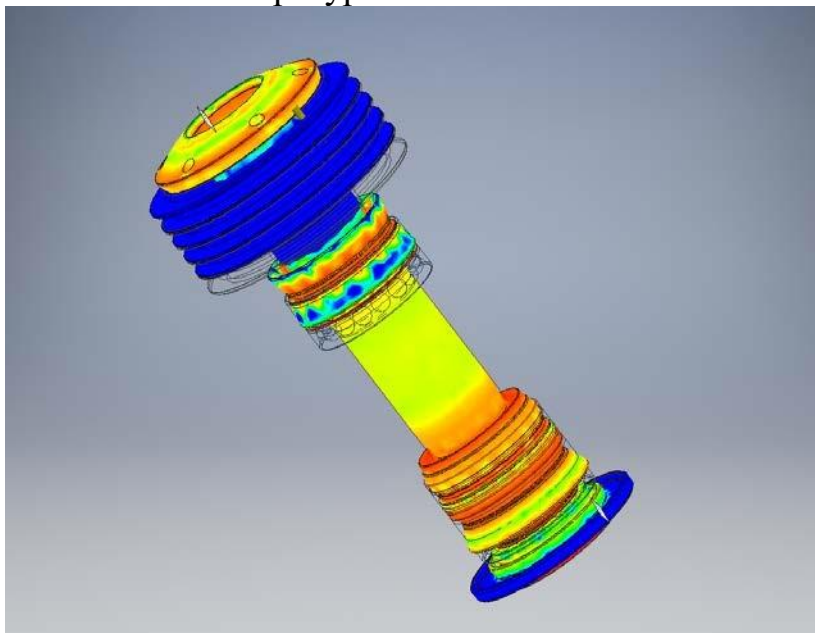


Рис. 2 – Моделювання теплової моделі ШВ верстата

Визначено ще один факт, після 6-ти, а в деяких випадках і 8-ми часової роботи МРВ (в залежності від точності верстата та опор), тепло майже не підвищується, або підвищується на десятки долі, які неможливо прорахувати точно. Таке дослідження правдиве лише для оптимальної температури нагріву. Для допустимої, залежність має інший вигляд.

Задачею дослідження, яке є складовою магістерської атестаційної роботи, є аналіз способів відведення тепла, яке утворюється у працюючому верстаті, та розробка рекомендацій з вибору відповідного способу. Планується визначити рівень теплоутворення у критичних точках вузлів, які першочергово на нього впливають (зокрема, це опори шпинделя та, особливо у випадку прямого приводу, електродвигун, елементи несучої системи верстату, пов'язані із встановленням шпиндельного вузла), визначити залежність температурних деформацій від стану (температури) вузла та параметри точності (наприклад, радіальне биття, яке спільно викликають пружні й температурні деформації) та в першому наближенні оцінити вплив способу охолодження на параметри точності і запропонувати рекомендації щодо вибору способу охолодження залежно від необхідної точності. Аналітичні і експериментальні дослідження у великій мірі залежать від встановлення комбінації різних термічних явищ, що мають місце під час роботи верстатів і, таким чином, маємо справу з невизначеністю умов експлуатації. Тож, на жаль,

отримаємо досить орієнтовні рекомендації, бо ряд факторів не врахований і скоріш за все експериментальні дослідження для корекції коефіцієнтів впливу деяких чинників також не вдасться реалізувати, але навіть у такому вигляді інформативність рекомендацій з порівняльного оцінювання не викликає сумніву.

Висновки:

1. Пропонується забезпечити рівномірний температурний режим в механізмах та вузлах верстата, чому, наприклад сприяє попередній розігрів системи;
2. Ввести корекцію в привод подач від сигналів датчиків температур;
3. Впровадити компресорну систему охолодження шпинделя або охолодження водою.

Список використаних джерел

1. Васильцов А.В. Влияние теплового поля станка на изменение его эксплуатационных характеристик / А.В. Васильцов, А.И. Власов, Д. Э. Крикунов, А. Г. Ягопольский. // Всероссийская научно-техническая конференция студентов Студенческая научная весна 2013: Машиностроительные технологии. – 2013. – С. 197-198.

2. Бельзецкий А.И. Расчет влияния тепловых деформаций металлорежущих станков на точность обработки / А. И. Бельзецкий, А. П. Кузнецов. // Научно-технический прогресс в машиностроении и приборостроении. Тезисы докладов. МВТУ. – 1980. – С. 9.

3. Проников А. С. Управление тепловыми деформациями металлорежущих станков с целью повышения технологической надежности / А. С. Проников, В. Н. Юрин. // Надежность и контроль качества. – 1973. – №10. – С. 27-38.

4. Поляков А. Н. Управление термодформационным состоянием станка на основе автоматизации прогнозирования температурных перемещений исполнительных органов / А. Н. Поляков, К. В. Марусич. – Оренбург, 2012. – 220 с.

5. Токарные горизонтальные станки с ЧПУ ПАБ-130, ПАБ-160
Подробнее: <https://kievstanko.com.ua/p6718855-tokarnye-gorizontalnye-stanki.html>
[Електронний ресурс]. URL: <https://kievstanko.com.ua/p6718855-tokarnye-gorizontalnye-stanki.html>.

6. Autodesk CFD [Електронний ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview>.