

УДК 621.924-187:539.377

© Ємець М.В., Ізюмська Л.Ф.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ВУЗЛІВ БАГАТОКРУГОВИХ ВЕРСТАТІВ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ

1. Актуальність питання

Багатокругові круглошліфувальні верстати використовуються при виготовленні деталей автомобілів і тракторів, зокрема, розподільчих і колінчастих валів. На них одночасно обробляється декілька поверхонь, що підвищує продуктивність обробки в 3...4 рази. За звичай допуски на діаметрі поверхонь (шийок) знаходяться в межах 6, 7-го квалітетів для різних типів валів.

Багатокругові круглошліфувальні верстати відносяться до напівавтоматів, які працюють по настройці. Для таких верстатів дуже важливо знати вплив систематичних факторів(затуплення кругів, температурних деформацій вузлів, на розмірі шийок з метою визначення оптимальних настроєчних розмірів. В вказаній постановці питання не досліджувалось.

2. Мета дослідження

Визначити швидкість і напрямлення температурних деформацій базових вузлів багатокругових спеціалізованих верстатів моделі ХШ, які приймають участь в розміроутворенні, і на цій основі розробити розрахункову схему і визначити аналітичні залежності для розрахунку зміни розмірів поверхонь при розігріванні верстата.

3. Викладання основного матеріалу

Нижче описані результати дослідження температурних похибок базових багатокругових верстатів Харківського верстатобудівного заводу для обробки деталей автомобілів і тракторів.

1. Теплові деформації базових вузлів багатокругових верстатів

Дослідженню підлягали спеціалізовані багатокругові верстати моделей ХШ-25, ХШ2-15. Були встановлені температурні переміщення в горизонтальній площині опорних місць переднього і заднього центрів, опор шпинделю, люнетів при розігріванні верстатів на холостому ході.

Вимір величин переміщень виконувалось мікаторними голівками (ціна ділення 0,001 мм), встановленими на столі верстата. Графіки по одержаними даними показані на рис.1-4.

Аналіз результатів дозволяє зробити висновок:

- в процесі нагрівання верстата опорні місця переднього і заднього центрів, опор шпинделю переміщуються по закону близькому до лінійного. Направлення переміщення центрів- на шліфувальні круги, опор шпинделя -на деталь.

- встановлено, що швидкість переміщення центру задньої бабки- 0,8 мкм\год, центру передньої бабки – 2 мкм\год, лівої опори шпинделя – 8 мкм\год, правої опори – 14 мкм\год.

- теплові деформації штока люнета найбільш інтенсивні в перші десять хвилин роботи, в подальшому швидкість теплової деформації зменшується і складає близько 0,7 мкм\год.

На основі показаного представлена типова схема температурних деформацій багатокругових верстатів моделей ХШ (рис. 1).

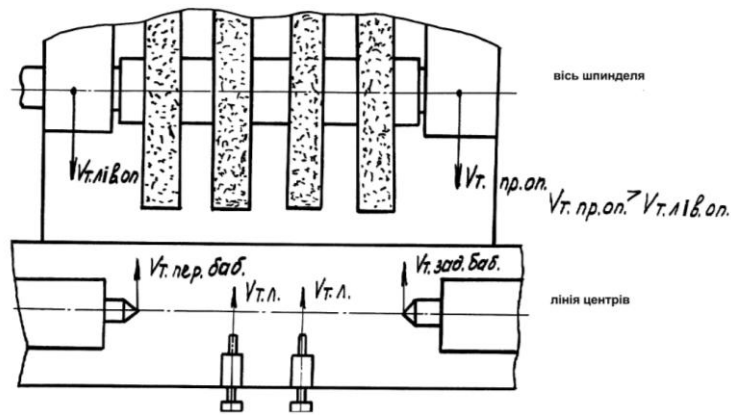


Рис. 1 – Направлення температурних деформацій вузлів багато кругових верстатів мод. ХІІІ

2. Вплив температурних деформацій базових вузлів багатокругових верстатів на точність обробки

Результати експериментального дослідження показують, що взаємне розміщення шліфувальних кругів і шийок оброблююмого валу, яке одержане при настройці, буде змінюватись при розігріванні верстата.

Кількісна сторона впливу температурних деформацій на похибки діаметрів залежить від типу валу (довжини, взаємного розміщення шийок і їх кількості), а також від того, діаметр якої шийки контролюється приладом активного контролю. Тому виникає необхідність розрахунку температурних похибок в кожному конкретному випадку обробки.

Для розробки методики розрахунку в якості вихідних приймаємо:

- креслення оброблююмого валу;
- метод одержання розмірів шийок вала;
- направлення і швидкість теплових деформацій базових вузлів верстата;
- конструктивні розміри верстата: відстань між опорами шпинделя $L_{оп.ш}$, центрами верстата $L_{ц}$, відстань від опори шпинделя, центра до люнетів $L_{лі}$ і до скоби приладу активного контролю.

На багатокругових верстатах мод. ХІІІ діаметр однієї шийки контролюється скобою приладу, а діаметри решти одержуємо настройкою.

Розрахункова схеми показана на рис 2.

Тоді

$$\Delta d_{3\dot{O}} = 2 \left(\frac{\dot{O}_{\dot{I}D\dot{A}\dot{A}.\dot{I}\dot{I}} - \dot{O}_{\dot{E}^2\dot{A}.\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{I}\dot{I}.\dot{O}\dot{I}}} \right) \left(\frac{\dot{O}_{\dot{I}\dot{A}\dot{D}.\dot{O}} - \dot{O}_{\dot{C}\dot{A}\dot{A}\dot{I}.\dot{O}}}{L_{\dot{O}}} \right) \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}} - \dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}} \right) \quad (2')$$

На основі подібності трикутників (штриховані на рис. 2) виражаємо $\Delta U_{шп}$ і $\Delta U_{ц}$ через відомі температурні переміщення шпиндельних опор, $U_{прав.оп}$, $U_{лів.оп}$ і центрів $U_{пер.ц}$, $U_{задн.ц}$ Одержуємо:

$$\Delta \dot{O}_{3\dot{O}\dot{I}} = \frac{\dot{O}_{\dot{I}D\dot{A}\dot{A}.\dot{I}\dot{I}} - \dot{O}_{\dot{E}^2\dot{A}.\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{I}\dot{I}.\dot{O}\dot{I}}};$$

$$\Delta \dot{O}_{3\dot{O}} = \frac{\dot{O}_{\dot{I}D\dot{A}\dot{A}.\dot{I}\dot{I}} - \dot{O}_{\dot{E}^2\dot{A}.\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{O}}} \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}} - L_{3\dot{O}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}} \right)$$

Після підстановки $U_{шп}$ і $U_{ц}$ в формулу (2') і виконання перетворень одержимо:

$$\dot{O}_{\dot{C}\dot{A}\dot{A}\dot{I}.\dot{O}} = 2 \left(\frac{\dot{O}_{\dot{I}D\dot{A}\dot{A}.\dot{I}\dot{I}} - \dot{O}_{\dot{E}^2\dot{A}.\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{I}\dot{I}.\dot{O}\dot{I}}} \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}} - L_{3\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}}} \right) + \frac{\dot{O}_{\dot{I}\dot{A}\dot{D}.\dot{O}} - \dot{O}_{\dot{C}\dot{A}\dot{A}\dot{I}.\dot{O}}}{L_{\dot{O}}} \left(\frac{\dot{O}_{3\dot{O}} - L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}} \right) \right)$$

Оскільки переміщення опор шпинделя і центрів в функції часу змінюється по лінійному закону $U_i = K_i t$, то можна записати:

$$\Delta d_{3\dot{O}} = 2 \left(\frac{\hat{E}_{\dot{I}D\dot{A}\dot{A}.\dot{I}\dot{I}} - \hat{E}_{\dot{E}^2\dot{A}.\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{I}\dot{I}.\dot{O}\dot{I}}} \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}} - L_{3\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}}} \right) \hat{t} + \frac{\hat{E}_{\dot{I}\dot{A}\dot{D}.\dot{O}} - \hat{E}_{\dot{C}\dot{A}\dot{A}\dot{I}.\dot{O}}}{L_{\dot{O}}} \left(\frac{\dot{O}_{3\dot{O}} - L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}} \right) \hat{t} \right) =$$

$$= 2 \left(\hat{E}_{\dot{I}\dot{I}} \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}} - L_{3\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}}} \right) \hat{t} + \hat{E}_{\dot{O}} \left(\frac{\dot{O}_{3\dot{O}} - L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}} \right) \hat{t} \right)$$

де $\frac{\hat{E}_{\dot{I}D\dot{A}\dot{A}.\dot{I}\dot{I}} - \hat{E}_{\dot{E}^2\dot{A}.\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{I}\dot{I}.\dot{O}\dot{I}}} = \hat{E}_{\dot{I}\dot{I}}$, $\frac{\hat{E}_{\dot{I}\dot{A}\dot{D}.\dot{O}} - \hat{E}_{\dot{C}\dot{A}\dot{A}\dot{I}.\dot{O}}}{L_{\dot{O}}} = \hat{E}_{\dot{O}}$.

Проте $\left| \frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}} - L_{3\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}}} \right| = \left| \frac{\dot{O}_{3\dot{O}} - L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{O}}} \right|$

В результаті

$$\Delta d_{3\dot{O}} \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}} - L_{3\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}}} \right) = 2 \left(\hat{E}_{\dot{I}\dot{I}} - \hat{E}_{\dot{O}} \right) \left(\frac{\dot{O}_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}} - L_{3\dot{I}\dot{I}}}{L_{\dot{N}\dot{E}.\dot{I}\dot{I}}} \right) \hat{t} \quad (3)$$

Для шийок, що оброблюються в люнеті, необхідно враховувати температурні деформації штоку люнета.

Які в попередньому варіанті, роботою прибору активного контролю буде компенсуватись сумарне переміщення осі шпинделя і лінії центрів Уск.т(див.формулу 1).

На люнетну шийку буде передаватися похибка

$$\Delta d_{E,\dot{O}} = \left(\overset{\circ}{\Delta}_{NE,\dot{O}I} - \overset{\circ}{O}_{E,\dot{O}I} \right) \pm \left(\overset{\circ}{\Delta}_{NE,\dot{O}} - \overset{\circ}{O}_E \right)$$

Якщо виразити температурне переміщення осі шпинделя і лінії центрів в перерізі розміщення люнетної шийки через переміщення опор шпинделя Управ.оп, Улів.оп і центрів Упер.ц, Узадн.ц. і врахувати лінійний характер переміщень, то для 5 люнетних шийок одержимо:

$$\Delta d_{E,\dot{O}} \left(\overset{\circ}{\Delta}_{NE,\dot{O}} \right) = \left(\overset{\circ}{\Delta}_{NE,\dot{O}I} - \overset{\circ}{O}_{E,\dot{O}I} \right) \pm \left(\overset{\circ}{\Delta}_{NE,\dot{O}} - \overset{\circ}{O}_E \right) + \overset{\circ}{E}_{\dot{O}} \left(\overset{\circ}{\Delta}_{NE,\dot{O}} - \overset{\circ}{O}_E \right) \quad (4)$$

3. Приклад розрахунку настроєчних розмірів для опорних шийок розподільчого валу 968-10060 15A (Мелітопольський машинобудівний завод) при обробці його на багатокруговому верстаті модель ХШ-25НІ.

Вихідні дані.

Виконується одночасно шліфування 3-х опорних шийок вала в розмірі $d=44,5 \begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,061 \end{smallmatrix}$ мм, $d=45 \begin{smallmatrix} -0,070 \\ -0,091 \end{smallmatrix}$ мм, $d=54 \begin{smallmatrix} -0,060 \\ -0,039 \end{smallmatrix}$ мм, (рис. 3).

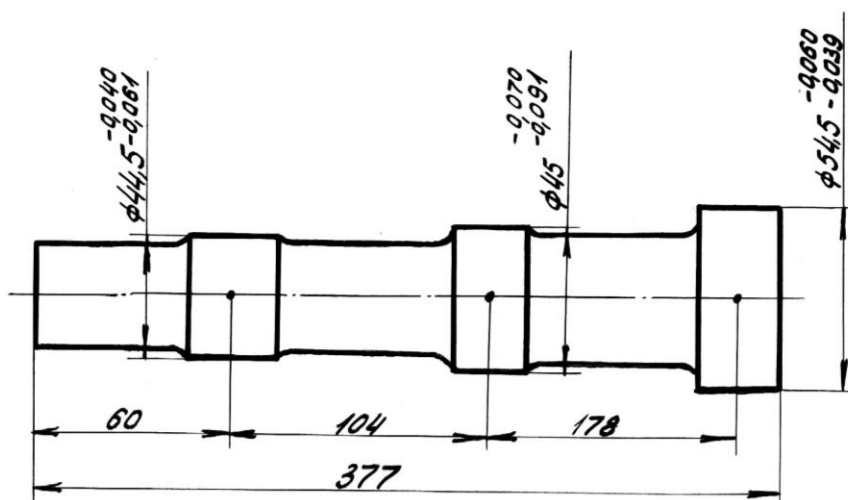


Рис. 3 – Розподільчий вал 968-1006015

Шийка $d=44,5 \begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,061 \end{smallmatrix}$ контролюється скобою приладу активного контролю, шийки $d=45 \begin{smallmatrix} -0,070 \\ -0,091 \end{smallmatrix}$ оброблюється в люнеті.

Конструктивні розміри багатокругового верстата ХШ-25НІ $l_{on.ун} = 1200$ мм, $l_{2on} = 600$ мм, $l_{3on} = 778$ мм, $l_{ск.он.} = 496$ мм, $l_y = 670$ мм. Швидкість теплових деформацій базових місць верстата приведені в розділі 1.

Попередньо визначимо коефіцієнти K_{on} і K_y .

$$\hat{E}_{ii} = \frac{14-8}{1200} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ / } \mu\text{m} , \hat{E} = \frac{2-0,8}{670} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ / } \mu\text{m}$$

По формулі (3) для шийки $d=54 \begin{smallmatrix} -0,060 \\ -0,039 \end{smallmatrix}$ мм, ми будемо мати

$$\Delta d_{3T} = 2 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3} (96 - 778) = -1,8 \mu\text{m}$$

Для люнетної шийки по формулі (4)

$$\Delta d_{2T} = 5 \cdot 10^{-3} (96 - 600) + (0,8 + 1,8 \cdot 10^{-3} (670 - 60)) = 0,7 \mu\text{m}$$

Згідно з підрахунків в результаті температурних деформацій вузлів діаметр люнетної шийки збільшується, третьої шийки (без люнету) зменшується.

Тому настроєчний розмір для люнетної шийки буде $D_{2наст} = D_{мін} + 3 \sigma_{ст}$, для третьої - $D_{3наст} = D_{макс} - 3 \sigma_{ст}$.

Тут: $\sigma_{ст}$ - середньоквадратичне випадкових похибок багатокругового верстата; $3 \sigma_{ст} = 0,0044$ мм.

$D_{мін}$, $D_{макс}$ - відповідно мінімальній і максимальний розмір діаметрів.

Одержимо:

$$D_{2наст} = 44,909 + 0,0044 = 44,9134 \text{ мм}$$

$$D_{3наст} = 54,461 - 0,0044 = 54,4566 \text{ мм}$$

3. Висновки

- Одержані залежності для розрахунку похибок діаметрів валів при обробці їх на багатокругових круглошліфувальних верстатів моделі ХШ, в результаті теплових деформацій базових вузлів.

- Похибки мають систематичний характер, враховують метод керування верстатом.

- На основі залежностей можна визначити оптимальну величину настроєчних розмірів діаметрів шийок, що оброблюються в люнетах і без них.

Емец М.В., Изюмская Л.Ф. «Влияние температурных деформаций узлов многокруговых станков на точность обработки»

В статье исследован вопрос влияния температурных деформаций узлов многокруговых кругошлифовальных станков на точность обработки деталей. Экспериментально установлены скорости температурных деформаций бабок, шпиндельных опор базовых станков, предложены расчетные схемы, которые позволяют определить оптимальные настроечные размеры обрабатываемых поверхностей. Материалы статьи могут быть использованы для разных технологических настроек.

Ємец М.В., Ізюмська Л.Ф. «Вплив температурних деформацій вузлів багатокругових, верстатів на точність обробки»

В статті досліджено питання впливу температурних деформацій вузлів багатокругових кругошлифовальних верстатів на точність обробки деталей. Експериментально встановлені швидкості температурних деформацій бабок, шпиндельних опор базових верстатів, запропоновані розрахункові схеми, які дозволяють визначити оптимальні настроювальні розміри поверхонь, що обробляються. Матеріали статті можуть бути використані для різних технологічних наладок.

Yemets N.W., Izyumskaja L. F. “The influence of temperature deformation of unit of manywheel cylindrical grinders on accuracy”.

The article is devoted to the investigation of influence of temperature deformation of units of manywheel cylindrical grinders on accuracy. The speed of temperature deformation of front and foot heads, spindle bearings of base models of manywheels grinders were determined experimentally, the calculated schemes were proposed. They permit to determine the setting up dimensions of grinding surfaces. The results of this work can be used for different tool setups.