



Гаврильченко О. В.

Повидайло В. А.

Захаров В. М.

Національний
університет
„Львівська
політехніка”

УДК 621.923.7

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РІЗНОЇ ФОРМИ, ЩО ОБРОБЛЯЮТЬСЯ НА ВІБРОВИКІНЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Рассмотрены современные способы размещения деталей при абразивной обработке. Приведено теоретическое исследование размещения деталей различной геометрической формы, обрабатываемых на вибродоводочных станках с круговыми траекториями колебаний притиров.

The modern methods of placing details in abrasive processing are reviewed. The theoretical studies of placing details of various geometric forms processed on vibration development machine tools with circular trajectories of lap oscillations are reduced in this paper.

У багатьох випадках вимоги до деталей, а особливо з твердих матеріалів, по шорсткості, точності геометричної форми та взаємного розміщення поверхонь, що обробляються, вираховуються десятими та сотими долями мікрометра, тому плоску абразивну притирку вважають єдиним технологічним процесом, здатним це забезпечити. Виникає потреба пошуку новітніх прогресивних методів вікінчувальної обробки плоских поверхонь, які дозволяють створити керований процес притирання при мінімальних затратах, підвищивши продуктивність вікінчувального обладнання, точності та якості обробки.

Одним з перспективних способів абразивної обробки вважається застосування вібровікінчувальної притирки, яка дозволяє забезпечити отримання шорсткості поверхні від 0,04 до 0,02 мкм з відхиленням площинності від 0,1 до 0,01 мкм.

Це спонукало провести теоретичні дослідження у зв'язку з недостатньою глибиною вивчення матеріалів, що застосовуються для доводки та удосконалення технологічних процесів, які розробляються.

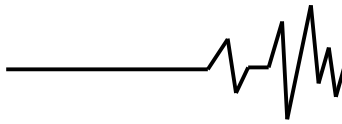
Важливим напрямом є розробка технологій для забезпечення високої точності плоских поверхонь, як деталей, що обробляються, так і притирів вібровікінчувальних верстатів.

Особливістю вібровікінчувальних верстатів з круговими траекторіями коливань притирів є те, що швидкості переміщення всіх точок робочої поверхні є однакові, тому зношування як робочої поверхні притирів, так і деталей, які обробляються може залежати тільки від часу їх контакту.

Враховуючи це, розроблення конструкцій високопродуктивних вібровікінчувальних верстатів, а також методик, які застосовуються для розміщення деталей та забезпечують рівномірне зношування робочої поверхні притирів і деталей становить актуальність, вирішення цих задач дасть можливість суттєво підвищити вихідні параметри процесу доводки.

Висвітленню питань обробки деталей на вібровікінчувальних верстатах присвячені роботи [1-4] вітчизняних та зарубіжних вчених. В них розглядаються питання підвищення точності та ефективності процесу притирання, забезпечення рівномірного зношування робочих поверхонь деталей і притирів та розробка різноманітних сучасних конструкцій і технологічних процесів, які застосовуються при абразивній обробці. Особливу увагу приділяють підтриманню необхідної площинності та рівномірності зношування робочої поверхні вікінчувальних притирів у часі за рахунок:

- правки спеціальними правниками;



- управління формою робочої поверхні притирів в процесі притирання за рахунок програмного руху деталей по поверхні притирів;
 - застосування кінематичної правки, коли вихідна форма робочої поверхні притирів зберігається шляхом правки її деталями, які обробляються.

Останній напрямок вважається найбільш перспективним методом забезпечення параметрів процесу доводки за рахунок керування формою робочої поверхні притирів у процесі притирання та збереження її рівномірного зношування у часі по всій ширині.

Цієї цілі можна досягти, якщо розміщувати деталі, що обробляються згідно праць [1,3] на поверхні притирів, обмеженій кільцевим сектором.

Мета роботи полягає в оптимізації щільного розташування деталей різноманітної геометричної форми на робочій поверхні притирів, розміщених у кільцевому секторі, які обробляються на вібровикінчувальних верстатах з застосуванням кінематичної правки.

У процесі притирання на будь якому вібровикінчувальному верстаті, пропонується деталі, що обробляються, розміщувати таким чином: на кільцевій робочій поверхні притирів двома радіусами обмежують поверхню, що дорівнює загальній площі усіх деталей, що обробляються, як зображено на рис. 1.

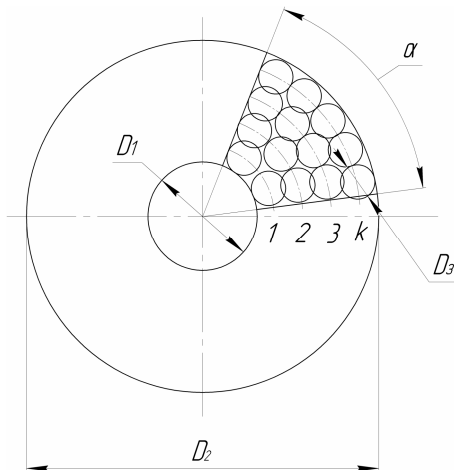


Рис. 1. Розміщення деталей у кільцевому секторі. D_1 – внутрішній діаметр притира, D_2 – зовнішній діаметр притира, D_3 – діаметр деталей, що обробляються, α – кут кільцевого сектора

Величину площі S вираховують виходячи з заданого питомого тиску p та зусилля притискання F при притиранні:

$$S = \frac{F}{p}, \quad (1)$$

де S – загальна площа деталей, F – зусилля тиску на деталі при притиранні, p – рекомендований питомий тиск для матеріалу деталей.

Цю саму площу S можна вирахувати за допомогою формули площі довільного кільцевого сектора:

$$S = \frac{\pi \cdot \alpha}{360} \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{4} \right), \quad (2)$$

де D_1 – внутрішній діаметр притира, D_2 – зовнішній діаметр притира, D_3 – діаметр деталей, що обробляються, α – кут кільцевого сектора.

Порівнюючи обидва вирази площі S вираховуємо кут α кільцевого сектора в якому необхідно розміщувати деталі, що обробляються:

$$\alpha = \frac{F \cdot 360 \cdot 4}{p \cdot \pi (D_2^2 - D_1^2)}. \quad (3)$$

Тепер в утворену фігуру кільцевого сектора на робочій поверхні притирів щільно розміщують деталі, що обробляються, фіксують величини радіусів центрів їх розміщення.

Після чого деталі, що обробляються, рівномірно розподіляють по робочій поверхні притирів, не змінюючи величин радіусів розміщення їх центрів [3].

Згідно відомої методики [4] зношування у будь якій точці контакту вираховується за виразом:

$$U = K \cdot P \cdot L, \quad (4)$$

де K – технологічний коефіцієнт, P – питомий тиск у будь якій точці, L – шлях який пройде ця точка:

$$L = v \cdot t, \quad (5)$$

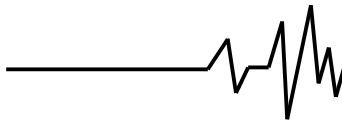
де v – швидкість руху цієї точки, t – час руху цієї точки.

Таким чином зношування U у будь якій точці контакту вираховуємо за формулою:

$$U_j = K_j \cdot P_j \cdot v_j \cdot t_j, \quad (6)$$

$$t_j = \frac{l_j}{L_j} \cdot T \cdot n, \quad (7)$$

де T – час одного оберту водила, n – кількість обертів водила, l_j – довжина ділянки, яку займає деталь, L_j – довжина дуги, на якій розміщена деталь.



Відношення $\frac{l_j}{L_j} = C_j$ назовемо

коефіцієнтом розміщення.

$$V_j = 2 \cdot \pi \cdot f_j \cdot \frac{A_j}{2} = \pi \cdot f_j \cdot A_j, \quad (8)$$

де A_j – амплітуда коливання будь якої точки, f_j – частота коливання будь якої точки.

Таким чином зношення у будь якій точці буде мати наступний вигляд:

$$U_j = K \cdot P_j \cdot C_j \cdot \pi \cdot f_j \cdot A_j \cdot T \cdot n. \quad (9)$$

Якщо величини K, P_j, f_j, A_j, T, n будуть незмінні, то зношення U у будь якій точці буде залежати тільки від коефіцієнта C_j , який характеризує розміщення деталей, що обробляються, в кільцевому секторі на робочій поверхні притирів вібровикінчувальних верстатів.

Враховуючи це, розглянемо методику визначення залежності кількості деталей різної геометричної форми, від площі довільного кільцевого сектора. Площу довільного кільцевого сектора $S_{сек}$ зображеного на рис. 1 вираховуємо за формулою (2).

Деталі, що обробляються на вібровикінчувальних верстатах у переважно бувають круглої, прямокутної, трикутної та інакшої геометричної форми.

Для того щоб у процесі притирання виконувалася умова [3] формули (10):

$$\frac{L}{l} = \frac{R}{r} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (10)$$

потрібно щоб у площі обмеженій кільцевим сектором на робочій поверхні притира розміщувалось ціла кількість n деталей, що обробляються. Кількість деталей вираховуємо таким чином:

$$n_{кр} = \frac{S_{сек}}{S_{кр}}, \quad (11)$$

$$n_{пр} = \frac{S_{сек}}{S_{пр}}, \quad (12)$$

де $n_{кр}$ – кількість круглих деталей, $n_{пр}$ – кількість прямокутних деталей, $S_{кр}$ – площа круглих деталей, $S_{пр}$ – площа прямокутних деталей.

Підставивши у формули (11) та (12) вирази площ $S_{сек}, S_{кр}, S_{пр}$ визначимо що:

$$n_{кр} = \frac{\alpha \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{360 \cdot D_3^2}, \quad (13)$$

де D_3 – зовнішній діаметр деталей;

$$n_{пр} = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{1440 \cdot a \cdot b}. \quad (14)$$

де a – довжина деталі, b – ширина деталі.

Таким чином вираховуємо загальну кількість деталей, які потрібно розмістити в водилі, для того щоб площа, утворюваного кільцевого сектора на робочій поверхні притира і загальна площа деталей, що обробляються, були рівні. Вираховану кількість $n_{кр}$ та $n_{пр}$ заокруглюють до цілого числа.

Наступним кроком буде визначення рядності розміщення деталей, що обробляються та їх кількості у рядах.

Кількість рядів k розміщення деталей різноманітної геометричної форми вираховуємо згідно виразів:

$$k_{кр} = \frac{(D_2 - D_1)}{2 \cdot D_3}, \quad (15)$$

$$k_{пр} = \frac{(D_2 - D_1)}{2 \cdot a} \text{ або}$$

$$k_{пр} = \frac{(D_2 - D_1)}{2 \cdot b}. \quad (16)$$

Будемо вважати, кількість рядів $k_{кр}, k_{пр}$ ціле число, тому отриманий результат заокруглюємо до цілого числа. Для прямокутних деталей $k_{пр}$ вибираємо в залежності від їх орієнтації по стороні a або b . Визначивши кількість деталей n , що обробляються, рядів k їх розміщення вираховуємо число деталей у ряді. При цьому виконуємо умову [3] формули (10) та приймаємо, що у першому ряді їх нехай буде m .

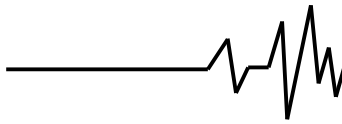
$$\begin{aligned} 1 \text{ ряд} & m \\ 2 \text{ ряд} & m \cdot \frac{R_2}{R_1} \\ 3 \text{ ряд} & m \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_3}{R_2} = m \cdot \frac{R_3}{R_1} \\ k_j \text{ ряд} & m \cdot \frac{R_{k-1}}{R_1} \cdot \frac{R_k}{R_{k-1}} = m \cdot \frac{R_k}{R_1} \end{aligned} \quad (17)$$

$$n_{кр} \text{ або } n_{пр} = \sum_{j=1}^k m \cdot \frac{R_k}{R_1}, \quad (18)$$

де R_1 – радіус центра розміщення першого ряду деталей, R_k – радіус центра розміщення останнього ряду деталей.

Вираховуємо кількість деталей m у першому ряді з формули (18) та знаходимо кількість деталей у кожному ряді. Отримавши числове значення кількості деталей m_j у всіх рядах заокруглюємо їх до цілого числа, але загальна кількість деталей не повинна бути більшою за вираховане число деталей по формулам (13) та (14).

Щільно розміщуємо круглі або прямокутні деталі, в площі фігури кільцевого сектора, так



щоб вони повністю займали форму цієї площі, на робочій поверхні притирів. На практиці виконати це неможливо з появою порожнин як між деталями, так і на краях притирів. Внаслідок цього деталі, що обробляються, розміщують з коефіцієнтом перекриття q у відцентровому напрямку притирів. Коефіцієнт перекриття q приймаємо від 0 до 25% від розмірів деталей. Оскільки, якщо коефіцієнт q буде більше 25%, то деталі будуть повністю перекривати одна другу, наслідком буде нерівномірне зношення робочої поверхні як деталей, так і притирів. Тому деталі розміщуємо в кільцевому секторі з деяким перекриттям у відцентровому напрямку, а на внутрішньому та зовнішньому діаметрах притирів встановлюємо компенсатори, як зображено на рис. 2.

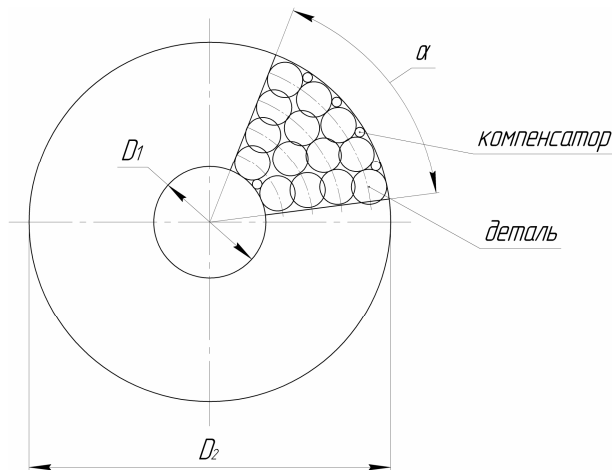


Рис. 2. Розміщення у кільцевому секторі деталей разом з компенсаторами

Компенсатор являє собою деталь з того ж самого матеріалу, як і деталі, що обробляються, але менших розмірів та різноманітної геометричної форми.

Вираховуємо площу, яку займають компенсатори у кільцевому секторі та їх розміри.

Загальна площа деталей, що обробляються S_n дорівнює:

$$S_n = S \cdot n, \quad (19)$$

де S – площа однієї деталі, n – кількість деталей.

Якщо деталі встановлені з перекриттям q , то ця площа дорівнює:

$$S_{n,пер} = S \cdot n \cdot q. \quad (20)$$

Тепер загальна площа компенсаторів вираховується таким чином:

$$S_{n,заг} = S \cdot n - S \cdot n \cdot q = S \cdot n \cdot (1 - q). \quad (21)$$

Площа, яку займають компенсатори $S_{n,ком}$ по внутрішньому та зовнішньому радіусах кільцевого сектора дорівнює:

$$S_{n,ком} = S_{сек} - S_{n,заг} = \frac{\pi \cdot \alpha}{360} \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{4} \right) - S \cdot n \cdot (1 - q). \quad (22)$$

Цю площу можна вирахувати іншим методом:

$$S_{n,ком} = S_{ком} \cdot n_k, \quad (23)$$

де $S_{ком}$ – площа одного компенсатора, n_k – кількість компенсаторів.

Порівнюючи вирази (24) та (25) виведемо площу одного компенсатора $S_{ком}$ з тотожності:

$$S_{ком} = \frac{\frac{\pi \cdot \alpha}{360} \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{4} \right) - S \cdot n \cdot (1 - q)}{n_k}. \quad (24)$$

Враховуючи те, що деталі, які будуть використовуватись компенсаторами можуть бути різні, виразимо їх площу в залежності від їх геометричної форми та обчислюємо загальну кількість n_k компенсаторів за формулою (18). Обравши форму компенсатора підставляємо вираз його площі у формулу (24) та обраховуємо параметри компенсатора.

Круг
$$S = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}$$

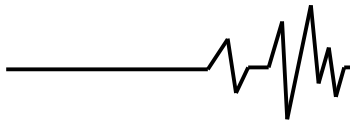
$$d_k = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot \alpha \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{360} - 4 \cdot S \cdot n \cdot (1 - q)}{\pi \cdot n_k}} \quad (25)$$

Півкруг
$$S = \frac{\pi \cdot d_k^2}{8}$$

$$d_k = \sqrt{\frac{\frac{2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{360} - 8 \cdot S \cdot n \cdot (1 - q)}{\pi \cdot n_k}} \quad (26)$$

Чверть круга
$$S = \frac{\pi \cdot d_k^2}{16}$$

$$d_k = \sqrt{\frac{\frac{4 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{360} - 16 \cdot S \cdot n \cdot (1 - q)}{\pi \cdot n_k}} \quad (27)$$



Прямо-
кутник $S = a \cdot b$

$$a = \frac{\frac{\pi \cdot \alpha}{360} \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{4} \right) - S \cdot n \cdot (1 - q)}{n_k \cdot b} \quad (28)$$

Квадрат $S = a^2$

$$a = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot \alpha}{360} \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{4} \right) - S \cdot n \cdot (1 - q)}{n_k}} \quad (29)$$

Три-
кутник $S = \frac{a_k^2 \cdot \sqrt{3}}{4}$

$$a = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot \alpha}{360} \cdot (D_2^2 - D_1^2) - 4 \cdot S \cdot n \cdot (1 - q)}{n_k \cdot \sqrt{3}}} \quad (30)$$

Для оптимізації технологічного процесу притирки на вібровикінчувальних верстатах та забезпечення рівномірного зношування як деталей, які обробляються, так і притирів,

необхідно щільно розміщувати деталі в площі кільцевого сектора. Коефіцієнт перекриття однієї деталі іншою у відцентровому напрямку для круглих деталей має бути не більше 25 %.

Для суттєвого підвищення вихідних параметрів процесу вібропритирки, необхідно розміщувати компенсатори на периферійних ділянках притирів згідно запропонованої методики.

Література

1. Третько В.В. Оптимизация технических процессов виброционной доводки. // "Вібрації в техніці та технології" - № 2 - 2005, С. 100-103.

2. Повидайло В.А., Сорочак О.З. Пути повышения точности плоскопараллельной обработки деталей на вибродоводочных станках. // "Вибрации в технике и технологиях" - № 1(3) - 1986, С. 17-20.

3. А.с. № 1759609 СССР. Способ доводки деталей. В.А. Повидайло, В.Н. Захаров, В.Ф. Завадская. И.-№ 33,-1992.

4. Технологическое обеспечение качества деталей методом доводки./П.Н. Орлов, А.А. Савелова, В.А. Полухин, Ю.И. Нестеров; Под. ред. Г.М. Ипполитова. - М.: Машиностроение, 1978, С.131-134.