

фрезами // *Машинознавство*. 1998. № 7. С.19-24. 3. Грицай І.Є., Ситнік В.В. Силове поле черв'ячної зуборізної фрези та його кількісна оцінка // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1999. № 371. С.3-11. 4. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. М., 1972.

УДК 621.787

Литвиняк Я., Литвиняк Г.

ДУ "Львівська політехніка", кафедра "Технологія машинобудування"

## **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

© Литвиняк Я., Литвиняк Г., 2000

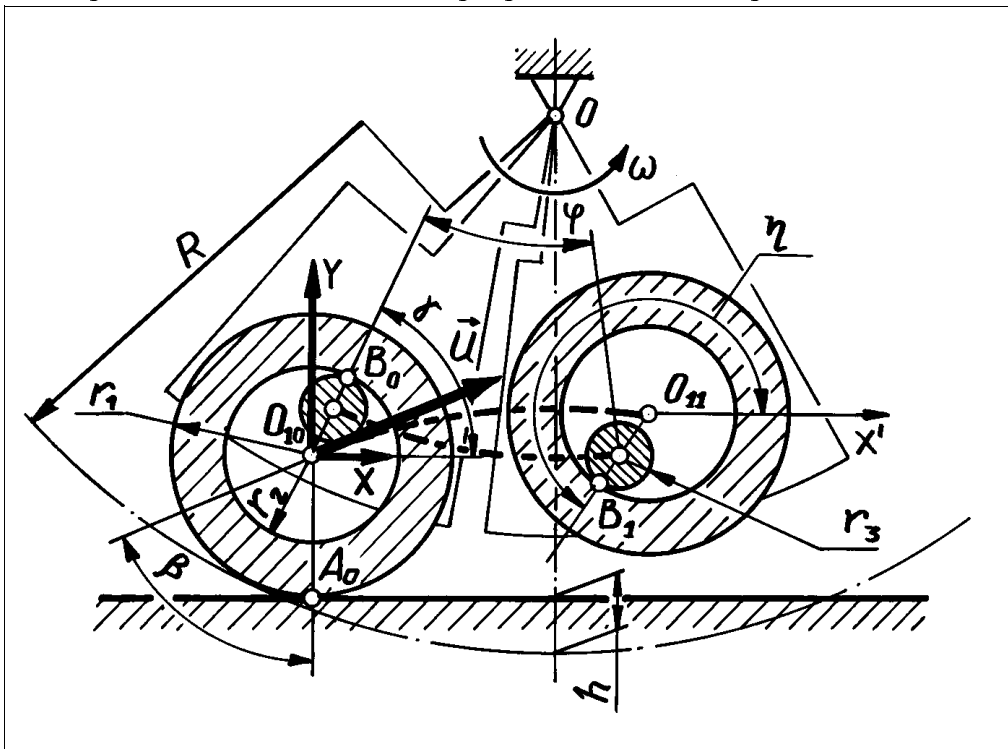
**Дослідження кінематики взаємодії ударних елементів з установчими пальцями інструментів динамічного зміцнення деталей дозволило запропонувати шляхи забезпечення відповідної довговічності інструментів за рахунок зменшення напружень удару на ділянках контакту робочих елементів.**

**The research of cinematic of interaction of shock units with customizing fingers of instruments of dynamic hardening has allowed to offer paths of security of required longevity of instruments at the expense of decrease of efforts(voltages) of impact on sites of contact of working units.**

Необхідні високі експлуатаційні показники деталей машин здебільшого можна забезпечити методами поверхневого пластичного деформування (ППД), а саме динамічними методами. Практична реалізація останніх достатньо ефективно здійснюється за допомогою обертових, ротаційних інструментів динамічного зміцнення (ІДЗ), в яких застосовують ударні елементи (УДЕ) змонтовані з великим зазором (3...15 мм) по чергово по колу та вздовж вісі ІДЗ на установчих пальцях (УП), вісі яких паралельні до осі обертання ІДЗ. УДЕ за зовнішнім виглядом нагадують шарошки, зовнішня циліндрична робоча поверхня радіусом  $r_1$  може бути виконана гладкою двояко випуклою (тороподібною), зубчастою тощо [1]. Встановлені щодо поверхні оброблюваної деталі з певним зближенням (натягом  $h$ ) ІДЗ під час обертання навколо своєї осі забезпечують нанесення УДЕ по чергових ударів своїми зовнішніми поверхнями радіусом  $r_1$  по оброблюваній поверхні, пластично її деформуючи. Після цього, УДЕ відбиваються від поверхні деталі і вдаряють по УП, на яких є встановлені. Контактна взаємодія внутрішньої циліндричної поверхні отвору УДЕ радіусом  $r_2$  з випуклою циліндричною поверхнею УП радіусом  $r_3$  спричинює виникнення в зоні точкового контакту значних динамічних напружень, які сприяють передчасному руйнуванню УДЕ та зношуванню УП. Руйнування УДЕ відбувається внаслідок поширення тріщин, що утворюються або в місцях напливів від розклепування отвору або на ділянках контактано-втомного викрешування. Тривала робота ІДЗ на постійних режимах супроводжується утворенням лише на одній ділянці циліндричної поверхні УП сегментних заглиблень від постійного контактування з отворами відповідних УДЕ. Згадані заглиблення зменшують площу поперечного перетину УП, а також становлять основну причину їх втомного руйнування.

Наведений якісний аналіз дає змогу встановити один з шляхів підвищення довговічності ІДЗ, а саме зменшити значення напружень під час повторного ударного контактування УДЕ з УП за рахунок збільшення площі контакту між циліндричними поверхнями цих деталей.

Збільшення площі контакту циліндричних поверхонь УП та отвору УДЕ можливе тільки за рахунок виконання циліндричного УП з радіусом  $r_3$ , який дорівнює радіусу отвору УДЕ, –  $r_2$ , тобто отримати в цьому випадку контакт випуклого та ввігнутого циліндрів одного радіуса [2]. Однак між УП та отвором УДЕ необхідно забезпечити відповідний функціональний зазор, тому умова щодо рівності радіусів  $r_3$  та  $r_2$  виконається лише тоді, коли виконати УП гранним, причому грані повинні бути випуклими і мати радіус, який дорівнює радіусу отвору УДЕ. Перспективність такого шляху підтверджується розрахунково. Наприклад, якщо радіуси ввігнутого та випуклого циліндрів дорівнюють відповідно  $r_2 = 24$  мм,  $r_3 = 16$  мм для сталевих УП та УДЕ, які початково контактують по прямій з питомим зусиллям притискання  $P_0 = 100$  Н/м, тоді під час пружного контакту згаданих циліндрів розрахунковий найбільший контактний тиск становить  $p_{\max 0} = 17494$  Па, а під час контактування за вказаних умов тригранного УП, радіус циліндричних поверхонь граней якого дорівнює  $r_2 = r_3 = 24$  мм, найбільший розрахунковий контактний тиск становить  $p_{\max 3} = 1008$  Па, а для чотиригранного пальця –  $p_{\max 4} = 1059$  Па.



Встановлена грань УП для забезпечення контакту з отвором УДЕ.

Практична реалізація можлива тоді, коли певна грань УП буде встановлена (зорієнтована) в корпусі ІДЗ так, щоб гарантовано забезпечити саме її контакт з отвором УДЕ після його відбивання від оброблюваної поверхні. Сформульовану задачу (див. рисунок) розв'язували за допомогою системи параметричних рівнянь, які описують рух кола радіусом  $r_2$  (отвір УДЕ, рівняння (1)) та кола радіусом  $r_3$  (початковий радіус УП)

$$\begin{cases} x = U \cdot t \cdot \sin\beta_2 + r_2 \cdot \cos\eta \\ y = U \cdot t \cdot \cos\beta_2 - 0,5 \cdot g \cdot t^2 + r_2 \cdot \sin\eta \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x = R_3 \cdot \cos\gamma - R_3 \cdot \cos(\gamma + \omega \cdot t) - r_3 \cdot \cos\eta \\ y = R_3 \cdot \sin\gamma - R_3 \cdot \sin(\gamma + \omega \cdot t) - r_3 \cdot \sin\eta \end{cases}, \quad (2)$$

де  $\beta_2$  – кут відбивання УДЕ;  $g$  – прискорення земного тяжіння;  $U$  – швидкість руху УДЕ після взаємодії з оброблюваною поверхнею;  $\eta$  – кут, що визначає положення точки контакту циліндричних поверхонь УП та отвору УДЕ (положення центра грані гранного пальця);  $\gamma$  – кут початкового контакту циліндричних поверхонь УП та отвору УДЕ;  $t$  – час, протягом якого здійснюється відносне переміщення елементів ІДЗ;  $\omega$  – кутова швидкість ІДЗ.

Після відповідних перетворень отримуємо трансцендентні рівняння для визначення шуканих параметрів контакту поверхонь отвору УДЕ та УП

$$t = \frac{1}{U \cdot \cos\beta_2} \left\{ \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + \theta_1 - \sqrt{(r_2 + r_3)^2 - (\theta_2 - U \cdot t \cdot \sin\beta_2)^2} \right\}$$

$$\eta = \text{Arctg} \left[ \frac{\theta_1 + 0,5 \cdot g \cdot t^2 - U \cdot t \cdot \cos\beta_2}{\theta_2 - U \cdot t \cdot \sin\beta_2} \right], \quad (3)$$

де  $R_3$ ,  $\theta_1$  та  $\theta_2$  – геометричні параметри ІДЗ, які визначаються за залежностями

$$R_3 = R - r_1 - r_2 + r_3; \quad \theta_1 = R_3 (\sin\gamma - \sin(\gamma - \omega \cdot t)); \quad \theta_2 = R_3 (\cos\gamma - \cos(\gamma - \omega \cdot t)),$$

де  $R$  – радіус робочої поверхні ІДЗ.

Значення  $\beta_2$ ,  $\gamma$  та  $U$  визначають за допомогою виразів

$$\beta_2 = \text{Arctg} \left[ \frac{1}{\cos\gamma} \left( 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{\chi}{k_1} \cdot \frac{N_m^2 - N_s^2}{N_m^{5/3}} \right) \cdot \left( \sin\gamma \pm \frac{V_s}{\omega \cdot (R - r_1)} \right) \right];$$

$$\gamma = \text{Arc sin} \left( 1 - \frac{h}{R - r_1} \right); \quad U = \frac{2 \cdot N_m^{5/6}}{\sqrt{5} \cdot \cos\beta_2} \cdot \sqrt{\frac{k_1}{m}},$$

де  $N_m$  – максимальне контактне зусилля удару, що виникає протягом пружнопластичної взаємодії УДЕ з оброблюваною поверхнею;  $N_s$  – контактне зусилля, яке відповідає початку виникнення пластичної деформації;  $\chi$  та  $k_1$  – коефіцієнти, які враховують геометричні параметри контактуючих ділянок УДЕ та оброблюваної деталі, а також відповідно пластичні та пружні властивості їх матеріалів;  $m$  – маса окремого УДЕ.

Перераховані параметри пружнопластичної динамічної взаємодії УДЕ з поверхнею оброблюваної деталі можна визначити з використанням залежностей з роботи [3].

Вираз (3) дає змогу встановити таке розташування гранного УП, яке дозволить зорієнтувати відповідну випуклу грань УП в корпусі ІДЗ так, що гарантовано буде забезпечуватись контакт з відповідною гранню УП поверхні отвору УДЕ після відбивання останнього від оброблюваної поверхні, за умови, що обробка повинна проводитись з встановленими попередньо режимами. Рівність радіусів кривизни грані УП та отвору УДЕ забезпечує підвищення довговічності, як окремих робочих елементів, так і ІДЗ в цілому, що є доцільним під час практичної реалізації поверхневого оброблення деталей.

1. А.с.1147346 (СССР) Цилиндрическая щетка / Е.В. Перепичка, Я.М. Литвиняк, И.И. Василенко Отубл. 1985, БИ 12. 2. Панасюк В.В., Теплий М.І. Деякі контактні задачі теорії пружності. К., 1975. 3. Литвиняк Я.М. Динамічна взаємодія тороподібного індентора з пружнопластичним на півпростором // *Машинознавство*, 1998. № 7. С. 10 - 12.

УДК621.385.

Стоцько З.А., Марець Т.В.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра “Напівпровідникове і електровакуумне машинобудування”

## МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ

© Стоцько З.А., Марець Т.В., 2000

Розглянуто спосіб і метод автоматизованого техпроцесу нанесення покриттів на поверхні складної форми. Подано математичну модель формування багатокуюльового покриття. Наведені рекомендації щодо різновтовщинності покриття.

The mode and method of drawing, automated to a process engineering, of coverings on a surface of the complicated form is considered. The mathematical model of shaping a lot of spherical covering is submitted. The recommendations concerning uniform of a covering are sent.

Під час нанесення покриттів на вироби складної форми (циліндричні спіралі підігрівника) робочі рухи виробу і рух подачі розпилювача ускладнюються, оскільки необхідно узгодження рухів розпилювача і підігрівника з врахуванням характеру розподілу маси покриття від центра струменю розпилювача і довжини підігрівника, а також забезпечення комбінацій рухів розпилювача і підігрівника для нанесення рівномірного по товщині покриття по зовнішній, внутрішній і міжвиткових поверхнях підігрівників.

Розглянемо розподіл покриття по зовнішній поверхні витка спіралі підігрівника для обраної схеми напилювання формування одного шару покриття здійснюється накладенням чотирьох слідів струменю аерозолі (за чотири проходи розпилювача) (рис. 1).

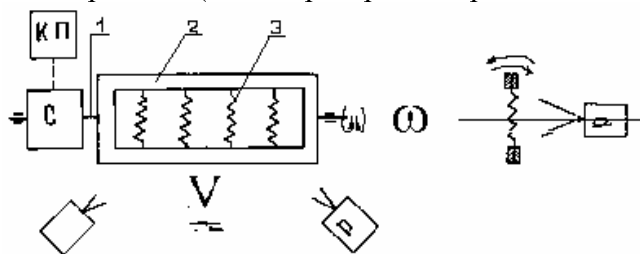


Рис.1. Схема нанесення покриття на циліндричні спіралі: Р – розпилювач; КП – контрольний пристрій; С – свідок; 1 – шпиндель; 2 – касета; 3 – підігрівач.

Касету 2 з попередньо завантаженими підігрівачами 3 і свідком С встановлюють у шпинделі 1. Контрольним пристроєм КП встановлюють задану товщину покриття. Приводом включають обертовий рух касети  $\omega$  і поступальний рух  $V$  каретки з