

Моделюванням засобами MathCad побудовані графіки зміни наведених режимів різання при обробці поверхні гребеня й поверхні кочення залізничного колеса за ДСТУ ГОСТ 10761:2016.

Як видно на опуклих ділянках обробки гребеня при постійній швидкості обходу контура наведена подача істотно зменшуються, однак ще більш суттєво зменшуються наведена глибина різання відносно режимів різання прямолінійного точіння. При обробці жолобника, де при незмінній глибині різання значно збільшується довжина контакту деталі з різцем, наведена глибина різання різко й суттєво зростає якщо продовжувати обхід контуру одним різцем. Для запобігання такого зростання в районі жолобника закінчується обробка профілю двома бічними супортами, що рухаються назустріч один одному [5], при цьому наведена глибина різання не перевищує глибини різання прямолінійного точіння.

Режими різання не залишаються сталими не тільки в залежності від координати обробки  $x$ , але й міняються в часі у зв'язку з викривленням форми заготовки колеса після прокатки на колесопрокатному стані [6].

#### Список посилань

1. Погребняк, Р.П. Технологическая нагрузка и точность формообразования фасонной поверхности железнодорожного колеса фасонным резцом [Текст]/ Р.П. Погребняк // СТИН (Станки инструмент), М., 2012. – № 1. – С. 29-34.
2. ДСТУ ГОСТ 10761:2016. Колеса суцільнокатані. Технічні умови : чинний з 2016-09-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. – 15 с.
3. Pogrebnyak, R. Load and shaping precision of a complex railroad-wheel surface [Текст] / R. Pogrebnyak // Russian engineering research. Allerton Press, Inc., New York. - 2012. Т. 32. - №4. pp.407-411. doi:10.3103/S1068798X12040211.
4. Погребняк, Р.П. Пружна нелінійна динаміка руху супорта карусельного верстата для обробки суцільнокатаних залізничних коліс [Текст] / Р.П. Погребняк // Наука та прогрес транспорту. – 2017. - № 4 (70). – с.98-105. doi.org/10.15802/stp2017/109606
5. Іващенко В.П., Погребняк, Р.П. Технологічні процеси механічної обробки залізничних коліс[Текст] / В. П. Іващенко, Р.П.Погребняк // Теорія и практика металургії, Дніпропетровськ, 2011. – № 3-4 (82-83). – С.6 –11.
6. Погребняк, Р.П. Форма прокатоної заготовки залізничного колеса [Текст] / Р.П.Погребняк // Теорія и практика металургії, Дніпропетровськ, 2011. – № 1-2. – С.113 –117.

УДК 621.833

**Погребняк Р.П., канд. техн. наук., доцент**

Національна металургійна академія України, м. Дніпро, pogrebnyakk@ukr.net

**Погребняк М. Р., студент**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро

#### НАДЛИШКОВІ ЗВ'ЯЗКИ У СХЕМІ КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО МЕХАНІЗМУ ЗАХОПЛЮВАЧА

Добре відомі переваги будь-яких механізмів без надлишкових зв'язків (повторювальних зв'язків) [1, 2], тому доцільно проектування самовстановлених стрижньових механізмів, у тому числі й захоплюючих пристроїв.

Робочий орган промислового робота, що призначений для захоплення й утримання об'єкта маніпулювання, називають захоплювальним (захоплювачем, захватом) пристроєм. Механізми захватів роботів і маніпуляторів є окремими пристроями зазвичай з індивідуальним приводом [3, 4, 5]. Побудований на основі спареного паралелограмного кривошипно-повзунного механізму стрижньовий механізм захвату (рис. 1, а) має десять ланок і ведучий повзун 1, який впливає на шатуни 2 і 6, що з'єднані коромислами 3 і 7 зі

станиною 0. На продовженні шатунів шарнірно закріплені ланки 4 й 8, що містять затискні елементи захвату. Додані діади 4–5 та 8–9 утворюють паралелограм і забезпечують плоско-паралельний рух затискних елементів захвату.

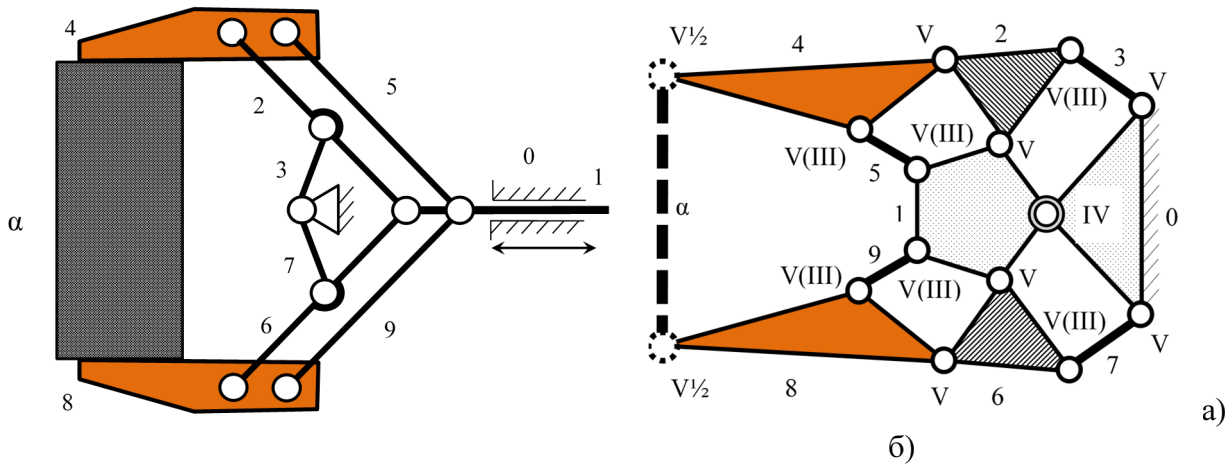


Рис. 1 – Кінематична(а) і структурна схема(б) кривошипно-повзунного механізму захвату

Пошук надлишкових зв'язків виконаний засобами теорії механізмів і машин за допомогою універсальної структурної теорії Озолса для аналізу механізму захвату як механізму із внутрішніми і зовнішніми зв'язками. Механізми захватів мають змінну структуру з різними основними параметрами схем, тому їх аналіз проводять двічі: до та після затиску об'єкта затискними елементами захвату, під час якого накладаються зовнішні зв'язки, серед них є і односторонні неутримуючі [6, 7].

*Зовнішнє тіло(об'єкт)  $\alpha$  не затиснуто.* Зовнішній контур 1-5-4- $\alpha$ -8-9 не утворений. У такій структурній схемі механізму (рис. 2, а) є дев'ять рухомих ланок, тринадцять з'єднань і чотири контури. Основні внутрішні структурні параметри кінематичного ланцюга: рухомість механізму  $W=1$ , число ланок  $n=10$ , число з'єднань  $p=13$ , загальне число рухливостей усіх з'єднань  $f=12 \cdot 1 + 1 \cdot 2 = 14$ , число контурів  $k=4$ . Загальне число надлишкових зв'язків знайдемо за формулою Озолса [1]

$$\sigma = W + 6k - f, \quad (1)$$

$\sigma = 1 + 6 \cdot 4 - 14 = 11$ . У симетричних чотирьох контурах утворюються по три надлишкових зв'язка. Загальна для обох контурів оберտальна рухомість самовстановлення ведучого повзуна, що використовується при збиранні в одному контурі (наприклад, 0-1-2-3) і зменшує кількість надлишкових зв'язків, вже не може бути використана для самовстановлення в іншому (0-1-6-7). Тому в одному контурі (0-1-2-3) утворюються два ПЗ, а в іншому (0-1-6-7) – три. У контурах паралелограмів 1-2-4-5 і 1-6-8-9 можлива непаралельність осей шарнірів може створити вигин і скручування шатунів, і ці деформації будуть викликані дією надлишкових зв'язків, а не дією зовнішньої сили.

*Зовнішнє тіло  $\alpha$  затиснуто.* Тепер накладені зовнішні зв'язки і структура механізму змінилася. Механізми захватів завжди мають зовнішні зв'язки, то згідно універсальній структурній теорії розглядати їх потрібно з двох позицій. По-перше, в ізоляції від зовнішніх тіл, з якими він має зовнішні зв'язки (ізолювано від об'єкта маніпулювання); число ступенів свободи при усунених зовнішніх зв'язках називають фактичною рухомістю механізму ( $W_{\phi}$ ). По-друге, в робочому стані, коли діють зовнішні зв'язки (об'єкт затиснутий); рухомість при діючих зовнішніх зв'язках – робоча рухомість механізму ( $W_p$ ).  $W_{\phi}$  менша за  $W_p$  на кількість накладених зовнішніх зв'язків. Перший випадок відповідає стану механізму вільного від об'єкта маніпулювання, другий – стану механізму, коли об'єкт затиснутий. Оскільки тепер механізм має зовнішні зв'язки, то для

подальшого аналізу доцільно використовувати зовнішню структурну формулу, яка дозволяє встановити у такому механізмі кількість зовнішніх надлишкових зв'язків:

$$\sigma_a = S_a - (W_\phi - W_p) - W_a, \quad (2)$$

де  $S_a$  – число зовнішніх зв'язків,

$W_a$  – число втрачених рухомостей зовнішніх тіл від дії зовнішніх зв'язків.

Після затиску деталі  $\alpha$  в схемі утворюється ще один контур 1-5-4-  $\alpha$  -8-9, а механізм і зовнішнє тіло повністю втрачають рухомість  $W_p = 0$ . При плоских затискних елементах та достатнього тертя між ними і об'єктом захвату останній не може рухатися відносно механізму, тому вважаємо, що у зовнішніх парах 4- $\alpha$  і  $\alpha$ -8 за цих умов утворюються нерухомі з'єднання VI класу. Зовнішні з'єднання стають здатними передати силу і здійснювати всі голономні фрикційні зв'язки тільки тоді, якщо обидві ланки 8 і 4 затискають об'єкт. Кількість зовнішніх надлишкових зв'язків за залежністю (2):  $\sigma_a = 12 - (1 - 0) - 6 = 5$ , з них три утворюються під час накладання фрикційних голономних зв'язків, двічі обмежують передачу моменту і передачу сил. Кінематично було б достатньо, щоб зазначені фрикційні зв'язки накладав один затискний елемент захвата. Решта два з виявлених зовнішніх надлишкових зв'язків вимагають суворого дотримання паралельності поверхонь затискних елементів захвата і бічних поверхонь деталі в двох взаємно перпендикулярних площинах.

#### Список посилань

1. Озол, О. Г. Основы конструирования и расчета механизмов [Текст] / О. Г. Озол. – Рига : Звайгзне, 1979. – 360 с.
2. Reshetov, L. Self-Aligning Mechanisms : Reference book [Текст] / Transl. from Russian by L. Sachs. Moscow : Mir, 1986. 528 p.
3. Боренштейн, Ю. П. Исполнительные механизмы захватывающих устройств [Текст] / Ю. П. Боренштейн. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 302 с.
4. Robot grippers / Gareth J. Monkman, Stefan Hesse, Ralf Steinmann, Henrik Schunk. – Weinheim : Wiley-VCH; 2007. – 463 p. doi: 10.1002/9783527610280
5. Belfiore, N. P. An atlas of linkage-type robotic grippers [Текст] / N. P. Belfiore, E. Pennestri // Mechanism and Machine Theory. – 1997. – Vol. 32. – Iss. 7. – P. 811–833.
6. Pogrebnyak, R. P. Structural analysis and rational design parallelogram arm gripping device [Текст] / R. P. Pogrebnyak // Теорія і практика металургії. – 2015. – № 1-2. – С. 123–125.
7. Погребняк, Р. П. Пошук та усунення надлишкових зв'язків у захоплюючих пристроях (захоплювачах) механізмів маніпуляторів [Текст] / Р. П. Погребняк // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. – № 7 (296). – С. 91–95.

УДК 621.923

**Шелковий О.М., докт. техн. наук, професор**

**Стрельчук Р.М., канд. техн. наук**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

alnikshelk@gmail.com

### ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ШЛІФУВАННЯ ЗІ ЗМІННОЮ ПОЛЯРНІСТЮ ЕЛЕКТРОДІВ

Особливість технології електроерозійного шліфування зі змінною полярністю електродів полягає в тому, що робочий зазор між струмопровідними поверхнями – інструмента і заготовки залишається в процесі обробки практично постійним [1]. І це закономірно щодо періодично змінної полярності електродів. Так, при зворотній полярності електродів стабільність зазору забезпечується кінематикою устаткування. Продукти, що утворюються ж миттєво, електроерозією у вигляді наросту утворень на оброблюваній поверхні заготовки-катоді, відразу ж знімаються зернами і викидаються