

ПРИВІД КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ З ДВОПОТОЧНОЮ ЧЕРВ'ЯЧНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ТА ВИБІР ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

Ефективність роботи круглов'язальних машин залежить від досконалості їх механізмів, зокрема привода. Надійність та довговічність роботи привода і круглов'язальної машини в цілому залежить від навантажень вузлів та передач привода. Оскільки більшість існуючих приводів в'язальних машин не дозволяє розподілити потужність, що передається механізми в'язання, запропоновано використувувати в складі привода двопоточну механічну передачу. В результаті виконаних досліджень розроблено нову конструкцію привода круглов'язальної машини з двопоточною черв'ячною передачею і обгінною муфтою та метод вибору його параметрів. Встановлено, що запропонований привід працездатний, надійний та ефективний в роботі. Використання такого привода у складі круглов'язальної машини дозволяє підвищити надійність та довговічність роботи як самої машини, так і якість трикотажного полотна. Результати досліджень можуть бути використані при розробці нових моделей круглов'язальних машин.

Ключові слова: круглов'язальна машина, голковий циліндр, привід круглов'язальної машини, двопоточна черв'ячна передача, обгінна муфта.

М.М. RUBANKA

Kyiv National University of Technologies and Design

DRIVE OF A CIRCULAR KNITTING MACHINE WITH TWO-FLOW WORM GEAR AND SELECTION OF ITS PARAMETERS

The efficiency of the work of circular knitting machines depends on the perfection of their mechanisms, especially drive. Reliability and durability of the drive and circular knitting machine in all depends on the load of parts and gear drive. Since most existing drives of the knitting machines do not allow to distribute the power, transmitted to the knitting mechanisms, it is proposed to use two-flow mechanical gear as a part of the drive. As a result of the researches, it was developed the new construction of the drive of the circular knitting machine with two-flow worm gear and free-wheeling clutch, as well as was determined the method of selection of its parameters. It was found that the proposed drive was usable, reliable and effective in operation. The use of such drive as a part of circular knitting machine allows increasing the reliability and durability of the machine, as well as the quality of knitted fabric. The results of the research can be used in development of new types of circular knitting machines.

Key words: circular knitting machine, needle cylinder, drive of a circular knitting machine, two-flow worm gear, free-wheeling clutch.

Вступ

Перспективним напрямком підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин, є удосконалення їх механізмів, зокрема привода. Дослідження [1, 2] показують, що продуктивність круглов'язальних машин та якість полотна суттєво залежать від надійності та довговічності роботи привода. Тому проблема підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин шляхом удосконалення привода є однією із актуальних проблем легкого машинобудування. Для розв'язання цієї проблеми важливим є розробка нових конструкцій приводів круглов'язальних машин та методу вибору їх параметрів.

Об'єкт та методи дослідження

Об'єктом досліджень обрано привід круглов'язальної машини з двопоточною черв'ячною передачею та метод вибору його параметрів. При вирішенні поставлених задач були використані сучасні методи теорії проектування машин і апаратів легкої промисловості та теорії деталей машин.

Постановка завдання

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин (підвищення продуктивності та якості виробів), стаття присвячена розробці нової конструкції привода з двопоточною черв'ячною передачею та методу вибору його робочих параметрів.

Результати та їх обговорення

Відомий привід круглов'язальної машини, що містить з'єднані між собою електродвигун, черв'ячну передачу та механізми машини (Пат. України на корисну модель № 74723, МПК D04 В 15/94, 2006 р.). Наявність одного черв'яка, кінематично з'єданого з черв'ячним колесом, з'єднаним з механізмами круглов'язальної машини, призводить до появи значних невірноважених радіальних навантажень, що діють на голковий циліндр. Так, для круглов'язальних машин типу КО ці навантаження зумовлюють тиск на опори голкового циліндру, що перевищує 1700 Н, що знижує надійність та довговічність роботи привода.

В основу досліджень автора покладена задача створити такий привід круглов'язальної машини, в якому шляхом введення нових елементів та їх зв'язків, забезпечилось би підвищення довговічності роботи привода.

Поставлена задача вирішена тим, що привід круглов'язальної машини додатково обладнаний додатковим електродвигуном та додатковим черв'яком, кінематично з'єднаним з черв'ячним колесом, причому додатковий черв'як встановлено діаметрально протилежно відносно черв'яка.

Додаткове обладнання привода круглов'язальної машини додатковим електродвигуном та

додатковим черв'яком призводить до взаємної компенсації навантажень на механізми, зумовлені силами, що виникають в зачепленнях черв'яка та додаткового черв'яка з черв'ячним колесом, що, в свою чергу, забезпечує підвищення надійності та довговічності роботи привода круглов'язальної машини.

Запропонований привід круглов'язальної машини (рис. 1) містить електродвигун 1, за допомогою муфти 2 з'єднаний з черв'яком 3, додатковий електродвигун 4, за допомогою муфти 5 з'єднаний з додатковим черв'яком 6, причому черв'як 3 та додатковий черв'як 6 встановлені діаметрально протилежно один одному та кінематично зв'язані з черв'ячним колесом 7, яке за допомогою обгінної муфти 8 з'єднане з механізмом в'язання 9, та два водила 10, 11, які з'єднують механізм в'язання 9 з механізмом товароприйому 12. Обгінна муфта 8 містить дві обойми – внутрішню 13, жорстко з'єднану з механізмом в'язання 9, і зовнішню 14, жорстко з'єднану з черв'ячним колесом 7, та роликів 15, розташовані між внутрішньою 13 та зовнішньою 14 обоймами. Обгінна муфта 8 дозволяє розірвати зв'язок черв'ячного колеса 7 з механізмом в'язання 9 при використанні ручного привода (на рис. 1 не показаний) під час наладки та заправки машини.

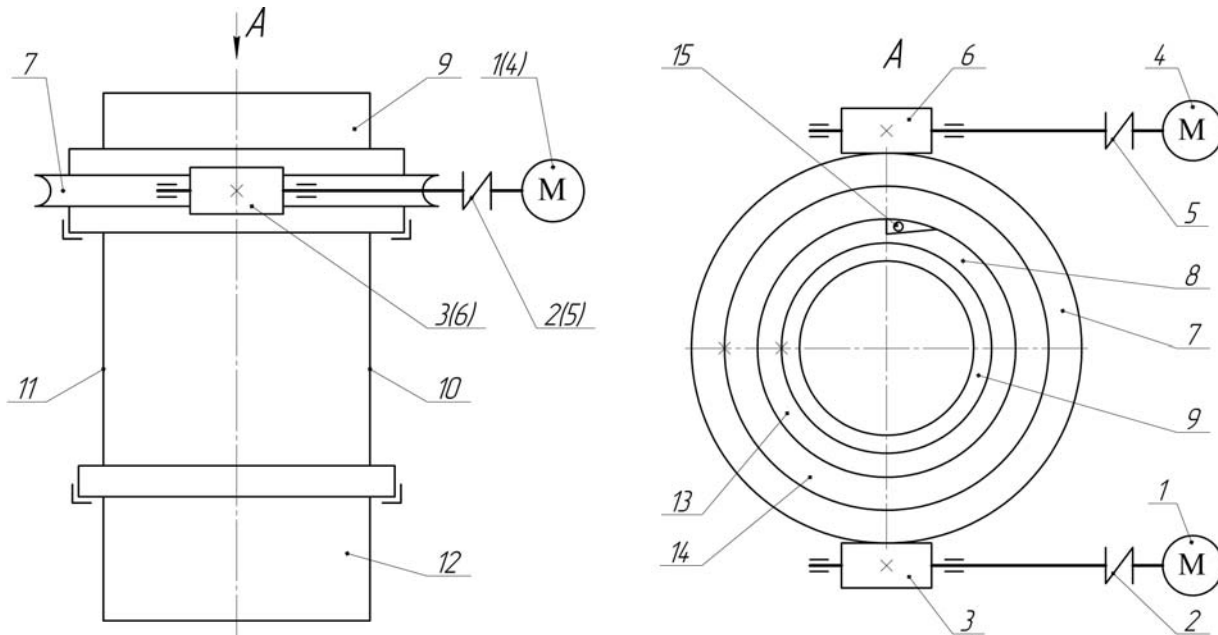


Рис. 1. Кінематична схема привода круглов'язальної машини

Принцип роботи привода наступний. При одночасному вмиканні електродвигуна 1 та додаткового електродвигуна 4 (електродвигуни для забезпечення працездатності привода повинні обертатися в різні боки) обертальний рух їх валів за допомогою муфт 2, 5 передається черв'яку 3 та додатковому черв'яку 6 відповідно. Обертальний рух черв'яків передається черв'ячному колесу 7, жорстко з'єднаному з зовнішньою обоймою 14 обгінної муфти 8. Поворот зовнішньої обойми 14 призводить до заклинювання роликів 15 між зовнішньою 14 та внутрішньою 13 обоймами муфти, що забезпечує зв'язок черв'ячного колеса 7 з механізмом в'язання 9 та його обертання. Оскільки механізм в'язання 9 за допомогою двох водил 10, 11 зв'язаний з механізмом товароприйому 12, останній також починає, синхронно з механізмом в'язання 9, обертатися, що необхідно для роботи круглов'язальної машини. Сили, що виникають в зачепленнях черв'яків 3, 6 з черв'ячним колесом 7, взаємно урівноважуються і, таким чином, не викликають додаткових радіальних навантажень на механізми круглов'язальної машини.

При обертанні круглов'язальної машини за допомогою ручного привода, що необхідно для наладки машини та її заправки, обертальний рух механізму в'язання 9 передається жорстко з'єднаній з ним внутрішній обоймі 13. Поворот внутрішньої обойми 13 призводить до розклинювання обойм і, таким чином, до розриву з'єднання механізму в'язання з черв'ячним колесом. Черв'яки, муфти та електродвигуни автоматично відключаються від механізмів в'язання та товароприйому, що знижує зусилля, необхідне для повороту машини в процесі наладки та заправки.

Враховуючи особливості черв'ячної передачі привода (черв'ячне колесо встановлене на зовнішній обоймі обгінної муфти та жорстко прикріплено до неї) її розрахунок зводиться до перевірки черв'ячних пар на контактну витривалість та на витривалість зубів черв'ячного колеса на згин. При цьому доцільно використовувати наступні залежності [3]:

$$\sigma_H = \frac{0,5}{\frac{z_2}{q}} \sqrt{\left(\frac{z_2 + 1}{a}\right)^3 T_2 K_H E_{np}} \leq [\sigma_H]; \quad (1)$$

$$\sigma_F = \frac{1,55T_2 K_F K_{F\partial} Y_F \cos \lambda}{d_1 d_2 m} \leq [\sigma_F], \quad (2)$$

де σ_H , $[\sigma_H]$ - відповідно діюче максимальне та допустиме контактне напруження в зоні взаємодії черв'яка з зубами черв'ячного колеса;

z_2 - число зубів черв'ячного колеса;

q - число модулів у ділільному колі черв'яка;

a - міжосьова відстань черв'ячної передачі, $a = 0,5(d_1 + d_2)$;

d_1 , d_2 - діаметри ділільного кола черв'яка та черв'ячного колеса відповідно;

T_2 - крутний момент черв'ячного колеса, зумовлений передачею потужності одним черв'яком;

K_H - коефіцієнт навантаження черв'ячного зачеплення, $K_H = K_{H\beta} K_{H\nu}$;

E_{np} - приведений модуль пружності матеріалів черв'яка E_1 і колеса E_2 , $E_{np} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}$;

σ_F , $[\sigma_F]$ - відповідно діюче максимальне та допустиме напруження згину зубів черв'ячного колеса;

K_F - коефіцієнт навантаження передачі при згині, $K_F = K_{F\beta} K_{F\nu}$;

$K_{F\partial}$ - коефіцієнт довговічності передачі (вибирається за таблицями);

Y_F - коефіцієнт форми зуба (вибирається за числом зубів еквівалентного зачеплення $z_e = \frac{z_2}{\cos^3 \lambda}$);

λ - кут нахилу витка різьби черв'яка, $\lambda = \arctg \frac{z_1}{q}$;

z_1 - число заходів черв'яка;

m - модуль черв'ячного зачеплення

Використовуючи одержану методику та рекомендації [3, 4], знайдемо робочі параметри приводу однофонтурної круглов'язальної машини КО-2, для якої [5] діаметр голкового циліндра $d_{\text{ц}} = 450$ мм; лінійна швидкість голкового циліндра $v_{\text{ц}} = 1,1$ м/с; частота обертання голкового циліндра $n_{\text{ц}} = 46,7$ об/хв.; потужність електродвигуна $P = 2,2$ кВт; частота обертання ротора електродвигуна $n_{\text{дв}} = 950$ об/хв

($\omega_1 = 99,48$ рад/с); передаточне число привода (черв'ячної передачі) $u = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{ц}}} = \frac{950}{46,7} = 20,3$; крутний момент

черв'ячного колеса, зумовлений передачею потужності одним черв'яком $T_2 = \frac{T}{2\psi} = \frac{359,15}{2 \cdot 0,75} = 239,4$ Нм

(T - сумарний крутний момент черв'ячного колеса $T = \frac{P}{\omega_1} u \eta = \frac{2,2 \cdot 10^3}{99,48} \cdot 20,3 \cdot 0,8 = 359,15$ Нм; η - ККД

черв'ячної передачі, $\eta = 0,8$; 2 - коефіцієнт, що враховує наявність двох черв'яків; ψ - коефіцієнт, що враховує можливу нерівномірність передачі потужності черв'яками, $\psi = 0,75$); параметри черв'ячної передачі (вибрані конструктивно з урахуванням особливостей привода круглов'язальної машини): $z_1 = 3$;

$z_2 = z_1 u = 3 \cdot 20,3 = 61$; $q = 8$; $m = 10$ мм; $d_1 = mq = 10 \cdot 8 = 80$ мм; $d_2 = mz_2 = 10 \cdot 61 = 610$ мм;

$a = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5(80 + 610) = 345$ мм; $[\sigma_H] = 160$ МПа; $[\sigma_F] = 115$ МПа; $\lambda = \arctg \frac{z_1}{q} = \arctg \frac{3}{8} = 20,55^\circ$;

$K_H = 1,2$; $K_F = 1,2$; $K_{F\partial} = 0,65$; $z_e = 74$; $Y_F = 1,36$; $E_1 = 2,07 \cdot 10^5$ МПа (Сталь 20Х); $E_2 = 1,12 \cdot 10^5$ МПа (Бр. АЖ 9-4Л); $E_{np} = 1,45 \cdot 10^5$ МПа.

Підставивши вихідні дані в (1), (2), маємо: $\sigma_H = 52,92 \leq [\sigma_H] = 160$ МПа; $\sigma_F = 0,75 \leq [\sigma_F] = 115$ МПа.

Як видно із розрахунків, умови працездатності черв'ячної передачі з запропонованими параметрами виконуються.

При виборі параметрів обгінної муфти слід виходити з того, що в силу специфіки її конструкції внутрішня обойма розташована навколо голкового циліндра круглов'язальної машини:

$$D_1 = d_{\text{ц}} = 450 \text{ мм}, \quad (3)$$

де D_1 - внутрішній діаметр внутрішньої обойми обгінної муфти.

Виходячи з цього, діаметри обойм муфти доцільно призначати із залежностей:

$$D_2 = D_1 + 2d_p + (20...40)\text{мм}; \quad D_3 = D_2 + (40...60)\text{мм}, \quad (4)$$

де D_2 - зовнішній діаметр внутрішньої обойми (внутрішній діаметр зовнішньої обойми) муфти;
 d_p - діаметр ролика обгінної муфти, $d_p = (8...12)\text{мм}$; приймаємо $d_p = 10$ мм;
 D_3 - зовнішній діаметр зовнішньої обойми.

Необхідний кут заклинювання роликів α_3 знаходиться із умови [4]:

$$\alpha_3 \leq \arctg(f_1 + f_2) = \arctg(0,15 + 0,05) = 5,71^0, \quad (5)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя ковзання, $f = 0,15$ (сталь по сталі при обмеженому змащенні);
 f_2 - коефіцієнт тертя кочення, $f_2 = 0,05$.

Довжина роликів l знаходиться із умови контактної витривалості пари ролик-внутрішня обойма [4]:

$$l \geq \frac{0,418^2 F E}{[\sigma_{H1}]^2 r_{np}}, \quad (6)$$

де F - сила тиску в парі ролик-внутрішня обойма,

$$F = \frac{2T}{z(D_1 - d_p) \sin \alpha_3} = \frac{2 \cdot 359,15 \cdot 10^3}{20(450 - 10) \sin 5,71^0} = 820 \text{ Н};$$

z - кількість роликів, приймаємо із конструктивних міркувань $z = 20$;

E - приведений модуль пружності матеріалів обойм муфти (сталь) $E = 2,15 \cdot 10^5$ МПа;

$[\sigma_{H1}]$ - допустиме контактне напруження матеріалу внутрішньої обойми муфти, $[\sigma_{H1}] = 1200$ МПа;

r_{np} - приведений радіус пари ролик-опорна площадка внутрішньої обойми,
 $r_{np} = 0,5d_p = 0,5 \cdot 10 = 5$ мм.

Підставляючи вище приведені результати в (6), знаходимо: $l \geq 4,3$ мм, приймаємо $l = 10$ мм.

Використовуючи залежності (4), знаходимо діаметри обойм муфти: $D_2 = 500$ мм; $D_3 = 550$ мм.

Висновки

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити наступні висновки:

- конструкція запропонованого привода круглов'язальної машини з двопоточною черв'ячною передачею, працездатна, надійна та ефективна в роботі;
- використання запропонованого привода у складі круглов'язальної машини дозволяє підвищити надійність та довговічність роботи як самого привода, так і якості трикотажного полотна;
- запропонований привід та метод вибору його параметрів може бути використана не тільки для однофонтурних круглов'язальних, а і для інших типів круглов'язальних машин.

Література

1. Піпа Б.Ф. Приводи круглов'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунку) / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, А.І. Марченко. – К. : КНУТД, 2007. – 400 с.
2. Чабан В.В. Приводи в'язальних машин / В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан. – К. : КНУТД, 2016. – 452 с.
3. Піпа Б.Ф. Деталі машин : підручник / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, А.І. Марченко. – К. : КНУТД, 2011. – 358 с.
4. Поляков В.С. Справочник по муфтам / В.С. Поляков, И.Д. Барабаш, О.А. Ряховский. – 2-е изд. – Л. : Машиностроение, 1979. – 351 с.
5. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы, 1992. – 86 с.

Рецензія/Peer review : 7.2.2017 р. Надрукована/Printed : 19.4.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Бурмістенков О.П.