СИНТЕЗ КУЛАЧКОВО-ЗУБЧАСТОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО ПОВОРОТУ ЦИЛІНДРІВ З ІНСТРУМЕНТАМИ ДЛЯ РОТАЦІЙНОГО ВИЛАМУВАННЯ ОБРІЗКІВ У ШТАНЦІОВАЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ

І. І. Рєгей, В. О. Кузнецов, В. Ю. Олішкевич, І. М. Кравчук, Я. М. Кавин

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Кулачково-зубчасті механізми, які використовуються для приводу ланцюгових транспортерів у штанцювальному обладнанні, забезпечують однонаправлений періодичний рух виконавчої ланки із тривалою зупинкою для виконання технологічних операцій. У статті наведено методику розрахунку геометричних і кінематичних параметрів кулачково-зубчастого механізму. На базі виконаних розрахунків встановлено, що закон періодичного руху «синусоїда» забезпечує плавний розгін циліндрів (за нульового прискорення) з інструментами для виконання операції виламування обрізків з відштанцьованих картонних заготовок. Окрім того, використання для приводу циліндрів кулачково – зубчатого механізму постійної структури забезпечує надійне функціонування секції виламування обрізків.

Ключові слова: *штанцювальне обладнання, секція виламування обрізків, циліндр, кулачково-зубчатий механізм, закон періодичного руху, кінематичні параметри.*

Постановка проблеми. Виготовлення картонних паковань реалізують різними технологіями: операційною, що передбачає спочатку друк на картонних заготовках, а пізніше — їх штанцювання на спеціальних пресах та комплексним виготовленням розгортки на друкарсько-штанцювальних автоматах з одночасним багатофарбовим друком на картонних заготовках [1].

Найбільш відпрацьованим є спосіб штанцювання на плоских пресах. До його переваг належать: досконалість сучасної технології виготовлення плоских штанцювальних форм, забезпечення точного відтворення запроектованої форми розгортки, універсальність з точки зору можливості використання картону різної товщини та формату.

Сучасні аркушеві штанцювальні машини — це високопродуктивне складне та багатофункціональне обладнання, яке містить вбудовані операційні модулі [1; 5; 6]. Такі машини зазвичай укомплектовані самонакладом, секціями штанцювання та виламування обрізків і приймальним пристроєм. Складніші конструкції штанцювального обладнання містять секцію роз'єднання розгортки, яка розташована після секції виламування обрізків.

У шанцювальному аркушевому обладнанні виламування обрізків забезпечують використанням інструментів, зафіксованих на рухомій плоскій плиті та плоскій матриці з профільованими отворами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У праці [2] досліджено комбіновані механізми, які забезпечують веденій ланці циклічний рух із паузою. Проте використання спеціальних шести- та восьмиланкових механізмів не забезпечує строго тривалою вистою веденої ланки.

У працях [3; 4] розглянено цикловий кулачково-зубчатий механізм, який забезпечує періодичний рух із тривалою зупинкою вихідної ланки без зміни структури. Для покрокового переміщення кареток із картонними заготовками через технологічні секції штанцювального обладнання використовують привід, що складається з шестерні 1 (рис. 1), жорстко з'єднаної з валом привідних зірочок (на рисунку не показано), зубчатого колеса 2, вільно посадженого на осі обертання, яке приводиться в рух від колеса 3. На осі 4 встановлені жорстко з'єднані зубчатий сектор 5 та двоплече коромисло 6 з роликами 7, 8, що контактують з нерухомими кулачками 9, 10. У процесі обертання колеса 2 на куті φ_1 зубчатий сектор 5 вільно перекочується по нерухомій шестерні 1.

Протягом фази, що відповідає повороту колеса 2 на кут φ_{II} , зубчатий сектор 5, керований профілем кулачків 9, 10, через ролики 7, 8 коромисла 6 спочатку розганяє шестерню 1 до максимальної кутової швидкості та сповільнює до повної зупинки. В цей час каретки переміщують картонні заготовки в технологічні секції штанцювального обладнання.

Проте у вказаних публікаціях наведено вирішення задачі у загальному вигляді.

Рис. 1. Схема кулачково-зубчастого механізму, який забезпечує періодичний рух із тривалою зупинкою вихідної ланки

Мета статті — розробити методику інженерного синтезу кулачково-зубчастого механізму для дискретного повороту циліндрів з інструментами для виламування обрізків з відштанцюваних картонних заготовок під час руху у штанцювальних автоматах.

Виклад основного матеріалу дослідження. У секцію виламування обрізків відштанцьований картонний аркуш подається кареткою цільним, хоча після попередньої операції в ньому висічені контури розгортки та пробіговані лінії згину. Цільну конструкцію картонним аркушам забезпечують вузькі перемички, які утворюються внаслідок висікання картону інструментами, що містять вузькі пази на різальних краяхах.

В існуючому штанцювальному обладнанні секція виламування обрізків укомплектована верхньою рухомою плитою, на якій зафіксовані інструменти, нерухомою матричною плитою з отворами, форма та розмір яких повторюють відповідні форми та розміри ділянок картонних обрізків. Окрім того, секція виламування обрізків додатково містить нижню рухому раму з підпружиненими телескопічними штифтами [1].

Така технічна побудова секції виламування обрізків з відштанцьованих картонних аркушів є складною через наявність окремих приводів верхньої плити та нижньої рами, а геометричні розміри секції аналогічні розмірам секції штанцювання.

Пропонується забезпечити компактну побудову секції виламування обрізків та відмовитися від застосування верхньої плити і нижньої рами з приводами. Виконання цієї операції передбачається здійснювати під час руху відштанцьованих картонних заготовок КЗ (рис. 2) між верхнім ВЦ та нижнім НЦ циліндрами з технологічними інструментами у секції В, що розташована після секції штанцювання Б.

Рис. 2. Принципова схема аркушевого штанцювального автомата з секцією ротаційного виламування обрізків

Для синтезу кулачково-зубчатого механізму введено такі позначення параметрів: γ_6 — кутове переміщення коромисла 6 (рис. 1); ω_{6i} та ε_{6i} — відносні його кутові — швидкість та прискорення.

Синтез кулачково-зубчатого механізму проводимо з таких міркувань. Повний оберт колеса 2 (рис. 1) складається з суми кутів φ_I та φ_{II} . Значення цих кутів впливають на радіуси r_1 зубчатого колеса 1 (рис. 3) та r_5 зубчатого сектора 5.

Рис. 3. Розрахункова схема приводу для дискретного переміщення циліндрів з інструментами в секції ротаційного виламування обрізків

Оскільки

$$\begin{aligned} \cup A_1 A_2 &= \varphi_1 \cdot r_1, \\ \cup A_1 A_2 &= \gamma_{5\Sigma} \cdot r_5, \\ \text{то} \quad r_1 &= r_5 \cdot \frac{\gamma_{5\Sigma}}{\varphi_1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Як видно з останнього виразу, радіус ділильного кола зубчастого колеса 1 прямопропорційно залежить від радіуса ділильного кола сектора 5, його кутового переміщення та обернено пропорційно залежить від кута повороту колеса, протягом якого зубчастий сектор обкочує зубчасте колесо.

Повний оберт колеса кулачково-зубчастого механізму містить фазові кути: φ_1 — розгін коромисла 6 і зубчастого сектора 5 (рис.1); φ_2 — їх переміщення з постійною швидкістю; φ_3 — гальмування зубчастого сектора до повної зупинки; φ_4 — кутовий рух коромисла у зворотну сторону.

Отже,

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = 2\pi. \quad (2)$$

Серед перерахованих кутів для синтезу механізму задаються кутом φ_2 , який визначає фазу вистою циліндрів з інструментами для виламування обрізків відштанцьованої картонної заготовки.

Відносний час, протягом якого механізм розганяє зубчастий сектор, переміщує його з постійною швидкістю, гальмує його та забезпечує рух у протилежному напрямку:

$$T_{1i} + T_{2i} + T_{3i} + T_{4i} = 1. \quad (3)$$

Для знаходження φ_4 і T_{4i} скористаємося виразами (2), (3):

$$\varphi_4 = 2\pi - (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3), \quad (4)$$

$$T_{4i} = 1 - (T_{1i} + T_{2i} + T_{3i}). \quad (5)$$

У виразі (5) невідомим є відносний час T_{2i} та T_{3i} . Знайдемо його за умови стикування відносної кутової швидкості коромисла на межі фазових кутах:

$$\frac{\gamma_{62}}{T_{2i}} = B \frac{\gamma_{61}}{T_{1i}}, \quad \frac{\gamma_{62}}{T_{2i}} = B \frac{\gamma_{63}}{T_{3i}}, \quad (6)$$

де B — константа піку швидкості для обраного закону періодичного руху; γ_{61} — кутовий розмах коромисла на фазі розбігу; γ_{62} — кутовий розмах коромисла на фазі рівномірного кутового переміщення.

З останнього виразу:

$$T_{1i} = \frac{B \cdot \gamma_{61} \cdot T_{2i}}{\gamma_{62}}, \quad (8)$$

$$T_{3i} = \frac{B \cdot \gamma_{63} \cdot T_{2i}}{\gamma_{62}}. \quad (9)$$

Тоді з виразу (5)

$$T_{4i} = 1 - \left(\frac{B \cdot \gamma_{61} \cdot T_{2i}}{\gamma_{62}} + T_{2i} + \frac{B \cdot \gamma_{63} \cdot T_{2i}}{\gamma_{62}} \right), \quad (10)$$

де $T_{2i} = \varphi_2/2\pi$ — відносний час, протягом якого коромисло рухається з постійною кутовою швидкістю.

Для розрахунку кінематичних параметрів кулачкового механізму приводу зубчастого сектора (кутового переміщення γ_{61} , відносної кутової швидкості ω_{61} та відносного кутового прискорення ε_{61}) скористаємося виразами [2]:

$$\gamma_{61} = a_k \gamma_{61}, \quad (11)$$

$$\omega_{61} = b_k \frac{\gamma_{61}}{T_{1i}}, \quad (12)$$

$$\varepsilon_{61} = c_k \frac{\gamma_{61}}{T_{1i}^2}, \quad (13)$$

де a_k , b_k та c_k позиційні інваріанти, відповідно, переміщення, швидкості та прискорення.

Для закону періодичного руху «синусоїда» перераховані інваріанти знайдемо за виразами [3]:

$$a_k = \frac{2\pi \cdot k - \sin(2\pi \cdot k)}{2\pi}, \quad (14)$$

$$b_k = 1 - \cos(2\pi \cdot k), \quad (15)$$

$$c_k = 2\pi \cdot \sin(2\pi \cdot k), \quad (16)$$

де k — відносний час.

Результати розрахунків кутового переміщення, відносної швидкості зубчастого сектора 5 та відносної кутової швидкості й прискорення зубчастої шестерні 1 графічно зображено на рис.4.

а)

б)

в)

Рис. 4. Графіки залежностей від кута повороту зубчастого колеса 2:
 кута повороту зубчастого сектора 5 (а);
 відносної кутової швидкості зубчастого сектора 5 (б);
 відносної кутової швидкості зубчастої шестерні 1 (в);
 відносного прискорення зубчастого сектора 5 (г)

Як видно з графіків, синтезований кулачково-зубчастий механізм забезпечує плавний розгін та заповільнення циліндрів з інструментами для виконання технологічної операції виламування обрізків з відштанцьованих заготовок та їх тривалу зупинку для транспортування картонних аркушів.

Висновки. У статті констатовано, що сучасне штанцювальне обладнання є високопродуктивним, складним та багатофункціональним. Для покрокового переміщення кареток з картонними заготовками у ньому використовується кулачково-зубчастий механізм, що забезпечує їх вистій при штанцюванні розгортки, видаленні картонних обрізків та роз'єднанні розгортки. Виконано інженерний синтез кулачково-зубчастого механізму для приводу циліндрів з інструментами для ротаційного виламування картонних обрізків з відштанцьованих картонних заготовок. Використання ротаційного способу спрощує технічну побудову штанцювального обладнання через заміну окремих приводів верхньої плити та нижньої рами з інструментами на існуючий привод від кулачково-зубчастого механізму. На базі виконаних розрахунків встановлено, що синусоїдальний закон періодичного руху забезпечує плавний розгін та заповільнення циліндрів з інструментами. Використання ротаційного способу виламування обрізків забезпечує мінімізацію габаритних розмірів штанцювального обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Регей І. І. Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення): навч. посіб. Львів: УАД, 2011. 144 с.
2. Тир К. В. Механика полиграфических автоматов. Москва: Книга, 1965. 495 с.

3. Спосіб видалення обрізків з відштанцьованих картонних заготовок та пристрій для його реалізації: пат. на винахід № 113365 Україна: МПК B26F 1/02, B26F 1/40, B31B 1/24. / Регей І. І., Олішкевич В. Ю.; заявник та власник пат. Укр. академ. друкарства. № а2015 12662; заявл. 21.12.2015; опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1. 2 с.
4. Регей І. І., Кузнецов В. О. Синтез кулачково-зубчастого механізму з тривалою зупинкою вихідної ланки. Упаковка. № 6. 2011. С. 40–42.
5. Регей І. І., Олішкевич В. Ю. Післяштанцьовальні технологічні операції (виламування обрізків із відштанцьованих картонних заготовок). Упаковка. № 3. 2017. С. 20–22.
6. Регей І. І., Олішкевич В. Ю. Особливості технологічного процесу та конструкції інструментів для виламування обрізків у танцювальному обладнанні. Тези доповідей на XXIII Міжнародній науково-практичній конференції з проблем видавничо-поліграфічної галузі (24 листопада 2016). Київ. 2016. С. 107–110.

REFERENCES

1. Rehei, I. I. (2011). Spozhyvche kartonne pakovannia (materialy, proektuvannia, obladnannia dlia vyhotovlennia). Lviv: UAD (in Ukrainian).
2. Tir, K. V. (1965). Mekhanika poligraficheskikh avtomatov. Moskava: Kniga (in Russian).
3. Rehei, I. I., & Olishkevych, V. Yu. Sposib vydalennia obrizkiv z vidshtantsovanykh kartonnykh zahotovok ta prystrii dlia yoho realizatsii: pat. na vynakhid № 113365 Ukraina: MPK B26F 1/02, B26F 1/40, B31B 1/24. Zaiavnyk ta vlasnyk pat. Ukr. akadem. drukarstva. № а2015 12662; zaiavl. 21.12.2015; opubl. 10.01.2017. Biul. № 1. 2 s. (in Ukrainian).
4. Rehei, I. I., & Kuznetsov, V. O. (2011). Syntez kulachkovo-zubchastoho mekhanizmu z tryvaloio zupynkoiu vykhidnoi lanky: Upakovka, 6, 40–42 (in Ukrainian).
5. Rehei, I. I., Olishkevych, V. Yu. (2017). Pisliashtantsiuvalni tekhnolohichni operatsii (vylamuvannia obrizkiv iz vidshtantsovanykh kartonnykh zahotovok): Upakovka, 3, 20–22 (in Ukrainian).
6. Rehei, I. I., & Olishkevych, V. Yu. (2016). Osoblyvosti tekhnolohichnoho protsesu ta konstruksii instrumentiv dlia vylamuvannia obrizkiv u tantsiuvalnomu obladnanni. Tezy dopovidei na KhKhIII Mizhnarodnii naukovo-praktychnii konferentsii z problem vydavnycho-polihrafichnoi haluzi (24 lystopada 2016). Kyiv, 107–110 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2018-2-76-11-19

SYNTHESIS OF CAM-GEAR MECHANISM FOR DISCRETE TURN OF CYLINDERS WITH TOOLS FOR ROTATING WASTE STRIPPING IN DIE-CUTTING EQUIPMENT

I. I. Rehey, V. O. Kuznetsov, V. Yu. Olishkevych, I. M. Kravchuk, Ya. M. Kavyn

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
regey.ivan@gmail.com*

Manufacturing of cardboard packages can be accomplished using different technologies. The first one is operational, which implies printing on the cardboard blanks and after that – die-cutting using special presses. The second one is complex manufacturing of the involute on the automatic machines with simultaneous multi-color printing on the cardboard blanks and die-cutting of involutes.

The most worked out method is die-cutting that uses flat presses. This method has several benefits: the perfection of modern production technology of flat die-cutting forms, providing accurate reproduction of the projected involutes shape, versatility in usage of cardboard with wide range of thickness and formats. For the step-by-step transfer of gripper bar with cardboard blanks through the die-cutter, a cam-gear mechanisms is used. This mechanism provides the stamina of gripper bar with cardboard blanks during die-cutting, waste stripping and blank separation operations.

The article presents the calculation method of cam-gear mechanism geometric and kinematic parameters. It has been stated that modern die-cutting equipment is high-performance, complex and multifunctional. The engineering synthesis of the cam-gear mechanism for the drive of cylinder with tools for rotational waste stripping from die-cutted cardboard blanks has been executed. Rotational method of waste stripping and blank separation operations simplifies the technical construction of the die-cutters by replacing the individual drives of the upper plate and the lower frame with the tools on the existing drive from the cam-gear mechanism. In addition, the usage of the cam-gear mechanism in the drive of equipment provides its reliable functioning through a permanent structure. Based on the performed calculations, it has been established that the sinusoidal law of periodic motion provides smooth acceleration and deceleration of cylinder with tools. Usage of the rotational waste stripping method provides the overall dimensions minimization of the die-cutting equipment.

Keywords: *die-cutting equipment, waste stripping section, cylinder, cam-gear mechanism, law of periodic motion, kinematic parameters.*

Стаття надійшла до редакції 05.09.2018.

Received 05.09.2018.