

КАРМАЛІТА АНАТОЛІЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-4397-2988>e-mail: akarmalita89@gmail.com**ДЗЯВОРУК ОЛЕКСАНДР**

Хмельницький національний університет

e-mail: hm260883daf@gmail.com**ПУНДИК СЕРГІЙ**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5832-5527>e-mail: sera88p@gmail.com

ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ОРІЄНТАЦІЇ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ

Для аналітичного та експериментального дослідження процесу контролю положення та орієнтування плоских деталей з різними фрикційними властивостями поверхонь з допомогою двох валків необхідно, в першу чергу, побудувати фізичну та математичну моделі взаємодії валків з поверхнями цих деталей. Основам побудови таких моделей з врахуванням всіх факторів, від яких залежить даний процес, і присвячена стаття. Проектування валкових механізмів розглянуто на прикладі проектування механізму транспортуючих валків машин для роздвоювання та вирівнювання по товщині деталей низу та верху взуття, машин для шліфування деталей низу та інших машин прохідного типу. Із фізичної моделі процесу виявлено, що умови транспортування залежать від конструктивних особливостей валкових механізмів та фізико-механічних властивостей матеріалу, з якого виготовлені плоскі деталі. В результаті аналітичних досліджень, приведених в статті, отримані формули, які зв'язують зусилля, що розпирають валки і можуть створюватись пружинами, та радіуси валків; геометричні параметри деталі, що транспортується, та фізико-механічні властивості матеріалів, з яких виготовлені деталі. Якщо використовувати валки для контролю положення та орієнтації плоских деталей за фрикційними властивостями поверхонь, то дані формули можна також використати, але при цьому врахувати, що валки будуть обертатись в протилежні сторони.

Ключові слова: валкові механізми, фрикційні властивості, транспортування, плоскі деталі.

ANATOLI KARMALITA, OLEKSANDR DZIAVORUK, SERHII PUNDYK

Khmelnytsky National University

DESIGN OF ROLLER MECHANISMS FOR ORIENTATION OF FLAT FOOTWEAR PARTS DURING THE PROCESSING PROCESS

For analytical and experimental study of the process of controlling the position and orientation of flat parts with different frictional properties of surfaces using two rolls, it is necessary, first of all, to build a physical and mathematical model of the interaction of rolls with the surfaces of these parts. The article is devoted to the basics of building such models, taking into account all the factors on which this process depends. Quite a lot of work has been devoted to the study of the frictional properties of materials used for shoe parts. Analyzing them, we can conclude that most shoe materials have different frictional properties of the front and back surfaces. The design of roll mechanisms is considered on the example of designing the mechanism of transporting rolls of machines for splitting and leveling the thickness of the bottom and top parts of shoes, machines for grinding bottom parts and other pass-through machines. In the process of designing roll mechanisms, it is necessary to know the forces that arise during transportation and processing of products. From the physical model of the process, it was found that the transportation conditions depend on the design features of the roller mechanisms and the physical and mechanical properties of the material from which the flat parts are made. As a result of the analytical studies presented in the article, formulas were obtained that relate the forces that expand the rollers and can be created by springs, and the radii of the rollers; the geometric parameters of the part being transported, and the physical and mechanical properties of the materials from which the parts are made. If rollers are used to control the position and orientation of flat parts by the frictional properties of the surfaces, then these formulas can also be used, but it should be taken into account that the rollers will rotate in opposite directions.

Key words: roller mechanisms, frictional properties, transportation, flat parts.

Стаття надійшла до редакції / Received 02.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 24.05.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В машинах легкої промисловості валкові механізми застосовуються досить часто з різною метою. Найчастіше – для подачі деталей на ріжучі інструменти, переміщення деталей та виробів для переміщення матеріалів. Часто валкові механізми застосовуються для з'єднання операцій транспортування та обробки матеріалів, наприклад, шліфування, різання, прасування, друкування та ін.

У процесі проектування валкових механізмів необхідно знати зусилля, які виникають при транспортуванні і обробці виробів. Ці зусилля визначають навантаження на елементи машин, а також потужність привода. Оскільки транспортування виконується за рахунок сил тертя між валками і матеріалом, то необхідно забезпечити контакт матеріалу з валками з певним зусиллям.

Дослідженням фрикційних характеристик матеріалів, що використовуються у взуттєвих

деталях, приділяється значна увага. Проаналізувавши ці дослідження, можна дійти висновку, що переважна більшість вуттєвих матеріалів демонструє різні фрикційні показники лицьового та зворотного боків. Це, своєю чергою, відкриває перспективу автоматичного визначення орієнтації деталей з цих матеріалів за принципом "лицьова сторона - виворітна сторона". Використовувати для цього можна різницю у фрикційних властивостях поверхонь деталі, застосовуючи пару валиків, які обертаються в протилежних напрямках, взаємодіючи з протилежними сторонами плоскої деталі.

Виклад основного матеріалу

Проектування валкових механізмів можна розглянути на прикладі проектування механізму транспортуючих валків машин для роздвоювання та вирівнювання по товщині деталей низу та верху вуття, машин для шліфування деталей низу та інших машин прохідного типу [1].

Умови транспортування матеріалу залежатимуть від конструктивних особливостей валкових механізмів.

Можуть бути різні випадки транспортування:

- двома приводними валками;
- одним приводним і одним притискним;
- одним приводним валком деталі, яка переміщується по опорній площині.

Умови захоплення валками матеріалу в початковий момент транспортування (рис.1):

$$(F_n + F_\theta) \cos \alpha > 2N \sin \alpha, \quad (1)$$

$$N(F_n + F_\theta) \cos \alpha > 2N \sin \alpha, \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha < \frac{f_n + f_\theta}{2}, \quad (3)$$

де α - кут захоплення матеріалу; N - нормальна складова сила тиску валка на матеріал; F_n, F_θ - сила тертя відповідно між нижнім та верхнім валком і матеріалом; f_n, f_θ - коефіцієнти тертя, відповідно між нижнім та верхнім валком і матеріалом.

Виходячи з (1-3) можна визначити зазор між валками залежно від δ - товщини матеріалу, що транспортується, і R - радіусу валків, вважаючи, що радіуси верхнього і нижнього валків однакові.

Згідно зі схемою на рис.1 можна записати:

$$R + \frac{\Delta}{2} = R \cos \alpha + \frac{\delta}{2}, \quad (4)$$

звідси

$$\Delta \cos \alpha_{\min} \quad (5)$$

де $\Delta_{\max}$ при $\cos \alpha = 1$ або $\alpha_{\min} = 0$.

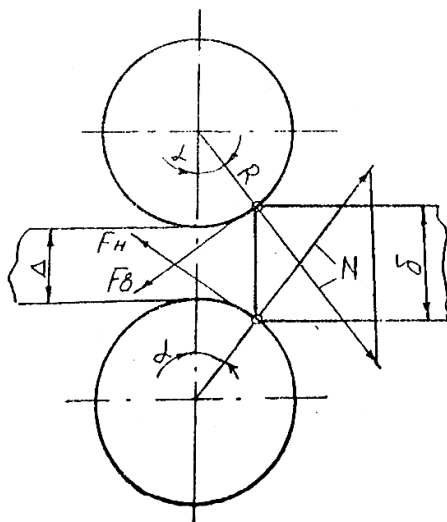


Рис.1. Схема сил, що діють на валки при переміщенні матеріалу валковими механізмами

Визначені з (5) мінімальний і максимальний зазори можуть бути параметрами, що задаються для проектування пристрою для регулювання зазору між валками.

Розглянемо характер розподілу тиску між валками в процесі взаємодії валків і деталі (рис. 2). Для одержання математичної моделі необхідно зробити такі припущення:

- 1) в момент виходу з під валків матеріал деталі залишається деформованим;
- 2) модуль пружності E матеріалу постійний. Тоді деформація визначається за законом $\sigma \approx \varepsilon E$, де ε - відносна деформація.

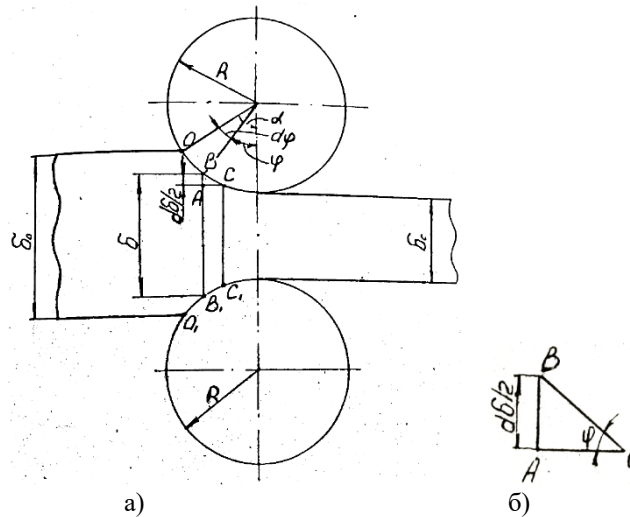


Рис.2. Схема розподілу тиску між валками в процесі взаємодії валків і деталі

Розглянемо взаємодію верхнього валка з поверхнею деталі. Виділимо елементарний кут $d\varphi$ на куті контакту валка. Цьому куту відповідає деформація $d\delta$, де δ – товщина матеріалу, що транспортується.

Тиск між матеріалом і валком на елементарній дузі контакту ABC визначається так: $dP = E d\varepsilon$.

Відносну деформацію матеріалу можна визначити із рис.2, б, де елементарну дугу BC вважаємо прямою:

$$\begin{aligned} AB &= BC \sin \varphi; \\ BC &= R d\varphi; \\ d\varepsilon &= -\frac{2R \sin \varphi d\varphi}{\delta}; \\ dP &= -\frac{2ER \sin \varphi d\varphi}{\delta}. \end{aligned} \quad (6)$$

Тоді тиск по всій дузі контакту:

$$\begin{aligned} P &= \int -\frac{2ER \sin \varphi d\varphi}{\delta} = -\frac{2ER}{\delta} \int \sin \varphi d\varphi; \\ P &= -\frac{2ER}{\delta} (-\cos \varphi) + C. \end{aligned} \quad (7)$$

Очевидно, якщо $\varphi = \alpha$, то $P = 0$;

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{2ER}{\delta} \cos \alpha + C; \\ C &= -\frac{2ER}{\delta} \cos \alpha; \\ P &= \frac{2ER}{\delta} (\cos \varphi - \cos \alpha). \end{aligned} \quad (8)$$

Після інтегрування одержимо закон розподілу питомого тиску валка на матеріал по всій дузі контакту.

Очевидно, якщо $\varphi = 0$, то $P = P_{\max}$;

$$P = \frac{2ER}{\delta} \cos 0 \cos \alpha = \frac{2ER}{\delta} \cos \alpha \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (9)$$

Оскільки кут α малий, то $\sin \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}$, а $\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha^2}{4}$.

Тоді

$$P = \frac{ER \alpha^2}{\delta} \quad (10)$$

Враховуючи те, що в точці, де діє максимальний тиск, напрям його дії збігається з напрямом дії напруження на зминання матеріалу деталі, можна записати вираз для визначення кута контакту матеріалу і валка:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\delta [\sigma_{зм}]}{ER}} \quad (11)$$

Для визначення зусилля P , що розпирає валки, розглянемо схему на рис.3, з якої можна записати:

$$dP = p dS, \quad (12)$$

де, dS – елементарна площадка, на яку діє тиск p ;

$$dS = R L d\varphi; \quad (13)$$

L – довжина контакту валків і деталі, що дорівнює ширині деталі.

З (8) і (11) дістанемо

$$dP = \frac{2ER}{\delta} (\cos \varphi - \cos \alpha) R L d\varphi;$$

$$P = \frac{2ER^2 L}{\delta} \int_0^\alpha (\cos \varphi - \cos \alpha) d\varphi = \frac{2ER^2 L}{\delta} [\sin \varphi - \cos \alpha]_0^\alpha = \frac{2ER^2 L}{\delta} (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \alpha). \quad (14)$$

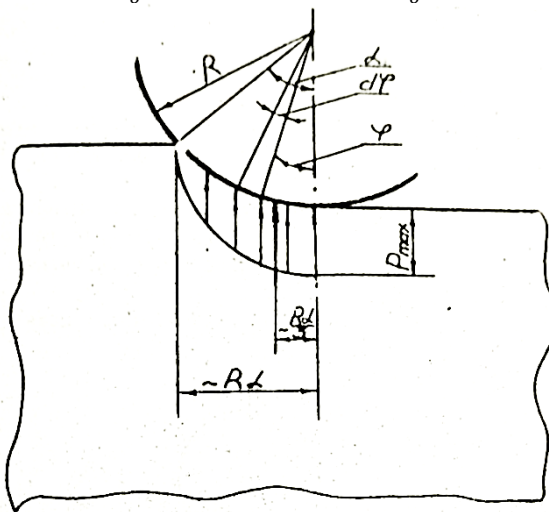


Рис.3. Схема для визначення зусилля розпирання валків

Оскільки кут захвату α малий, то $\sin \alpha \approx \alpha$.

Тоді

$$P = \frac{2ER^2 L}{\delta} \alpha (1 - \cos \alpha) = \frac{2ER^2 L}{\delta} \alpha \frac{\alpha^2}{2};$$

$$P = \frac{2ER^2 L \alpha^3}{\delta}. \quad (15)$$

Аналогічно для нижнього валка:

$$P' = \frac{E_1 R^2 L \alpha_1^3}{\delta} \quad (16)$$

Висновки

Таким чином, формули (15) і (16) зв'язують зусилля, які розпирають валки і можуть створюватись пружинами, та радіуси валків; геометричні параметри деталі, що транспортується, та фізико-механічні властивості матеріалів, з яких виготовлені деталі. Якщо використовувати валки для контролю положення та орієнтації плоских деталей за фрикційними властивостями поверхонь [2], то дані формули можна використати, але при цьому врахувати, що валки будуть обертатись в протилежні сторони.

Література

1. Кармаліта А.К., Піскорський Г.А., Скиба М.Є. Методика математичного моделювання технології та механізмів легкої промисловості: Навчальний посібник./ А.К. Кармаліта, Г.А. Піскорський, М.Є. Скиба – Київ: ІЗМН, 1997. – 184с.
2. Аналіз механічних способів контролю положення плоских деталей взуття по властивостях поверхонь / А.К. Кармаліта, С.І. Пундик, Г.М. Драпак, В.І. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2022. – №3(309). – С. 194–198.

References

1. Karmalita A.K., Piskorskyi H.A., Skyba M.Ie. Metodyka matematychnoho modeliuvannia tekhnolohii ta mekhanizmiv lehkoï promyslovosti: Navchalnyi posibnyk./ A.K. Karmalita, H.A. Piskorskyi, M.Ie. Skyba – Kyiv: IZMN, 1997. – 184s.
2. Analiz mekhanichnykh sposobiv kontroliu polozhennia ploskykh detalei vzuttia po vlastyvyostiakh poverkhon / A.K. Karmalita, S.I. Pundyk, H.M. Drapak, V.I. Melnyk // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2022. – №3(309). – S. 194–198.