

УДК 621.753.5

В.О. Дзюра

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
**ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ ДЕФОРМУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ПАРАМЕТРИ
РЕГУЛЯРНОГО МІКРОРЕЛЬЄФУ**

Запропоновано конструкцію інструменту з двома рядами деформувальних елементів для формування регулярних мікрорельєфів різних типів на внутрішніх циліндричних поверхнях вібраційним обкочуванням. Визначено схеми розміщення деформувальних елементів в інструменті та отримано аналітичні залежності для визначення параметрів їх розміщення для формування різних типів регулярних мікрорельєфів.

Ключові слова: технологія, регулярний мікрорельєф, внутрішня циліндрична поверхня, інструмент, деформувальні елементи

В.А. Дзюра

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ
РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА**

Предложена конструкция инструмента с двумя рядами деформируемых элементов для формирования регулярных микрорельефов различных типов на внутренних цилиндрических поверхностях вибрационным накатыванием. Определены схемы размещения деформируемых элементов в инструменте и получены аналитические зависимости для определения параметров их размещения для формирования различных типов регулярных микрорельефов.

Ключевые слова: технология, регулярный микрорельеф, внутренняя цилиндрическая поверхность, инструмент, деформируемые элементы

V.O. Dzyura

**INFLUENCE OF DEFORMATION ELEMENTS ARRANGEMENT ON REGULAR
MICRORELIEF PARAMETERS**

The tools designs for machining inner cylindrical surfaces by means of vibrating roller burnishing are analyzed. Based on the conducted analysis, the driven tool with two rows of deformation elements for the formation of regular microreliefs of various types on the inner cylindrical surface by means of vibrating roller burnishing is designed. The formation conditions of regular microreliefs depending on the type of microrelief and its geometric parameters are defined. The schemes of deformation elements arrangement in the tool are proposed. The analytical dependences for determining the design parameters of the tool are developed as well as the technological parameters of the formation of regular microrelief of various types. The proposed solutions allow expanding the technological capabilities of tools used to form the regular microreliefs.

Keywords: technique, regular microrelief, inner cylindrical surface, tool, deformation elements.

Постановка проблеми. В результаті аналізу літературних джерел [1-5] встановлено значний позитивний вплив такої фінішної операції як віброобкочування на якісні показники циліндричних поверхонь, особливо на зносостійкість. Особливістю віброобкочування є формування на поверхні оброблюваної деталі регулярного мікрорельєфу (РМР), параметри якого регламентуються [6]. Однак визначення впливу конструктивних параметрів інструментів на параметри регулярним мікрорельєфів з метою підвищення продуктивності формування РМР на циліндричних поверхнях є важливою задачею для машинобудування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конструкції інструментів для оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь віброобкочуванням запропоновані в роботах [1, 7, 8], деякі з них регламентуються [9, 10].

В роботі [8] запропоновано конструкцію інструмента для формування вібраційним обкочуванням на внутрішніх циліндричних поверхнях регулярних мікрорельєфів із забезпеченням регулювання зусилля віброобкочування для матеріалів з різними фізико-механічними властивостями. Запропоновано методику визначення конструктивних параметрів інструмента. Отримано аналітичні залежності для визначення взаємопов'язаних конструктивних параметрів інструмента в залежності від заданих вихідних даних.

В роботі [11] обґрунтовано використання багато кулькових головок для формування регулярних мікрорельєфів і запропоновано інструмент для формування РМР з розміщенням деформувальних елементів по колу. Однак при визначенні залежності між кількістю деформувальних елементів та подачею вказано, що для багато кулькових головок з кількістю кульок n , подача в n разів більша відстані між канавками, що не відповідає дійсності.

Також в усіх проаналізованих роботах не враховано вплив стохастичності подачі на процес формування регулярного мікрорельєфу, що призводить до невірного

Постановка завдання. Метою даної роботи є встановлення залежності між параметрами різних типів РМР і конструктивними параметрами інструментів для їх формування, зокрема кількістю деформувальних елементів і їх взаємним розміщенням.

Викладення основного матеріалу дослідження. Оскільки було доведено [2, 3, 11], що збільшення кількості деформувальних елементів підвищує продуктивність формування РМР завдяки можливості збільшення подачі, то обґрунтованим є використання багато кулькових інструментів для формування РМР. Запропоновано інструмент для формування РМР з двома рядами деформувальних елементів, що забезпечує формування РМР різних типів за один прохід.

Інструмент для чистового фінішного оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь вібраційним обкочуванням (рис. 1), що складається з корпусу 1, виконаного у вигляді пустотілого циліндра, який своєю внутрішньою циліндричною поверхнею 2 осерухомо спряжений за допомогою направляючих шпонок 3 із циліндричною оправкою 4.

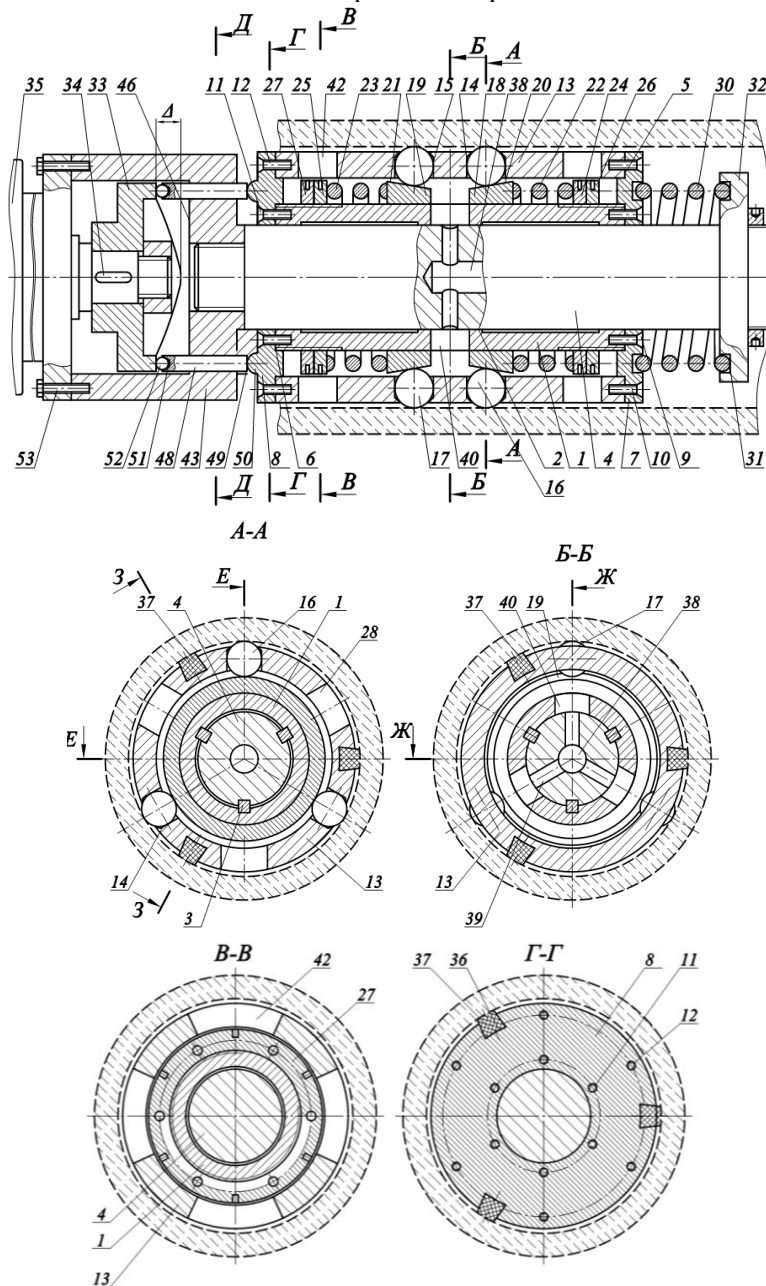


Рис. 1. Інструмент для формування регулярних мікрорельєфів на внутрішніх циліндричних поверхнях

Корпус 1 по правому і лівому торцях 5 і 6 за допомогою правого і лівого фланців 7 і 8 та гвинтів 9, 10 і 11 і 12 жорстко з'єднані із сепаратором 13, виконаним у вигляді пустотілого

циліндра. У стінці сепаратора 13 виконано три рівномірно розміщених по колу циліндричних отвори 14, у які вільно встановлені деформувальні елементи – кульки 16, а на певній відстані від них виконано додаткові три рівномірно розміщених по колу циліндричних отвори 15, у які вільно встановлені додаткові кульки 17. На зовнішній циліндричній поверхні корпусу 1, навпроти отворів 14 і 15 сепаратора, своєю внутрішньою циліндричною поверхнею встановлені кільця 18 і 19 з зовнішніми конічними поверхнями 20 і 21. Ці кільця підпружинені назустріч одне одному пружинами стиснення 22 і 23, а пружини з іншого боку своїми торцевими поверхнями обперті на регулювальні гайки 24 і 25, що зафіксовані контргайками 26 і 27. Навпроти отворів 14 і додаткових отворів 15 у стінці сепаратора 13 виконані наскрізні технологічні отвори 28 і 29. Корпус 1 разом із сепаратором 13, кульками 16 і додатковими кульками 17 через вільну поверхню правого фланця підпружинений пружиною стиснення 30 обпертою на торець 31 фланця 32 оправки 4, в напрямі до торцевого кулачка 33, який жорстко з'єднаний з вихідним валом 34 привода обертового руху 35.

На зовнішній циліндричній поверхні оправки 4, вздовж повздовжньої осі сепаратора рівномірно по колу розміщені три повздовжні пази 36, у яких встановлені, напрямні 37, наприклад із поліуретану.

В оправці 4 співвісно з віссю оправки виконаний центральний канал 38 діаметром D , для подачі змащувально-охолоджувальної рідини, який з'єднаний із трьома радіальними каналами 39, кожен діаметром d , які розміщені посередині міжцентрової віддалі між кульками 16 і 17.

Співвідношення діаметрів D і d визначається з умови недопущення явища дроселювання, тобто $S_{ц.к.} = \pi D^2 / 4 > 3S_{р.п.} = 3\pi d^2 / 4$, звідки $D > d\sqrt{3}$.

В стінці корпусу 1 на рівці осей радіальних каналів 39 виконані наскрізні вікна 40 діаметром більшим діаметра радіальних каналів 39. Для регулювання положення регулювальних 24 і 25 та фіксуючих гайок 26, 27 в стінці сепаратора 13 навпроти цих гайок виконані симетрично розміщені по колу наскрізні вікна 41 і 42.

На нижньому лівому кінці оправки 4 загвинчений стакан 43 і зафіксований гвинтами 44 і контргайками 45. У днищі 46 стакана 43 паралельно осі оправки 4 виконані два діаметрально-протилежно розміщені отвори 47, через які пропущені циліндричні штовхачі 48, які своїми правими торцями 49 обперті на сферичний виступ 50 лівого фланця 8, а лівими торцями 51 через кульки 52 спряжені із профілем торцевого кулачка 33. Привід обертового руху 35 з фланцевим з'єднанням закріплений за допомогою болтів 53 до стакана 43.

Інструмент для чистового фінішного оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь вібраційним обкочуванням працює наступним чином.

Спочатку здійснюють налаштування інструмента загвинчуванням регулювальних гайок 24 і 25, які стискають відповідно пружини 22 і 23, примушуючи переміщатись назустріч один одному кільця 18 і 19 і відцентрово у радіальних напрямках деформувальні елементи – кульки 16 і 17. При досягненні заданого зусилля вібраційного обкочування з яким кулька діє на контактуючу з нею циліндричну оболонку положення регулювальних гайок 24 і 25 фіксується контргайками 26 і 27.

Таким чином інструмент налаштований на задане зусилля вібраційного обкочування. Заготовку – циліндр, наприклад гільзу блока циліндрів двигуна внутрішнього згорання встановлюють у спеціальний пристрій металорізального верстата і надають їй обертового руху – кругової подачі.

Оправку 4 закріплюють у штанзі, яка закріплена на супорті з можливістю надання їй поступального руху – повздовжньої подачі. Встановлюють інструмент у внутрішню циліндричну поверхню заготовки – циліндра за допомогою трьох напрямних 37. В залежності від відстані L в осьовому напрямку між центрами кульок 16 і додаткових кульок 17, кута α зміщення кульок 16 відносно додаткових кульок 17 в напрямі перпендикулярному осі інструменту можна отримати різні види регулярних мікрорельєфів: з паралельними канавками; із асинфазними канавками; з канавками, що перетинаються та інші.

Для забезпечення необхідної амплітуди регулярних мікрорельєфів хід Δ торцевого кулачка вибирається рівним амплітуді коливань регулярного мікрорельєфу.

Після підготовчих операцій вмикають привід обертового руху 35 кулачка 33, який забезпечує осциляційний рух кульок 16 і 17, повздовжню подачу, яка забезпечує повздовжній рух інструмента і обертовий рух заготовки.

Таким чином, використання запропонованого інструменту забезпечить формування регулярних мікрорельєфів на внутрішніх циліндричних поверхнях в тому числі довгомірних, що підвищить їх якісні показники і експлуатаційні властивості.

Для отримання частково-регулярного мікрорельєфу з паралельними канавками необхідно, щоб кількість подвійних ходів i інструменту за один оберт заготовки була цілим числом [1]. Однак при формуванні РМР багато кульковим інструментом цієї умови недостатньо.

$$\begin{cases} i_{\text{дв.х.}} = \frac{\pi \cdot D_3}{\cos \theta \cdot \lambda} \\ k = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot \cos \theta}{\lambda \cdot n} \end{cases} \quad (1)$$

де n – кількість деформувальних елементів в ряді, шт;

λ – крок невірностей, мм;

θ – кут наряду нерівностей, град; $\theta = \arctg\left(\frac{s}{\pi D}\right)$

k – ціле число.

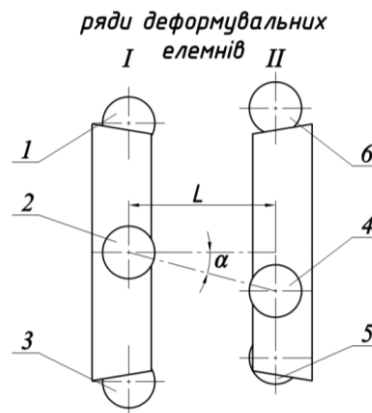


Рис. 2. Схема розміщення деформувальних елементів в інструменті

Для отримання регулярних мікрорельєфів різних типів необхідне виконання певних умов. Причому отримання однакових регулярних мікрорельєфів можливе при різному взаємному розміщенні деформувальних елементів 1-6 один відносно одного, як із їх зміщенням на певний кут (рис. 3) так і з розташуванням їх в співвісно (рис. 4).

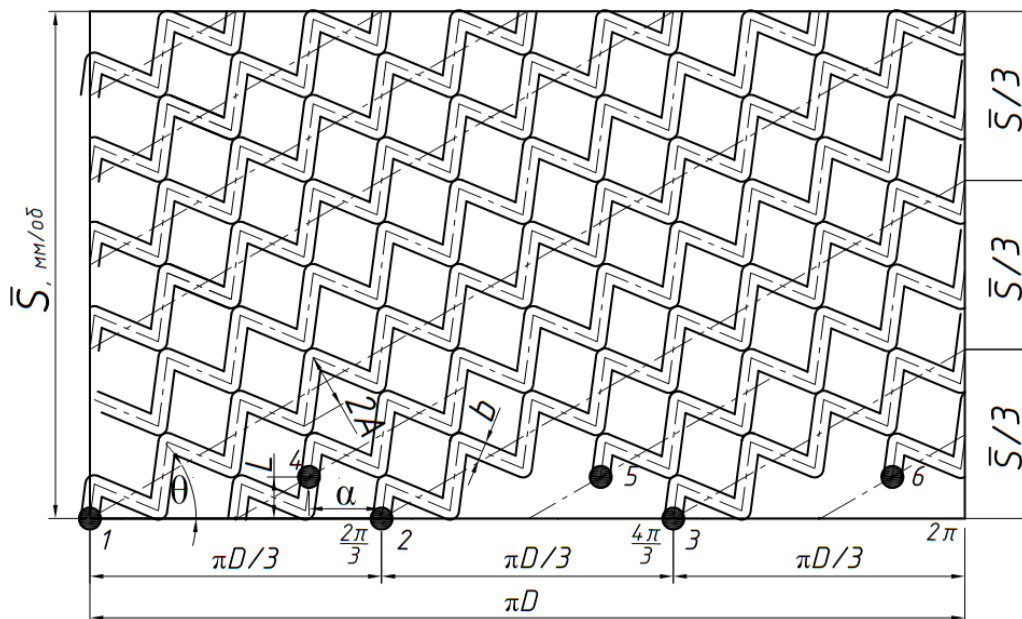


Рис. 3. Розгортка циліндричної поверхні з зображенням положення деформувальних елементів інструменту зміщених на кут α для формування асинфазних РМР

Для отримання частково-регулярного мікрорельєфу з асинфазними трикутними чи, наприклад, синусоїдальними канавками, що дотикаються у вершинах інструментом з розташуванням рядів деформувальних елементів зміщених на кут α (рис.3) повинні виконуватись наступні умови:

– відстань в осьовому напрямку між центрами кульок першого і другого ряду повинна дорівнювати

$$L = s / 12, \text{ мм}$$

– кут зміщення другої групи кульок відносно першої повинен дорівнювати

$$\alpha = 60 \cdot \sin^2 \left(\arctg \left(\frac{s}{\pi D} \right) \right), \text{ град.}$$

– амплітуда повинна дорівнювати

$$A = \frac{s \cdot \cos \theta}{12} - b, \text{ мм.}$$

$$\theta = \arctg \left(\frac{s}{\pi D} \right) \text{ град.}$$

де b – ширина відбитку деформувального елемента, мм.

Для заданої схеми розташування деформувальних елементів (рис.4) для отримання частково-регулярного мікрорельєфу з асинфазними канавками, що не дотикаються чи перетинаються у вершинах змінювати необхідно змінити лише амплітуду коливань інструменту.

– для РМР з канавками, що не дотикаються амплітуда визначається із залежності

$$A < \frac{s \cdot \cos \theta}{12} - b \text{ мм.}$$

– для РМР з канавками, що перетинаються амплітуда визначається із залежності

$$A > \frac{s \cdot \cos \theta}{12} - b \text{ мм.}$$

Для отримання частково-регулярного мікрорельєфу з асинфазними трикутними чи, наприклад, синусоїдальними канавками, що дотикаються у вершинах інструментом з розташуванням рядів деформувальних елементів один навпроти одного (рис.4 3) повинні виконуватись наступні умови:

– відстань в осьовому напрямку між центрами кульок першого і другого ряду повинна дорівнювати

$$L = s / 6, \text{ мм}$$

де s – подача інструменту, мм/об;

– кут зміщення другого ряду кульок відносно першого повинен дорівнювати

$$\alpha = 0^\circ \text{ град.}$$

– амплітуда повздовжніх коливань інструмента повинна дорівнювати

$$A = \frac{s \cdot \cos \theta}{12} - b, \text{ мм}$$

$$\theta = \arctg \left(\frac{s}{\pi D} \right) \text{ град.}$$

де b – ширина відбитку деформувального елемента, мм.

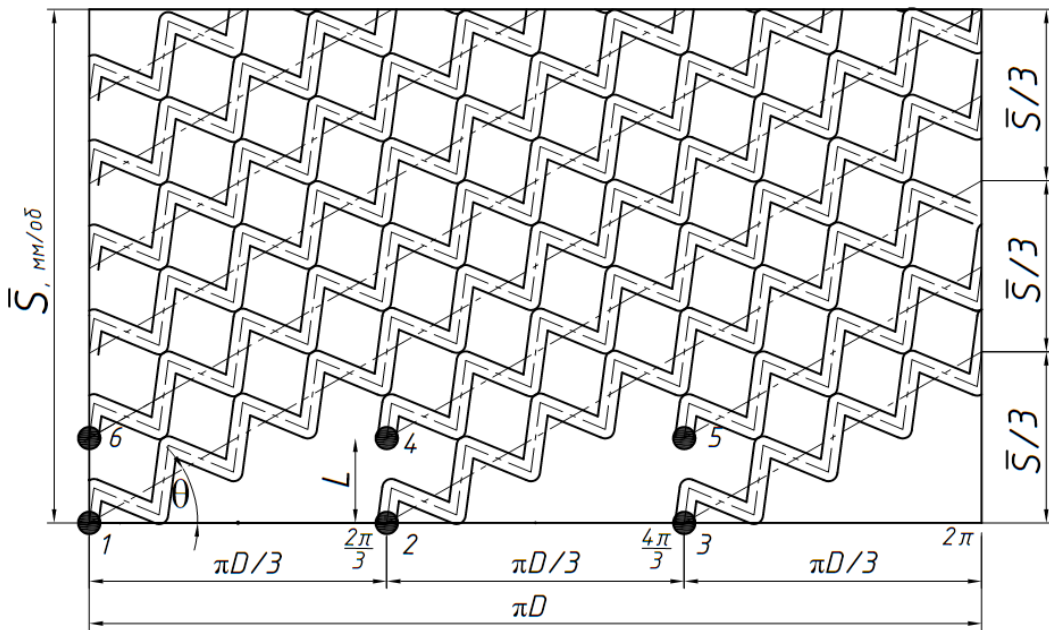


Рис. 4. Розгортка циліндричної поверхні з зображенням положення деформувальних елементів інструменту встановлених в ряд для формування асинфазних РМР

Для заданої схеми розташування деформувальних елементів (рис.3) для отримання частково-регулярного мікрорельєфу з асинфазними канавками, що не дотикаються чи перетинаються у вершинах змінювати необхідно лише амплітуду коливань інструменту.

– для забезпечення РМР з канавками, що не дотикаються амплітуда визначається із залежності

$$A < \frac{s \cdot \cos \theta}{12} - b \text{ мм.}$$

– для забезпечення РМР з канавками, що перетинаються амплітуда визначається із залежності

$$A > \frac{s \cdot \cos \theta}{12} - b, \text{ мм.}$$

Для отримання повністю регулярного мікрорельєфу з паралельними трикутними канавками (рис.4), які дотикаються повинні виконуватись наступні умови:

– відстань в осьовому напрямку між центрами кульок першої і другої групи повинна дорівнювати

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta}{6}, \text{ мм}$$

– кут зміщення другої групи кульок відносно першої повинен дорівнювати

$$\alpha = 60 \cdot \sin^2 \left(\arctg \left(\frac{s}{\pi D} \right) \right), \text{ град}$$

– амплітуда повинна дорівнювати

$$A = \sqrt{\left(\frac{\lambda \cdot \pi \cdot D \cdot \sin \theta}{8 \cdot b \cdot n} \right)^2 - \frac{\lambda^2}{16}},$$

де λ – крок невірностей

$$\theta = \arctg \left(\frac{s}{\pi D} \right).$$

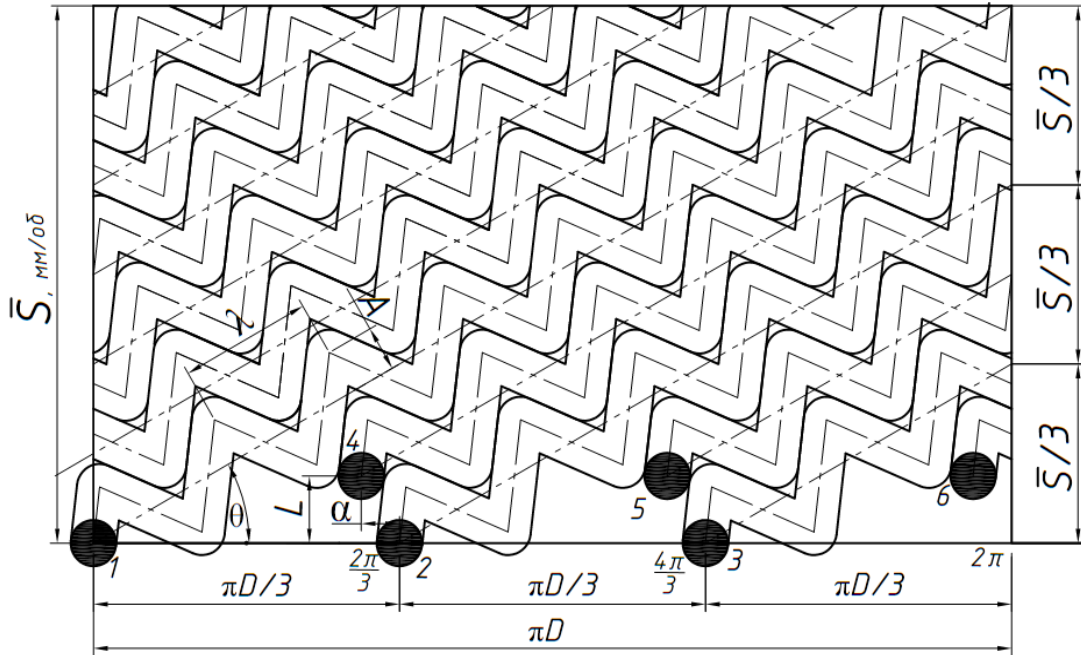


Рис. 5. Розгортка циліндричної поверхні з зображенням положення деформувальних елементів інструменту встановлених в ряд для формування синфазних трикутних РМР

В загальному випадку, залежності для визначення параметрів розміщення деформувальних елементів для формування заданих параметрів регулярних мікрорельєфів подані в таблиці 1.

Таблиця 1.

Умови формування регулярних мікрорельєфів на внутрішніх циліндричних поверхнях інструментом з двома рядами деформувальних елементів

Вид регулярного мікрорельєфу	Без зміщення деформувальних елементів	З зміщенням деформувальних елементів
З асинфазними трикутними або синусоїдальними канавками, що дотикаються у вершинах	$L = \frac{s}{2n}$ $A = \frac{s \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{s}{\pi \cdot D} \right) \right]}{4 \cdot n} - \frac{b}{2}$ $\alpha = 0$	$L = \frac{s}{4n}$ $\alpha = \frac{360 \cdot \sin^2 \left[\arctg \left(\frac{s}{\pi \cdot D} \right) \right]}{n}$ $A = \frac{s \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{s}{\pi \cdot D} \right) \right]}{4 \cdot n} - \frac{b}{2}$
З синфазними (паралельними) трикутними канавками, що дотикаються	-	$\begin{cases} i_{\text{дв.х.}} = \frac{\pi \cdot D_3}{\cos \theta \cdot \lambda} \\ k = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot \cos \theta}{\lambda \cdot n} \end{cases}$ $L = \frac{\pi \cdot D \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta}{2 \cdot n}$ $\alpha = \frac{360 \cdot \sin^2 \left[\arctg \left(\frac{s}{\pi \cdot D} \right) \right]}{2 \cdot n}$ $A = \sqrt{\left(\frac{\lambda \cdot \pi \cdot D \cdot \sin \theta}{8 \cdot b \cdot n} \right)^2 - \frac{\lambda^2}{16}}$

Висновки. В статті запропоновано конструкцію інструменту для формування регулярних мікрорельєфів вібраційним обкочуванням з двома рядами деформувальних елементів, що забезпечує збільшення продуктивності операції формування РМР.

Визначено умови формування різних типів регулярних мікрорельєфів багатокульковими інструментами на внутрішніх циліндричних поверхнях.

Отримано залежності для визначення конструктивних параметрів (відстань між деформувальними елементами, кут зміщення між їх рядами) багатокулькового інструменту та амплітуди його коливань для формування різних типів РМР.

Список використаних джерел:

1. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Ю.Г. Шнейдер. – Л. : Машиностроение, 1982. – 248 с.
2. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства / Ю. Г. Шнейдер. – Л. : Машиностроение, 1972. – 241 с.
3. Фельдман Я.С. Расчет параметров микрорельефа цилиндрических вибронакатанных поверхностей деталей машин, приборов и их технологическое обеспечение / Я.С. Фельдман. – Л.: ЛИТМО, 1979. – 97 с.
4. Киричок П. О. Технологічне забезпечення працездатності та надійності елементів та вузлів поліграфічних машин / П. О. Киричок // Технологія і техніка друкарства. – 2003. – №1.
5. Лешенкова Л.Р. Повышение производительности процесса и улучшение эксплуатационных свойств отверстий методом пластического деформирования с образованием регулярного микрорельефа: дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.03.01. «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» / Л.Р. Лешенкова. – Саратов, 2002. – 18 с.
6. ГОСТ 24773-81 Поверхности с регулярным микрорельефом. Классификация, параметры и характеристики. Введ. 1982–07–01. – М. : Изд.-во стандартов, 1988. – 14 с.
7. Проскуряков Ю.Г. Чистовая обработка деталей пластическим деформированием [Текст] / Ю. Г. Проскуряков, А. И. Осколков, Б. Г. Шаповалов [и др.]. – Барнаул : Алт. кн. изд-во, 1969. – 105 с.
8. Kryvyi P. Instrument for inner cylinder surfaces vibrating rolling and its structural parameters determination technique / Petro Kryvyi, Volodymyr Dzyura // Вісник ТНТУ, — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 82. — № 2. — С. 70-81. — (Машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).
9. ГОСТ 17573-72. Раскатки многошариковые жесткие дифференциальные диаметром от 40 до 300 мм для размерно-чистовой обработки отверстий деталей давлением. Конструкция и размеры. (с Изменением N 1) Введ. 1973-07-01. – М. : Изд.-во стандартов, 1983. – 10 с.
10. ГОСТ17574-72. Раскатки многошариковые жесткие дифференциальные диаметром от 40 до 300 мм для размерно-чистовой обработки отверстий деталей давлением. Технические требования (с Изменением N 1). Введ. 1973-07-01. – М. : Изд.-во стандартов, 1983. – 10 с.
11. Погодаев В.П. Технологическое обеспечение параметров поверхностей с частично регулярным микрорельефом деталей пар трения [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.08 - Технология машиностроения / В. П. Погодаев ; ОмГТУ. – Омск, 2004. – 16 с.

Стаття надійшла до редакції 25.05.2017