



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146839** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)
B24B 39/00
B82Y 30/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

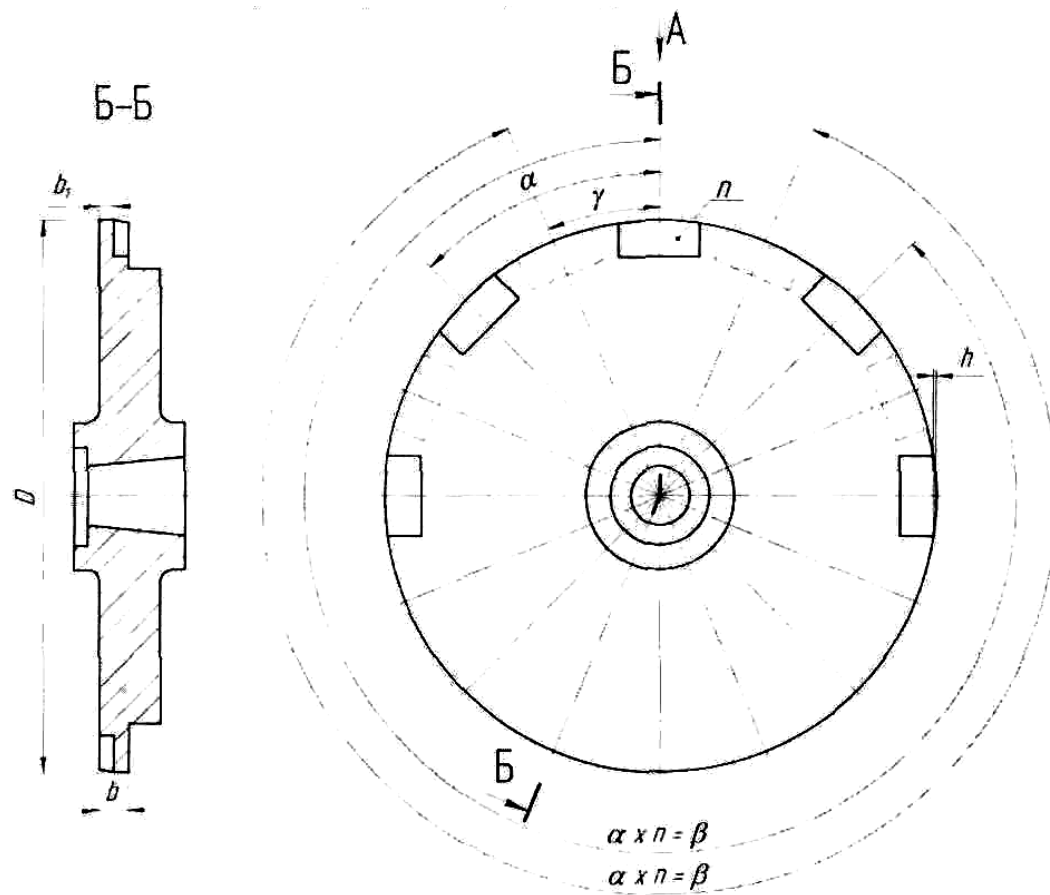
(21) Номер заявки: u 2020 06884	(72) Винахідник(и): Кирилів Володимир Іванович (UA), Чайковський Борис Петрович (UA), Максимів Ольга Володимирівна (UA), Ціж Богдан Романович (UA), Гурей Володимир Ігорович (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.10.2020	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 25.03.2021	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 24.03.2021, Бюл.№ 12	(73) Володілець (володільці): ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В. КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ, вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060 (UA)

(54) ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОЇ НАНОСТРУКТУРИЗАЦІЇ ПЛОСКИХ, ТОРЦЕВИХ І ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

(57) Реферат:

Інструмент для отримання поверхневих наноструктур різнонаправленою термопластичною деформацією високошвидкісним тертям на плоских, торцевих і циліндричних поверхнях з циклічним прикладанням тиску в зоні фрикційного контакту, який складається із корпусу і робочого диску, виконаного із титанового сплаву або нержавіючої сталі, причому робоча поверхня інструмента виконана зигзагоподібною зі змінною шириною робочої поверхні інструмента і утворена радіусними циліндричними заглибинами, вісь яких перпендикулярна до осі обертання інструмента і рівномірно розміщеними на обох торцях інструмента з їх взаємним зміщенням на половину кута їх розташування.

UA 146839 U



Фиг. 2

Корисна модель належить до області машинобудування і може бути використаний для поверхневого фрикційного зміцнення різнонапрявленою термопластичною деформацією робочих плоских, торцевих і циліндричних поверхонь сталевих і чавунних деталей машин.

Відомий спосіб механоімпульсної обробки деталей машин, який виконується на металорізальних (токарних, шліфувальних та ін.) верстатах і полягає у швидкісному нагріванні поверхневих шарів оброблюваної деталі високошвидкісним тертям до високих (вище точки фазових перетворень) температур, їх термопластичному деформуванню з великими швидкостями та швидкому охолодженню за рахунок зовнішнього і внутрішнього відведення тепла [1].

Відомий інструмент [1] у вигляді металевого диска з прямолінійною робочою циліндричною поверхнею на його периферії. Його недоліками є низька продуктивність зміцнення, а також висока шорсткість обробленої поверхні.

Відомий також інструмент для отримання нанокристалічних структур високошвидкісним тертям виготовлений за патентом № 42155 [2], що складається із корпусу та робочого диску, виконаного із титанового сплаву або нержавіючої сталі із радіальними отворами. У отворах розташовані пальці із повернутими всередину диска буртами, що контактують із корпусом інструменту, при цьому пальці виконують із матеріалу твердістю HRC 52-55, наприклад зі сталі, а кількість пальців вибирають із співвідношення:

$$n = \frac{D}{(3 \dots 5) \cdot d},$$

де D - зовнішній діаметр диска, мм; d - діаметр пальців, мм.

Основним недоліком даного інструменту є низька продуктивність процесу зміцнення та висока шорсткість поверхні.

Найближчим аналогом є конструкція інструменту згідно патенту № 70431 [3], який складається із корпусу та робочого диску виконаного із титанового сплаву або нержавіючої сталі. Робоча поверхня інструменту виконана криволінійною у вигляді шевронного зигзагоподібного профілю з кутом нахилу шеврона 12-30°, а кількість зигзгів робочого профілю вибирають із наступного співвідношення:

$$n = \frac{D}{2(B - b)},$$

де D - зовнішній діаметр диска, мм;
B - повна ширина робочого диску, мм;
b - ширина шевронного робочого профілю, мм;
 α - кут нахилу робочого профілю інструменту.

Даний інструмент підвищує продуктивність обробки та знижує шорсткість обробленої поверхні.

Задача корисної моделі - спростити конструкцію та поєднати переваги обох цих інструментів (аналога та прототипу) з метою підвищення продуктивності процесу, зниження шорсткості оброблюваних поверхонь та покращення їх фізико-механічних властивостей. Вказана задача досягається тим, що інструмент виконано із титанового сплаву або нержавіючої сталі, причому робоча поверхня інструменту виконана криволінійною у вигляді зигзагоподібного шевронного профілю зі змінною шириною робочої поверхні інструменту і утворена радіусними циліндричними заглибинами, вісь яких перпендикулярна до осі обертання інструменту і рівномірно розміщеними на обох торцях інструменту з їх взаємним зміщенням на половину кута їх розташування. Радіусні заглибини виконані на половину ширини робочої поверхні інструменту радіусом вибраним із співвідношення:

$$R = (2 \dots 3) b,$$

де b - максимальна ширина робочої поверхні інструменту, а їх кількість на кожній торцевій поверхні вибирають із співвідношення:

$$(4 \dots 5) \cdot \sqrt{2Rh - h^2},$$

де D - зовнішній діаметр інструменту, мм;
R - радіус заглибин, мм;
h - висота утвореного заглибинами сегменту, мм.

Використання криволінійного профілю інструменту створює під час оброблення різнонаправлену деформацію зміцнюваних поверхневих шарів, що згідно [4, 5] інтенсифікує фрагментацію структури та забезпечує моди деформації, які наближаються до простого зсуву. Така конструкція інструменту дозволяє багатократно повторювати процес деформації зі змінною

його напрямку паралельного осі, що дозволяє отримати високу ступінь деформації. Це призводить до покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару, підвищення продуктивності процесу та покращує шорсткість поверхні за рахунок нахилу робочої кромки інструменту до вектора швидкості його обертання. Такий інструмент може бути виготовлений як

суцільним (див. рисі), так і збірним аналогічно патенту № 70431 [2, 3]. Застосування інструменту з робочим криволінійним профілем утвореним радіусними заглибинами є новим. Таке рішення невідоме ні з аналога [2], ні з прототипу [3]. Тому вказана відмінність інструменту для фрикційного поверхневого зміцнення є новим і відповідає критерію "суттєві відмінності".

На Фіг. 1 зображено схему обробки плоскої поверхні пропонованим інструментом, де: 1 - інструмент; 2 - оброблювана деталь; 3 - подача технологічного середовища; 4 - стіл плоскошліфувального верстату, на Фіг. 2 - загальний вигляд суцільного інструменту, а на Фіг. 3 - загальний вигляд збірного інструменту. Оброблення інструментом 1 плоскої деталі 2 закріпленої на столі 4 з подачею технологічного середовища 3 показано на Фіг. 1. Збірний інструмент (Фіг. 3) складається з корпусу 1, в якому встановлено робочий диск 2 з шевронним робочим профілем. Диск закріплений у корпусі 1 фланцем 3 з допомогою гвинтів 4.

Зміцнення інструментом здійснюють на токарних або шліфувальних верстатах. Інструмент встановлюють у спеціальному пристосуванні (А.с. 1199601) на токарному верстаті, яке являється аналогом шпиндельної бабки шліфувального верстату, або шпинделі шліфувального верстату і обертають із коловою швидкістю 65-80 м/с. Інструмент притискають з постійним зусиллям 600-1000 Н до оброблюваної деталі, що обертається із 4 коловою швидкістю 0,014-0,035 м/с. Повздовжня подача інструменту відносно деталі 0,6-4,0 мм/об. Довжина лінії контакту інструмента з оброблюваною деталлю – 6-12 мм при повній ширині робочого диска 12 мм. Під час тертя інструмента і деталі у зоні їх контакту проходить локальне імпульсне нагрівання поверхні оброблюваної деталі до температури 800-1000 °С. У зону обробки подають технологічні середовища, наприклад, оливу індустріальну І-12А, яка забезпечує швидке охолодження зміцнюваної поверхні. Таким чином, під час обробки проходять структурно-фазові перетворення за рахунок швидкісного нагрівання та інтенсивного охолодження, а також фрагментація структури до нанорозмірного діапазону. Внаслідок зміцнення на поверхні деталі виникають нанокристалічні структури у вигляді білих шарів товщиною 100-500 мкм з підвищеною мікротвердістю до 8-12 ГПа залежно від вмісту вуглецю в сталі режимів обробки.

За рахунок криволінійного профілю утвореного радіусними заглибинами в зоні фрикційного контакту змінюються площини ковзання, що полегшує процес фрагментації структури інтенсивною пластичною деформацією внаслідок полегшення зародження дислокацій шляхом виникнення сприятливих умов формування джерела Франка-Ріда. Змінна ширина робочої частини інструменту призводить до зміни контактних напружень в зоні фрикційного контакту, що також позитивно впливає на фрагментацію структури і веде до збільшення глибини зміцненого поверхневого шару.

В таблиці 1 наведено параметри зміцненого шару різними інструментами на циліндричних зразках діаметром 20 і довжиною 100 мм зі сталі 40Х за наступних режимів: частота обертання зразка 20 об./хв., глибина врізання 0,35 мм, повздовжню подачу див. таблицю. Для прототипу і пропонованого інструменту подачу змінювали для досягнення однакової шорсткості щоб показати підвищення продуктивності обробки.

Таблиця

Параметри зміцненого шару зразків (за даними рентгенівського аналізу) зі сталі 40Х та продуктивність обробки для різних типів інструментів

Тип інструменту	Величина зерна, нм	P, % α (γ) фаза	$\rho \times 10^{12}$, см ⁻²	H _μ , ГПа	S, мм/об	T _{маш} , хв	R _a , мкм
Круг з вставними пальцями (аналог)	13,5	80 (20)	1,65	11,5	1,2	2,99	2,4
Круг шевронним профілем (прототип)	12,2	63 (37)	2,02	10,5	2,08	2,40	1,2
Пропонований інструмент	10,3	68 (32)	2,32	11,7	2,5	2,00	1,2

Отже, пропонується інструмент простіший за конструкцією та забезпечує покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару. Крім цього, зигзагоподібний профіль значно спрощує процес виготовлення інструменту. Використання цього інструменту підвищує продуктивність обробки в 1,2-1,5 рази порівняно із аналогом і прототипом та дозволяє отримувати на поверхні деталей машин нанокристалічні структури у вигляді білих шарів з покращеними трибологічними властивостями, а саме пониженим коефіцієнтом тертя та високою зносостійкістю. Ресурс роботи таких деталей зростає в 1,5-3,0 рази порівняно із деталями після традиційної термічної обробки, а саме гартування та відпуску.

Джерела інформації:

1. Бабеи Ю. И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна. К.: Наукова думка, 1988. 238 с.

2. Інструмент для отримання нанокристалічних структур високошвидкісним тертям: патент на корисну модель 42155 Україна: МПК51 В24В. Кирилів В.І., Никифорчин Г.М. № у 2009 00553; заявл. 26.01.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл.№ 12. 3 с.

3. Інструмент для отримання поверхневих нанокристалічних структур різнонаправленою термопластичною деформацією: патент на корисну модель 70431 Україна: МПК51 В24В. Кирилів В.І., Никифорчин Г.М., Максимів О.В., Гурей І.В., Курнат І.М. № у 2011 14042; заявл. 28.11.2011; опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11. 4 с.

4. Энгельбрехт Ю.К., Нигул У.К. Нелинейные волны деформации. М.: Наука, 1981. 256 с.

5. Сегал В.М. Процессы обработки металлов интенсивной пластической деформацией. Металлы. 2006. № 5. С. 130-141.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Інструмент для отримання поверхневих наноструктур різнонаправленою термопластичною деформацією високошвидкісним тертям на плоских, торцевих і циліндричних поверхнях з циклічним прикладанням тиску в зоні фрикційного контакту, який складається із корпусу і робочого диску, виконаного із титанового сплаву або нержавіючої сталі, причому з метою підвищення продуктивності процесу та покращення фізико-механічних властивостей обробленого поверхневого шару, робоча поверхня інструмента виконана зигзагоподібною зі змінною шириною робочої поверхні інструмента і утворена радіусними циліндричними заглибинами, вісь яких перпендикулярна до осі обертання інструмента і рівномірно розміщеними на обох торцях інструмента з їх взаємним зміщенням на половину кута їх розташування.

2. Інструмент за п. 1, який **відрізняється** тим, що радіусні заглибини виконані на половину ширини робочої поверхні інструмента радіусом, вибраним із співвідношення $R=(2...3) \times b$, де b - ширина робочої поверхні інструмента, а їх кількість на кожній торцевій поверхні вибирають із співвідношення:

$$(4...5) \cdot \sqrt{2Rh - h^2},$$

де D - зовнішній діаметр інструмента, мм;

R - радіус заглибин, мм;

h - висота утвореного заглибинами сегмента, мм.

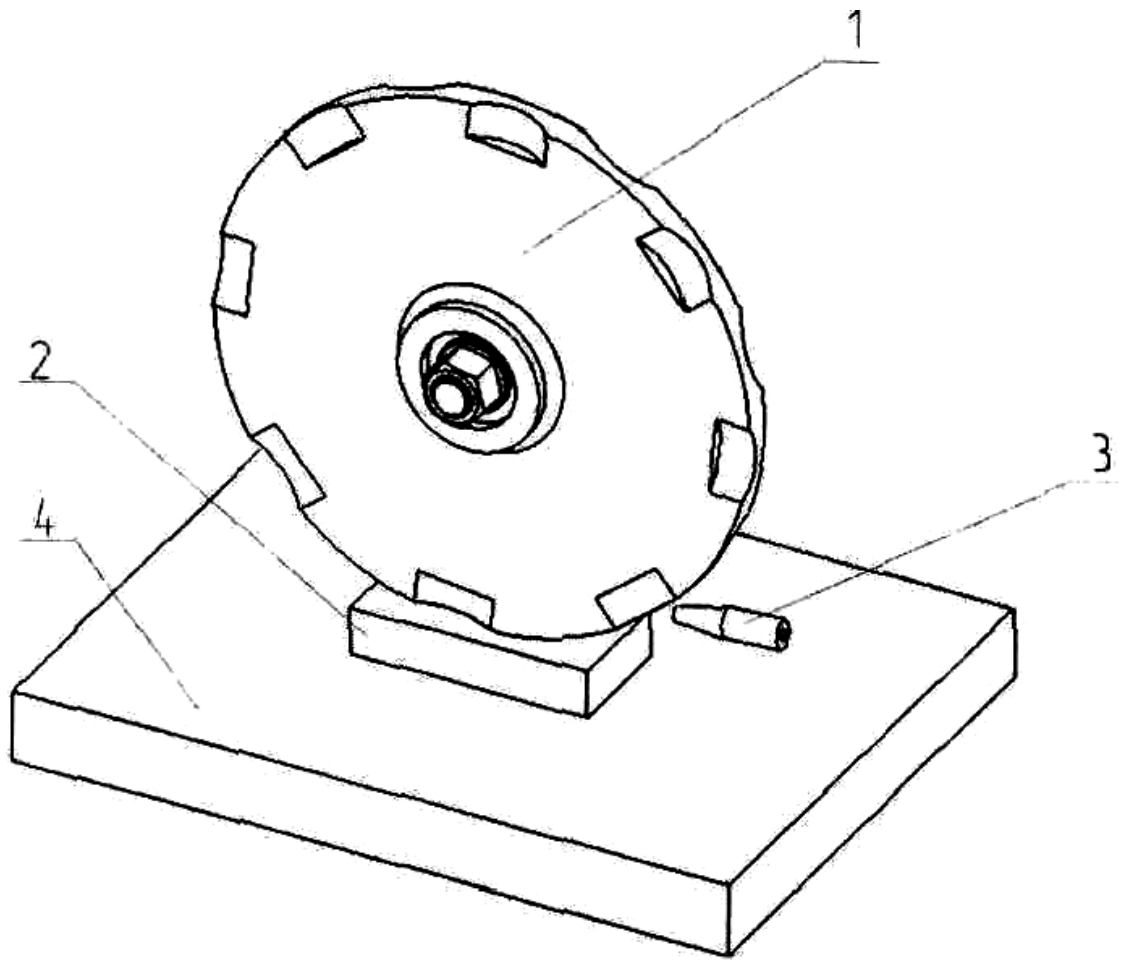
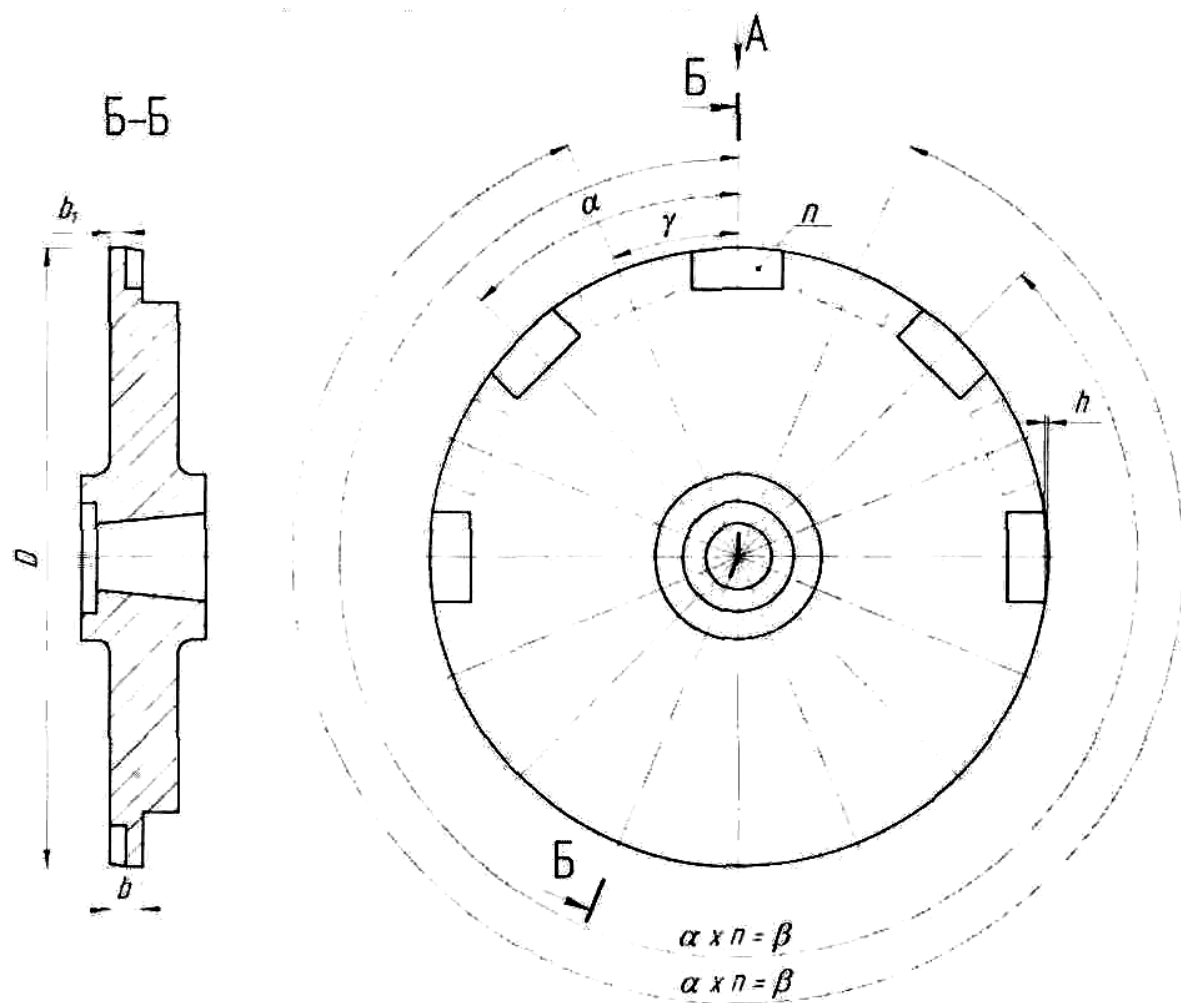


Fig. 1



Фиг. 2

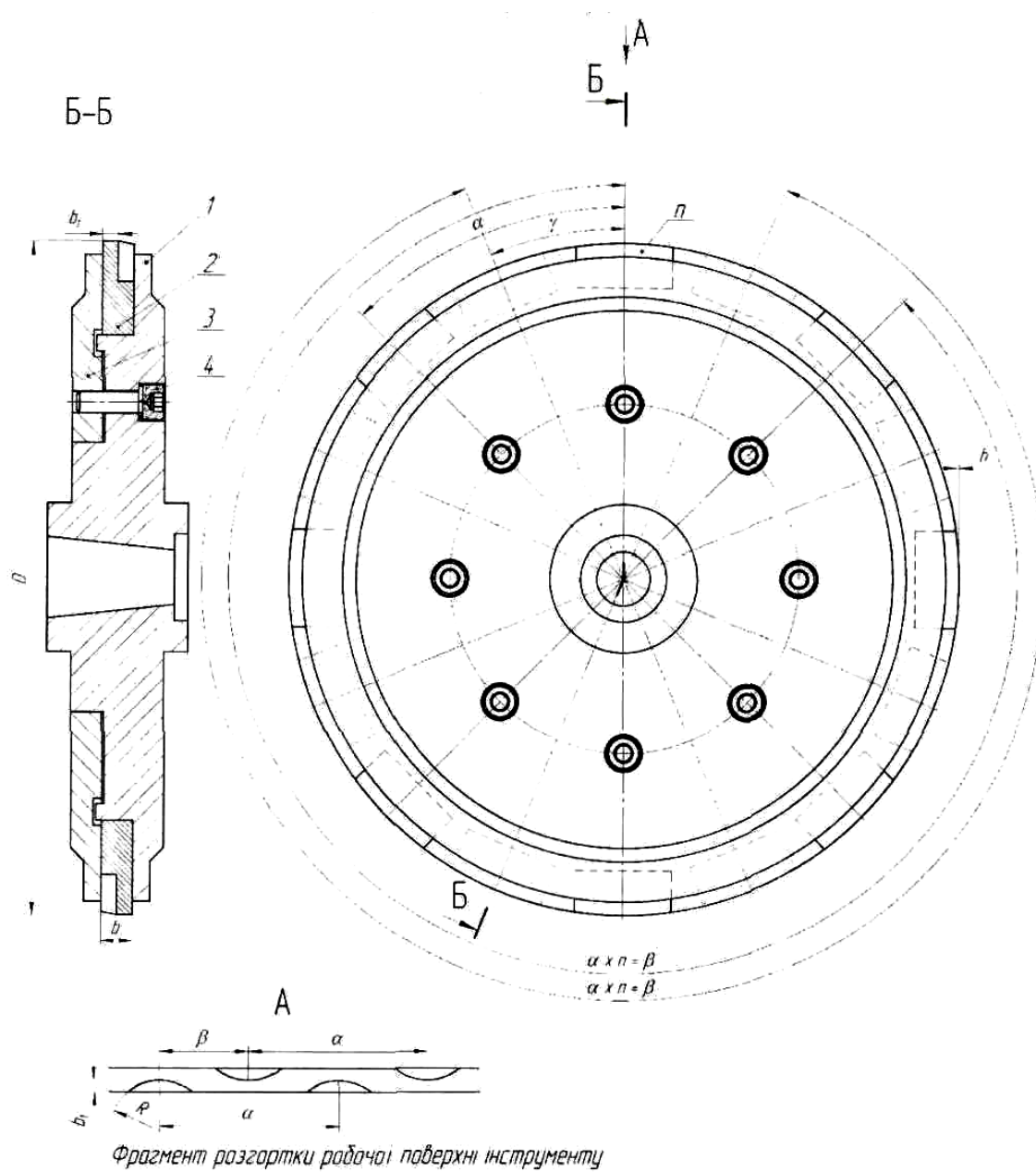


Fig. 3