



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 158589

(13) U

(51) МПК

B23C 5/06 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2024 03433**

(22) Дата подання заявки: **01.07.2024**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **27.02.2025**

(46) Публікація відомостей **26.02.2025, Бюл.№ 9**
про державну
реєстрацію:

(72) Винахідник(и):

**Виговський Георгій Миколайович (UA),
Балицька Наталія Олександрівна (UA),
Глембоцька Лариса Євгеніївна (UA),
Мельник Олександр Леонідович (UA),
Плисак Микола Миколайович (UA),
Громовий Олексій Андрійович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА,
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005
(UA)**

(54) ТОРЦЕВА СТУПІНЧАСТА ФРЕЗА

(57) Реферат:

Торцева ступінчаста фреза, у корпусі якої нерухомо закріплені чорнові різальні елементи групами, з розташуванням різальних елементів у радіальному напрямі за спіралями зі збільшенням вильотів відносно торця корпусу фрези, при зменшенні радіальних розташувань елементів, та чистового різального елемента, розміщеного в радіальному напрямі на найменшій відстані від осі фрези, а відносно корпусу фрези - з найбільшим вильотом. Чистовий різальний елемент має геометричні параметри, відмінні від геометричних параметрів чорнових різальних елементів, та виконаний рухомим у осьовому напрямі з пружним контактом з нерухомим копіром. Закріплений на корпусі верстата копір має змінну висоту відповідно до величини деформацій технологічної системи у процесі фрезерування.

U
158589
U

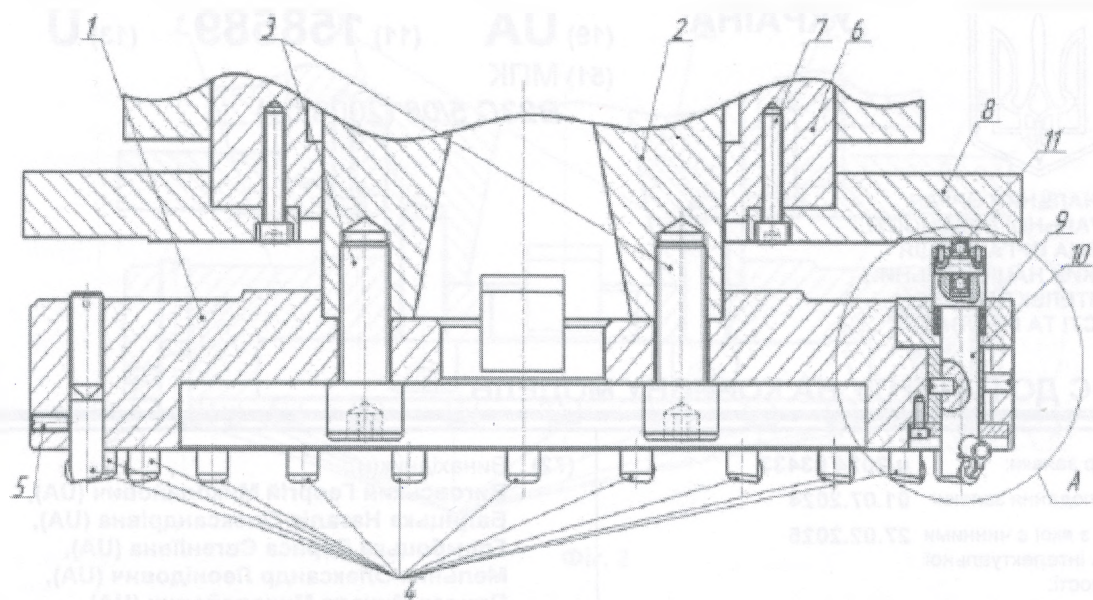


Fig. 2

Корисна модель належить до металообробки і може бути застосована для фінішної обробки плоских поверхонь деталей чистовим торцевим фрезеруванням.

Відома торцева ступінчаста фреза [1], яка має концентрично розташовані рухому зовнішню обойму з чорновими зубами та жорстко закріплену внутрішню обойму з чистовими зубами, зовнішня та внутрішня обойми з'єднані між собою пружною перемичкою.

Товщина перемички між обоймами визначає її пружні характеристики та можливість деформування під дією сил різання. Чорнові та чистові зуби розташовані в радіальному напрямі на різній відстані від осі фрези, а осьовому напрямі - в одній площині.

У зв'язку з тим, що чорнові зуби розташовані на більшому радіусі відносно чистових, вони вступають у різання першими, та під дією сил різання відбувається деформування перемичок пружної обойми, в якій вони встановлені, та зрізання частини загального припуску. Величини припуску, який зрізають чорнові зуби, залежить від величини сил різання та пружних характеристик перемичок.

Жорстко закріплені чистові зуби зрізають припуск, залишений після різання чорновими зубами. Радіальне та осьове розташування чорнових та чистових зубів та пружне деформування обойми з чорновими зубами у процесі різання дозволяє перерозподіляти сумарний припуск між ними та зменшити вплив різання чорновими зубами на процес формоутворення обробленої поверхні чистовими зубами при коливаннях величини загального припуску.

Недоліком конструкції торцевої ступінчастої фрези є те, що величина пружної деформації рухомої обойми з чорновими зубами під дією сил різання залежить від загального припуску, а зміни характеристик процесу різання (коливання припуску, зміна фізико-механічних властивостей оброблених деталей, знос зубів у процесі різання тощо) будуть вести до зрізання різного припуску чистовими різальними зубами. Нестабільність навантаження чистових зубів негативно позначається на якості обробки, а конструкція фрези не передбачає можливості регулювання пружних характеристик рухомої обойми. Необхідно також зазначити, що переривчастий характер торцевого фрезерування веде до того, що під час холостого пробігу сили різання чорновими зубами будуть дорівнювати нулю та повернення положення чорнових зубів у вихідний стан, тобто чорнові зуби будуть вступати у різання з максимальною величиною припуску, що буде викликати передачу ударних навантажень від різання чорновими зубами на чистові зуби та погіршення якості обробки.

Відомий також пристрій для обробки плоских поверхонь [2] торцевою фрезею, у корпусі якої встановлені на осях рухомі державки, які взаємодіють з нерухомим натискним елементом, натискний елемент виконаний у формі сегменту, та розташований концентрично зовнішній поверхні корпусу, внутрішня поверхня якого призначена для взаємодії з державками фрези, на вказаній поверхні виконана західна частина у формі спіралі Архімеда.

Попереду корпусу торцевої фрези на кронштейні, який нерухомо закріплений до станини верстата, встановлений натискний елемент, який виконаний у формі сегменту та контактує з радіусними частинами поворотних державок із закріпленими різальними платівками. При обертанні шпинделя верстата із закріпленою торцевою фрезею перед врізанням різальних частин поворотних державок вони входять у контакт з натискним елементом, що примушує повертатися державкам і забезпечувати процес різання. При виході із зони різання державки перестають контактувати з натискним елементом і під дією відцентрової сили повертаються відносно своїх осей і в осьовому напрямі створюється зазор між різальними платівками та обробленою поверхнею. Це дозволяє виключити утворення рисок на обробленій поверхні під час холостого пробігу. Разом з тим, при вході у зону різання поворотних державок, спочатку на них діє радіальна сила натискного елемента, що притискає державку до корпусу фрези, а під час різання державка додатково деформується силою різання, що змінює осьове положення державок та негативно впливає на якість обробки. Необхідно врахувати і те, що у процесі торцевого фрезерування змінюються сили різання за дугою контакту різальних елементів, що веде до різного ступеня деформації корпусу фрези та погіршення якості обробки.

Найближчий аналог за сукупністю суттєвих ознак до корисної моделі, вибраний як найближчий аналог, є спосіб плоского фрезерування торцевими фрезами [3], що включає зняття припуску чорновими та чистовими різальними елементами. Найбільшу частину припуску видаляють чорновими різальними елементами, які нерухомо закріплені відносно корпусу фрези, який рухається за коловою траєкторією, після чого чистовий припуск видаляють різальними елементами, які розташовані в радіальному напрямку на найменшій відстані від осі фрези з найбільшим вильотом відносно чорнових різальних елементів і рухаються за прямолінійною траєкторією перпендикулярно до вектору повздовжньої подачі заготовки.

Чорнові та чистові різальні елементи одночасно беруть участь у різанні та найбільша

частина припуску видаляється чорновими різальними елементами, після чого залишковий припуск зрізають чистові різальні елементи.

Розміщення чорнових та чистових різальних елементів виконано по спіральній-ступінчастій схемі різання з різним радіальним розташуванням, а в осьовому напрямі - ступінчасто, чистові різальні елементи мають більший виліт ніж чорнові відносно торця фрези, а в радіальному напрямі - на меншому радіусі, що дозволяє перерозподілити припуск між ними та створити стабільний припуск для різання чистовими різальними елементами, які формують оброблену поверхню. Чорнові різальні елементи нерухомо закріплені відносно корпусу фрези, а для отримання необхідної шорсткості обробленої поверхні чистові різальні елементи виконані рухомими у напрямі перпендикулярному до вектору повздовжньої подачі за рахунок примусового контакту рухомих чистових елементів відносно копіра.

Недоліком способу обробки є те, що при різанні чорновими різальними елементами, які зрізають більшу частину припуску, виникають значні сили різання, які діють у напрямі паралельному осі фрези та викликають переміщення чистових різальних елементів в цьому напрямі у зв'язку з їх жорстким закріпленням у корпусі фрези. Висота мікронерівностей оброблених поверхонь значною мірою залежить від осьового положення формоутворюючих елементів, тому нестабільність процесу формоутворення збільшує висоту мікронерівностей оброблених поверхонь.

Для торцевого фрезерування також властиві ударні навантаження, які виникають при врізанні різальних елементів у заготовку та виходу із неї. Тому, при формуванні обробленої поверхні декількома чистовими різальними елементами на їх осьове положення будуть впливати ударні змінні деформації фрези на ділянках врізання та виходу чорнових різальних елементів. Крім цього, існуючі неточності взаємного розташування чистових різальних елементів (похибки: базування і закріплення різальних елементів фрези, базування фрези на верстаті, заточування різальних елементів тощо) призводять до неповної участі різальних елементів у формуванні оброблених поверхонь, що негативно позначається на їх якості.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення торцевої ступінчастої фрези, яка приведе до підвищення якості обробки плоских поверхонь шляхом забезпечення стабільного положення чистового формоутворюючого різального елемента у процесі торцевого фрезерування плоских поверхонь.

Поставлена задача вирішується тим, що торцева ступінчаста фреза, у корпусі якої нерухомо закріплені чорнові різальні елементи групами, з розташуванням різальних елементів у радіальному напрямі за спіралями зі збільшенням вильотів відносно торця корпусу фрези, при зменшенні радіальних розташувань елементів, та чистового різального елемента, розміщеного в радіальному напрямі на найменшій відстані від осі фрези, а відносно корпусу фрези - з найбільшим вильотом, згідно з корисною моделлю, чистовий різальний елемент має геометричні параметри, відмінні від геометричних параметрів чорнових різальних елементів, та виконаний рухомим у осьовому напрямі з пружним контактом з нерухомим копіром, закріплений на корпусі верстата копір має змінну висоту відповідно до величини деформацій технологічної системи у процесі фрезерування.

Виконання чистового різального елемента з геометричними параметрами, які відмінні від геометрії чорнових різальних елементів, дозволяє створити раціональні умови зрізання тонких перерізів шару, що зрізаються, та формоутворювати поверхневий шар деталей з необхідними фізико-механічними характеристиками. Відмінність геометрії чистових різальних елементів від чорнових пояснюється їх різними обсягами зрізуваних шарів та їх призначенням. Функцією чорнових різальних елементів є зрізання необхідного припуску та формування стабільного раціонального припуску для різання чистовими різальними елементами. Тому до чорнових різальних елементів пред'являються вимоги максимальної зносостійкості та продуктивності, а для чистових - забезпечення необхідної якості обробки, що вимагає змінних характеристик геометричних параметрів різальних елементів.

Положення чистового різального елемента, розміщеного на найменшій відстані від осі фрези, а в осьовому напрямі - з найбільшим вильотом відносно корпусу фрези, дозволяє гарантувати, що формоутворення обробленої поверхні буде здійснюватися тільки чистовим різальним елементом.

Відомо, що у процесі торцевого фрезерування мають місце ділянки процесу врізання та перебігу, де ширина фрезерування коливається від нуля до ширини обробленої деталі - на ділянках врізання, та від ширини обробленої деталі - до нуля на ділянках перебігу, що викликає коливання тангенційної, осьової та радіальної сил різання. Коливання сил різання викликають змінні деформації технологічної системи та різні величини відтиску різального інструменту від обробленої поверхні, що позначається на мікро- та макрогеометрії оброблених поверхонь, тому

виникаюча нестабільність осьового положення формоутворюючого чистового різального елемента буде копіюватися на обробленій поверхні. Крім цього, динамічною нестабільністю характеризується процес торцевого фрезерування у зв'язку з тим, що кожний різальний елемент входить у процес різання з ударом, що веде виникнення коливання сил різання та до зменшення навантаження на різальний елемент при виході його із різання.

Висока нестабільність силового навантаження не гарантує стабільного процесу формоутворення при різанні торцевими фрезами, тому розміщення чистового різального елемента на найменшій радіальній відстані від осі фрези, а в осьовому напрямі - з найбільшим вильотом відносно корпусу фрези гарантує, що формоутворення буде здійснюватися тільки чистовим різальним елементом, що дозволяє створювати йому необхідну геометрію залежно від фізико-механічних характеристик оброблюваних деталей. Разом з тим, нерухоме закріплення формоутворюючого різального елемента призводить до того, що деформації корпусу фрези від підвищених сил різання чорновими різальними елементами призводять до осьових деформацій та осьового переміщення формоутворюючого різального елемента, що погіршує якість обробки. Тому виконання чистового різального елемента в осьовому напрямі з пружним контактом з нерухомим копіром дозволяє формувати плоску поверхню відповідно до профіля копіра незалежно від сил різання, які будуть діяти на чорнові різальні елементи. Жорстке закріплення на корпусі верстата копіра дозволяє гасити високочастотні коливання за рахунок великої маси. У процесі фрезерування за дугою контакту змінюються товщини зрізаного шару, що викликає змінні деформації технологічної системи, тому створення змінної висоти копіра зі збільшенням його висоти при збільшенні товщини зрізаного шару дозволяє забезпечити стабільне положення чистового різального елемента, який формує оброблену поверхню, навіть при значних деформаціях технологічної системи.

Технічний результат, якого можна досягти при використанні корисної моделі, полягає в підвищенні якості обробки плоских поверхонь шляхом забезпечення стабільного положення чистового формоутворюючого різального елемента у процесі торцевого фрезерування плоских поверхонь за рахунок виключення передачі підвищених деформацій корпусу фрези від різання чорновими різальними елементами виконання та регулювання величини переміщення чистового різального елемента з раціональною геометрією з врахуванням умов різання його за дугою контакту із заготовкою.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі та технічним результатом простежується у тому, що нові ознаки, які введені у торцеву ступінчасту фрезу, а саме - чистовий різальний елемент виконаний рухомим в осьовому напрямі з пружним контактом з нерухомим копіром, який закріплений на корпусі верстата, та має змінну висоту відповідно до товщини шару, що зрізається, чистовим різальним елементом за дугою його контакту із заготовкою та який має геометричні параметри відмінні від геометричних параметрів чорнових різальних елементів, дозволяє забезпечити стабільне його положення у процесі різання незважаючи на сили різання, які виникають у процесі торцевого фрезерування та з врахуванням зміни сил різання при чистовому різанні за дугою контакту чистового різального елемента з заготовкою.

За рахунок виконання чистового різального елемента рухомим відносно копіра, який нерухомо закріплений на корпусі верстата, є можливість регулювання його осьового положення у процесі формоутворення мікронерівностей оброблених поверхонь. Виключення передачі підвищених деформацій від різання чорновими різальними елементами на зміну положення чистового різального елемента забезпечує зменшення похибок обробки.

У процесі торцевого фрезерування сили різання значною мірою визначаються товщинами зрізу за дугою контакту різального елемента із деталлю. Відомо, що товщина зрізаного шару a при торцевому фрезеруванні складає: $a = S_z \sin \varphi \sin \theta$, де: S_z - подача на зуб; φ - головний кут у плані; θ - миттєвий кут контакту різального елемента із заготовкою. Зміна товщини зрізаного шару викликає зміну сил різання, тому при торцевому мають місце змінні осьові деформації корпусу фрези, що при жорсткому закріпленні формоутворюючих різальних елементів веде до зміни їх осьового положення та погіршення якості обробки. Збільшення товщини зрізаного шару призводить до зростання сил різання і деформацій технологічної системи, тому виконання копіра змінною висотою зі збільшенням висоти при збільшенні товщини зрізаного шару дозволяє протидіяти силам різання, які відтискають різальний елемент від деталі, та забезпечити стабільне положення чистового різального відносно деталі, що підвищує якість обробки. При цьому геометричні параметри чистового різального елемента, функцією якого є формування обробленої поверхні, враховують особливості процесу різання з мінімальними товщинами зрізаного шару, особливо на ділянках врізання та виходу чистового різального елемента із зони різання та дозволяє підвищити якість обробки за шириною деталі.

У сукупності ознак корисної моделі вирішується нова властивість, яка дає можливість підвищення якості обробки ступінчастою торцевою фрезою плоских поверхонь деталей.

Наведені докази свідчать, що ознаки сукупності увійшли у взаємодію, тобто, корисна модель, що запропоновано, являє собою єдине ціле, як сукупність взаємопов'язаних частин, яка дозволяє підвищити якість обробки плоских поверхонь деталей торцевою ступінчастою фрезою на металорізальних верстатах.

Наслідком досягнення зазначеної нової ознаки є отримання позитивного ефекту, задекларованого у поставленій задачі.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями торцевої ступінчастої фрези: фіг. 1 - схема розміщення торцевої фрези на верстаті; фіг. 2 - конструкція торцевої ступінчастої фрези; фіг. 3 - конструкція рухомого чистового різального елемента фрези.

Згідно з запропонованою корисною моделлю торцева ступінчаста фреза (фіг. 1) складається із корпусу 1, який закріплений на шпинделі 2 верстата гвинтами 3. У корпусі 1 фрези встановлені чорнові різальні елементи 4, що нерухомо закріплені гвинтами 5 відносно корпусу 1 фрези та розміщені в радіальному напрямі на відстані r_2 від осі фрези, а в осьовому напрямі - з вильотом t_1 відносно торця фрези. До нерухомої частини 6 верстата приєднаний гвинтами 7 копір 8, який має змінну висоту (від h_1 до h_2). До копіра 8 пружиною 9, яка встановлена на рухомому чистовому різальному елементі 10, притиснутий підшипник 11, що встановлений на чистовому різальному елементі 10. Рухомий чистовий різальний елемент 10 у радіальному напрямі розміщений на найменшій відстані від осі фрези $r_1 < r_2$, а в осьовому напрямі з найбільшим вильотом по відношенню до нерухомих чорнових різальних елементів $t_2 > t_1$.

У радіальному напрямі (фіг. 2) чорнові різальні елементи 4 розташовані за спіралями зі збільшенням вильотів відносно торця корпусу 1 фрези при зменшенні радіальних розташувань елементів, та чистового різального елемента 10, розміщеного в радіальному напрямі на найменшій відстані від осі фрези, а відносно корпусу фрези 1-3 найбільшим вильотом, що дозволяє забезпечити формоутворення обробленої поверхні чистовим різальним елементом 10, що пружно контактує під дією зусилля пружини 9 через підшипник 11 з копіром 8. Величина осьового переміщення чистового різального елемента 10 залежить від висоти копіру 8 на ділянці процесу різання плоскої поверхні деталі.

Для забезпечення необхідного куткового положення чистового різального елемента 10 (фіг. 3), що рухається в осьовому напрямі відносно корпусу 1 фрези, він закріплений у втулці 13 за допомогою гвинта 14. У втулці 13 виконаний прямокутний паз, в який входить гвинт 15, що забезпечує необхідне кутове положення чистового різального елемента 10. Для створення необхідного зусилля притискання підшипника 11 до копіра 8, підшипник 11 встановлений на осі 12 чистового елемента 10, та чистовий елемент 10 виконаний ступінчастим та на ньому встановлена пружина 9. При обертанні фрези у процесі різання підшипник 11 обкочується по нерухомому копіру, що має змінну висоту (від h_1 до h_2) в залежності від товщини зрізаного шару, забезпечує необхідне осьове положення чистового рухомого різального елемента 10.

Процес обробки плоских поверхонь торцевою ступінчастою фрезою здійснюють наступним чином.

При обертанні шпинделя 2 (фіг. 2) верстата навколо своєї осі крутний момент передається закріпленому на ньому гвинтами 3 корпусу 1 торцевої фрези. Деталь, що оброблюється здійснює поступально-прямолінійний рух. Нерухомо закріплені відносно корпусу 1 фрези чорнові різальні елементи 4, що розташовані групами у радіальному напрямі за спіралями зі збільшенням вильотів відносно торця корпусу 1 фрези при зменшенні радіального розташування, вступають в різання першими та зрізають переважну величину припуску. Залишену частину припуску зрізає чистовий різальний елемент 10, який виконаний рухомим у осьовому напрямі. При зрізанні припуску чистовим різальним елементом 10 він здійснює необхідне осьове переміщення залежно від висоти профілю копіра 8, що нерухомо закріплений на корпусі 6 верстата, за рахунок контакту підшипника 11 під дією пружини 9, що встановлені на чистовому різальному елементі 10. Таким чином осьові деформації корпусу 1 фрези від дії сил різання чорновими різальними елементами не передаються чистовому різальному елементу 10, що формоутворює оброблену поверхню та осьове його положення залежить тільки від висоти копіра 8 - це дозволяє забезпечити стабілізацію його положення та виключити впливу підвищених сил різання чорновими різальними елементами 4 на профіль обробленої поверхні. Підшипник 11 обкочується по нерухомому копіру 8, який має змінну висоту від h_1 до h_2 , відповідно до товщини шару, що зрізається, чистовим різальним елементом 10 за дугою його контакту із заготовкою. Постійний контакт чистового різального елемента 10 з копіром 8 та виконання його змінної висоти (збільшення висоти при збільшенні товщини зрізаного шару) дозволяє враховувати нестабільні деформації технологічної системи у процесі торцевого

фрезерування, який характеризується нестационарними силами різання у процесі входу та виходу чистового різального елемента 10 в зону різання та змінність сил різання за дугою контакту чистового різального елемента 10 із заготовкою.

Запропонована корисна модель дозволяє підвищити якість обробки плоских поверхонь шляхом забезпечення стабільного положення чистового формоутворюючого різального елемента та регулювання його осевого положення у процесі торцевого фрезерування плоских поверхонь.

Джерела інформації:

1. Торцовая ступенчатая фреза. АС СССР, № 623311. В23С 5/06, Ю.М. Ермаков, М.И. Молчанова, В.П. Шляпин; № 2328913/25-08; заявл. 21.07.1976. Оpubл. 07.06.1984.
2. Устройство для обработки плоских поверхностей. А.с. СССР, SU № 1537412 А1. В23С 5/06, Ю.Г. Миков, С.П. Пестов; № 4403130/31-08; заявл. 04.04.1988. Оpubл. 23.01.1990.
3. Спосіб плоского фрезерування торцевими фрезами. Деклараційний патент на винахід, Україна, № 40156 А, В23С3/00, Виговський Г.М., Громовий О.А., Лосєв В.Ю., Мельничук П.П.; № 2000074236; заявл. 17.07.2000. Оpubл. 16.07.2001.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Торцева ступінчаста фреза, у корпусі якої нерухомо закріплені чорнові різальні елементи групами, з розташуванням різальних елементів у радіальному напрямі за спіралями зі збільшенням вильотів відносно торця корпусу фрези, при зменшенні радіальних розташувань елементів, та чистового різального елемента, розміщеного в радіальному напрямі на найменшій відстані від осі фрези, а відносно корпусу фрези - з найбільшим вильотом, яка **відрізняється** тим, що чистовий різальний елемент має геометричні параметри, відмінні від геометричних параметрів чорнових різальних елементів, та виконаний рухомим у осевому напрямі з пружним контактом з нерухомим копіром, закріплений на корпусі верстата копір має змінну висоту відповідно до величини деформацій технологічної системи у процесі фрезерування.

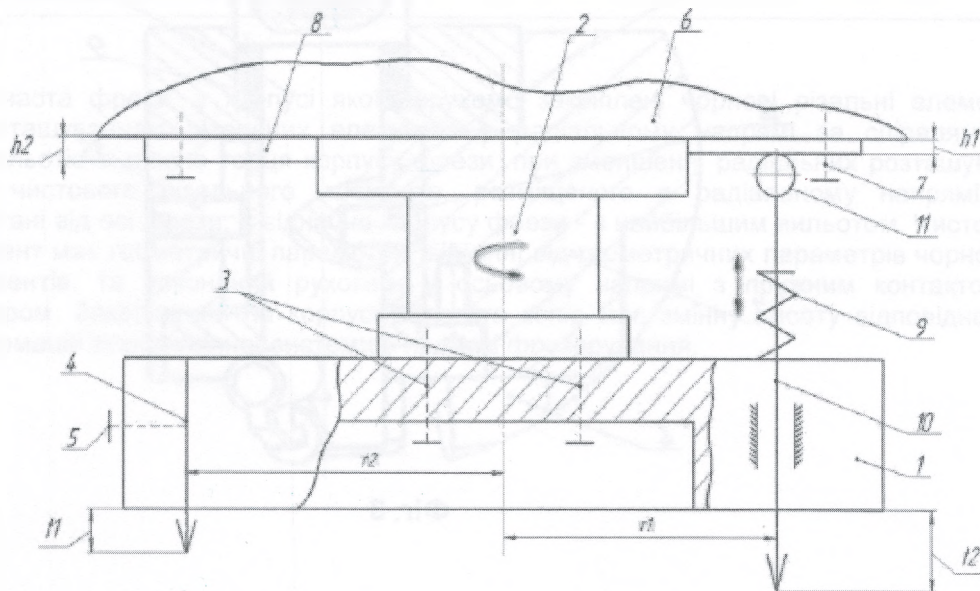


Fig. 1

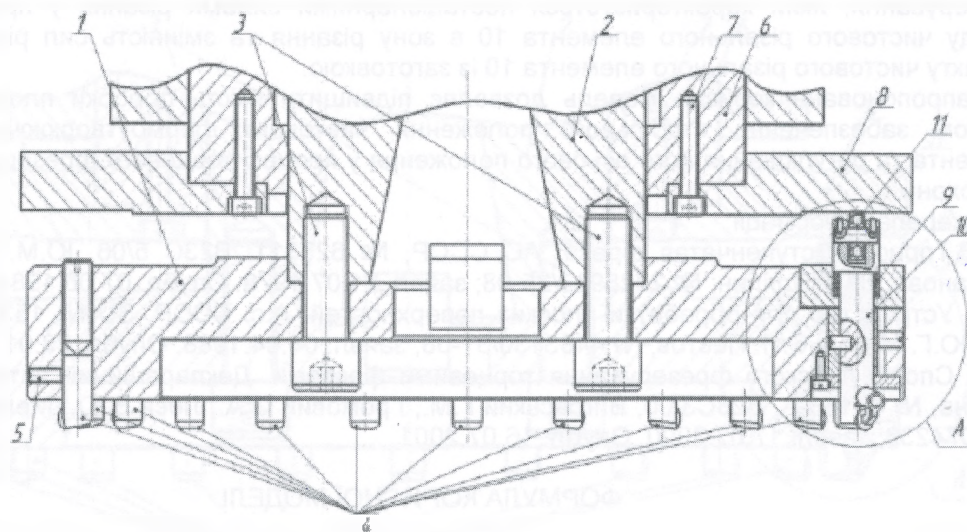


Fig. 2

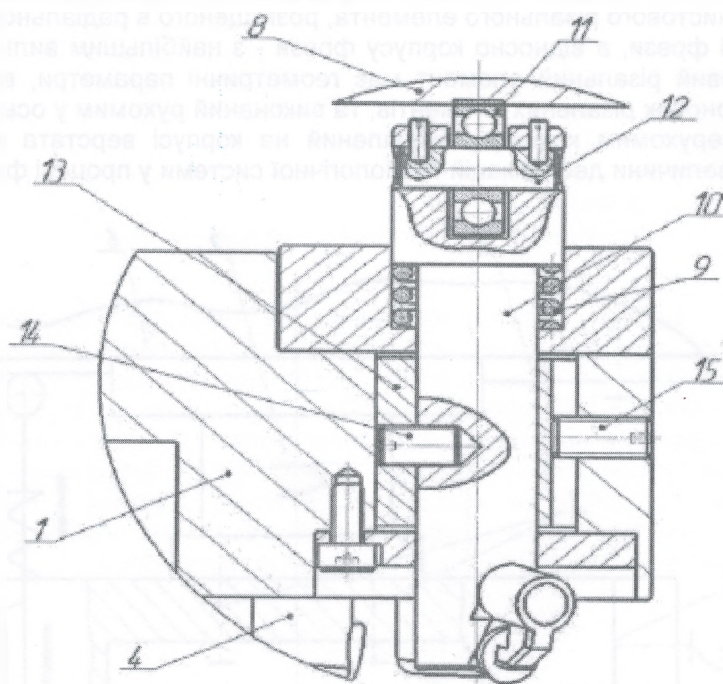


Fig. 3