

Винахід належить до галузі машинобудування, а саме до різальних інструментів.

Відома торцева ступінчаста фреза [1], що має корпус, торцева поверхня якого виконана у вигляді поверхні обертання - зрізаного конуса, і різальні елементи однакової відносно поверхні зрізаного конуса висоти, розташовані у гніздах корпусу однакової, відносно конічної поверхні, глибини, з однаковим кутовим кроком між собою, і поділені на групи, кожна з котрих має форму спіралі, а відповідні різальні елементи груп розташовані на концентричних, відносно осі фрези, колах, причому вказані спіралі виконані логарифмічними. При обробці деталей відомою фрезою, завдяки зменшенню припуску на чистові ножі, досягається підвищення якості обробленої поверхні.

Загальними з винаходом суттєвими ознаками відомої торцевої ступінчастої фрези є корпус, торцева поверхня якого виконана у вигляді поверхні обертання, і різальні елементи, які розташовані на спіралі та виконані однакової висоти відносно поверхні обертання.

Але, у зв'язку з неможливістю однакового виготовлення всіх різальних елементів та точного виставлення на окремі концентричні кола, що забезпечило б однакову їх участь в різанні, при експлуатації відомої фрези, внаслідок виникаючого биття різальних елементів, створюється нерівномірне навантаження та нерівномірне підвищене зношування деяких з цих елементів, що призводить до зниження стійкості відомої торцевої фрези.

Конічна форма торцевої поверхні корпусу та логарифмічна форма спіралей, на яких розташовуються різальні елементи кожної з груп, визначають збільшені габарити фрези (відносно максимальної ширини оброблюваної деталі), що є негативною її характеристикою підвищеної металоємності. Крім того, різальні елементи, розташовані на більших діаметрах корпусу, характеризуються надто збільшеною швидкістю різання, що суттєво підвищує інтенсивність зношування відомої торцевої фрези, і, таким чином, суттєвим недоліком відомої торцевої ступінчастої фрези за аналогом є низька її стійкість.

Найбільш близьким аналогом торцевої ступінчастої фрези, що заявляється, вибраним як прототип, є торцева ступінчаста фреза О.П. Омельченка [2]. В відомій торцевій ступінчастій фрезі, яка має корпус, торцева поверхня якого виконана у вигляді кривої опуклої поверхні, і різальні елементи однакової відносно торцевої поверхні корпусу висоти, розташовані в гніздах корпусу однакової відносно торцевої поверхні глибини з однаковим кутовим кроком між ними і поділені на групи, кожна з яких має форму спіралі, відповідні різальні елементи якої розташовані на концентричних відносно осі фрези колах, а відстані між різальними елементами кожної групи в осьовому напрямку збільшуються зі збільшенням діаметрів кіл, на яких розташовані дані різальні елементи. Новими суттєвими ознаками відомого винаходу є виконання торцевої поверхні корпусу фрези у вигляді пояса еліпсоїда обертання та виконання спіралей, по яким розташовані різальні елементи груп, у вигляді спіралей Архімеда. Така конструкція торцевої ступінчастої фрези дозволяє знизити металоємність та зменшити габаритні розміри фрези.

Загальними суттєвими ознаками торцевої ступінчастої фрези за прототипом та запропонованої є: торцева ступінчаста фреза, що має корпус, торцева поверхня якого виконана у вигляді пояса еліпсоїда обертання, і різальні елементи, які розташовані на спіралі та виконані однакової висоти відносно поверхні пояса еліпсоїда обертання.

Проте, в відомій торцевій ступінчастій фрезі з торцевою поверхнею корпусу, виконаній у вигляді пояса еліпсоїда обертання, для різальних елементів, встановлених на більших діаметрах, з розташуванням їх на спіралях Архімеда (тобто рівновіддаленими в радіальному і кутовому напрямках) має місце збільшення головних кутів в плані, а разом з ними, збільшення товщини і ширини зрізу вказаними різальними елементами. Це призводить до збільшення сил і температур при різанні ними, а значить і викликає підвищення інтенсивності їх зношування та зниження стійкості торцевої фрези за прототипом.

Другою причиною зниження стійкості відомої торцевої фрези є підвищення інтенсивності зношування різальних елементів, розташованих на однакових діаметрах внаслідок впливу биття на рівномірність їх навантаження за товщиною та шириною зрізу.

Таким чином, суттєвим недоліком торцевої ступінчастої фрези за прототипом є невисока її стійкість.

Метою винаходу є підвищення стійкості торцевої ступінчастої фрези. В основу винаходу поставлена задача удосконалення торцевої ступінчастої фрези як за рахунок зниження впливу биття лез різальних елементів (яке звичайно отримується при збиранні різальних елементів на корпусі фрези та її встановленні на шпинделі верстату) на їх участь в різанні, так і завдяки вирівнюванню робочого навантаження на різальні елементи шляхом зменшення радіальної відстані між ними в радіальному розташуванні зі зростанням їх радіальних положень.

Поставлена задача вирішується тим, що в торцеву ступінчасту фрезу, що має корпус, торцева поверхня якого виконана у вигляді пояса еліпсоїда обертання, і різальні елементи, які розташовані на спіралі та виконані однакової висоти відносно поверхні пояса еліпсоїда обертання, введені нові суттєві ознаки. Згідно з винаходом, спіраль виготовлена багатовитковою у вигляді спіралі Ферма.

Крім того, загальна кількість використаних витків спіралі Ферма визначається за формулою:

$$N = \frac{i \pm t}{i^2} (i - 1)k,$$

де: i - кількість різальних елементів, встановлених на одному повному колі корпусу фрези;

t - випередження, виконане у напрямку спіралі (зі знаком "+"), або відставання, виконане у протилежному напрямку (зі знаком "-"), в розташуванні кожного наступного різального елемента відносно одного повного кола корпусу фрези;

k - загальна кількість різальних елементів, встановлених на корпусі фрези.

Запропонована конструкція торцевої ступінчастої фрези дозволяє запобігти використанню отриманих від биття неефективних тонкоріжучих різальних елементів, товщина зрізу лезами яких порівнянна з радіусами їх заокруглень і таких, що тільки труться або взагалі не дістають до поверхні різання. Це досягається за рахунок того, що різальні елементи виконані лише по одному на кожному з діаметрів. В цьому випадку вплив биття лез різальних елементів на товщину зрізу виключається (хоча залишається

незначний вплив на ширину зрізу).

Виконання спіралі, на якій розташовані різальні елементи, багатовитковою у вигляді спіралі Ферма, дозволяє досягти зменшення радіального кроку розташування різальних елементів, встановлених на послідовно зростаючих витках спіралі (тобто на більших діаметрах). Це дозволяє отримати менші товщини зрізів для різальних елементів, встановлених в корпусі на більших діаметрах, отримати практично постійну величину площ зрізу різними різальними елементами (що було неможливим для фрези за прототипом). В цьому випадку практично вирівнюються величини сил різання, теплоутворення та зношування окремих різальних елементів при їх роботі. Завдяки вказаному розташуванню різальних елементів досягнуто зменшення зношування перевантажених у фрезі за прототипом елементів, розташованих на більших діаметрах, а також 100%-ву участь всіх різальних елементів в різанні, що викликає підвищення рівномірності процесу фрезерування і, як результат, підвищення стійкості запропонованої торцевої ступінчастої фрези.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де зображені:

- на Фіг.1 - вигляд торцевої ступінчастої фрези в плані;

- на Фіг.2 - осьовий вид знизу на фрезу з лівою спіраллю Ферма та двома варіантами розташування різальних елементів, співпадаючими за напрямком зі спіраллю - світлими точками, а протилежними за напрямком - темними точками;

- на Фіг.3 - схема різання різальними елементами торцевої фрези, згідно з якою зрізання шарів припуску починається від обробленої поверхні і закінчується шарами поверхні заготовки;

- на Фіг.4 - схема різання різальними елементами торцевої фрези, згідно з якою зрізання шарів припуску починається від поверхні заготовки і закінчується шарами біля обробленої поверхні.

Торцева ступінчаста фреза має корпус 1, торцева поверхня якого виконана у вигляді пояса 2 еліпсоїда обертання. В корпусі 1 фрези встановлені та закріплені (не показано) різальні елементи 3 так, що вони мають відносно поверхні пояса 2 еліпсоїда обертання однакову висоту h (Фіг.1).

Оскільки різальні елементи 3 мають однакову висоту, то вони створюють поверхню різання, яка є теоретично рівновіддаленою поверхнею 4 відносно пояса 2 еліпсоїда обертання корпусу 1 фрези. Для створення її аналітичного виразу необхідно використати частину стисненого вздовж осі Oz (Фіг.1) еліпсоїда обертання, вісь Oz якого співпадає з віссю фрези. Такий пояс стисненого еліпсоїда, по-перше, добре сполучається з обробленою плоскою поверхнею деталі, по-друге, - дозволяє отримати лише незначне збільшення діаметра фрези при знятті великих припусків.

Відомо [3], що така поверхня 4 рівновіддаленого від торцевої поверхні корпусу 1 теоретичного стисненого еліпсоїда запишеться:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1,$$

де a - великий напівосі еліпсоїда у напрямках Ox та Oy , перпендикулярних осі фрези;

c - мала (стиснена) напіввісь у напрямку осі Oz - осі обертання фрези. Звичайно, напіввісь c повинна бути суттєво меншою напівосей a , що приймаються рівними найбільшому радіусу фрези, тобто $a = R = D/2$. Тоді напіввісь c буде за величиною приблизно рівною найбільшій глибині різання, тобто рівною $c = T_{\max}$. Така рівність буде відповідати найбільшій величині кута в плані близько $\varphi_{\max} \approx 90^\circ$. Зростання цього кута для різальних елементів, розташованих на менших діаметрах, відбувається спочатку повільно, а далі, при збільшенні діаметрів, - прискорено.

Для узгодження характеру змінності головного кута φ в плані зі змінністю радіуса розташування різальних елементів 3 на корпусі 1 фрези, з метою вирівнювання або стабілізації величин площ зрізу ними, ці елементи виконані розташованими на багатовитковій спіралі 5 у вигляді спіралі Ферма [4], аналітичний вираз радіуса якої в полярній системі координат запишеться:

$$\rho = A\sqrt{\omega},$$

де A - параметр спіралі Ферма;

ω - змінний центральний кут (в радіанах) (Фіг.2).

Спіраль Ферма має центральну симетрію, складається з двох гілок, які виходять з полюса, одна з яких відповідає додатнім значенням радіуса ρ , друга - від'ємним. Вона може закручуватись, як за годинниковою стрілкою, так і проти неї. Обидві гілки роблять нескінченне число обертів навколо полюса. Характерною особливістю цієї спіралі є те, що в міру віддаленості від полюса, відстань між гілками (і сусідніми витками) необмежено зменшується (в архімедовій спіралі ця відстань залишається сталою, а в логарифмічній - необмежено зростає).

Для розташування різальних елементів 3 на корпусі 1 фрези достатньо використати лише одну з гілок спіралі Ферма. Вибір параметрів спіралі Ферма на найменшому радіусі фрези можна виконувати на основі умови рівномірного навантаження різальних елементів (і чистового елемента включно) та вимог необхідної шорсткості, коли величина подачі може бути приблизно прирівняною до відстані між сусідніми витками спіралі:

$$S = \rho_{n+1} - \rho_n = A(\sqrt{\omega + 2\pi} - \sqrt{\omega}),$$

де 2π - центральний кут, який відповідає одному витку спіралі.

На Фіг.2 показане розташування різальних елементів 3 на лівій спіралі Ферма, встановлених на корпусі 1 фрези з випередженням на один елемент (світлими точками) чи відставанням від повного кола на один елемент (темними точками).

Для усунення випадкової залежності товщини зрізу та й самої участі різальних елементів 3 в різанні від биття їх лез, яке створюється при збиранні фрези та її установці на верстаті, різальні елементи 3 виконані по одному на кожному з діаметрів (тобто кожен з різальних елементів 3 на новому оберті зрізає шар ним самим раніше створеної поверхні різання). Зрізання кожним різальним елементом наступного шару припуску створюється як у зв'язку з кінематичною подачею, котра є стабільною величиною, так і завдяки певному розташуванню наступного різального елемента 3 відносно попереднього. Таке відносне розташування кожного наступного різального елемента 3 відносно попереднього носить назву конструктивної подачі. У вказаному випадку можлива похибка у встановленні висоти h різальних елементів 3 викличе зміну лише ширини, а не товщини зрізу (див. Фіг.3 та 4), тобто вона не призведе до зменшення кількості активних (робочих) різальних елементів 3.

З метою розширення функціональних можливостей фрези, а саме створення як чорнових, так і чистових варіантів її виконання, тобто з різною глибиною різання та різною послідовністю зняття припуску - починаючи від обробленої поверхні чи від поверхні заготовки - та з різним напрямком обертання фрези, доцільно для розташування різальних елементів 3 на її корпусі 1 використовувати обидва можливі напрямки виконання спіралі Ферма - як з лівим напрямком (див. Фіг.2), так і з правим (не показано).

Також доцільно використовувати обидва варіанта розташування різальних елементів: з випередженням, тобто у напрямку спіралі, чи з відставанням відносно повного кола корпусу 1 фрези.

Загальна кількість використаних витків багатовиткової спіралі Ферма для розміщення всіх різальних елементів 3 на корпусі 1 фрези визначається:

$$N = \frac{i \pm t}{i^2} (i - 1)k$$

де i - кількість різальних елементів, встановлених на одному повному колі корпусу фрези;

t - випередження, виконане у напрямку спіралі (зі знаком "+"), або відставання, виконане у протилежному напрямку (зі знаком "-"), в розташуванні кожного наступного різального елемента відносно одного повного кола корпусу фрези;

k - загальна кількість різальних елементів, встановлених на корпусі 1 фрези.

Так у випадку випередження розташування різальних елементів 3, виконаного у напрямку спіралі Ферма (світлими точками - на Фіг.2) кількість використаних витків спіралі визначиться

$$N = \frac{6+1}{6^2} (6-1) \cdot 6 = \frac{35}{6} = 5 \frac{5}{6}$$

А для випадку відставання їх розташування, тобто проти напрямку спіралі, (темними точками) відповідно

$$N = \frac{6-1}{6^2} (6-1) \cdot 6 = \frac{25}{6} = 4 \frac{1}{6} \quad \text{(див. Фіг.2)}.$$

Найбільша ефективність запропонованої торцевої ступінчастої фрези буде мати місце при її виконанні з різальними елементами 3, що створені з безвершинними різальними кромками (Фіг.1), наприклад, по дузі кола (Фіг.3 та 4).

Робота торцевої ступінчастої фрези проходить наступним чином.

У зв'язку зі змінністю величин кутів в плані для різних точок безвершинної різальної кромки кожного з різальних елементів 3 визначення цих кутів з метою спрощення аналізу доцільно виконувати для середніх їх значень при глибинах різання: рівних T_1 - кут $\varphi_{1\max}$ (Фіг.3) та рівних T_2 - кут $\varphi_{2\max}$ (Фіг.4). Для випадку виключеної подачі (тобто $S=0$) центри вищезгаданих кіл різальних кромок будуть розташовуватись на пунктирних лініях 4 (див. Фіг.3 та 4) згідно з формою рівновіддаленої від корпусу 1 еліпсоїдальної поверхні 4 (див. Фіг.1).

У випадку обробки фрезою з подачею, рівною S , центри дуг кіл (проекцій різальних кромок на осьову основну площину) будуть зміщені відносно пунктирної лінії на величини, пропорційні кутовому положенню різальних елементів 3 на корпусі 1 та зображені відповідними штрихпунктирними лініями (Фіг.3 та 4). Так у випадку розташування різальних елементів 3 у напрямку, протилежному за напрямком спіралі Ферма, тобто з відставанням, зняття припуску буде розпочинатись від обробленої поверхні з послідовністю шарів I, II, III, IV, V, VI, закінчуючи шарами на поверхні заготовки (див. Фіг.3). При розташуванні різальних елементів 3 у напрямку спіралі Ферма (з випередженням) послідовність зняття шарів припуску буде протилежною - від поверхні заготовки до обробленої поверхні, (Фіг.4). В першому випадку довжина поверхні різання, виміряна у напрямку подачі, буде збільшуватись, а величина кута $\varphi_{1\max}$ в плані - зменшуватись порівняно з станом при виключеній подачі. В другому випадку, навпаки, довжина поверхні різання буде зменшуватись, а величина кута $\varphi_{2\max}$ в плані - збільшуватись.

З метою уникнення вібрацій при різанні фрезою та її перевантаження потрібно зменшувати величину кута $\varphi_{2\max}$ в плані (другий випадок - Фіг.4) шляхом обмеження глибини різання до величини $T_{2\max}$, тобто така ступінчаста торцева фреза може бути лише чистою. Навпаки, при малих значеннях кута $\varphi_{1\max}$ з'являється можливість збільшити реальну глибину різання з T_1 до $T_{1\max}$ (Фіг.3). Тобто таку фрезу доцільно використовувати як чорнову.

Зрозуміло, що зі збільшенням кількості витків N спіралі Ферма, при збільшенні загальної кількості різальних елементів k рівномірність фрезерування, а з ними продуктивність і якість обробки торцевою ступінчастою фрезою будуть зростати.

Запропонована торцева ступінчаста фреза завдяки великій кількості активних (робочих) різальних

елементів та рівномірному розподілу навантаження на них за раціональними схемами різання характеризується підвищеною в декілька разів стійкістю.

Крім того, приведена торцева ступінчаста фреза характеризується підвищеною продуктивністю обробки і розширеними технологічними можливостями.

Джерела інформації:

1. Ас. СССР №1036475, МПК В23С5/06. Торцовая ступенчатая фреза. Г.Н. Выговский. Заявл. 24.05.82, опубл. 23.08.83, бюл. №31.
2. Ас. СССР №1171234, МПК В23С5/06. Торцовая ступенчатая фреза А.П. Омельченка. Заявл. 28.03.84, опубл. 07.08.85, бюл. №29.
3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. - М.: ГРФМЛ, Наука, 1976. С.207.
4. Вірченко Н.О., Ляшко І.І. Графіки елементарних та спеціальних функцій/ Довідник. - К: Наукова думка, 1996, С.444.

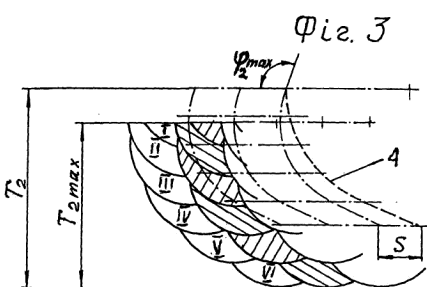
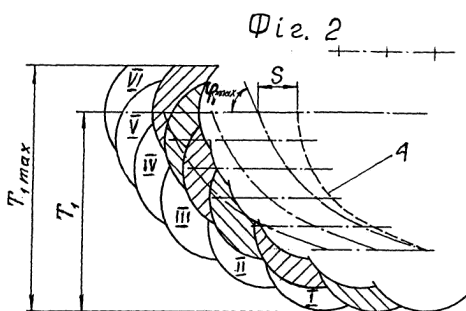
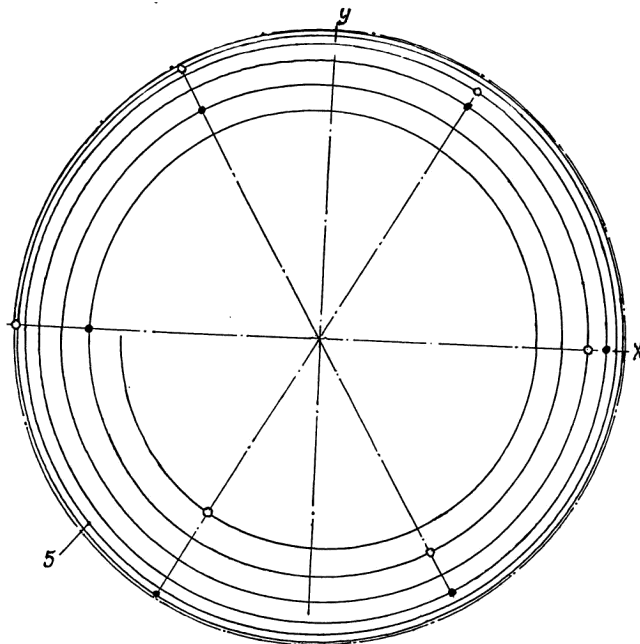
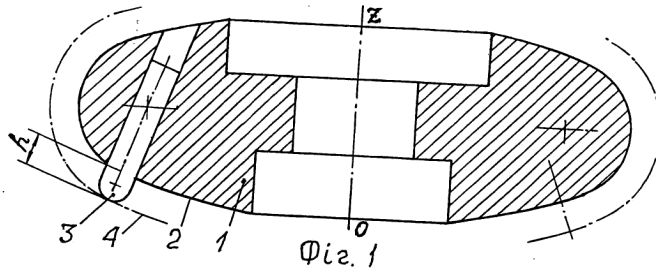


Fig. 4