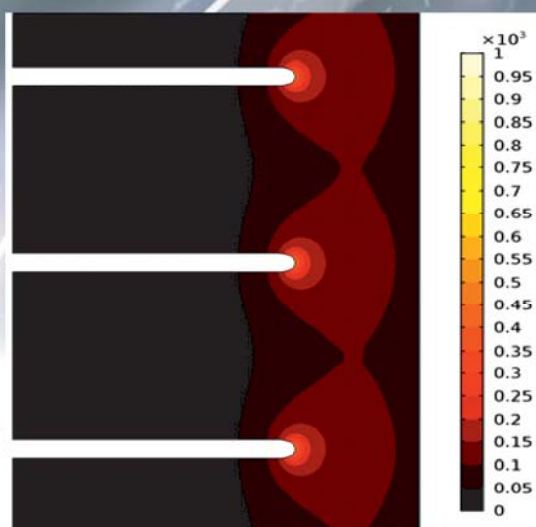


Компресорное и энергетическое машиностроение

№4 (58)
декабрь 2019



*Застосування радіаційних
процесів в енергетичних
технологіях*



Стр. 2

*Методи регулювання положення
різальних вставок
збірних торцевих фрез*

Стр. 6

*Застосування технології
електроіскрового легування
для створення
функціональних покриттів*

Стр. 14

*Підвищення якості поверхневих
шарів деталей при
торцевому терті ковзання*

Стр. 17

Декабрь 2019 г.

№ 4 (58)



Учредитель

Международный институт
компрессорного и энергетического
машиностроения (г. Сумы, Украина)



Главный редактор

Тарельник В.Б.
Ответственный редактор
Коноплянченко Е.В.
Технический редактор
Думанчук М.Ю.

Журнал зарегистрирован в
Государственном комитете
телевидения и радиовещания Украины.
Свидетельство о регистрации
КВ № 10518 от 25.08.2005 г.
Издается с сентября 2005 г.
Выходит на русском, украинском и
английском языках

Постановлением президиума ВАК Украины
журнал внесен в перечень научных изданий
(список №1) в разделе технических наук.
Внесен в Перечень научных специализированных
изданий Украины Приказом МОН Украины
№ 820 от 11.07.2016

ISSN (Print): 2415-4554
ISSN (Online): 2415-4562

Адрес редакции:
Украина, 40020, г. Сумы,
пр. Курский, 6
тел.: +38 /0542/ 674-145
факс: +38 /0542/ 674-179
e-mail: kem@mikem.nicmas.com
www.nicmas.com
<http://journal.mikem.com.ua/>

Редакционная коллегия

Багдасаров А. Н. – кандидат технических наук, доцент, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (г. Москва, Россия).

Бондаренко Г. А. – кандидат технических наук, профессор, Лауреат Государственной премии Украины, академик Международной академии холода, Сумский государственный университет (г. Сумы, Украина).

Булат А. Ф. – доктор технических наук, профессор, Академик НАН Украины директор Института геотехнической механики НАН Украины им. М. С. Полякова

Дашутин Г. П. – доктор политических наук, почетный президент концерна «NICMAS» (г. Сумы, Украина).

Демихов К. Е. – доктор технических наук, профессор, заведующей кафедрой вакуумной и компрессорной техники МГТУ им. Н. Э. Баумана (г. Москва, Россия).

Жарков П. Е. – кандидат технических наук, Лауреат Государственной премии Украины, академик УТА, вице-президент концерна «NICMAS» (г. Сумы, Украина).

Залога В. А. – доктор технических наук, профессор, Сумский государственный университет (г. Сумы, Украина).

Кирик Г. В. – доктор технических наук, доцент, Лауреат Государственной премии Украины, президент концерна «NICMAS» (г. Сумы, Украина).

Клепиков В. Ф. – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент НАН Украины, директор Института электрофизики и радиационных технологий НАН Украины (г. Харьков, Украина).

Лавренченко Г. К. – доктор технических наук, профессор, академик Международной академии холода, президент Украинской ассоциации производителей технических газов «УА-СИГМА» (г. Одесса, Украина).

Марцинковский В. С. – кандидат технических наук, доцент, ООО «ТРИЗ» (г. Сумы, Украина).

Мавитый Ю. М. – доктор технических наук, профессор, академик НАН Украины, почетный директор Института проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины (г. Харьков, Украина).

Пономаренко О. И. – доктор технических наук, профессор Национального технического университета «ХПИ», вице-президент Ассоциации литейщиков Украины (г. Харьков, Украина).

Смирнов А. В. – кандидат технических наук, главный конструктор-начальник СКБ ТКМ ПАО «Сумское МНПО» (г. Сумы, Украина).

Стадник А. Д. – кандидат физико-математических наук, профессор Сумского государственного педагогического университета им. А. С. Макаренка (г. Сумы, Украина).

Черноус А. Н. – профессор, доктор физико-математических наук, проректор по научной работе Сумского государственного университета (г. Сумы, Украина).

Международный редакционный совет

Богдан Антошевский – доктор технических наук, профессор, Kielce University of Technology (Польша).

Бикман Е. С. – академик Украинской нефтегазовой академии, заместитель директора по научной работе Украинского НИИ природных газов (г. Харьков, Украина).

Власенко Т. А. – вице-президент концерна «NICMAS» (г. Сумы, Украина).

Марина Жарков – профессор Украинской технологической академии, президент фирмы PROMETGAS.PLSp.zo.o. (Польша).

Молицки Витольд – доктор технических наук, президент компании «Kaeser Kompressoren sp. zo. o.» (Польша).

Михалевич А. А. – доктор технических наук, профессор, Академик Национальной академии наук Беларуси

Македонский О. А. – к.т.н, директор ООО «ТЕХНОЛОГИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Пушкарев К. А. – кандидат физико-математических наук, директор коммерческий департамента энергетического оборудования, ООО «МИКЭМ» (г. Сумы, Украина).

Салюк А. А. – член-кор. УТА, заместитель директора по развитию, ООО «МИКЭМ» (г. Сумы, Украина).

Чеслав Кундера – доктор технических наук, профессор, Kielce University of Technology (Польша).

Шевченко В. Г. – доктор технических наук, Лауреат Государственной премии Украины, старший научный сотрудник Института геотехнической механики НАН Украины им. М. С. Полякова

© «Компрессорное и
энергетическое
машиностроение», 2019 г.

Журнал рекомендован к печати научно-техническим советом МИКЭМ (протокол от 10 декабря 2019 г.)

Дизайн и компьютерная верстка
Думанчук М.Ю.

Отпечатано в ЧП «Р.К.Мастер-принт»
ул. Шахтерская, 5, г. Киев, 04074
Свидетельство о внесении в государственный реестр объектов
издательской деятельности: серия № ДК 3165 от 14.04.2008 г.

Формат 60x90/8.
Печать офсетная.
Усл.-печ. листов 5
Заказ №
Тираж 1000 экз.

ИССЛЕДОВАНИЯ

- Донець С. Є.,
Литвиненко В. В.**
Електрофізичні та
матеріалознавчі аспекти
застосування радіаційних
процесів в енергетичних
технологіях 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Кушніров П. В.,
Дегтярьов І. М.,
Євтухов А. В.,
Руденко О. Б.
Думанчук М. Ю.**
Збірні торцеві фрези з
регульованими ріжучими
вставками 6

- Сабадаш С. М.,
Колодненко В. М.**
Розробка конструкції
промислової сушильної
установки для сушіння відходів
харчової промисловості 10

ТЕХНОЛОГИИ

- Zhang Zhengchuan,
Liu Guanjun,
Viacheslav Tarelnyk,
Ievgen Konoplianchenko**
Application of Electro-Spark
Deposition Technology to
Functional Coatings Create 14

- Марцинковский В. С.,
Кирик Г. В.,
Жарков П. Е.,
Антошевский Богдан**
Анализ технологических
методов упрочнения
поверхностей колец торцевых
уплотнений 17

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА

- Яковлев В. Ф.,
Рясна О. В.**
Дослідження зв'язків між
фізико-механічними
властивостями та параметрами
амплітудно-частотного спектру
вільних коливань біологічних
об'єктів фіксованої геометричної
форми 22
- Авторское соглашение 25

Вниманию читателей!

Проводится подписная кампания на журнал «Компрессорное и энергетическое машиностроение» на 2020 год. Запланирован выход четырех номеров журнала.

Стоимость годовой подписки:

1 экземпляр - 700 грн;

2 экземпляра - 600 грн за экземпляр;

3 и более экземпляров - 500 грн за экземпляр.

Более подробная информация представлена на веб-сервисе
сайта журнала <http://journal.mikem.com.ua/>.



- При полной или частичной перепечатке ссылка на журнал «Компрессорное и энергетическое машиностроение» обязательна
- Редакция не несет ответственности за содержание рекламы
- Мнение редакции журнала может не совпадать с мнением автора

Тематические приоритеты журнала:

- Новые теоретические и практические результаты исследований в отраслях технических и связанных с ними наук.
- Проектирование, производство, эксплуатация оборудования.
- Качество, надежность, безопасность техники.
- Автоматика и системы управления в машиностроении.
- Технический контроль и диагностика.
- Управленческие, экономические, экологические и другие проблемы отрасли.

П. В. Кушніров, к.т.н., доцент; І. М. Дегтярьов, ст. викладач; А. В. Євтухов, к.т.н., доцент;
О. Б. Руденко, ст. викладач (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);
М. Ю. Думанчук, ст. викладач (СНАУ, м. Суми, Україна)

Збірні торцеві фрези з регульованими ріжучими вставками

В статье рассмотрены некоторые методы регулирования положения режущих вставок в сборных торцевых фрезах, позволяющие снизить погрешности настройки инструментов и улучшить качество фрезерования.

Ключевые слова: сборная торцевая фреза, режущая вставка, корпус фрезы, регулирование положения, радиальное и торцовое биение, точность настройки, перемещение в осевом и радиальном направлении, вращение.

У статті розглянуто деякі методи регулювання положення різальних вставок збірних торцевих фрез, що дозволяють знизити похибки настроювання інструментів та поліпшити якість фрезерування.

Ключові слова: збірна торцева фреза, різальна вставка, корпус фрези, регулювання положення, радіальне і торцеве биття, точність настроювання, переміщення в осьовому і радіальному напрямку, обертання.

The article discusses some methods for regulating the position of cutting inserts in built-up face mills, which allow to reduce tool setting errors and improve the quality of milling.

Key words: built-up face mill, cutting insert, mill body, position regulation, radial and face run-out, precision settings, axial and radial movement, rotation.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Деталі енергетичних установок вельми різноманітні за конструкцією і призначенням. Багато з цих деталей містять плоскі поверхні, які необхідно обробляти. Найчастіше такі площини обробляються торцевим фрезеруванням з використанням інструментів збірних конструкцій. Збірні торцеві фрези містять корпус, в якому встановлюються ріжучі елементи - ножі, багатогранні непереточувані пластини, ріжучі вставки і т.п.

Точність позиціонування ріжучих елементів торцевих фрез може бути забезпечена, наприклад, високими вимогами до точності виготовлення посадкових місць ріжучих пластин. Це веде до додаткових витрат з виготовлення та складання ріжучого інструменту, що в кінцевому підсумку відбивається на його вартості. Іншим методом забезпечення точності позиціонування ріжучих елементів є наявність можливості додаткового настроювання ріжучих кромок шляхом регулювання їх положення відносно корпусу інструменту. Найчастіше такий метод виявляється більш економічним при забезпеченні необхідних параметрів точності настроювання ріжучих елементів.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Можливостям регулювання положення різальних кромок присвячена велика кількість досліджень різних авторів. Наприклад, в роботі [1] показано, що при обробці багатолезовим інструментом слід точно виставляти вершини ріжучих елементів в напрямку подачі. При цьому ріжучі пластини налаштовують на діаметр по приладу, виставленому за допомогою відповідних гвинтів еталона. В осьовому напрямку ріжучу пластину виставляють з урахуванням величини корекції за попередньою пластиною.

У монографії [2] наведені конструкції торцевих збірних фрез, що містять циліндричні ріжучі вставки. Величина вильоту зазначених вставок може встановлюватися шляхом переміщення їх уздовж отвору в корпусі фрези, фіксація вставок здійснюється затискним гвинтом по бічній лисці. Регулювання гвинтами положення ріжучих елементів, встановлених у внутрішньому і зовнішньому корпусах, передбачено в конструкції збірної торцевої фрези [3]. Недоліком даної конструкції можна

вважати те, що регульовальний вплив, здійснюваний на торці ріжучих елементів гвинтами, дозволяє висувати дані ножі тільки назовні.

Сучасні зарубіжні фірми-розробники інструменту пропонують різні конструкції торцевих регульованих фрез. Наприклад, торцева регульована фреза фірми Heinlein (Widia GmbH, Німеччина) містить уніфіковані базові касети, котрі тримаються в корпусі клином за допомогою гвинта [4]. Величина торцевого і радіального биття касет регулюється гвинтами за допомогою клинового механізму. Точне регулювання також забезпечує торцева фреза CoroMill Century, розроблена компанією Sandvik Coromant [5]. Регулювання при цьому здійснюють в два етапи: спочатку поворотом одного ексцентрика переміщують всю ріжучу вставку на величину до 1 мм, а потім за допомогою іншого ексцентрика ріжучу пластину переміщують більш точно на величину до 0,1 мм.

Регулювання положення різальних кромок інструмента необхідно для зменшення їх радіального або торцевого биття. Це сприяє підвищенню стійкості інструмента, а також якості обробленої поверхні. Ряд розробників торцевих фрез з метою поліпшення параметрів обробки, на додаток до можливостей регулювання, пропонує використання допоміжної ріжучої кромки, що зачищає, зазвичай шириною 1-2 мм, паралельну оброблюваній поверхні. Так, фірма Mitsubishi Materials застосовує допоміжну ріжучу кромку шириною 1,4 мм, яка встановлюється паралельно до торця фрези [6]. Компанія Sandvik Coromant запропонувала для торцевих фрез спеціальну пластину Wiper, що зачищає, яка виступає приблизно на 0,05 мм над іншими ріжучими пластинами [5]. Як вказують розробники, завдяки виступанню дані пластини піддаються більш високим навантаженням у порівнянні зі звичайними пластинами, тому їх слід використовувати для легких умов фрезерування - з помірною глибиною різання і в обмеженій кількості.

У роботах [7-10] проведено аналіз відомих в даний час збірних торцевих фрез, що містять циліндричні ріжучі вставки. Показано, що даний тип ріжучих вставок має ряд переваг в порівнянні з ріжучими елементами інших конструкцій, що дозволяє поліпшувати продукти-

вність і якість роботи інструменту.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновки, що розробка технічних рішень, що дозволяють регулювати положення ріжучих елементів в корпусі інструмента, є актуальним завданням.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою роботи є виявлення методів реалізації регулювання ріжучих вставок в збірних торцевих фрезах.

Виклад основного матеріалу досліджень

Для циліндричних ріжучих вставок торцевих фрез регулювання положення різальних кромки може здійснюватися в осьовому напрямку (для зменшення торцевого биття), в радіальному напрямку (для зменшення радіального биття), а також обертанням вставки навколо власної осі (для зміни кутів різання і положення ріжучої кромки, що зачищає). Для повороту ріжучої вставки навколо своєї осі з метою регулювання положення ріжучої кромки, що зачищає, наприклад, в технічному рішенні [11] використаний регулювальний гвинт, розташований в різьбовій втулці. Даний регулювальний гвинт призначений для взаємодії з лискою ріжучої вставки, при цьому контакт торця гвинта з поверхнею лиски у всіх положеннях буде точковий, і тільки в двох позиціях - по площині. Кріпильний гвинт зі сферичним торцем також контактує з поверхнею ріжучої вставки в точці, тому в підсумку, через переважно точкові контакти, надійність закріплення вставки буде невисока. Цих недоліків позбавлена конструкція торцевої регульованої фрези згідно [12], де контакт регулювального гвинта завжди здійснюється по площині, а кріпильного гвинта - по лінії, тобто надійність закріплення ріжучої вставки істотно вище. Вже згадана торцева регульована фреза (див. рис. 1) дозволяє робити настроювання положення ріжучої вставки як шляхом осьового переміщення вставки, так і її кутового повороту.

Збірна торцева регульована фреза містить корпус 1, в отворах 2 якого встановлено ріжучі вставки 3 з плоскою лискою 4, виконаною у вставці на ділянці взаємодії за допомогою регулювального гвинта 5. Зазначений ре-

гулювальний гвинт 5 розташований в різьбову втулці 6 перпендикулярно до її осі, а сама втулка - в отворі корпусу, паралельному отвору під ріжучу вставку. Кріплення вставки здійснюється гвинтом 7. Регулювання положення фаски 8, що зачищає, ріжучої вставки здійснюється шляхом повороту вставки навколо своєї осі. При цьому різьбову втулку 6 обертають, домагаючись паралельності площини лиски 4 вставки і площини торця регулювального гвинта 5. Після цього вставку затискають за допомогою регулювального гвинта 5 і остаточно фіксують кріпильним гвинтом 7. Таким чином, у запропонованій конструкції збірної торцевої регульованої фрези підвищено надійність інструмента за рахунок забезпечення площинного контакту регулювального гвинта з лискою ріжучої вставки.

Регулювання положення ріжучої вставки відносно корпусу інструмента передбачено також в технічному рішенні [13]. Дана торцева фреза складається наступним чином. У корпус 1 фрези вкручують гвинт 2 і встановлюють направляючий штифт 8 (див. рис. 2). У центральний отвір 3 гвинта 2 вставляється по посадці з мінімальним зазором ріжуча вставка 4 так, щоб штифт 8 потрапив у паз 7 кільцевого буртика 5 і торець останнього ліг на торцеву поверхню гвинта 2. Потім вкручується гвинт 6, що притискає буртик 5 до гвинта 2, чим і забезпечується фіксація вставки 4. Для здійснення осьового регулювання вставки 4 роблять обертання розкріплених гвинтів 2 і 6, після чого їх знову фіксують. При необхідності регулювання положення вставки 4 шляхом її обертання навколо власної осі штифт 8 в конструкції фрези не використовують.

Крім можливостей регулювання, торцева фреза, що розглядається, має ще і такі переваги: введення в інструмент опорних гвинтів з отворами для розміщення ріжучих вставок дозволяє зменшити осьовий габарит вставки, який визначається висотою самих гвинтів. Виконання буртиків на вставках для взаємодії з торцями опорних гвинтів також сприяє зменшенню осьових розмірів вставки: висота буртика незначна у порівнянні із загальною висотою вставки. Оскільки після осьового ре-

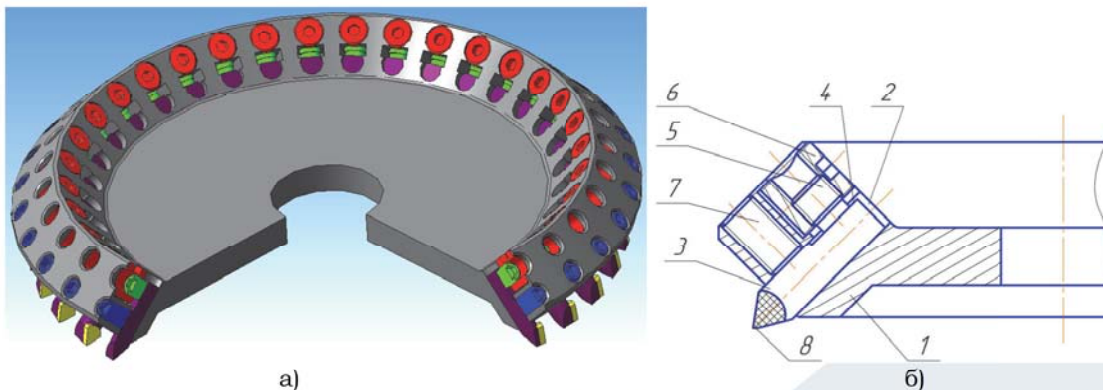


Рис. 1. Торцева регульована фреза згідно [12]:

3D-модель фрези з вирізаною чвертю (а) і розріз вузла кріплення ріжучої вставки фрези (б)

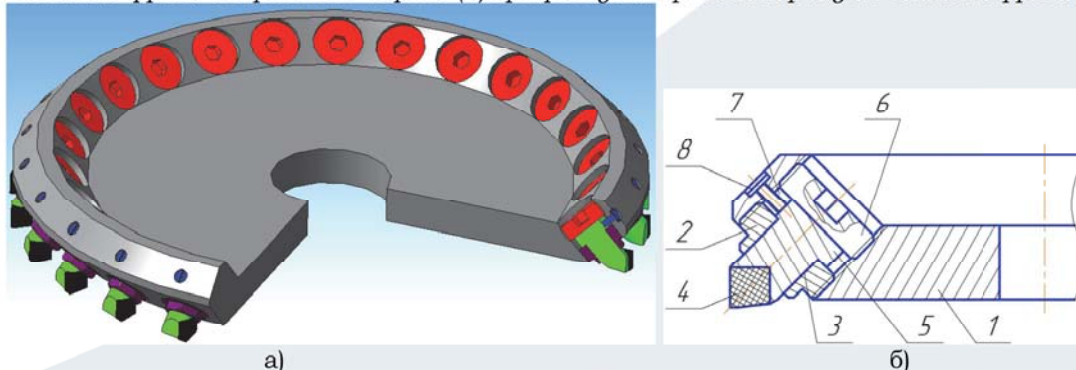


Рис. 2. Торцева регульована фреза згідно [13]:

3D-модель фрези з вирізаною чвертю (а) і розріз вузла кріплення ріжучої вставки фрези (б)

гулювального переміщення вставки остання закріплюється по кільцевому буртику і бокова поверхня вставки участі у закріпленні не приймає, це дозволяє мати осьову довжину вставки значно меншу, ніж у відомих фрезах (наприклад, відповідно до [2, 11]), чим підвищується компактність вузла кріплення ріжучої вставки і розширюються технологічні можливості фрези.

Ще одне технічне рішення, завдяки удосконаленню вузла кріплення ріжучої вставки, дозволяє зробити його зручнішим для регулювання положення вставки. Йдеться про конструкції ріжучого інструмента, а саме торцевої збірної фрези, що забезпечує доступ зовнішнього регулювального важеля до ріжучої вставки з обох сторін корпусу інструмента [14]. На рис. 3 наведено 3D-модель запропонованої фрези (а) і розрізи різних варіантів виконання інструмента (б). Регульована торцева фреза складається наступним чином. Ріжучу вставку 3 встановлюють зовнішньою циліндричною поверхнею в отвір

2 корпусу 1 інструмента. Закріплення вставки 3 здійснюють за допомогою гвинта 5, або гвинта 6 (якщо кріпильний гвинт один), або обома гвинтами 5 і 6 одночасно (якщо кріпильних гвинтів два). Осьове положення ріжучої вставки 3 відносно корпусу 1 регулюють шляхом введення зовнішнього важеля (не показаний) через наскрізний отвір 8 в корпусі 1 (або через отвір 7 в гвинті 6) в радіальний отвір 4 в ріжучій вставці 3. При цьому зовнішній регулювальний важіль може бути введений в контакт з отвором 4 ріжучої вставки 3 з будь-якого боку корпусу 1 в залежності від зручності роботи.

Таким чином, розроблена конструкція ріжучого інструменту в порівнянні з існуючими дозволяє підвищити зручність регулювання положення ріжучої вставки відносно корпусу інструмента, що сприяє підвищенню якості та продуктивності технічного обслуговування торцевої фрези.

Висновки:

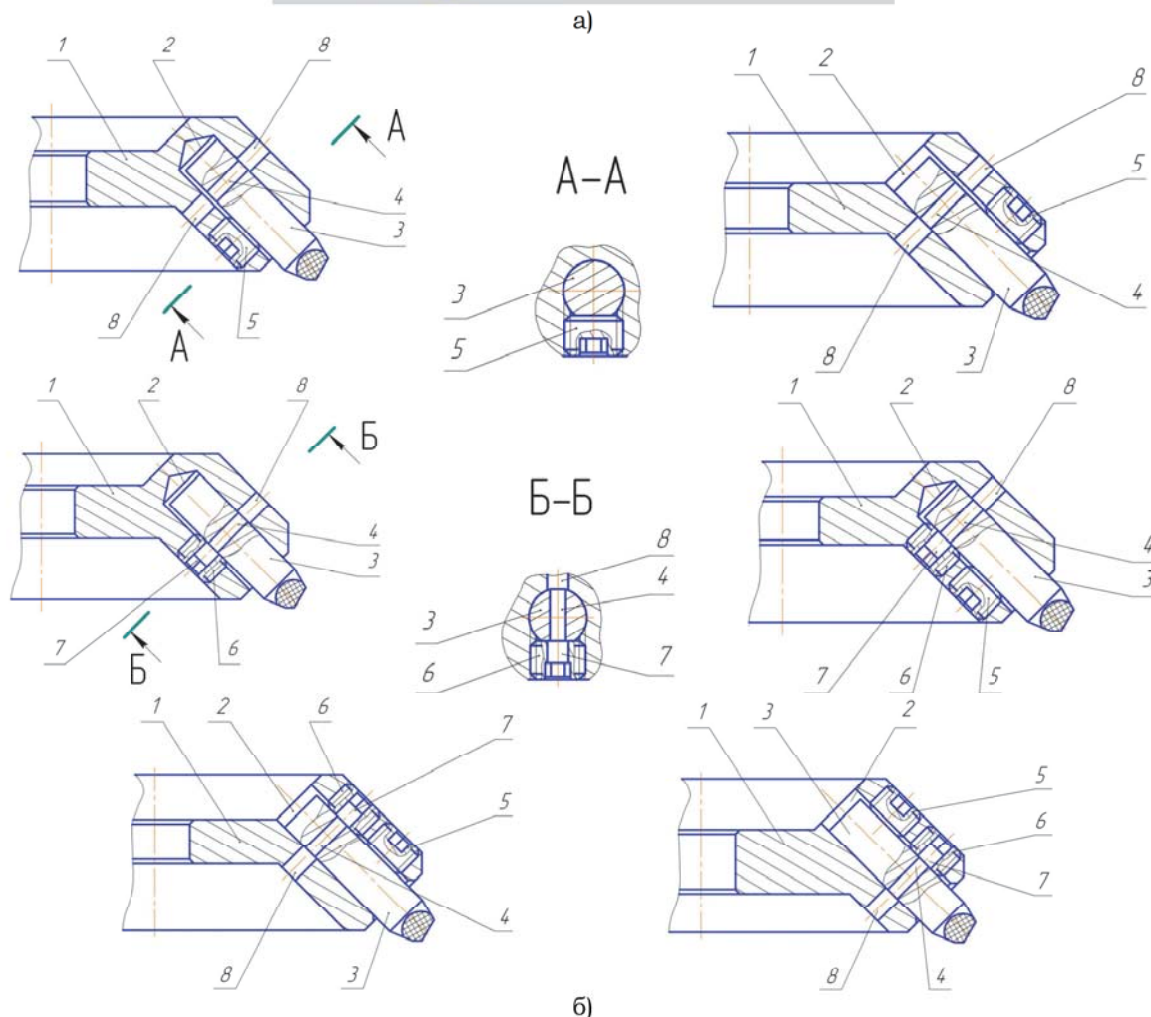
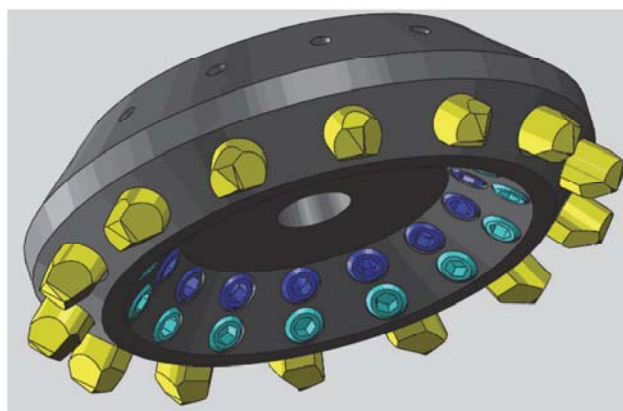


Рис. 3. Торцева регульована фреза згідно [12]:
3D-модель фрези з вирізаною чвертю (а) і розріз вузла кріплення ріжучої вставки фрези (б)