

УДК 621.914.02

Д.А. Борисенко, Б. Карпушевський, Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h.c.,
Т. Еммер, Dr.-Ing. Dr. h.c., Магдебург, Німеччина

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТОРЦЕВИХ ЗБІРНИХ ФРЕЗ З ВСТАВНИМИ КАСЕТАМИ З КРУГЛИМ ХВОСТОВИКОМ

У статті розглянуті недоліки існуючої конструкції системи торцевих збірних фрез з вставними касетами з круглим хвостовиком, на основі чого були сформульовані шляхи її удосконалення. Докладно розглянутий удосконалений принцип затискання касети у корпусі фрези. Удосконалена конструкція системи дозволяє розширити функціональні можливості вже існуючих конструкцій та область використання збірних касетних фрез.

В статье рассмотрены недостатки существующей конструкции системы торцовых сборных фрез с вставными кассетами с круглым хвостовиком, на основе чего были сформулированы пути ее совершенствования. Подробно рассмотрен усовершенствованный принцип зажима кассеты в корпусе фрезы. Усовершенствованная конструкция системы позволяет расширить функциональные возможности уже существующих конструкций и область использования сборных кассетных фрез.

Disadvantages of the available design of system of built-up end mills with insert-type cartridge with a round shank are discussed, on the basis of which the ways of its improvement are formulated. Advanced principle of force clamping of the cartridge in cutter body is considered in detail. Improved design of the system makes it possible to extend the functionality of already existing designs and the field of application of built-up cartridge milling cutters.

Фрезерування було і залишається одним з найпоширеніших методів обробки різанням. При обробці площин і уступів використання збірних касетних торцевих фрез є більш ефективним ніж цільно-твердосплавного інструменту [1-3]. Але збірні касетні фрези через свої конструктивні особливості не можуть бути виконані діаметром меншими за 80 мм. Тому обробка таким фрезами площин і уступів, ширина яких не перевищує 80 мм, є неефективною. Окрім того, конструктивні особливості існуючих збірних касетних фрез зумовлюють високу собівартість їх виготовлення. А конфігурація вставних касет суттєво обмежує універсальність цього інструменту і робить кожну конструкцію придатною до виконання лише певного технічного завдання. З метою створення більш універсального інструменту в Отто вон Геріке Університеті Магдебург (Німеччина) була розроблена конструкція збірних торцевих фрез з вставними касетами з круглим хвостовиком.

Розроблена конструкція збірної торцевої фрези з вставними касетами, які мають круглий хвостовик (Rundschaftsystem), відповідає всім високим вимогам до точності різального інструмента, але водночас має відчутно нижчу вартість виготовлення в порівнянні з фрезами з призматичними

касетами. Причиною цього є те, що касети мають просту геометричну форму: вони складаються з двох циліндрів (хвостовика і циліндра з пазом під різальну пластину). Це дозволяє виготовити ці касети шляхом відносно дешевих точіння і фрезерування, при цьому забезпечуючи високу точність. В корпусі ж фрези, шляхом свердління, виготовляється отвір для хвостовика касети. Таким чином всі елементи конструкції фрези виготовляються шляхом відносно дешевих різальних процесів, що дозволяє відчутно знизити собівартість такого інструменту.

В роботах [1, 2] був теоретично і практично підтверджений ряд переваг, які дана конструкція має в порівнянні з цільними конструкціями та з конструкціями з призматичними касетами. В ряді робіт [1–8] було встановлено, що дана конструкція торцевої збірної фрези дозволяє використовувати при обробці комбіновані та ступінчасті схеми різання, а також принцип зворотнього стружкоутворення.

Торцева фреза з використанням касет з круглим хвостовиком представлена на рис. 1.

Діаметр: 80 мм;

Кількість зубів: 8;

Матеріал корпусу: 42CrMo4, аналог – конструкційна легована (хромованадієва) Сталь 40ХФА;

Матеріал касет: 42CrMo4 (Сталь 40ХФА).



Рисунок 1 – Торцева касетна фреза (D=80 мм), касети до неї і затискний гвинт

Конструкція, що досліджувалась в роботі [2], також дозволяла використовувати для затиску касети у корпусі два гвинти.

При закріпленні касети за допомогою одного гвинта (рис. 1) на хвостовику касет з відповідної сторони виготовлялась лиска, що полегшувало центрування свердла для свердління отвору, в якому згодом нарізалась різьба (M5). Закручування гвинта затискає касету в корпусі фрези. Таким чином, запобігається випадання касети з корпусу фрези та її прокручування під дією сил різання.

Для збільшення навантажувальної спроможності конструкції закріплення касет у корпусі фрези було здійснене за допомогою двох високоміцних гвинтів (рис. 2). Але дослідження, проведені Д.Т. Нгуеном у роботі [2], встановили, що використання додаткового гвинта не веде до підвищення міцності конструкції.

Але поряд з перевагами дана конструкція має і ряд недоліків, на усунення яких і направлена дана стаття. Проведені в роботі [2] дослідження встановили, що, по-перше, зовнішній контур фрези є відкритим і має ззовні додаткові елементи. Відомо, що будь-яке послаблення в контурі збірного інструменту веде до значного зниження міцності корпусу такого інструменту [2, 7]. Принцип закріплення касет у корпусі робить зовнішній контур інструменту відкритим.

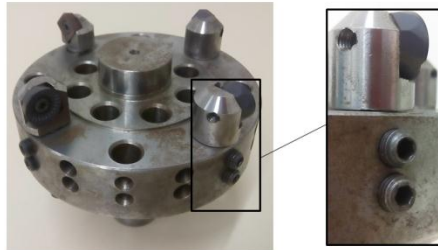


Рисунок 2 – Торцева касетна фреза (D=125 мм) з двома затискними гвинтами
Відкритий зовнішній контур

Такий принцип закріплення касет є зручним при монтажі інструменту, але вібрації, які виникають у процесі обробки, а також сила Каріоліса, що діє на гвинти, можуть призвести до розкручування затискних гвинтів, що веде до зростання торцевого і радіального биття інструменту, і цим самим значного погіршує якість обробленої поверхні. Цілковите розкручування гвинта веде до випадання касети з корпусу фрези, що є дуже небезпечним відносно техніки безпеки, особливо при роботі на універсальних фрезерних верстатах. Окрім того через особливість своєї конфігурації, дана конструкція пристосована лише для обробки відкритих площин, і не дозволяє оброблювати уступи.

Наступним недоліком є те, що навантажувальна здатність всієї конструкції обмежена міцністю затискного гвинта і місця, де знаходиться затискний отвір у хвостовику касети [2]. Критичне значення напружень для конструкції D=120 мм досягається при значенні головної складової сили різання у 3 500 Н [2].

Деформації, які може отримати різьба кріпильного отвору чи затискний гвинт при перевантаженні, можуть значно ускладнювати розкручування затискного гвинта, у деяких випадках взагалі блокувати його. В цьому

випадку заміна касети стає проблематичною. Для виймання такого гвинта може знадобитись операція розрізання гвинта. А пошкодження різьби затискного отвору може призвести до цілковитої непридатності для подальшого використання всього корпусу фрези. Усі названі недоліки мають бути усунені в удосконаленій конструкції.

Таким чином, має бути проведене удосконалення існуючої конструкції збірної торцевої фрези з вставними касетами і пристосування даної конструкції до реалізації на фрезах діаметром меншим 80 мм.

З метою створення конструкції з закритим зовнішнім контуром доцільним є розмістити затискні елементи з внутрішньої сторони корпусу. Але таке виконання значно погіршить технологічність конструкції. Окрім того, розміщення гвинтів зсередини перпендикулярно до осі касети не вирішить проблеми з заклинюванням гвинта при перенавантаженні. Тож важливо взагалі уникнути проникнення гвинта в тіло касети.

Це можливо за рахунок створення лиски на хвостовику касети, що буде слугувати опорною поверхнею для затискання касети корпусі (рис. 3). Але такий спосіб закріплення не забезпечить надійність від провертання касети у корпусі фрези під дією сил різання [2].

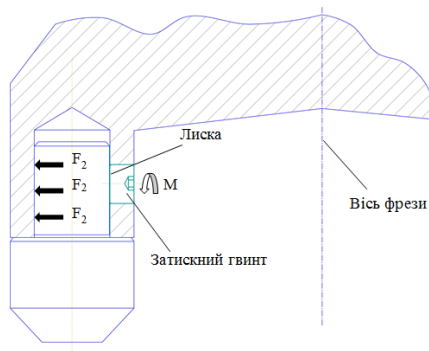


Рисунок 3 – Касета з лискою на хвостовику. Закріплення у корпусі [2]

Сила F_2 діє лише у горизонтальному напрямку (перпендикулярно до осі інструменту). Послаблення гвинта призведе до виникання зазору між хвостовиком касети і корпусом фрези, що негативно відіб'ється на величині торцевого і радіального биття. В найгіршому випадку розкручування гвинта може призвести до випадання касети з корпусу інструменту. Окрім того, таке розташування гвинта не дозволить реалізувати дану конструкцію на фрезах малого діаметру.

Удосконалений принцип затиснення касети у корпусі зображений на рис. 4. Для цього була змінена конфігурація касети.

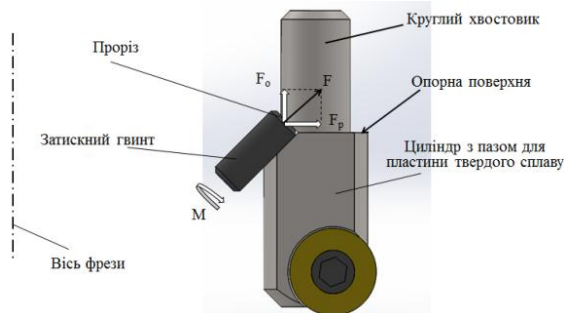


Рисунок 4 – Удосконалена конструкція вставної касети

На касеті, в області переходу від хвостовика до циліндру з пазом для пластини твердого сплаву, має бути виготовлений проріз для створення поверхні для затискання. Затискний гвинт тисне на дану поверхню створюючи затисну силу F . Для реалізації такого принципу затискання на нижній частині фрези має бути виготовлений конічний отвір (рис. 5). Осьова складова затисної сили F_0 попереджує випадання касети з корпусу. Радіальна складова цієї сили F_p направлена перпендикулярно осі інструменту і має за мету запобігати провертанню касети в корпусі під дією сил різання. Але величина зусилля F_p є недостатньою для запобігання провертання.

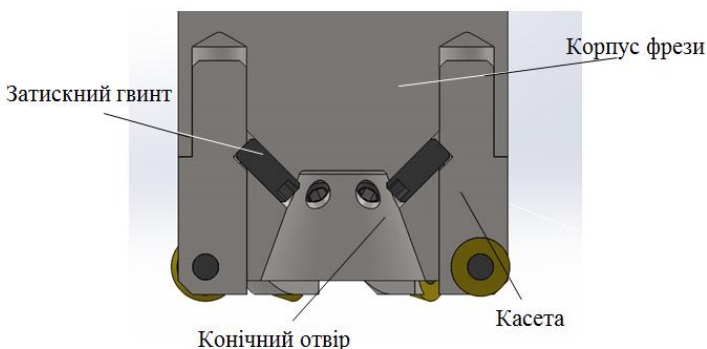


Рисунок 5 – Удосконалений метод закріплення касети у корпусі фрези

Зображений на рис. 5 принцип закріплення касети у корпусі фрези гарантує замкнутий зовнішній контур фрези, що значно зміцнює корпус фрези [7]. Окрім того, міцність усієї конструкції фрези більше не обмежена міцністю затисного гвинта. Таким чином були вирішені основні проблеми

існуючої конструкції. Але як було вже помічено, радіальна складова затискової сили F_p є недостатньою для запобігання повертання касети під дією сил різання. Для цього має бути створене ще одне обмеження степеня свободи.

Для запобігання повертання касети під дією сил різання на нижній частині фрези має бути створена багатогранна призма, вписаний діаметр якої буде дорівнювати d_5 , а висота – h_1 . Кількість граней призми буде дорівнювати кількості касет фрези, які будуть розміщені в отворах d_2 , центри яких лежать на колі діаметром d_4 . На касетах з відповідної сторони нижнього циліндру має бути створена площина (розмір d_3). При монтажі касети мають контактувати з площинами призми, що і запобігає повертання касети під дією сил різання (рис. 6).

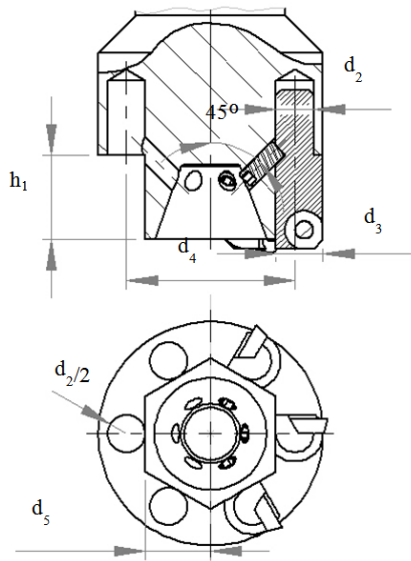


Рисунок 6 – Запобігання повертання касети площиною

Можна помітити, що корпус касети складається з обертально-симетричних елементів, а не з багатограних призм з великою кількістю отворів для їх закріплення у корпусі. На нижньому циліндрі касети розташовується паз під різальну пластину. З метою підвищення універсальності конструкції є доцільним виконати паз такої форми, щоб він підходив для декількох форм різальних пластин. На рис. 7 зображена касета з пазом, який підходить для використання різальних касет трьох форм: восьмикутної, дванадцятикутної і круглої. Єдиною умовою є те, що діаметр описаного кола всіх трьох пластин має бути рівним.

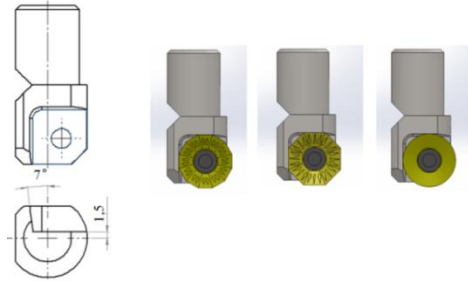


Рисунок 7 – Касета з універсальним пазом для пластин

З метою покриття максимально широкого спектру діаметрів були запропоновані чотири типорозміри касет з круглим хвостовиком (табл.). Для кожного типу касет розраховані діаметри інструментів і оптимальна кількість зубів.

Таблиця – Типорозміри касети

Зображення та характеристичні розміри	Тип I		Тип II		Тип III		Тип IV	
	Ø6		Ø8		Ø12		Ø16	
Діаметр фрези та кі-сть зубів	$D_{фр}, \text{мм}$	z	$D_{фр}, \text{мм}$	z	$D_{фр}, \text{мм}$	z	$D_{фр}, \text{мм}$	z
	16	1	32	4	63	8	100	12
	25	2	40	4	80	10	125	12
			50	6			160	16
							200	18
							250	20
							315	22

Таким чином, удосконалена конструкція торцевих збірних фрез з касетами з круглим хвостовиком може бути реалізована на фрезах діаметром від 16 до 315 мм, що дозволяє значно ефективніше оброблювати вузькі площини і уступи. Варто помітити, що, на відміну від представлених на ринку конструкцій фрез діаметром меншим за 80 мм, де пластини кріпляться безпосередньо в корпусі фрези, дана конструкція дозволяє використовувати вставні касети, що значно підвищує універсальність даного інструменту.

Список використаних джерел: 1. *Batt S.* Ein Beitrag zur Entwicklung von Fräswerkzeugen mit verbesserten dynamischen Schnitteigenschaften; 2009. 2. *Nguyen D.* Potenzial eines Rundschaft-Fräswerkzeugsystems für Forschung und Produktion. Shaker: Aachen; 2009. 3. *Pausemann J.* Entwicklung und konstruktive Auslegung eines Schälfräswerkzeugs, sowie dessen funktionale versuchstechnische Erprobung. Diplomarbeit (IFQ). 4. *Beňo J, Maňková I, Vrábek M, Karpuschewski B, Emmer T, Schmidt K.* Operation Safety and Performance of Milling Cutters with Shank Style Holders of Tool Inserts. *Procedia Engineering* 2012;48:15–23. 5. *Beno J*(ed.). Computation of main cutting force when milling with stepped depth of cut; 2005. 6. *Karpuschewski B, Emmer T, Schmidt K, Nguyen DT.* Rundschaft-Werkzeugsystem – universell und flexibel einsetzbar in Forschung und Produktion Hrsg. *Dudas, I., Miskolc,* 2007, S.53-62. „Proceedings of the 12th International Conference on Tools“, *Dudas, I., Miskolc,* 2007, S.53-62. 7. *Schmidt K.* Rundkassettenfräskopf. Production process in mechanical engineering 2006:103–6. 8. *Popke H, Emmer T, Alex R.* WERKZEUGE - Dynamisch stabile Fräser mit Schnittaufteilung; 2001.

Поступила в редколлегию 22.07.2015