

**В.Є. КАРПУСЬ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», г. Харків;  
**М.С. ІВАНОВА**, аспірант НТУ «ХПІ», г. Харків

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ОСЬОВОГО ІНСТРУМЕНТА**

Стаття присвячена проблемі ефективного застосування комбінованих осьових інструментів. Розглянуто сучасні конструкції таких інструментів, виготовлених закордонними та вітчизняними виробниками. Проаналізовані їх переваги та умови використання в сучасній механообробці. Визначені задачі та шляхи вдосконалення комбінованого осьового інструмента з урахуванням виробничих умов.

The article is dedicated to issue of effective application of combined axial cutting tools. The modern constructions of such cutting tools produced by foreign and domestic manufacturers are considered. Advantages and utilization conditions according to up-to-date machining processes are analyzed. Issues and ways of upgrading of combined axial cutting tools subject to manufacturing conditions are defined.

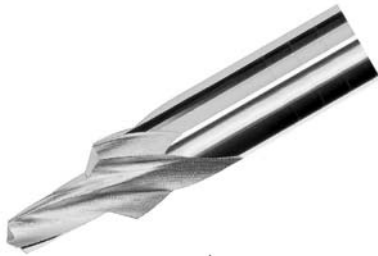
Актуальною задачею досліджень в галузі інструментального виробництва є пошук способів підвищення продуктивності обробки металорізальним інструментом із одночасним забезпеченням потрібної точності та якості поверхонь деталей.

Перспективними з точки зору підвищення продуктивності обробки є комбіновані осьові інструменти (КОІ), які складаються з двох та більше однотипних або різнотипних осьових інструментів і дозволяють обробляти отвори за один робочий хід, завдяки суміщенню технологічних переходів.

Ці інструменти розробляються та виготовляються спеціально для обробки конкретного отвору, що обумовлює велику кількість КОІ, які відрізняються між собою конструкцією, розмірами, технологічним призначенням тощо.

На основі аналізу вітчизняної та закордонної літератури, патентної інформації, конструкторсько-технологічної документації та досвіду виробничого впровадження КОІ розроблена їх класифікація.

За конструктивним виконанням КОІ бувають: суцільні (рис. 1, а), з напаяними пластинами, з механічним кріпленням пластин (рис.1, б), зі вставними ножами та збірні (рис. 1, в). Враховуючи високу вартість інструментального матеріалу і те, що зношуються в основному різальні кромки інструмента, доцільно використовувати КОІ з напаяними пластинами, механічним кріпленням пластин та збірні. Суцільні КОІ доцільно застосовувати лише для обробки отворів малих розмірів з невеликим перепадом діаметрів.



a/



б/



в/

Рис. 1 – Двоступінчасті свердла фірми Iskar: а – суцільне;  
б – з механічним кріпленням пластин;  
в – збірне

На рис 2, а показано суцільний інструмент «свердло-розвертка», запатентований у США в 1985 р. [1], складається зі спірального свердла і розвертки, які мають спільну робочу частину та дві спільні спіральні канавки для виведення стружки із зони різання. Різальні кромки розвертки заточують так, щоб кут їх нахилу був протилежним куту нахилу спіральних канавок. Цим інструментом можна просвердлити наскрізний отвір високої якості поверхні за один робочий хід.

Інструмент для обробки отворів, запатентований у США у 2007 р. німецькою фірмою Reiner Quanz GmbH & Co (рис. 2, б) [2], поєднує в собі спіральне свердло, мітчик та зенківку і також має спільні спіральні канавки для виведення стружки.

КОІ (рис. 2, в), запатентований в 2008 році Сполученими Штатами Америки, як представником National Aeronautics and Space Administration (NASA) [3] складається зі свердла та багатоступінчастого мітчика. Цей інструмент призначений для свердління та обробки ступінчастих різьбових отворів за один робочий хід.

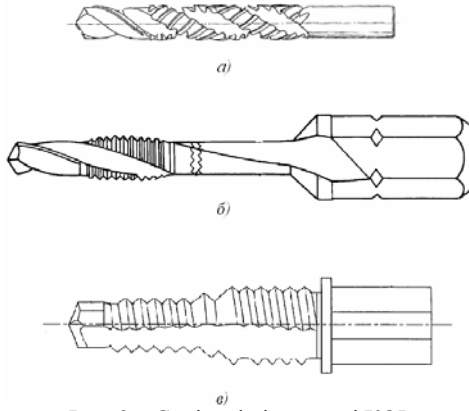


Рис. 2 – Суцільні різнотипні КОІ:

а – свердло-розвертка; б – свердло-мітчик; в – свердло-двоступінчастий мітчик

КОІ можуть бути як однотипними, наприклад, ступінчасті свердла (див. рис. 1, рис. 4, а), ступінчасті зенкери (рис. 4, б, в), так і різнотипними, наприклад, свердло-розвертка (див. рис. 2, а, рис. 3, а), зенкер-розвертка (рис. 3, б), свердло-мітчик (див. рис. 2 б, в).

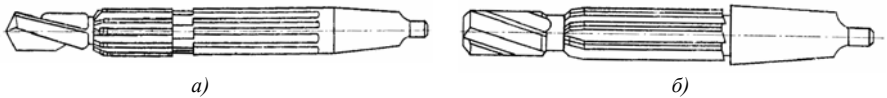


Рис. 3 – Різнотипні КОІ: а – свердло-розвертка; б – зенкер-розвертка

За кількістю ступенів КОІ виготовляють дво-, три-, чотири-, п'ятиступінчасті та більше. Наприклад, ВАТ «Специнструмент» (Росія) по кресленнях замовників виготовляє ступінчасті свердла та зенкери, що складаються з суцільного корпусу потрібної форми, на якому закріплені змінні багатогранні пластини (див. рис. 4) [4].

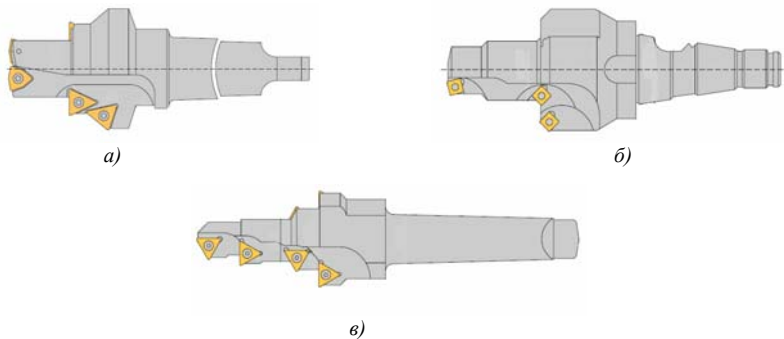


Рис. 4 – КОІ з механічним кріпленням пластин: а – триступінчасте свердло; б – триступінчастий зенкер; в – чотириступінчастий зенкер

Послідовність реалізації технологічних переходів обумовлює принцип роботи ступенів КОІ: послідовний, паралельний та послідовно-паралельний. Наприклад, обробляючи гладкий отвір інструментом «зенкер-розвертка» або «зенкер-розвертка-мітчик», суміщення технологічних переходів відбувається послідовно, а ступені інструмента працюють за послідовною схемою різання. При одночасній обробці співвісних поверхонь, що знаходяться на деякій відстані одна від одної, ступені КОІ здійснюють паралельну обробку, якщо одночасно починають обробку та одночасно її закінчують. Найпоширенішим є послідовно-паралельний принцип роботи ступенів, при якому починає оброблення перший ступінь, далі інші, таким чином, що деякий час усі ступені працюють одночасно. Це характерно для таких КОІ, як «свердло-зенкер-зенківка», ступінчасті зенкери тощо.

Для підвищення точності отворів на виробництві можуть застосовувати додаткове спрямування (по кондукторних втулках або за конструктивним елементом КОІ).

В умовах сучасного машинобудування фірми-виробники інструмента пропонують збірний КОІ, як більш економічний, ефективний та зручний у експлуатації.

Конструкція збірного інструмента для обробки отворів (рис. 5), запатентована компанією Everede Tool Company (США) у 1982 р [5], складається з корпусу 1, в якому за допомогою гвинтів 2 на потрібній довжині фіксується осьовий інструмент (свердло 3 або розвертка 4). На корпусі 1 гвинтами 5 в певному положенні кріпиться змінна різальна пластина 6 для обробки фаски. Таким чином, можна отримати «свердло-зенківку» (рис. 5, а) або «розвертку-зенківку» (рис. 5, б).

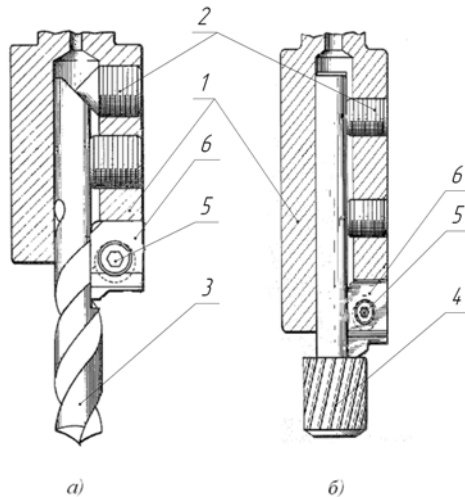


Рис. 5 – Збірний КОІ компанії Everede Tool Company у виконанні:  
а – свердла-зенківки; б – розвертки-зенківки

Збірне ступінчасте свердло Карла Х. Ліндена (рис. 6), запатентоване в 1985 р. у США [6], складається з декількох окремих елементів різних діаметрів, які мають свої різальні кромки та спіральні канавки для виведення стружки з зони різання. Всі елементи, крім першого, у передній частині мають уніфікований різьбовий отвір, у який загвинчується попередній елемент меншого діаметра, таким чином, щоб утворювалося ступінчасте свердло. Така конструкція збірного КОІ дозволяє складати ступінчасте свердло з потрібною кількістю ступенів та набором діаметрів (див. рис. 6 б, в).

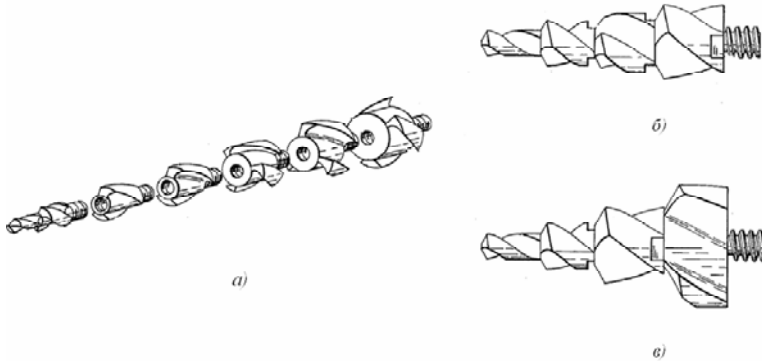


Рис. 6 – Збірне ступінчасте свердло Карла Х. Ліндена

КОІ (рис. 7), який був запатентований компанією Hayes Lemmerz International у 2007 р. [7] складається із суцільного ступінчастого корпусу 1, в передню частину меншого діаметру якого встановлюється перове свердло 2, а на середню частину більшого діаметра гвинтами 3 кріпляться пластини 4. Цей інструмент призначений для свердління отвору з фаскою. Така конструкція забезпечує швидку заміну різальних кромки інструмента.

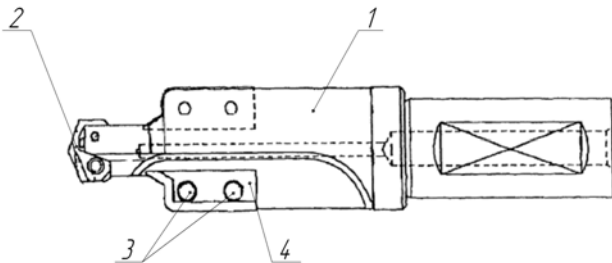


Рис. 7 – Свердло-зенківка фірми Hayes Lemmerz International

Фірма Kennametal одержала патент США у 2006 р. на збірний КОІ «свердло-зенківка» [8], що складається зі спірального свердла 1 та

закріпленої на ньому гвинтами 2 різальної насадки 3, яка має дві змінні різальні пластини 4. Між свердлом і різальною насадкою у спіральних стружкових канавках є вставка 5 для плавного спрямування стружки зі стружкової канавки спірального свердла у стружкову канавку різальної насадки. Така конструкція «свердла-зенківки» передбачає можливість налагодження довжини вильоту свердла на потрібну довжину оброблюваного отвору за рахунок пересування різальної насадки 3 уздовж осі спірального свердла 1.

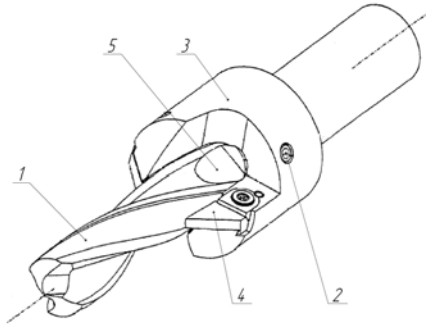


Рис. 8 – «Свердло-зенківка» фірми Kennametal

Фірма Kennametal також виготовляє «свердло-зенківку» KenTIP BF (рис. 9, а) [9]. Цей інструмент складається з основного корпусу 1, в середину якого гвинтами 4 кріпиться свердло KenTIP 2. На корпус гвинтами 5 закріплюються змінні твердосплавні пластини BF 3. Свердла KenTIP (рис. 9, б) мають твердосплавну змінну різальну частину, яка легко замінюється на нову при спрацюванні, що дозволяє скоротити час налагодження інструмента та збільшити термін його дії на 74 % порівняно з суцільним твердосплавним КОІ.

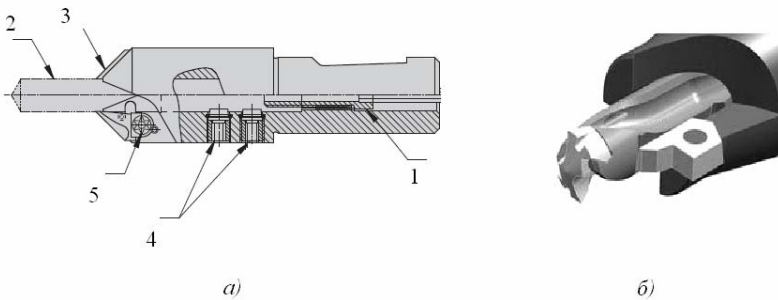


Рис. 9 - Збірний КОІ «свердло-зенківка» KenTIP BF фірми Kennametal

Компанія Seco Tools (Швеція) у 2006 р. одержала патент на свою конструкцію збірного «свердла-зенківки» (рис. 10) [10]. Цей інструмент складається зі свердла 1, зенківки 2, до якої пригвинчується цанга 3. Зенківка 2 має пази, в яких гвинтами 4 кріпляться змінні пластини 5. Ці пази і пластини мають рифлення, за допомогою яких фіксується положення пластин відносно осі свердла. Така конструкція дозволяє використовувати зенківку 2 зі свердлами різних діаметрів. Осьове положення зенківки 2 відносно свердла 3 фіксується гвинтом 6.

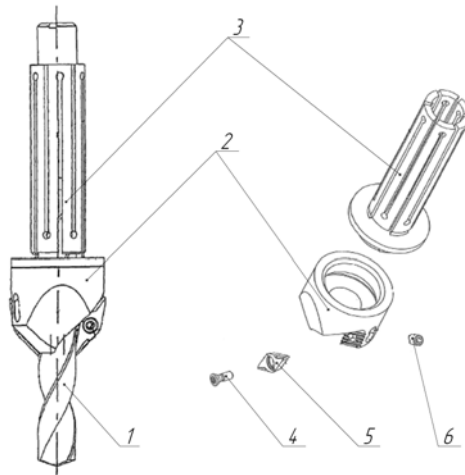


Рис. 10 – Свердло-зенківка фірми Seco Tools

Компанія Granlund Tools AB (Швеція) пропонує збірний КОІ (рис. 11) [11] наступної конструкції: В тримач 1 встановлюється цеківка 2, що має осьовий отвір, в якому розташовується спіральне свердло 3. Осьове положення цеківки та свердла фіксується гвинтами 4 і 5 відповідно. Всередині тримача 1, збоку хвостовика є гвинт 6, який призначений для налагодження свердла на потрібну довжину обробки.

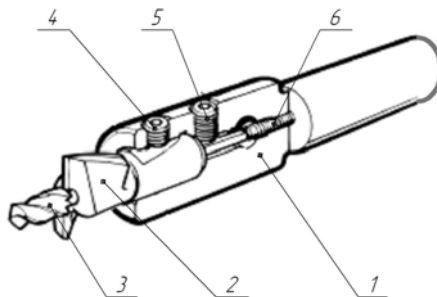


Рис. 11 – Свердло-цеківка фірми Granlund Tools AB

Використання КОІ для обробки отворів в машинобудуванні має наступні переваги:

- підвищення продуктивності процесу обробки отворів за рахунок концентрації технологічних переходів;
- підвищення точності обробки співвісних поверхонь та отворів;
- зменшення допоміжного часу на заміну та налагодження інструмента;
- скорочення числа технологічного устаткування (зменшення кількості верстатів на поточних та автоматичних лініях, свердлильних головок у агрегатних верстатах; потрібно менше позицій в інструментальних магазинах верстатів з ЧПК, а також зменшується кількість допоміжних інструментів), що призводить до зменшення кількості працюючих, виробничої площі, і, як наслідок, собівартості продукції.

Разом з тим їх використання у виробництві обмежується наступними факторами:

- складність виготовлення та переточування із-за великої кількості різальних кромки, і, як наслідок, більша вартість порівняно зі стандартними інструментами;

- велике число одночасно працюючих різальних кромки спричиняє концентрацію сил різання, зростання температури, що може привести до збільшення величини розбиття отвору та прискореного спрацювання інструмента;

- збільшення обсягу матеріалу, який зрізується, що ускладнює відведення стружки і може спричинити її пакетування;

- призначення величини подачі по лімітуючому ступеню меншого діаметра веде до неповного використання потенційних можливостей ступенів КОІ більших діаметрів.

Зменшити вплив цих недоліків можна на стадії розробки та проектування інструмента. Так, для забезпечення надійного відведення стружки із зони різання усіма ступенями розміри та кут нахилу стружкових канавок збільшують, а також використовують стружколоми та внутрішнє підведення ЗОР, що також зменшує температуру різання.

Для полегшення процесу експлуатації КОІ, потрібно використовувати збірні інструменти з різальними кромками у вигляді твердосплавних закріплених механічно пластин. Їх застосування виключає необхідність заточування різальних кромки, дозволяє підвищувати швидкість різання, стійкість, а також економити дороговартісний інструментальний матеріал та час на оновлення різальних кромки порівняно з суцільним КОІ або інструментом з напаяними пластинами.

Для збільшення ефективності застосування КОІ бажано призначити режими різання враховуючи величину середньозваженого діаметру інструмента, що об'єктивно характеризує його жорсткість. Це створює передумови для більш ефективного використання потенційних можливостей нелімітуючих ступенів КОІ.



Як показали наші дослідження, перспективним напрямком підвищення ефективності КОІ та зменшення їх впливу на зростання собівартості продукції є впровадження модульних конструкцій КОІ, що складаються з окремих модулів, які входять до комплексу уніфікованих елементів. Це дозволяє максимально використовувати ресурси кожного з елементів, що входять до складу даного КОІ.

Таким чином, запропоновані шляхи вдосконалення конструкцій КОІ, пов'язані з підвищенням рівня уніфікації їх елементів та обґрунтуванням методики інтенсифікації режимів різання при збереженні точності та якості обробки, формують науково-технічну базу для більш широкого впровадження КОІ у виробництво.

**Список літератури. 1.** United States Patent 4507028, Int. CL B23B 51/08, U.S. CL 408/230, 408/227, 408/229, Combined drill and reamer / Masahiro Matsushita; assignee Densaburo Sakai, Osaka, Japan – Appl №. 422439, Sep. 23, 1982; Date of Patent Mar. 26, 1985. **2.** United States Patent 721409, Int. CL B23B 51/08, B23B 51/10, U.S. CL 408/1 R, 408/218, 408/191, 408/192, 408/225, Drill countersink assembly / James L. Wienhold; – Appl №. 11/082379, Mar. 17, 2005; Date of Patent Dec. 12, 2006. **3.** United States Patent 7357606 B1, Int. CL B23G 5/20, B23B 51/08, U.S. CL 408/222, 408/1 R, 408/225, 470/199, Self-advancing step-tap tool / Donald R. Pettit, Ronald K. Penner, Larry D. Franklin, Charles J. Camarda; assignee United States of America as represented by the Administrator of the National Aeronautics and Space Administration – Appl №. 11/357461, Feb. 3, 2006; Date of Patent Apr. 15, 2008. **4.** Осевой инструмент для обработки отверстий. [Электронный ресурс]: Каталог продукции. – Россия: ОАО «Специнструмент» - 2010. Режим доступа до каталогу: <http://www.spinstrument.ru/catalog.htm>. **5.** United States Patent 4353670, Int. CL B23B 51/10, U.S. CL 408/193, 408/201, 408/713, Machining tool / Charles A. Jorgensen; assignee Everede Tool Company – Appl №. 155103, Jun. 2, 1980; Date of Patent Oct. 12, 1982. **6.** United States Patent 4561812, Int. CL B23B 51/08, U.S. CL 408/1 R, 408/22, 408/26, 408/224, 408/713, Extensible drill / Karl H. Linden; – Appl №. 511164, Oct. 11, 1982; Date of Patent Dec. 31, 1985. **7.** United States Patent 7226250 B2, Int. CL B23B 51/02, B23B 51/08, U.S. CL 408/1 R, 408/218, 408/191, 408/192, 408/225, Tool and method for forming a lug hole / Gepffrey L. Gattton, Dave Seiler, assignee Hayes Lemmerz International, Inc; – Appl №. 10/744118, Dec. 22, 2003; Date of Patent Jun. 5, 2007. **8.** United States Patent 7090447 B2, Int. CL B23B 51/08, B23B 51/10, U.S. CL 408/118, 408/191, 408/224, Twist drill for drilling with a countersink cutting arrangement, and a cutting tool with a countersink arrangement and a cutting-chamfering tool/ Horst Jager, Berthold Zeug, assignee Kennametal Inc.; – Appl №. 10/617519, Jul. 11, 2003; Date of Patent Aug. 12, 2006. **9.** High-performance combination tools [Электронный ресурс]: Каталог продукции. - Kennametal Inc. – 2010. Режим доступа до каталогу: [http://www.kennametal.com/en-S/products\\_services/metalworking/holemaking/HP\\_combination\\_tools/HP\\_combination\\_tools\\_products.jhtml](http://www.kennametal.com/en-S/products_services/metalworking/holemaking/HP_combination_tools/HP_combination_tools_products.jhtml). **10.** United States Patent 7131798 B2, Int. CL B23B 51/08, B23B 51/10, U.S. CL 408/191; 408/118; 408/181; 408/224, Countersink for chip removing machining tool / Ronny Karlsson, Alain Freyermuth, assignee Seco Tools AB; – Appl №. 10/878053, Jun. 23, 2004; Date of Patent Nov. 1, 2006. **11.** Grunland. Main Catalogue EN. Каталог фірми Grunland, Швеція – 2009, 40 с. **12.** Hole making. Cutting tools. E-Catalog. [Электронный ресурс]: Каталог продукции. – Israel: Iskar Member IMC Group, LTD – 2010. Режим доступа до каталогу: <http://www.iscar.com/ecat>. **13.** Кожевников Д.В. Режущий инструмент: учебн. для вузов / [Д. В. Кожевников, А. А. Гречишников, С. В. Кирсанов, В. И. Кокарев, А. Г. Схиртладзе]; под ред. С. В. Кирсанова. – [2-е изд.]. – М. : Машиностроение, 2005. – 528 с.

*Надійшла до редколегії 08.09.10*