

УДК 621.881

С.Г. Нагорняк, докт. техн. наук, проф., І.В. Луців, докт. техн. наук, проф.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (Україна)

СИНТЕЗ ВЕРСТАТНОГО ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

S. Nahornyak, Dr., Prof., I. Lutsiv Dr., Prof.

SYNTHESIS OF MACHINE AND TOOL EQUIPMENT FOR MACHINING

Серед найбільших досягнень доктора технічних наук, професора, Заслуженого винахідника України Богдана Матвійовича Гевка у галузі машинобудівної науки слід окремо виділити створену ним широко відому в Україні і закордоном наукову школу, представниками якої є десятки докторів та кандидатів технічних наук. Ця школа вирізняється своєю розгалуженістю, надзвичайно широким спектром вирішуваних задач, активною діяльністю впродовж багатьох і багатьох років і включає в себе комплекси досліджень як в сільськогосподарському, так і в загальному машинобудуванні і його технологіях.

Слід зазначити, що найближче до наукової школи, сформованої Б.М. Гевком, виступає наукова школа, заснована теж талановитим винахідником і раціоналізатором, творцем нової техніки, академіком Академії наук вищої школи України доктором технічних наук, професором Нагорняком Степаном Григоровичем, нині, на жаль, покійним. Керівництво діяльністю цієї наукової школи зараз продовжує заслужений працівник освіти України, академік Національної академії вищої освіти України д.т.н., проф.. Луців І.В. Внаслідок інтенсивного наукового пошуку та напруженої праці цією науковою школою за 30 років її існування опубліковано більше 500 наукових праць, десятки монографій, отримано більше 200 авторських свідоцтв та патентів на винаходи і корисні моделі. Підготовлені 3 доктори і більше десяти кандидатів технічних наук в галузі матеріалообробки, верстатів та інструментів.

Основою зазначених науково-технічних дослідницьких робіт стала докторська дисертація С.Г. Нагорняка на тему «Синтез інструментально-верстатного оснащення на основі аналізу кінематики лезової обробки» [1]. В цій роботі знайшли відображення найвагоміші результати його багаторічної діяльності. В основі вказаного синтезу були положені базові принципи структурно-схемної побудови інструментально-верстатного оснащення. При цьому застосований системний підхід до багатоваріантного пошуку структур регулювання формоутворюючими рухами на всіх етапах обробки. Важливим є те, що була запропонована узагальнена модель поетапних кінематичних схем різання з врахуванням пружних властивостей технологічної системи при механічному оброблюванні. В результаті досліджень були запропоновані методологічні основи розрахунку основних характеристик і параметрів нового верстатно-інструментального оснащення та розроблений і в більшості впроваджений у виробництво комплекс конструкцій оснащення для токарних, свердлильних, фрезерних і різнарізних операцій [2,3]. Таким чином в роботі С.Г. Нагорняка знайшла представлення сукупність теоретичних, експериментальних і практично втілених результатів досліджень у вигляді узагальнення і розв'язку важливої для народного господарства проблеми – створення на основі поетапних кінематичних схем різання принципів синтезу інструментально-верстатного оснащення, яке розширює технологічні можливості обробки і підвищує техніко-економічні показники обладнання.

Слід зазначити, що для пошуку можливих шляхів підвищення продуктивності і якості лезової обробки був запроваджений аналіз основних технічних протиріч, які практично виникають при різанні металів. Так, в процесі токарної обробки підвищення

швидкості подачі призводить до збільшення величини радіальної складової сили різання, дія якої на оброблювану деталь призводить до зменшення точності макровідхилень. Поряд з тим при токарній обробці із збільшенням швидкості подачі зменшується точність мікровідхилень. При свердлінні наскрізних отворів збільшення швидкості подачі призводить до зменшення напрацювання на відмову, що пов'язано з особливостями динаміки процесу свердління. Окрім того, при свердлінні отворів виникає протиріччя між швидкістю подачі і точністю формування отворів по довжині. В процесі фрезерування і вихрового нарізання різі збільшення швидкості головного руху різання і відповідно намагання збільшити продуктивність фрезерування призводить до зниження напрацювання на відмову і стійкості інструментів.

Для розв'язку зазначених протиріч був проведений аналіз кінематики лезової обробки і зроблено висновок про доцільність створення інструментально-верстатного оснащення з врахуванням особливостей врізання і виходу інструментів (зубів) із тіла заготовки, тобто на основі поетапних кінематичних схем різання. На основі вказаного аналізу був запропонований принцип багатоваріантного структурного формування розмежування узгодженості між векторами швидкостей ведучого і веденого елементів інструментально-верстатного оснащення при поступальному і обертовому рухах. При цьому вектор швидкості веденого елементу є різницею між вектором швидкості ведучого елементу і вектором відносної швидкості відставання веденого елементу відносно ведучого. Такий принцип є основою векторного синтезу токарного, свердлильного, фрезерного і різанарізного оснащення, яке розширює технологічні можливості і підвищує техніко-економічні показники лезової обробки [2,3].

Яскравим прикладом застосування викладеного підходу є синтез верстатно-інструментального оснащення для свердлильних робіт. Відомо, що для забезпечення якісного свердління необхідно здійснювати плавний вихід свердла із заготовки. Тому для свердління наскрізних отворів на основі структурно-векторного синтезу були запропоновані нові механізми плавного регулювання подачі [4,5]. Загалом комплекс засобів регулювання процесів врізання і виходу свердла при обробці наскрізних отворів дозволив проводити обробку при подачах, які на 20-25% перевищують нормативні, виключити перенавантаження і руйнування інструментів, зменшити величини заусенців.

Важливими для розуміння сутності самого процесу вирівнювання навантажень при багатолезовій обробці стала докторська робота д.т.н., проф. Луціва І.В. [6]. У ній були розглянуті наукові основи створення багатолезового оснащення з між інструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання. Так, запропоновано і обґрунтовано концепцію багатолезового самоналагоджувального різання, яка полягає в тому, що при обробці поверхонь обертання декількома однаковими лезами, що розміщені симетрично відносно оброблюваної поверхні, усунення пружних деформацій від радіальних складових зусиль різання можна добитися, якщо покласти кожному лезу одну ступінь вільності в напрямку, який співпадає з напрямком подачі, і зв'язати ці леза між собою в цьому напрямку з допомогою механізмів чи засобів, які здійснюють адаптивний кінематичний зв'язок між лезами. На цій основі запропонований новий підхід до синтезу такого обладнання [7,8].

Таким чином, виявлені кінематичні та структурно-функціональні особливості багатолезової обробки. Вперше створені наукові основи синтезу структурних формул і компоновок конструкцій багатолезового оснащення із кінематичними між інструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання і запропоновано багатоваріантну структуру компоновок і топологічних схем багатолезового самоналагоджувального оснащення. Визначені границі областей ефективного використання вирівнювальних механізмів в аспекті їх впливу на динамічну якість

системи. Показано, що доцільно змінювати елементи режимів різання в залежності від співвідношення поздовжньої подачі і швидкості обробки. При цьому забезпечується значене підвищення запасу вібростійкості технологічної системи внаслідок істотної зміни форми амплітудної фазовочастотної характеристики (АФЧХ) динамічної системи і відповідного розміщення кривої АФЧХ відносно осей координат характеристики.

Використання адаптивних міжінструментальних зв'язків, наприклад, для дворізевого токарного оснащення дало змогу значно підвищити точність макровідхилень і у 1,6-1,8 разів зменшити мікровідхилення порівняно із традиційною одно різевою обробкою [3].

Немаловажливим стало застосування використання зв'язків адаптивного типу у керуванні рухами окремих лез свердла для отримання позитивних ефектів щодо уведення інструменту від його встановленої осі. Як відомо, причина уведення осі полягає в миттєвому коливанні навантажень на лезах, що є наслідком зміни миттєвих січень зрізу через різницю твердості матеріалу, наявності автоколивних рухів інструменту, похибок геометрії різальних кромek тощо. Тому для запобігання такому явищу були запропоновані свердла для глибокого свердління із гідравлічними зв'язками між окремими лезами [9]. Для створення таких збірних свердел застосоване автоматизоване проектування [10]. Вказані інструменти істотно впливають на покращення якості обробки, сприяють зменшенню уведення свердел відносно їх заданої осі та покращують шорсткість виготовлених отворів.

Такий же підхід використаний і для зенкерування отворів [11].

Значна робота із синтезу прогресивних конструкцій торцевих фрез пророблена д.т.н., проф. Нагорняком С.Г. і д.е.н., к.т.н. К.В. Зеленським. Ними запропоновані принципи побудови і моделювання структурних схем збірних торцевих фрез з пружно-демпфуючими елементами.

Встановлено, що запровадження пружно-демпфуючих зв'язків між різальною частиною та іншими елементами збірних торцевих фрез і вихрових головок дозволяють знизити рівень динамічних навантажень в 1,5-1,7 раза і підвищити стійкість інструментів порядку на 20% [3,12]. Такі ж елементи у ряді випадків були затосовані і для оснащення для вихрового нарізання різей при їх синтезі [13].

Зазначені вище принципи синтезу в широкому аспекті розуміння процесів захисту обладнання від перевантажень можна застосовувати і у синтезі запобіжного спорядження [3,14,15,16]. Для запобігання неприпустимим навантаженням при роботі як технологічного обладнання, так і сільськогосподарської техніки створені на рівні авторських свідоцтв і патентів десятки перспективних конструкцій. При цьому, наприклад, застосування розробленого методу синтезу до створення запобіжного інструментально-верстатного оснащення забезпечило співвідношення між максимальним моментом пробуксовування і моментом на етапі усталеного процесу різання в межах 1,05-1,25.

В останній час представниками нашої наукової школи розробляються принципи синтезу оснащення для самоналагоджувального затиску і оброблення заготовок, в тому числі тонкостінних [3,17,18], а також створення нових принципів побудови верстатів, зокрема двохмодульного типу [19].

Такі основні результати діяльності наукової школи із синтезу верстатного та інструментального спорядження із застосуванням принципів впровадження елементів і схем адаптивного типу сприяли успішному вирішенню багатьох завдань верстатно-інструментальної промисловості. Результати наукових досліджень школи впроваджені на багатьох машинобудівних підприємствах, зокрема у Києві, Тернополі, Волочиську, інших містах України та закордону.

Література

1. Нагорняк С.Г. Синтез инструментально-станочной оснастки на основе анализа кинематики лезвийной обработки [Текст]: дис... д-ра.техн.наук: 05.03.01/ С.Г. Нагорняк. – К., 1991. – 37с.
2. Нагорняк С.Г. Основные технические противоречия при лезвийной обработке и пути их разрешения / С.Г. Нагорняк // Изв. вузов. Машиностроение. – 1990. - №10. – С. 133-137.
3. Нагорняк С.Г. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования / С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив – К.: Техника, 1992. – 72с.
4. Нагорняк С.Г. Автоматизация сверления сквозных отверстий в вязких и хрупких материалах / С.Г. Нагорняк // Станки и инструмент. – 1980. - №6. – С. 19-20.
5. Нагорняк С.Г. Конструкция и расчет регулятора подач для сверления сквозных отверстий / С.Г. Нагорняк // Изв. вузов. Машиностроение. – 1982. - №6. – С. 124-128.
6. Луців І.В. Основи створення багатолезового оснащення з між інструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання [Текст]: дис... д-ра.техн.наук: 05.03.01/ І.В. Луців. – К., 2006. – 448с.
7. Луців І. Структурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними міжінструментальними зв'язками / І.В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1997, т.2, №1, с.78-84.
8. Луців І. Кінематичні особливості багатолезової адаптивної обробки/ І.В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1998, т.3, №4, с.107-111.
9. Брошак І. Аналіз технологічних та геометричних параметрів свердл адаптивного типу для оброблення глибоких отворів/ І.І. Брошак, І.В. Луців // Машинознавство, 2001, №3, с.29-32.
10. Луців І.В. Проектування свердл адаптивного типу для оброблення глибоких отворів з допомогою ПЕОМ / І.В. Луців, І.І. Брошак // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2001, т.6, №1, с.45-51.
11. Луців І. Зенкерування отворів збірними самовстановлювальними інструментами / І.В. Луців, Ю.Я. Вовк // Машинознавство, 2003, №4, с.49-51.
12. Нагорняк С.Г. Синтез сборных торцевых фрез с упруго-демпфирующими элементами/ С.Г. Нагорняк, Зеленский К.В. // Изв.вузов Машиностр. – 1991, №10-12. – С. 123-126.
13. Нагорняк С. Синтез вихрових головок для фрезерування різей на деталях машин/ С.Г. Нагорняк, М.М. Зінь // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1996 – Т.1. – с.66-72.
14. Нагорняк С.Г. Конструирование предохранительных устройств на основе векторного синтеза / С.Г. Нагорняк // Изв. вузов. Машиностроение. – 1989. - №8. – С. 118-121.
15. Нагорняк С. Синтез кулькових запобіжних муфт сільськогосподарських машин / С.Г. Нагорняк, І.Б. Гевко // Національний аграрний університет. – 1997. – Т.1 – С. 13-15.
16. Нагорняк С. Аналіз компонувальних схем і шляхи покращення працездатного стану планетарних трансформаторів обертового моменту / С.Г. Нагорняк, Г.М. Данилишин // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2000. – Т. 5. – С.62-69.
17. Lutsiv I., Voloshyn V., Bytsa R. Adaptation of lathe chucks clamping elements to the clamping surface/ I. Lutsiv, V.Voloshyn, R.Bytsa // Machines, Technologies, Materials. International journal. Bulgaria, 2015.- Issue 12/2015. - P. 64-67.