

СТУДЕНТСЬКА РОБОТА

**АНАЛІЗ І СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КРІПЛЕННЯ РІЗАЛЬНОЇ
ЧАСТИНИ ДО ДЕРЖАВКИ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЇЇ
МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ**

Шифр «РІЗЕЦЬ 2018»

РЕФЕРАТ

Студентська робота містить 41 сторінок, 14 рисунків, 2 таблиці, 3 додатки, 24 посилань.

Мета роботи – Створення нової конструкції токарного різця з прискореною зміною різальної частини з удосконаленою конструкцією вузла кріплення ріжучої частини до державки токарного різця на основі математичної моделі вузла закріплення, яка забезпечить підвищення продуктивності токарної обробки.

Об'єкт дослідження – токарна обробка на верстатах з ЧПК.

Предмет дослідження – Визначення впливу конструктивних параметрів різальної частини різця та режимів точіння на умови надійного закріплення вставки на державці різця з прискореною зміною робочої частини на основі їх математичних моделей.

В студентській роботі на основі аналізу літературних джерел з конструкцій вузлів кріплення різальної частини до державки різців модульного типу встановлено, що режими оброблення як правило обмежені вузлом кріплення різальної частини різця до державки.

Створена математична модель вузла кріплення, яка дозволяє виявити недоліки конструкції без проведення трудомістких експериментів, методів, визначити шляхи удосконалення вузла кріплення.

Запропонована нова конструкція вузла кріплення ріжучої частини до державки, яка усуває недоліки попередньої забезпечуючи підвищення продуктивності токарної обробки на верстатах з ЧПК.

ТОКАРНА ОБРОБКА, РІЗЕЦЬ З ПРИСКОРЕНОЮ ЗМІНОЮ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ, ВУЗОЛ КРІПЛЕННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ТА СИСТЕМ НА ЇХ ОСНОВІ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕНЬ	5
2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВУЗЛА ЗАКРІПЛЕННЯ ВСТАВКИ НА ДЕРЖАВЦІ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ З ПРИСКОРЕНОЮ ЗМІНОЮ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ	14
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗЦЯ ТА РЕЖИМІВ ТОЧІННЯ НА УМОВИ НАДІЙНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ ВСТАВКИ НА ДЕРЖАВЦІ	22
4. РОЗРОБКА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ РІЗЦЯ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КРІПЛЕННЯ ВСТАВКИ ДО ДЕРЖАВКИ ТА АНАЛІЗ ЇЇ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	28
Список використаних джерел	30
ДОДАТОК А. Довідка про подачу заявки на видачу патенту України на винахід	
ДОДАТОК Б. Приклади різців	
ДОДАТОК В. Таблиці 2.1, 2.2	
ДОДАТОК Г. Таблиця 3.1	

ВСТУП

Сучасне машинобудівне виробництво повинно бути орієнтованим на потреби ринку, як можна ширше задовольняючи його запити. Це значить, що виробництво повинне бути гнучким, високоорганізованим, швидко переналагоджуватися на випуск нової продукції невеликими партіями або окремими екземплярами машин, використовуючи при цьому переваги організації масового виробництва. Такому типу виробництва повинне відповідати і його інструментальне забезпечення, яке дозволяє реалізувати гнучкість без значних витрат на інструмент.

Існуючі системи токарних різців для зовнішнього точіння на середніх верстатах виконуються на основі стандартних конструкцій, в цьому випадку необхідний діапазон головних кутів в плані перекривається окремими конструкціями різальних пластин, які закріплюються на відповідних пластинах державках. Це призводить до того, що номенклатура різців досягає сотень назв та типорозмірів.

Аналіз тенденцій сучасного розвитку інструментального виробництва показує, що гнучкість інструмента досягається за рахунок відділення робочої частини від державки або забезпеченням можливості установки на одну й ту ж державку змінних вставок або різальних пластин. Цей принцип реалізований в модульних конструкціях інструментів або універсально-збірних інструментах.

В даній роботі на основі запропонованої математичної моделі вузла кріплення ріжучої частини різця (вставки) до державки різця з прискореною зміною робочої частини, виявлені недоліки існуючої конструкції та розроблена нова конструкція різця, в якій ці недоліки відсутні. На нову конструкцію різця подана заявка на видачу патенту України на винахід.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ТА СИСТЕМ НА ЇХ ОСНОВІ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Сучасні напрямки удосконалення систем токарних різців для верстатів з ЧПК.

1.1.1 Система токарних різців на основі модульних та блочних конструкцій.

Сьогодні сучасні машинобудівні компанії використовують високопродуктивне обладнання для обробки матеріалів, яке потребує удосконалених інструментальних систем.

Так, систему BTS фірми Сандвік Коромант (рис. 1.1, див. Додаток Б) можна застосовувати із засобами автоматизації різного рівня для точіння, як на звичайних верстатах, так і на складних автоматизованих верстатах. Система забезпечує гнучкість і можливість виконання всіляких операцій і переходів токарної обробки. За допомогою кріплення різних блоків до однієї оправки (рис. 1.2, 1.3 див. Додаток Б) можливе виконання широкого діапазону технологічних операцій на одному верстаті. Уніфікація базових поверхонь блоків дозволяє швидко замінити інструмент залежно від переходу операції. Дана система дозволяє з великою точністю встановлювати різцеві блоки й при цьому різальна вершина займає необхідне положення відносно осі центрів верстата. Розглянута система досить універсальна. Вона може бути використана також на верстатах, револьверні головки яких або супорти мають базові отвори з механізмом кріплення за допомогою рифленого валика (рис. 1.4 див. Додаток Б). У цьому випадку комплект системи повинен містити в собі базові поверхні або перехідники з рифленими хвостовиками (рис. 1.5 див. Додаток Б) .

Для інструментальної системи фірми Хертель (рис. 1.6 див. Додаток Б) характерні наступні основні принципи: - єдина система закріплення інструмента для внутрішньої й зовнішньої обробки; - можливість установки ліворізального й праворізального інструментів, нерухомого й обертового інструментів. У системі інструментів фірми Хертель найбільший інтерес викликає вузол кріплення. Він забезпечує надійне закріплення блоку з таким же гранично припустимим навантаженням, як і у хвостового різального інструменту [1].

Для зовнішнього точіння, нарізання канавок та відрізання запропоновані державки зі змінними хвостовиками CAMFIX (стандарт ISO 26623-1) (Рис 1.7). Для обробки канавок під різним кутом, а також підрізання торців, запропоновані різцеві головки CoroTurn SL (Рис 1.8 див. Додаток Б) [2].

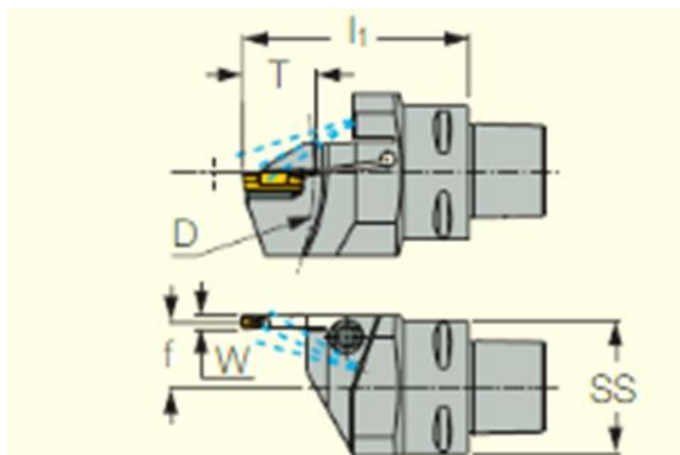


Рисунок 1.7 – Державки зі змінними хвостовиками CAMFIX (стандарт ISO 26623-1) для зовнішнього точіння, нарізання канавок та відрізання [4]

Фірмою “Сандвік Коромант” розроблена також система універсального модульного інструменту “Coromant Capto C10”[6]. Ця система придатна для інструментів усіх видів фрезерного, токарного, свердлильного, вона дозволяє створити єдину систему керування, забезпечення інструментом, складання, ремонту і на всьому підприємстві (рис.1.9 див. Додаток Б).

Система “Coromant Capto C10” є найбільш стабільною системою з’єднання серед усіх з’єднань та має наступні переваги:

- надійне з’єднання, що здатне витримувати високі навантаження, а також працювати з великою глибиною різання та великими вильотами;
- швидке налагоджування інструменту на верстаті;
- автоматична заміна інструменту;
- модульна система.

Для зручності замовників концерни Kennametal Inc. і Sandvik Coromant дійшли згоди про спільне виробництво та продаж інструменту модульних систем КМ і САРТО (рис. 1.10 див. Додаток Б).

Фірма Iscar пропонує одразу декілька варіантів швидкозмінних систем (рис. 1.11-1.13 див. Додаток Б) [8].

Швидкозмінні системи значно дорожчі за звичайні системи, тому Iscar запропонує економічне рішення завдяки використанню адаптерів та лез (див. рис. 1.12,1.13 див. Додаток Б) [8].

1.1.2 Переналагоджувані і регульовані різці.

Розглянемо різці які дозволяють змінювати геометричні параметри використовуючи одну державку та непереточувану різальну пластинку (Рис1.14, 1.15, 1.16, 1.17)

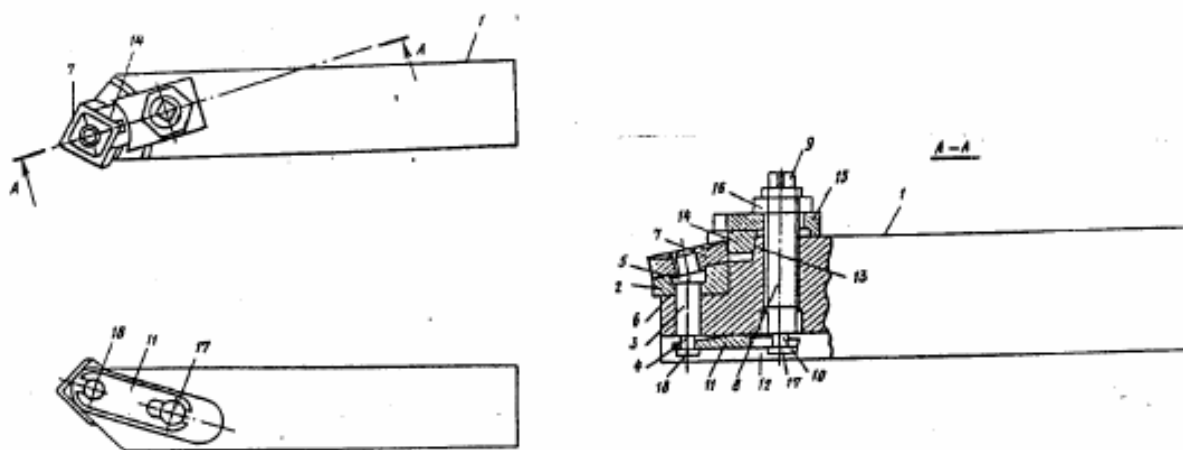


Рисунок 1.14 – Різець із плавним регулюванням поворотної підкладки, оснащеною багатогранною непереточуваною пластиною :

Різець складається з -державки 1зі східчастим гніздом (13, 6), різьбовим отвором і пазом 12; поворотної підкладки ; штифта 3 із кільцевою проточкою 4, буртиком 5 і буртиком 18; різальної пластини7; гвинта 8 із багатогранником 9 під ключ, кільцевої проточки 10 і буртика 17; коромисла 11; клина 14; притиску 15, та гайки 16. [9]

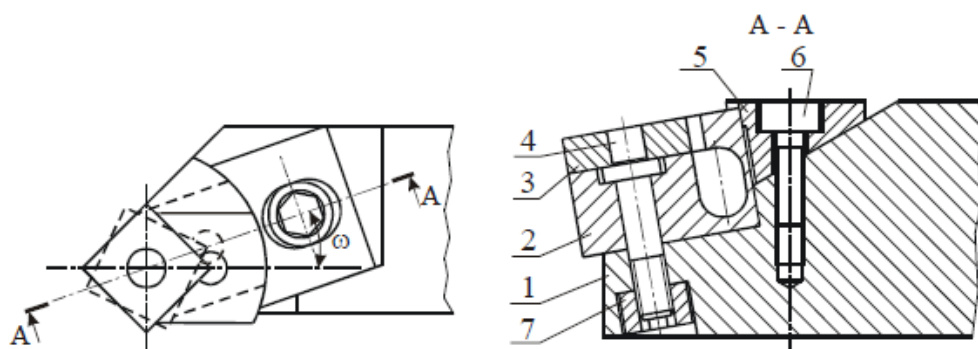


Рисунок 1.15- Універсально-збірний різець із поворотною робочою частиною: 1 - державка, 2 - поворотна підкладка, 3 - багатогранна непереточувана пластина, 4 - штифт, 5 - затискний елемент, 6 - гвинт, 7 – гайка. [10]

На рис. 1.16 показаний представник різців з механічним кріпленням БНП на змінній вставці. Розглянутий інструмент має переваги, які притаманні різцям модульного типу. Зміна геометричних параметрів відбувається за рахунок установки вставок з різними БНП (тригранними, чотиригранними і таке інше).[1]

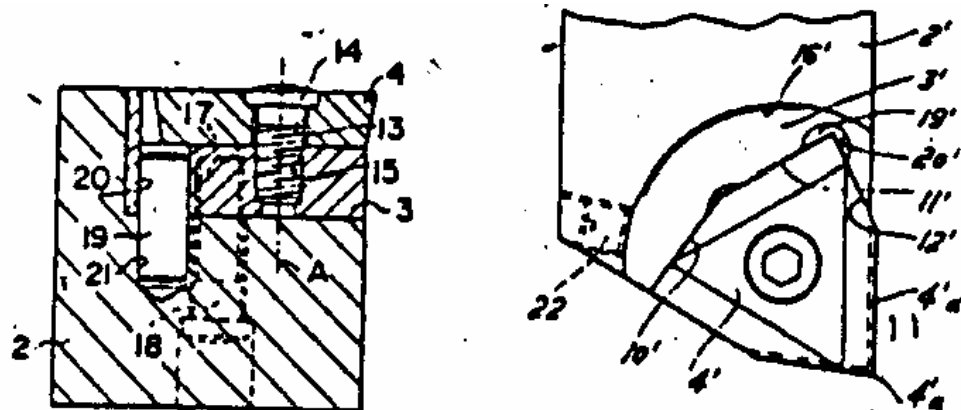


Рисунок 1.16 – Різальний інструмент із механічним кріпленням БНП на змінній вставці : 2 - державка; 3 - вставка; 4 - різальна пластина; 14, 18, 22 - кріпильний, настановний і фіксуєчий гвинти; 19 – штифт. [11]

Різець (рис. 1.17) дозволяє дискретно змінювати положення поворотної підкладки, тим самим, здійснюючи регулювання кутів у плані. Розглянутий інструмент можна віднести також до класу УЗР зі змінною вставкою, тому що геометричні параметри можуть бути змінені за рахунок установки підкладок із БНП із різним числом граней. Інструмент дозволяє дискретно регулювати кути в плані. Із цією метою підкладка й затискний клин виконані з радіусною бічною опорною поверхнею, що контактує з відповідно виконаною бічною опорною поверхнею гнізда, і встановлені з можливістю повороту, причому клин охоплює грані пластини, а в державці з боку нижньої опорної поверхні виконаний паз, у якому встановлене коромисло, що з'єднує штифт із кріпильним гвинтом.[1]

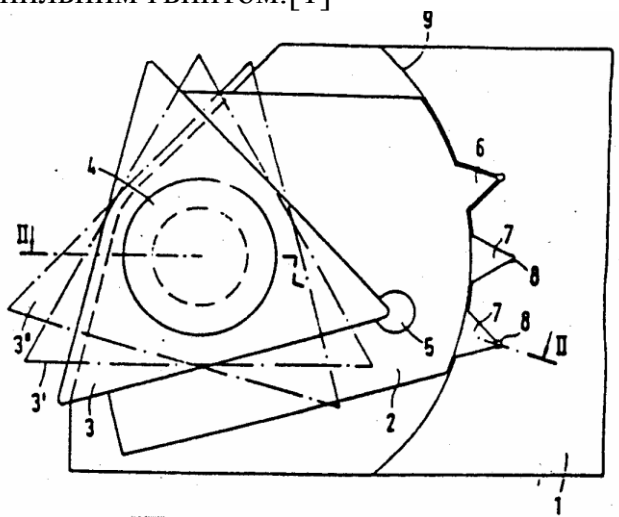


Рисунок 1.17 – Конструкція різця, що забезпечує дискретне регулювання поворотної підкладки з БНП: 1 - державка; 2 - поворотна підкладка; 3 – різальна пластина; 4 – гвинт.[12]

1.1.3 Різці з прискореною або автоматичною зміною різальної частини. Запропонований токарний різець (рис. 1.18)(1.19 див. Додаток Б) складається з державки 1, рухомої вставки 3 з штифтом 4. Штифт 4 має можливість повороту відносно рухомої вставки 3. На верхній кінець штифта 4 надіта різальна пластина 2 без можливості повороту відносно осі штифта 4. На протилежному кінці штифта 4 розташоване зубчасте колесо 6, що сполучається з штифтом 4 за допомогою фрикційної муфти (рис. 1.20), яка складається з нижньої циліндричної поверхні штифта 4, зубчастого колеса 6 та пружини, що охоплює ці поверхні. Для регулювання проміжку між торцями колеса і штифта служать фіксуючі гайки 14. Зубчасте колесо 6 знаходиться в зачепленні з зубчастою рейкою 7, яка розташована в корпусі 8 механізму повороту. Штифт 12, який розташований в корпусі механізму повороту, одним кінцем входить в паз зубчастої рейки 7. Базуючий елемент 5 для базування багатогранної різальної пластини розташований в отворі державки 1. В торець рухомої вставки 3 вкручена тяга 9, а між диском тяги та опорною поверхнею державки розташована затискна пружина 15. Завдяки тому, що отвір, зроблений в базуючому елементі має більший діаметр, ніж штифт 11, який закріплений на державці, забезпечується переміщення базуючого елемента 5 відносно державки.[1]

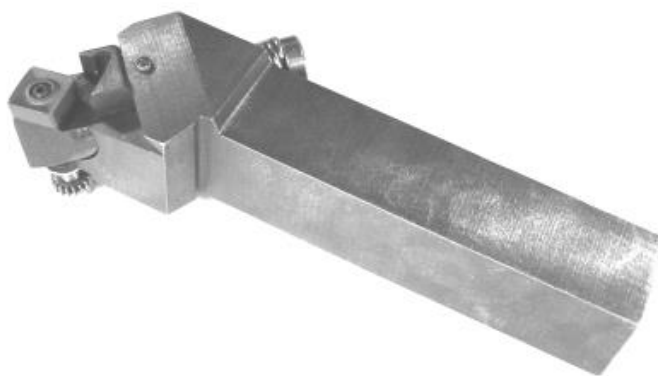


Рисунок 1.18 – Загальний вигляд різця з автоматичної зміною різальної кромки [13]

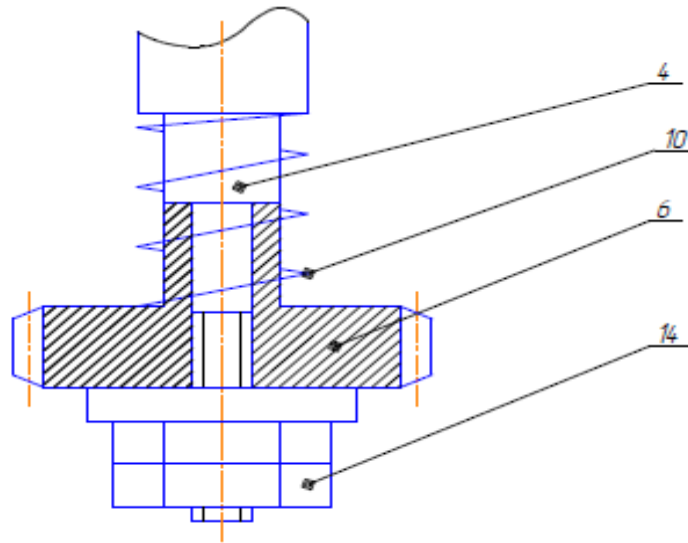


Рисунок 1.20 – Пружинна фрикційна муфта [13]

Різці з прискореною або автоматичною заміною різальної частини забезпечують зменшення допоміжного часу на зміну інструменту.

Так токарний різець [14] (рис 1.21, а, б, в, г, див. Додаток Б) складається з державки 1 з закритим гніздом 2, в якому розміщена вставна опорна пластинка 3. В гнізді 4 вставної опорної пластинки закріплена різальна пластинка 5 за допомогою гвинта 6, який має головку 7 шарової форми, що взаємодіє з конічною поверхнею 8 в отворі різальної пластини при вкручуванні гвинта в різьбовий отвір 9. На опорній поверхні вставної опорної пластинки виконаний паз 10. В державці виконано ступінчастий отвір 11, що сполучається з закритим гніздом державки. В цьому отворі розташована тяга 12 з гачком 13, похила поверхня 14 якого взаємодіє з похилою поверхнею 15 пазу. В ступені 16 з більшим діаметром отвору 11 розміщена пружина 17, одна сторона якої має можливість взаємодії з уступом 18 ступені 16, а друга з упором 19 на тязі, наприклад, з шайбою. Гайки 20 та 21 призначені для регулювання сили підтиску вставної опорної пластини до базуючих поверхонь 22 та 23 в гнізді державки. Штифт 24, який запресований в державку, входить у паз 25 на тязі, який необхідний для орієнтування тяги в отворі, а також обмеженню величини переміщення тяги в отворі.

Фірма «Сандвік Коромант» пропонує систему «CoroTurn SL» [6], що надає можливість збирати величезну кількість інструментальних наладок. Система значно зменшує номенклатуру інструменту, а її робочі характеристики близькі до характеристик суцільного інструменту. (Рис.1.22 див. Додаток Б).

1.1.3 Різці з внутрішнім охолодженням та підводом мастило-охолоджувальної рідини безпосередньо в зону різання.

Використання охолодження та мастило-охолоджувальної рідини є дуже важливою частиною під час обробки металу, це надає можливість не

перегріватися різальному інструменту, та не шкодити оброблювальний матеріал. При різанні металів в результаті витрачається роботи виникає теплота. Діючи на ріжучий інструмент, теплота розм'якшує його, робить менш зносостійким і змінює його розміри; під дією теплоти змінюються і розміри оброблюваної поверхні, що знижує точність обробки. В якості прикладу наводжу систему охолодження фірми KENNAMETAL.

Ріжучий інструмент показаний на Рис. 1.23(див. Додаток Б) [16] містить хвостовик, головку, яка містить гніздо, ріжучу пластину, з'єднану утримувану в гнізді, і елемент для подачі охолоджуючого засобу, розташований поруч з головкою і містить корпус, виконаний з можливістю прийому і подачі охолоджуючої текучого середовища через утворений в ньому канал, і сопло, зачеплення з корпусом і виконане з можливістю переміщення відносно корпусу елемента між першим положенням, до і від сопло проходить назовні і вперед від корпусу елемента для щонайменше часткового проходження над затискним елементом, який закріплює ріжучу пластину на місці, і другим положенням, в якому сопло втягнуто в канал для текучого середовища, так що щонайменше частина сопла, яка проходить назовні з корпусу елемента в першому положенні, розміщується в каналі для текучого середовища у другій позиції і не проходить над затискним елементом, причому сопло стійко в першому положенні за рахунок безперервного потоку охолоджуючої текучого середовища, що виштовхує сопло назовні і вперед від корпусу елемента.

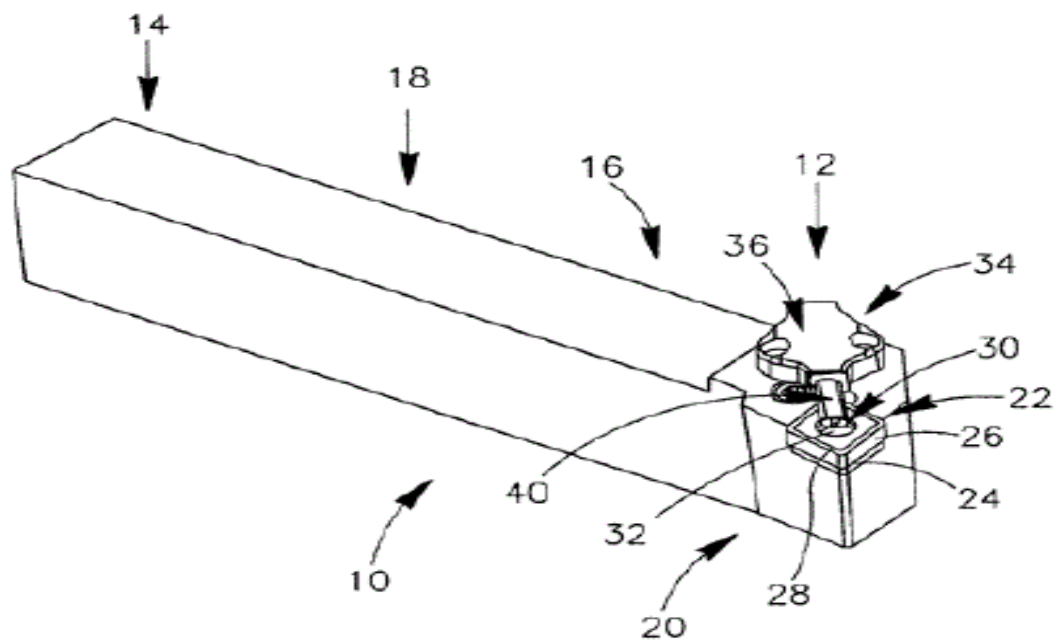


Рисунок 1.23 – Ріжучий інструмент з подачею МОР.[16]

Запропонований різець з спрямованою подачею МОР, який зображений на Рис. 1.24(див. Додаток Б), застосовується з високою ефективністю при

обробці нержавіючих матеріалів (ISO M), жароміцних сплавів (ISO S) і сталей (ISO P), з можливістю використання при тиску MOP в діапазоні 10-150 бар (після доопрацювання - понад 150), забезпечує оптимальне подрібнення стружки (особливо при тиску понад 40 бар) завдяки оптимальній подачі MOP.

В цих інструментах:

- підведення MOP реалізується безпосередньо в зону різання через притиск і по задній поверхні пластини;
- забезпечується універсальне підключення MOP через хвостовик прямокутного перетину 20×25 мм або круглого перетину з хвостовиком Walter Capto™ C4-C8 (A2120-P/A2121-P) через набір шлангів для MOP з з'єднанням G1/8" (K601);

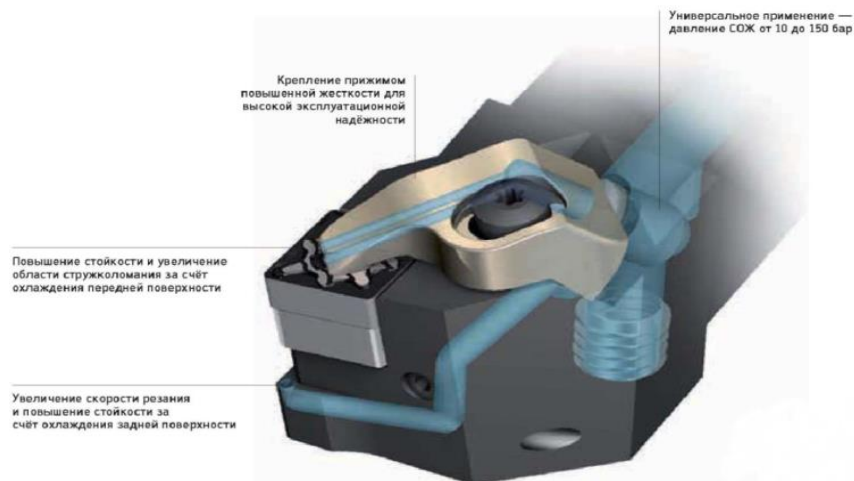


Рисунок 1.25 – Різець з подачею MOP фірми Walter Turn.[17]

Запропонована державка (Рис. 1.25) G1011-P з внутрішнім підведенням MOP для пластин GX, використовується на одношпиндельних токарних автоматах с нерухомою передньою бабкою, на багатошпиндельних верстатах та на токарних верстатах з подачею прутка.

Ці інструменти:

- мають державку G1011-P з перетином хвостовика 16x16 мм, 20x20 мм та 25x25 мм з внутрішнім підведенням MOP;
- забезпечують прорізання канавок шириною 2 та 3 мм максимальної глибини до 21 мм та відрізка прутка діаметром до 42 мм.

1.2 Висновки. Постановка задач досліджень.

Як показав виконаний літературний огляд різців сучасних конструкцій основою удосконалення різців іде шляхом створення модульних, переналагоджуваних конструкцій, створення різців з внутрішнім підводом

мастильно-охолоджувальної рідини безпосередньо в зону різання, створення різців з прискореною та автоматичною зміною різальної частини.

Модульні та переналагоджувані конструкції різців дозволяють зменшити металоємність систем різців, за рахунок зменшення кількості державок, зменшити площі для збереження інструменту в інструментальних комірних.

Різці з внутрішнім підведенням мастило-охолоджувальної рідини в зону різання забезпечують:

- підвищення стійкості на 30 – 150% при обробці нержавіючих сталей, жаростійких сплавів та сталей;
- виконання роботи на обладнанні з тиском мастильно-охолоджувальної рідини без додаткової обробки інструменту;
- збільшення швидкості різання на 100% із збереженням попередньої стійкості.

Створення різців з прискореною та автоматичною зміною різальної частини дозволяє ефективно використовувати зміну інструменту в автоматичному режимі при використанні верстатів з ЧПК.

Якість конструкції різців визначаються під час лабораторних та виробничих випробовувань, що потребує значних витрат часу. Цього можна уникнути, якщо визначати недоліки конструкції на стадії проектування за допомогою математичних моделей. В зв'язку з цим в роботі ставляться наступні завдання:

1. Створити математичну модель вузла кріплення різальної частини до державки різця з прискореною зміною ріжучої частини.
2. Дослідити вплив конструктивних параметрів різальної вставки на умови закріплення її в державці.
3. Розробити конструкцію токарного різця з прискореною зміною ріжучої частини для верстатів з ЧПК середнього розмір.

Результати виконаних розрахунків при точінні різцем з наступними конструктивними параметрами вставки: $a = 2$ мм, $b = 20$ мм, $d = 12,5$ мм, $p = 12,5$ мм наведені в табл.2.1, 2.2, які дозволяють зробити наступні висновки

1. При куті нахилу базуючих поверхонь μ більше 25° вставка надійно утримується в гнізді державки, створюється достатній момент опору перекиданню навколо точки О.

2. Запропонована конструкція вставки не створює момент опору повороту вставки навколо реакції N_3 під дією осьової складової сили різання

Як видно з наведених даних, нова конструкція вузла закріплення забезпечує надійне закріплення вставки від перекидання та повороту на опорній поверхні державки (точки: а) $\mu = 40^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{ш\gamma} = 100\text{Н}$; б) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{ш\gamma} = 400\text{Н}$; в) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 37^\circ$; $Q_{ш\gamma} = 100\text{Н}$), що дає право рекомендувати цю конструкцію для створення системи різців з швидкозмінною різальною частиною.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КРІПЛЕННЯ ВСТАВКИ ДО ДЕРЖАВКИ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ З ПРИСКОРЕНОЮ ЗМІНОЮ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ

2.1 Математична модель вузла закріплення вставки різця з швидкозмінною робочою частиною

Математичну модель вузла кріплення ріжучої частини до державки створимо на конструкцію вузла кріплення вставки 2 до державки 1 токарного різця [1, 14] з прискореною зміною робочої частини. Вставка 2 розташована в закритому гнізді державки 1 (рис. 2.1).

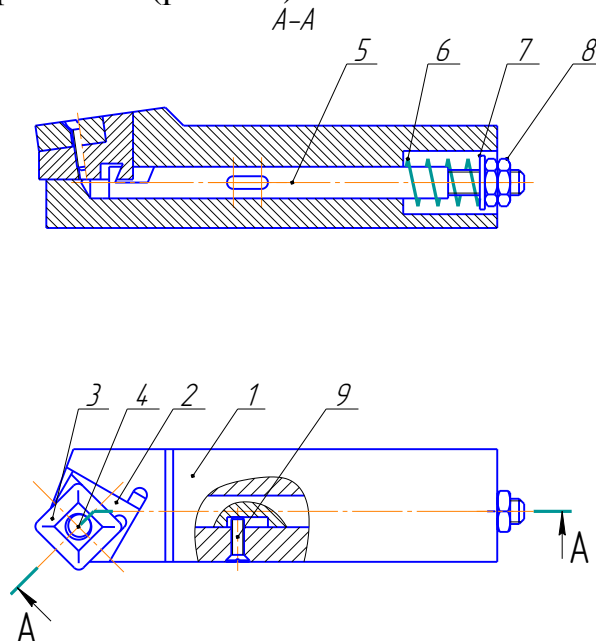


Рисунок 2.1 – Різець з прискореною зміною робочої частини

В гнізді вставки 2 закріплена різальна пластина 3 за допомогою гвинта 4, який має головку шарової форми, що взаємодіє з конічною поверхнею в отворі різальної пластини при вгвинчуванні гвинта в різьбовий отвір вставки. На плоскій опорній поверхні вставки 2 виконаний паз, а в державці 1 виконано ступінчастий отвір, що сполучається з закритим гніздом 1. В отворі розташований шток 5 з гачком, похила поверхня якого взаємодіє з похилою поверхнею пазу у вставці 2. В ступені з більшим діаметром отвору розміщена пружина 6, одна сторона якої має можливість взаємодії з уступом ступені, а друга – з упором 7 на штоку, наприклад, з шайбою. Гайки 8 призначені для регулювання сили підтиску вставки 2 до поверхонь гнізда державки 1. Гвинт 9, який угвинчується в державку 1, входить у паз на штоку 5, який необхідний для орієнтування штока в отворі, а також обмеження величини його переміщення.

Умови закріплення вставки 2 на державці 1 під дією активних і реактивних сил показані на рис 2.2.

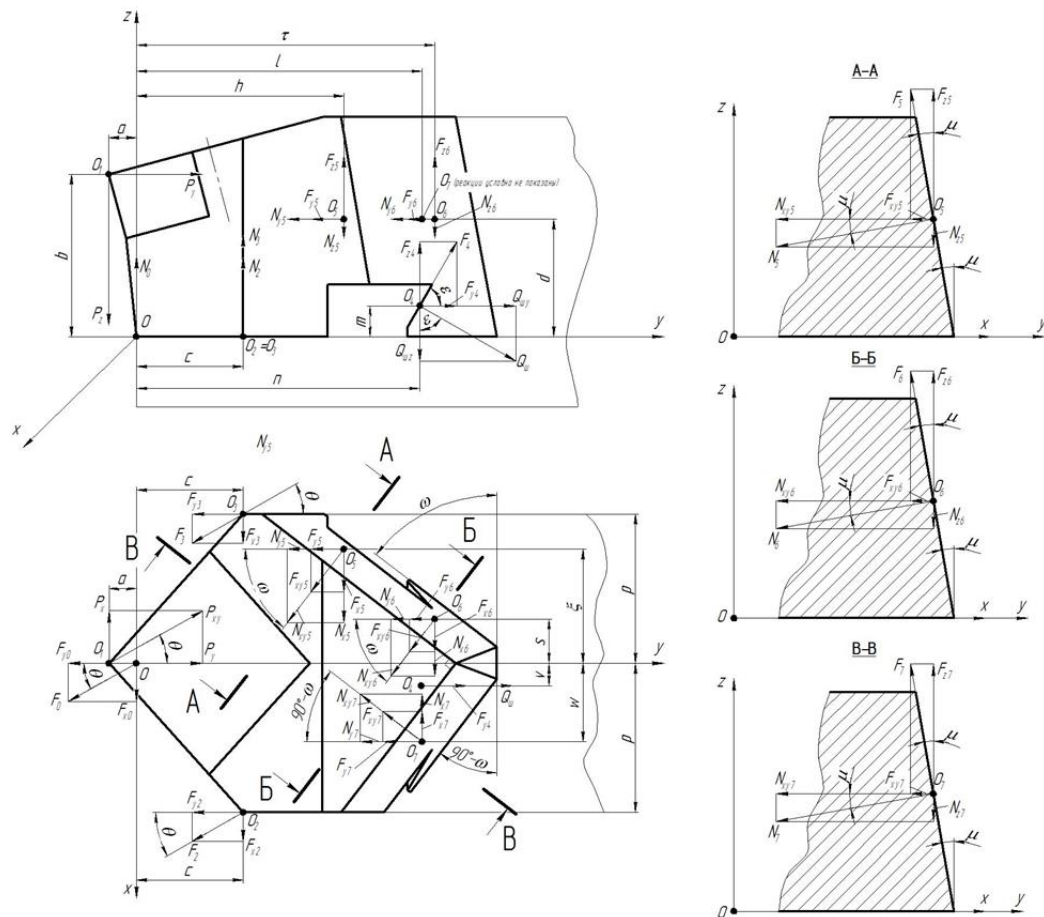


Рисунок 2.2 – Схема активних та реактивних сил, що діють на вставку під час точіння

В цьому випадку математична модель вузла закріплення вставки різця представляє собою систему формул, які описують умови рівноваги вставки з різальною частиною в гнізді державки під дією сил, наведених на рис 2.2, в системі координат XYZ.

Центр системи координат (точка O) розташований в точці контактування вставки з опорною поверхнею гнізда на державці. Вісь OY спрямована вздовж державки, вісь OX – перпендикулярно державці (протилежно напрямку подачі), а вісь OZ – перпендикулярно опорній поверхні гнізда державки.

До активних сил відносяться складові сили різання, які виникають під час обробки, - тангенціальна P_z осьова P_x та радіальна P_y , а також сила закріплення вставки за допомогою пружини, розташованої на штоку $Q_{ш}$, яка прикладена в точці 4.

До реактивних сил відносяться складові сил на опорних поверхнях контактування вставки з поверхнями гнізда, прикладених перпендикулярно до відповідних поверхонь в точці 0 (N_0), точці 2 (N_2), точці 3 (N_3), точці 5 (N_5 (N_{z5} , N_{y5} , N_{x5})), точці 6 (N_6 (N_{z6} , N_{y6} , N_{x6})), точці 7 (N_7 (N_{z7} , N_{y7} , N_{x7})), а також сили тертя F_0 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 , F_6 , F_7 .

Рівновага вставки в гнізді державки описується наступними умовами:

$$\Sigma P_{ix} = 0; \Sigma P_{iy} = 0; \Sigma P_{iz} = 0; \quad (2.1)$$

$$\Sigma M_{ix} = 0; \Sigma M_{iy} = 0; \Sigma M_{iz} = 0. \quad (2.2)$$

Виразимо проекції реакцій на осі OX , OY та OZ в точках 1, 2 і 3 через нормалі $N_0, N_2, N_3, N_5, N_6, N_7$.

Точка O .

$$\begin{aligned} F_0 &= N_0 \cdot f; \\ F_{x0} &= F_0 \cdot \cos \theta = N_0 \cdot f \cdot \cos \theta; \\ F_{y0} &= N_0 \cdot f \cdot \sin \theta. \end{aligned}$$

Точка O_1 .

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{P_x}{P_y}.$$

Точка O_2 .

$$\begin{aligned} F_2 &= N_2 \cdot f; \\ F_{x2} &= F_2 \cdot \sin \theta = N_2 \cdot f \cdot \sin \theta; \\ F_{y2} &= N_2 \cdot f \cdot \cos \theta. \end{aligned}$$

Точка O_3 .

$$\begin{aligned} F_3 &= N_3 \cdot f; \\ F_{x3} &= N_3 \cdot f \cdot \sin \theta; \\ F_{y3} &= N_3 \cdot f \cdot \cos \theta. \end{aligned}$$

Точка O_4 .

$$\begin{aligned} Q_{wy} &= Q_w \cdot \sin \varepsilon; \\ Q_w &= \frac{Q_{wy}}{\sin \varepsilon}; \\ Q_{wz} &= Q_w \cdot \cos \varepsilon = Q_{wy} \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon; \\ F_4 &= Q_w \cdot f = \frac{Q_{wy} \cdot f}{\sin \varepsilon}; \\ F_{4y} &= F_4 \cdot \cos \varepsilon = Q_{wy} \cdot f \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon; \\ F_{z4} &= F_4 \cdot \sin \varepsilon = Q_{wy} \cdot f. \end{aligned}$$

Точка O_5 .

$$\begin{aligned} N_{xy5} &= N_5 \cdot \cos \mu; \\ N_{x5} &= N_{xy5} \cdot \sin \omega = N_5 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega; \\ N_{y5} &= N_{xy5} \cdot \cos \omega = N_5 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega; \\ N_{z5} &= N_5 \cdot \sin \mu; \\ F_{xy5} &= F_5 \cdot \sin \mu = N_5 \cdot f \cdot \sin \mu; \\ F_{x5} &= F_{xy5} \cdot \sin \omega = N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega; \\ F_{y5} &= N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega; \\ F_{z5} &= N_5 \cdot f \cdot \cos \mu. \end{aligned}$$

Точка O_6 .

$$\begin{aligned}
 N_{xy6} &= N_6 \cdot \cos \mu; \\
 N_{x6} &= N_{xy6} \cdot \sin \omega = N_6 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega; \\
 N_{y6} &= N_6 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega; \\
 N_{z6} &= N_6 \cdot \sin \mu; \\
 F_{xy6} &= F_6 \cdot \sin \mu = N_6 \cdot f \cdot \sin \mu; \\
 F_{x6} &= N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega; \\
 F_{y6} &= N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega; \\
 F_{z6} &= N_6 \cdot f \cdot \cos \mu.
 \end{aligned}$$

Точка O_7 .

$$\begin{aligned}
 N_{xy7} &= N_7 \cdot \cos \mu; \\
 N_{x7} &= N_7 \cdot \cos \mu \cdot \sin (90^\circ - \omega) = N_7 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega; \\
 N_{y7} &= N_7 \cdot \cos \mu \cdot \cos (90^\circ - \omega) = N_7 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega; \\
 N_{z7} &= N_7 \cdot \sin \mu; \\
 F_{xy7} &= F_7 \cdot \sin \mu = N_7 \cdot f \cdot \sin \mu; \\
 F_{x7} &= F_{xy7} \cdot \cos \omega = N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega; \\
 F_{y7} &= F_{xy7} \cdot \sin \omega = N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega; \\
 F_{z7} &= F_7 \cdot \cos \mu = N_7 \cdot f \cdot \cos \mu.
 \end{aligned}$$

Розглянемо суму проекцій всіх сил на вісь OX

$$F_{x0} - P_x + F_{x2} + F_{x3} + N_{x5} + N_{x6} - N_{x7} + F_{x5} + F_{x6} - F_{x7} = 0.$$

Після підстановки значень проекцій получимо

$$\begin{aligned}
 N_0 \cdot f \cdot \cos \theta - P_x + N_2 \cdot f \cdot \sin \theta + N_3 \cdot f \cdot \sin \theta + N_5 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega + N_6 \cdot \\
 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega - N_7 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega + N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega + N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \\
 \cdot \sin \omega - N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega = 0.
 \end{aligned}$$

Після необхідних перетворень, будемо мати:

$$\begin{aligned}
 -P_x + f \cdot \sin \theta \cdot [N_0 \cdot \operatorname{ctg} \theta + N_2 + N_3] + \sin \omega \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) \cdot \\
 \cdot [N_5 + N_6 - N_7 \cdot \operatorname{ctg} \omega] = 0.
 \end{aligned} \quad (2.3)$$

Сума проекцій всіх сил на координатну вісь OY матиме вигляд

$$\begin{aligned}
 -F_{y0} - P_y - F_{y2} - F_{y3} - N_{y5} - N_{y6} - N_{y7} - F_{y5} - F_{y6} - F_{y7} + F_{y4} + \\
 + Q_{\text{шy}} = 0.
 \end{aligned}$$

Після підстановки значень проекцій получимо

$$\begin{aligned}
 -N_0 \cdot f \cdot \sin \theta - P_y - N_2 \cdot f \cdot \cos \theta - N_3 \cdot f \cdot \cos \theta - N_5 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega - \\
 -N_6 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega - N_7 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega - N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega - N_6 \cdot f \cdot \\
 \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega - N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega + Q_{\text{шy}} \cdot f \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon + Q_{\text{шy}} = 0.
 \end{aligned}$$

Спростимо вираз, будемо мати

$$\begin{aligned}
 P_y - f \cdot \cos \theta \cdot [N_0 \cdot \operatorname{tg} \theta + N_2 + N_3] - \cos \omega \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) \cdot \\
 \cdot [N_5 + N_6 + N_7 \cdot \operatorname{tg} \omega] + Q_{\text{шy}} \cdot (f \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon + 1) = 0.
 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Сума проекцій всіх сил на координатну вісь OZ

$$\begin{aligned}
 -P_z + N_0 + N_2 + N_3 - N_{z5} - N_{z6} - N_{z7} + F_{z5} + F_{z6} + F_{z7} - Q_{\text{шz}} + \\
 + F_{z4} = 0.
 \end{aligned}$$

Після підстановки значень проекцій получимо

$$-P_z + N_0 + N_2 + N_3 - N_5 \cdot \sin \mu - N_6 \cdot \sin \mu - N_7 \cdot \sin \mu + N_5 \cdot f \cdot \cos \mu + N_6 \cdot f \cdot \cos \mu + N_7 \cdot f \cdot \cos \mu - Q_{\text{ш}} \cdot \text{ctg} \varepsilon + Q_{\text{ш}} \cdot f = 0,$$

а після спрощення

$$-P_z + N_0 + N_2 + N_3 - (\sin \mu - f \cdot \cos \mu) \cdot [N_5 + N_6 + N_7] - Q_{\text{ш}} \cdot (\text{ctg} \varepsilon - f) = 0. \quad (2.5)$$

Сума моментів від всіх сил відносно осі OX

$$-P_z \cdot a + P_y \cdot b - (N_2 + N_3) \cdot c - N_{y5} \cdot d - F_{y5} \cdot d - F_{z5} \cdot h + N_{z5} \cdot h - N_{y6} \cdot d - F_{y6} \cdot d - F_{z6} \cdot \tau + N_{z6} \cdot \tau - N_{y7} \cdot d - F_{y7} \cdot d - F_{z7} \cdot l + N_{z7} \cdot l + Q_{\text{ш}} \cdot m + Q_{\text{ш}} \cdot n - F_{z4} \cdot n + F_{y4} \cdot m = 0.$$

Після підстановки получимо

$$-P_z \cdot a + P_y \cdot b - (N_2 + N_3) \cdot c - N_5 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \cdot d - N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot d - N_5 \cdot f \cdot \cos \mu \cdot h + N_5 \cdot \sin \mu \cdot h - N_6 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \cdot d - N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot d - N_6 \cdot f \cdot \cos \mu \cdot \tau + N_6 \cdot \sin \mu \cdot \tau - N_7 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega \cdot d - N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot d - N_7 \cdot f \cdot \cos \mu \cdot l + N_7 \cdot \sin \mu \cdot l + Q_{\text{ш}} \cdot m + Q_{\text{ш}} \cdot \text{ctg} \varepsilon \cdot n - Q_{\text{ш}} \cdot f \cdot n + Q_{\text{ш}} \cdot f \cdot \text{ctg} \varepsilon \cdot m = 0,$$

а після спрощення

$$-P_z \cdot a + P_y \cdot b - (N_2 + N_3) \cdot c - N_5 \cdot (\cos \mu \cdot \cos \omega \cdot d + f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot d + f \cdot \cos \mu \cdot h - \sin \mu \cdot h) - N_6 \cdot (\cos \mu \cdot \cos \omega \cdot d + f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot d + f \cdot \cos \mu \cdot \tau - \sin \mu \cdot \tau) - N_7 \cdot (\cos \mu \cdot \sin \omega \cdot d + f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot d + f \cdot \cos \mu \cdot l - \sin \mu \cdot l) + Q_{\text{ш}} \cdot (\text{ctg} \varepsilon \cdot n - f \cdot n + f \cdot m \cdot \text{ctg} \varepsilon) = 0. \quad (2.6)$$

Сума моментів від всіх сил відносно осі OY

$$P_x \cdot b + N_2 \cdot \rho - N_3 \cdot \rho - N_{x5} \cdot d - F_{x5} \cdot d + N_{z5} \cdot \xi - F_{z5} \cdot \xi - N_{x6} \cdot d - F_{x6} \cdot d + N_{z6} \cdot s - F_{z6} \cdot s + N_{x7} \cdot d + F_{x7} \cdot d - N_{z7} \cdot w + F_{z7} \cdot w = 0.$$

Після підстановки

$$P_x \cdot b + N_2 \cdot \rho - N_3 \cdot \rho - N_5 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega \cdot d - N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot d + N_5 \cdot \sin \mu \cdot \xi - N_5 \cdot f \cdot \cos \mu \cdot \xi - N_6 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega \cdot d - N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot d - N_6 \cdot \sin \mu \cdot s - N_6 \cdot f \cdot \cos \mu \cdot s + N_7 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \cdot d + N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot d - N_7 \cdot \sin \mu \cdot w + N_7 \cdot f \cdot \cos \mu \cdot w = 0.$$

Після спрощення, будемо мати

$$P_x \cdot b + N_2 \cdot \rho - N_3 \cdot \rho - N_5 \cdot [\sin \omega \cdot d \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) - \xi \cdot (\sin \mu - f \cdot \cos \mu)] - N_6 \cdot [\sin \omega \cdot d \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) - s \cdot (\sin \mu - f \cdot \cos \mu)] + N_7 \cdot [\cos \omega \cdot d \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) - w \cdot (\sin \mu - f \cdot \cos \mu)] = 0. \quad (2.7)$$

Сума моментів від всіх сил відносно осі OZ

$$P_x \cdot a + F_{x2} \cdot c + F_{x3} \cdot c + N_{x5} \cdot h + F_{x5} \cdot h - N_{y5} \cdot \xi - F_{y5} \cdot \xi - N_{x6} \cdot \tau + F_{x6} \cdot \tau - N_{y6} \cdot s - F_{y6} \cdot s - N_{x7} \cdot l - F_{x7} \cdot l - N_{y7} \cdot w + F_{y7} \cdot w - F_{y4} \cdot v - Q_{\text{ш}} \cdot v = 0.$$

Після підстановки

$$P_x \cdot a + N_2 \cdot f \cdot \sin \theta \cdot c + N_3 \cdot f \cdot \sin \theta \cdot c + N_5 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega \cdot h + N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot h - N_5 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \cdot \xi - N_5 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot \xi + N_6 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega \cdot \tau + N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot \tau - N_6 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \cdot s - N_6 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot s - N_7 \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \cdot l - N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \cos \omega \cdot l + N_7 \cdot \cos \mu \cdot \sin \omega \cdot w + N_7 \cdot f \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \cdot w - Q_{\text{ш}} \cdot f \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon \cdot v - Q_{\text{ш}} \cdot v = 0.$$

Після спрощення, будемо мати

$$P_x \cdot a + (N_2 + N_3) \cdot f \cdot \sin \theta \cdot c + (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) \cdot [\sin \omega \cdot h - \cos \omega \cdot \xi] + N_6 \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) \cdot [\sin \omega \cdot \tau - \cos \omega \cdot s] - N_7 \cdot (\cos \mu + f \cdot \sin \mu) \cdot [\cos \omega \cdot l - \sin \omega \cdot w] - Q_{\text{ш}} \cdot v \cdot (f \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon - 1) = 0 \quad (2.8)$$

2.2 Дослідження впливу конструктивних параметрів різця та режимів точіння на умови надійного закріплення вставки на державці

При виконанні дослідження умов закріплення вставки на державці скористуємось наступними даними з геометричних, конструктивних параметрів різця, режимів обробки та складових сили різання, які виникають при цьому.

До геометричних параметрів різця відносяться:

- φ – головний кут в плані;
- φ_1 – допоміжний кут в плані;
 - γ – головний передній кут;
 - α – головний задній кут;
 - α_1 – допоміжний задній кут;
- λ – кут нахилу головної різальної кромки.

Конструктивними параметрами вставки та гнізда на державці є:

- a, b, c, d, m, h, w, l – плечі, на яких діють складові сили різання та проекції нормальних сил та сил тертя в відповідних точках, мм;
- ε – кут нахилу поверхні, на яку діє сила з боку штоку;
- ω – кут, який описує положення опорних поверхонь вставки і гнізда в державці;
- μ – кут нахилу контактуючих поверхонь вставки і гнізда в державці в перетині, перпендикулярному контактуючим поверхням.

Коефіцієнт тертя «сталь по сталі» $f = 0,15$.

Вхідними даними для призначення режимів точіння, є:

геометричні параметри різальної частини різця, матеріал заготовки та її фізико-механічні властивості, вимоги що до точності обробки і якості обробленої поверхні.

При дослідженні впливу режимів точіння на умови закріплення вставки призначення режимів виконують в наступній послідовності:

а) призначають глибину різання з умов раціонального використання розмірів багатогранної непереточуваної пластини (БНП)

$$t = 0,5l_{pk} \sin \varphi, \quad (2.9)$$

де l_{pk} - довжина головної ріжучої кромки БНП, мм;

φ - головний кут різця у плані.

б) призначають подачу s відповідно до потрібних параметрів шорсткості обробленої поверхні, мм/об;

в) розраховують швидкість різання V з умов повного використання різальних властивостей матеріалу БНП при стійкості $T = 60$ хв., м/хв;

$$V = \frac{C_v}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \cdot K_v, \quad (2.10)$$

де C_v , m , x_v , y_v - постійний коефіцієнт і показники ступеня, які враховують умови процесу різання;

T - середнє значення стійкості інструменту, хв

K_v - постійний коефіцієнт, що враховує умови обробки,

г) розраховують складові сили різання, Н:

осьову складову

$$P_x = 10 \cdot C_{px} \cdot t^{x_{px}} s^{y_{px}} V^{n_x} \cdot K_{px}, \quad (2.11)$$

радіальну складову

$$P_y = 10 \cdot C_{py} \cdot t^{x_{py}} s^{y_{py}} V^{n_y} \cdot K_{py}, \quad (2.12)$$

тангенціальну складову

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} s^{y_{pz}} V^{n_z} \cdot K_{pz}. \quad (2.13)$$

В формулах (2.11), (2.12), (2.13):

C_p - постійний коефіцієнт для окремої групи оброблюваних матеріалів;

x_p , y_p , n - показники ступеню, які визначають вплив елементів режиму різання, на відповідні складові сили різання;

K_p - коефіцієнт, який враховує відмінності умов оброблення, для яких розраховується сила різання, від еталонних, для яких в довіднику наведені значення складових формул (2.11) - (2.13).

Використовуючи наведені вхідні дані формули (2.3 – 2.8) дозволяють розрахувати величину реакцій в точках контактування вставки і державки та визначити їх спрямованість. Будемо вважати, що якщо реакції спрямовані на вставку і їх величина більша нуля, то конструкція вузла забезпечує надійне закріплення вставки на державці. В протилежному випадку можливе переміщення вставки перекиданням, або поворотом на опорній поверхні державки.

Положення вставки на опорній площині визначається реакціями в трьох точках: O , O_2 та O_3 (рис. 2.3).

Точка O розташована під ріжучою вершиною, O_2 та O_3 - в характерних точка опорної вставки, утворених перетином опорної площини, допоміжної і головною задньою поверхнями, бічними базуючими площинами. По знаку реакцій у цих точках можна судити про напрямок переміщення вставки. Також в цих точках проставлені результуючі сил тертя, кут положення яких можна розрахувати виходячи з співвідношення складових сили різання P_x і P_y .

В т. O_4 врахована тільки сила тертя на похилій поверхні фіксуючого уступу. Реакція опори в даній точці відсутня, оскільки шток не має жорсткого закріплення, а підтиснутий з силою $Q_{ш}$.

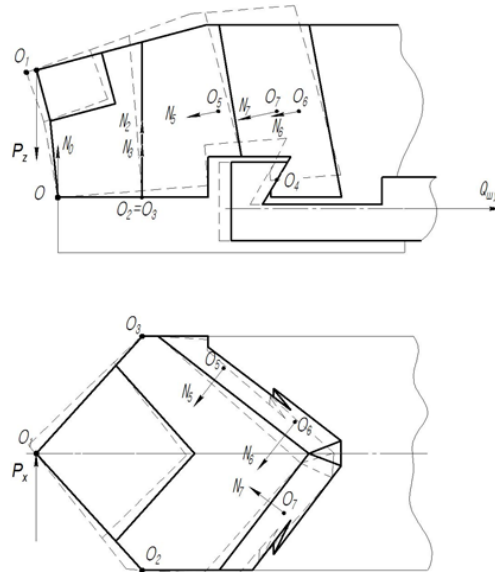


Рисунок 2.3 – Можливі переміщення вставки під дією складових сили різання

Точки O_5 та O_6 розташовані на осі похилих базуючих поверхонь, мають реакцію опори державки і сили тертя. Точка O_7 – у геометричному центрі опорної поверхні, має реакцію і силу тертя. По знакам реакцій у вказаних точках можна судити о можливості повороту вставки у горизонтальній площині під дією осьової складової сили різання P_x .

Результати виконаних розрахунків при точінні різцем з наступними конструктивними параметрами вставки: $a = 2$ мм, $b = 20$ мм, $d = 12,5$ мм, $r = 12,5$ мм наведені в (табл.2.1, 2.2, див. Додаток В), які дозволяють зробити наступні висновки

1. При куті нахилу базуючих поверхонь μ більше 25° вставка надійно утримується в гнізді державки, створюється достатній момент опору перекиданню навколо точки O .

2. Запропонована конструкція вставки не створює момент опору повороту вставки навколо реакції N_3 під дією осьової складової сили різання P_x . Всі реакції в точці O в межах дослідження мають від'ємне значення, що говорить про необхідну зміну конструктивних елементів вставки для запобігання її повороту в горизонтальній площині.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КРІПЛЕННЯ ВСТАВКИ ДО ДЕРЖАВКИ ТА АНАЛІЗ ЇЇ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Для виключення можливості повороту вставки на державці в горизонтальній площині пропонується на опорній поверхні вставки створити прямокутний виступ, який своїми боковими поверхнями буде сполучатись з боковими поверхнями державки і, таким чином, створювати момент опору, який буде протидіяти моменту від осової складової сили різання (рис. 3.1)

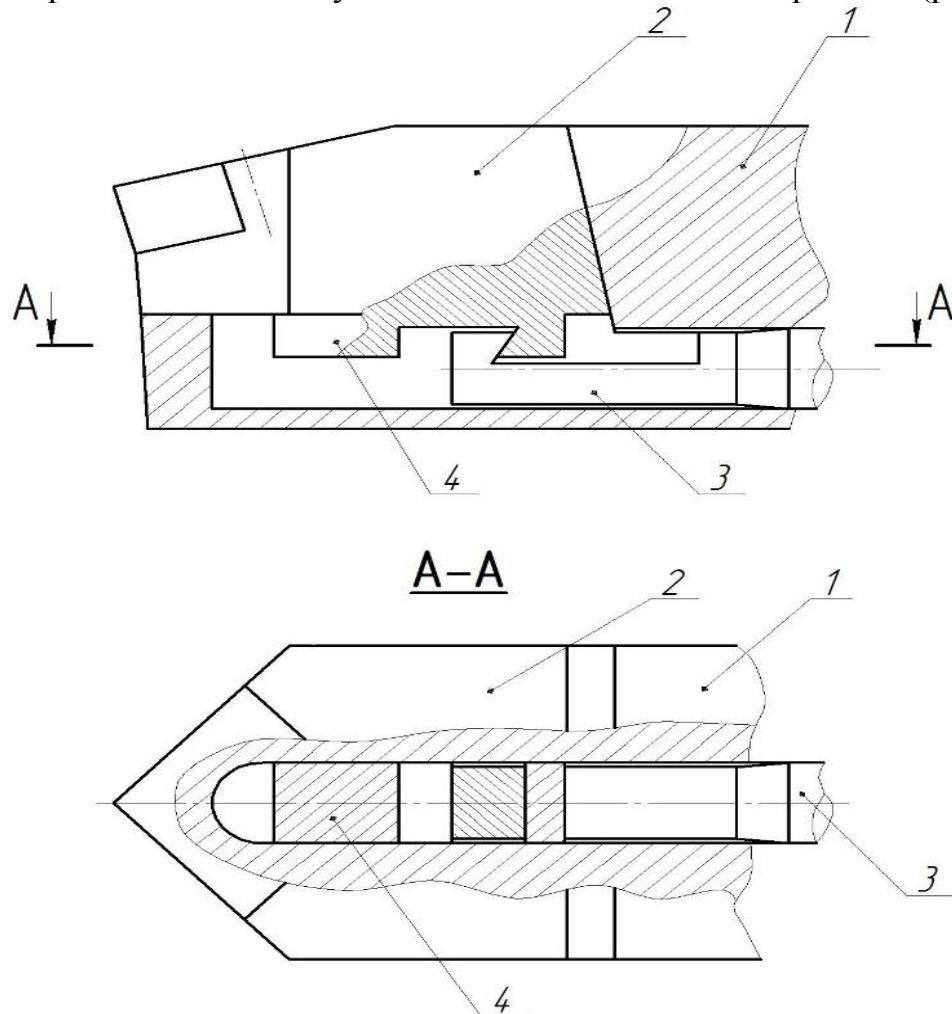


Рисунок 3.1 – Конструкція вузла кріплення вставки до державки різця з прямокутним виступом на опорній поверхні: 1 – державка різця, 2 – різцева вставка з БНП, 3 – шток, 4 прямокутний напрямний виступ

Для дослідження впливу конструктивних параметрів вставки на умови її закріплення була створена математична модель вузла закріплення вставки на державці (рис. 3.2).

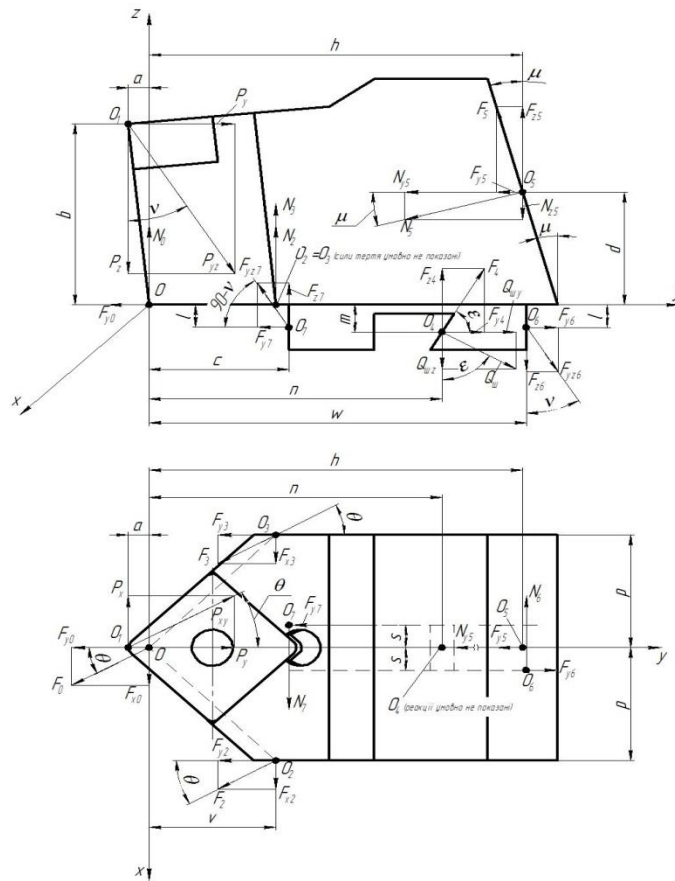


Рисунок 3.2 – Схема дії активних и реактивних сил на різцеву вставку з прямокутним виступом на її опорній поверхні

Точка O :

$$F_0 = N_0 \cdot f;$$

$$F_{x0} = F_0 \cdot \sin \theta = N_0 \cdot f \cdot \sin \theta; \quad (3.1)$$

$$F_{y0} = F_0 \cdot \cos \theta = N_0 \cdot f \cdot \cos \theta. \quad (3.2)$$

Точка O_1 :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{P_x}{P_y}; \quad (3.3)$$

$$\operatorname{tg} v = \frac{P_y}{P_z}. \quad (3.4)$$

Точка O_2 :

$$F_2 = N_2 \cdot f;$$

$$F_{x2} = F_2 \cdot \sin \theta = N_2 \cdot f \cdot \sin \theta; \quad (3.5)$$

$$F_{y2} = F_2 \cdot \cos \theta = N_2 \cdot f \cdot \cos \theta. \quad (3.6)$$

Точка O_3 :

$$F_3 = N_3 \cdot f;$$

$$F_{x3} = F_3 \cdot \sin \theta = N_3 \cdot f \cdot \sin \theta; \quad (3.7)$$

$$F_{y3} = F_3 \cdot \cos \theta = N_3 \cdot f \cdot \cos \theta. \quad (3.8)$$

Точка O_4 :

$$Q_{uy} = Q_u \cdot \sin \varepsilon; \quad (3.9)$$

$$Q_u = \frac{Q_{uy}}{\sin \varepsilon};$$

$$Q_{uz} = \frac{Q_{uy}}{\sin \varepsilon} \cdot \cos \varepsilon = Q_{uy} \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon; \quad (3.10)$$

$$F_4 = Q_u \cdot f = \frac{Q_{uy}}{\sin \varepsilon} \cdot f;$$

$$F_{y4} = F_4 \cdot \cos \varepsilon = Q_{uy} \cdot f \operatorname{ctg} \varepsilon; \quad (3.11)$$

$$F_{z4} = F_4 \cdot \sin \varepsilon = Q_{uy} f. \quad (3.12)$$

Точка O_5 :

$$N_{y5} = N_5 \cdot \cos \mu; \quad (3.13)$$

$$N_{z5} = N_5 \cdot \sin \mu; \quad (3.14)$$

$$F_5 = N_5 f;$$

$$F_{y5} = F_5 \cdot \sin \mu = N_5 f \sin \mu; \quad (3.15)$$

$$F_{z5} = F_5 \cdot \cos \mu = N_5 f \cos \mu. \quad (3.16)$$

Точка O_6 :

$$F_{yz6} = N_6 f;$$

$$F_{y6} = F_{yz6} \sin \nu = N_6 f \sin \nu; \quad (3.17)$$

$$F_{z6} = F_{yz6} \cos \nu = N_6 f \cos \nu. \quad (3.18)$$

Точка O_7 :

$$F_{yz7} = N_7 f;$$

$$F_{y7} = F_{yz7} \sin \nu = N_7 f \sin \nu; \quad (3.19)$$

$$F_{z7} = F_{yz7} \cos \nu = N_7 f \cos \nu. \quad (3.20)$$

Складемо суму проекцій активних та реактивних сил відносно осі O_x :

$$-P_x + F_{x0} + F_{x2} + F_{x3} + N_7 - N_6 = 0. \quad (3.21)$$

Підставимо в отримане рівняння значення виразів (3.1), (3.5), (3.7):

$$-P_x + N_0 f \sin \theta + N_2 f \sin \theta + N_3 f \sin \theta + N_7 - N_6 = 0. \quad (3.22)$$

Сума проекцій активних та реактивних сил відносно на ось O_y буде мати вигляд:

$$-F_{y0} + P_y - F_{y3} - F_{y2} - F_{y7} + F_{y6} + Q_{uy} + F_{y4} - N_{y5} - F_{y5} = 0. \quad (3.23)$$

Підставимо в отримане рівняння значення виразів (3.2), (3.6), (3.8), (3.19), (3.17), (3.11), (3.13), (3.15):

$$N_0 f \cos \theta + P_y - N_3 f \cos \theta - N_2 f \cos \theta - N_7 f \sin \nu + N_6 f \sin \nu + Q_{uy} + Q_{uy} f \operatorname{ctg} \varepsilon - N_5 \cos \mu - N_5 f \sin \mu = 0. \quad (3.24)$$

Складемо суму проекцій активних та реактивних сил на вісь O_z :

$$N_0 - P_z + N_2 + N_3 + F_{z7} + F_{z4} - Q_{uz} - F_{z6} - N_{z5} + F_{z5} = 0. \quad (3.25)$$

Підставимо в отримане рівняння значення виразів (3.20), (3.12), (3.10), (3.18), (3.14), (3.16):

$$N_0 - P_z + N_2 + N_3 + N_7 \cdot f \cos \nu + Q_{uy} f - Q_{uy} \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon - N_6 f \cos \nu - N_5 \sin \mu + N_5 f \cos \mu = 0. \quad (3.26)$$

Мизначимо суму моментів активних та реактивних сил відносно осі O_x :

$$-P_z a + P_y b - (N_2 + N_3) v + F_{y7} l - F_{z7} c + (Q_{uz} - F_{z4}) n - (F_{y4} + Q_{uy}) m - F_{y6} l + F_{z6} w - (N_{y5} + F_{y5}) d + (N_{z5} - F_{z5}) h = 0. \quad (3.27)$$

Підставимо в отримане рівняння значення виразів (3.19), (3.20), (3.10), (3.22), (3. 11), (3.17), (3.18), (3.13), (3.15), (3.16), (3.14):

$$- P_z a + P_y b - (N_2 + N_3) v + N_7 f \sin v l - N_7 f \cos v c + \\ + (Q_{шy} \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon - Q_{шy} \cdot f) n - (Q_{шy} \cdot f \operatorname{ctg} \varepsilon + Q_{шy}) m - N_6 f \sin v l + \\ + N_6 f \cos v w - (N_5 \cos \mu + N_5 f \sin \mu) d + (N_5 \sin \mu - N_5 f \cos \mu) h = 0. \quad (3.28)$$

Сума моментів активних та реактивних сил відносно осі O_y :

$$P_x b - N_2 p + N_3 p + N_7 l - F_{z7} s - N_6 l + F_{z6} s = 0. \quad (3.29)$$

Підставимо в отримане рівняння значення виразів (3.20), (3.29):

$$P_x b - N_2 p + N_3 p + N_7 l - N_7 f \cos v s - N_6 l + N_6 f \cos v s = 0. \quad (3.30)$$

Сума моментів від активних та реактивних сил відносно осі O_z визначиться залежністю:

$$P_x a + N_7 c - F_{y3} p + F_{x3} v + F_{y2} p + F_{x2} v - F_{y7} s - N_6 w - F_{y6} s = 0. \quad (3.31)$$

Підставимо в отримане рівняння значення виразів (3.20), (3.29), будемо мати:

$$P_x a + N_7 c - N_3 f \cos \theta p + N_3 f \sin \theta v + N_2 f \cos \theta p + N_2 f \sin \theta v - N_7 f \sin v s - N_6 w - N_6 f \sin v s = 0. \quad (3.32)$$

Використовуючи конструктивні параметри вставки: $a = 2$ мм, $b = 20$ мм, $c = 12,4$ мм, $d = 12,5$ мм, $m = 3$ мм, $n = 28,3$ мм, $v = 12,2$ мм, $p = 12,5$ мм, $h = 36$ мм, $l = 2,5$ мм, $w = 36,6$ мм, $s = 2,5$ мм, визначимо вплив кута нахилу базуючої поверхні та сили на штоку на величину і спрямованість реакцій в опорних точках (Табл.3.1, див. Додаток Г)

Як видно з наведених даних, нова конструкція вузла закріплення забезпечує надійне закріплення вставки від перекидання та повороту на опорній поверхні державки (точки: а) $\mu = 40^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{шy} = 100$ Н; б) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{шy} = 400$ Н; в) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 37^\circ$; $Q_{шy} = 100$ Н), що дає право рекомендувати цю конструкцію для створення системи різців з швидкозмінною різальною частиною.

3.1 Висновки

1. Створена математична модель вузла кріплення вставки до державки дозволяє без проведення фізичних експериментів виявити недоліки конструкції.

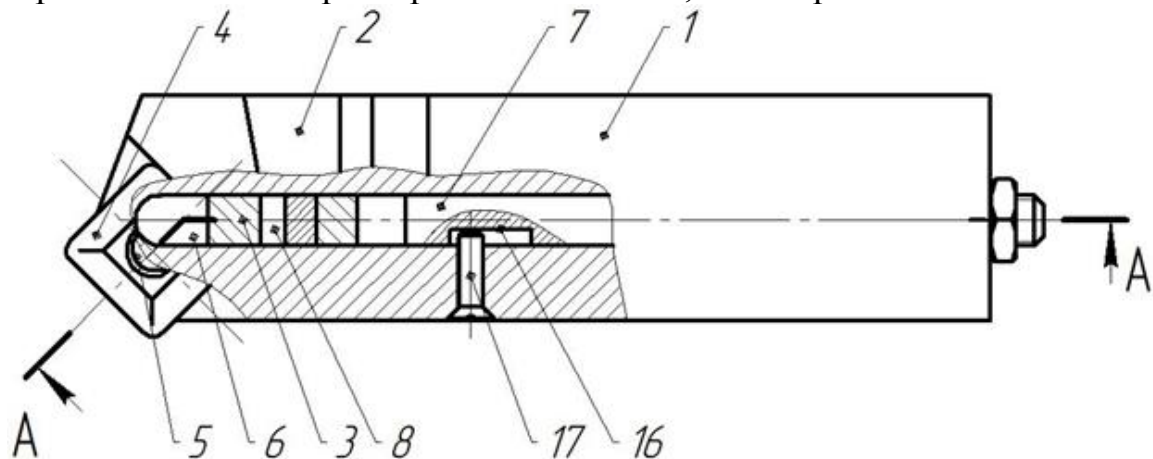
2. Конструкція вузла кріплення вставки до державки, яка піддалася аналізу, не створює момент опору повороту вставки навколо реакції N_3 під дією осьової складової сили різання P_x .

3. Для виключення можливості повороту вставки на державці в горизонтальній площині пропонується на опорній поверхні вставки створити прямокутний виступ, який своїми боковими поверхнями буде сполучатись з боковими поверхнями державки.

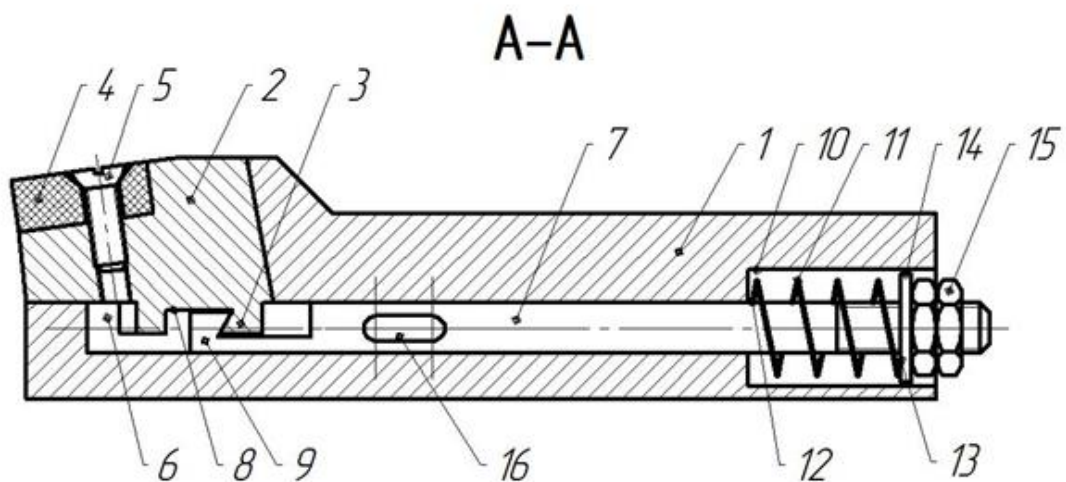
4. Нова конструкція вузла закріплення забезпечує надійне закріплення вставки від перекидання та повороту на опорній поверхні державки (точки: а) $\mu = 40^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{шy} = 100$ Н; б) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{шy} = 400$ Н; в) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 37^\circ$; $Q_{шy} = 100$ Н), що дає право рекомендувати цю конструкцію для створення системи різців з швидкозмінною різальною частиною.

4. КОНСТРУКЦІЯ РІЗЦЯ З УДОСКОНАЛЕНИМ ВУЗЛОМ КРІПЛЕННЯ ВСТАВКИ ДО ДЕРЖАВКИ

Токарний різець з удосконаленим вузлом кріплення вставки до державки (рис. 4.1, а, б) складається з державки 1, швидкозмінної вставки 2 з призматичним виступом 3 на її опорній поверхні. На швидкозмінній вставці 2 розташована чотирьохгранна пластина 4, яка закріплена гвинтом 5.



а



б

Рисунок 4.1 - Токарний різець з удосконаленим вузлом кріплення вставки до державки: а – вид зверху; б – переріз А – А на виді зверху

Призматичний виступ 3 входить в прямокутний паз 6, що сполучає отвір в державці, в якій встановлена тяга 7 з гніздом державки 1, в якому розташована швидкозмінна вставка 2. На виступі 3 розташований паз 8, який своєю похилою площиною контактує з похилою площиною гачка 9 на тязі 7. В ступені більшого діаметру ступінчастого отвору 10, який виконаний в державці 1, розташована пружина 11, торець 12 якої контактує з торцем ступені більшого діаметру отвору 10, а торець 13 – з шайбою 14, закріпленою

на тязі 7 гайками 15. На тязі 7 виконаний паз 16, бокові поверхні якого мають можливість контактувати з обмежувачем 17.

Складання токарного різця виконується таким чином.

Спочатку різальна пластина 4 закріплюється на швидкозмінній вставці 2 гвинтом 5.

В ступінчастий отвір 10 державки 1 вставляється тяга 7 і орієнтується пазом 16 таким чином, щоб після встановлення в державку 1 обмежувач 17 увійшов в паз 16. На тязі 7 в ступінь більшого діаметра ступінчастого отвору 10 встановлюється пружина 11, потім шайба 14 і за допомогою гайок 15 встановлюється потрібне стискання пружини 11, торець 12 якої притискаються до торця ступені більшого діаметру отвору 10, а торець 13 до торця шайби 14.

Для закріплення швидкозмінної вставки 2 до державки 1 на торець тяги 7 діють з силою в напрямку її осі, стискаючи пружину 11. Тяга 7 переміщується в напрямку закритого гнізда на державці 1, забезпечуючи при цьому можливість введення призматичного виступу 3 в прямокутний паз 6 і гачка 9 на тязі в паз 8 на виступі 3. Після цього прикладену силу знімають і тяга 7 під дією пружини 11 починає переміщуватись в напрямку опорної поверхні закритого гнізда на державці 1. Похила поверхня гачка 9 взаємодіє з похилою поверхнею паза 8, підтиスカючи швидкозмінну вставку 2 до опорної поверхні гнізда на державці 1, а сила пружини 11 через тягу 7 підтискує базуючі поверхні швидкозмінної вставки 2 до опорних поверхонь гнізда на державці 1.

Для встановлення швидкозмінної вставки 2 з іншими геометричними параметрами або заміни зношеної ріжучої пластини під час точіння необхідно стиснути пружину 11, зняти непотрібну швидкозмінну вставку 2 з різальною пластиною 4 з гачка 9, встановити швидкозмінну вставку з необхідними геометричними параметрами і відпустити пружину.

Таким чином, запропонована конструкція токарного різця з надійним закріпленням швидкозмінної вставки на державці, забезпечує підвищення продуктивності обробки на 15 – 20% за рахунок використання більш інтенсивних режимів обробки, скорочення допоміжного часу на відновлення різальної здатності і дозволяє автоматизувати процес зміни різальної частини, в тому числі і за допомогою робота.

На конструкцію різця подана заявка на Державне підприємство “Український інститут промислової власності” міністерства освіти і науки України на видачу патенту на винахід.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Внаслідок виконаної роботи встановлено.

1. Основою удосконалення різців сучасних конструкцій іде шляхом створення модульних, переналагоджуваних конструкцій, створення різців з внутрішнім підведенням мастильно-охолоджувальної рідини безпосередньо в зону різання, створення різців з прискореною та автоматичною зміною різальної частини.

Модульні та переналагоджувані конструкції різців дозволяють зменшити металоємність систем різців, за рахунок зменшення кількості державок, зменшити площі для збереження інструменту в інструментальних комірних.

Різці з внутрішнім підведенням мастило-охолоджувальної рідини в зону різання забезпечують: підвищення стійкості на 30 – 150% при обробці нержавіючих сталей, жаростійких сплавів та сталей; виконання роботи на обладнанні з тиском мастильно-охолоджувальної рідини без додаткової обробки інструменту; збільшення швидкості різання на 100% із збереженням попередньої стійкості.

Різці з прискореною та автоматичною зміною різальної частини дозволяє ефективно використовувати зміну інструменту в автоматичному режимі при використанні верстатів з ЧПК.

Якість конструкції різців визначаються під час лабораторних та виробничих випробовувань, що потребує значних витрат часу. Цього можна уникнути, якщо визначати недоліки конструкції на стадії проектування за допомогою математичних моделей.

В зв'язку з цим в роботі створена математична модель вузла кріплення різальної частини до державки різця з прискореною зміною ріжучої частини за допомогою якої досліджений вплив конструктивних параметрів різальної вставки на умови закріплення її на державці.

Використання математичної моделі дозволило встановити, що при точінні різцем з прискореною зміною ріжучої частини, який має наступні конструктивні параметри вставки: $a = 2$ мм, $b = 20$ мм, $d = 12,5$ мм, $p = 12,5$ при куті нахилу базуючих поверхонь μ більше 25° вставка надійно утримується в гнізді державки, створюється достатній момент опору перекиданню навколо точки О.

Разом з цим, запропонована конструкція вузла кріплення не створює момент опору повороту вставки навколо реакції N_3 під дією осьової складової сили різання P_x . Всі реакції в точці б в межах дослідження мають від'ємне значення, що говорить про необхідну зміну конструктивних елементів вставки для запобігання її повороту в горизонтальній площині.

Для виключення можливості повороту вставки на державці в горизонтальній площині в новій конструкції вузла кріплення пропонується на опорній поверхні вставки створити прямокутний виступ, який своїми боковими поверхнями буде сполучатись з боковими поверхнями державки.

Як наслідок, нова конструкція вузла закріплення забезпечує надійне закріплення вставки від перекидання та повороту на опорній поверхні державки (точки: а) $\mu = 40^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{\text{шу}} = 100\text{Н}$; б) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$; $Q_{\text{шу}} = 400\text{Н}$; в) $\mu = 25^\circ$; $\varepsilon = 37^\circ$; $Q_{\text{шу}} = 100\text{Н}$), що дає право рекомендувати цю конструкцію для створення системи різців з швидкозмінною різальною частиною.

На нову конструкцію різця підготовлена заявки в Держпатент України на видачу патенту на винахід.

Список використаних джерел

1. Матюха П.Г. Токарні збірні різці підвищеної універсальності/ Матюха П.Г., Гриньов Ю.О., Донецьк, ДонНТУ – 2010, 221 с.
2. Сборный твердосплавный инструмент /[Хае Г.Л., Гах В.М., Громаков К.Г. и др.]; Под общ. ред. Г.Л. Хае. – М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.
3. Инструментальные системы автоматизированного производства: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов /[Р.И. Гжиров, В.А. Гречишников, В.Г. Логашев и др.] – СПб.: Политехника, 1993 - 399 с.
4. Общий каталог токарного инструмента ISCAR. 2008 год, 680 стр. <http://www.iscar-nedorogo.ru/doc/2008-obschiy-katalog-tokarnogo-instrumenta-page6.html>
5. Каталог SANDVIK COROMANT 2015 Специальный режущий инструмент и инструментальная оснастка Стр.163 <http://lab2u.ru/m/raznoobraznye-vidy-sbornykh-modulnykh-reztcovykh-golovok-sandvik-coromant-s-tverdospлавnymi-smennymi-rezhushchimi-plastinami-obshchii-vid-i-osnovnye-geometricheskie-katalog-sandvik-coromant-2015-spetcialnyi-instrument-str-0049-lab2u.html>
6. CoroPak Brochure 11.2 / Sandvik Coromant, 2012 – 63 с.
7. Threading and turning tools catalog / Kennametal, 2010 – 285 с.
8. New Productscatalog Metric Version 2012 Edition 2 / Iscar. – 193 с.
9. Сборный резец: А.с. 704726. СССР. В 23В 27/16. /П.Г. Матюха, Н.И. Каплий и В.Ф. Федюкин – 2001023/25-08; Заявл. 04.03.74; Оpubл. 25.12.79, Бюл. № 47. – 2 с.: ил.
10. Патент №12364А. Україна. МКІ В23В 27/16. Режущий инструмент./Матюха П.Г., Петтік Ю.В., Михайлов О.М.; Надр. 1996. Бюл. №12. – 2с.
11. Заявка 58-30085 (Япония) В 23В 27/16. Инструмент с взаимомзаменяемыми многоугольными вставными пластинами /Комет Штальхалтер унд Веркцойкфабрик Роберт Бройнинг Гмбх. - Оpubл. 1983, № 2-753.
12. Международная заявка 91/04813 (РСТ), МКІ В 23В 27/16. Настраиваемый режущий инструмент /Шварц Гюнтер - Оpubл. 1991, Бюл. № 9.
13. Патент України на винахід №77216 МКІ В23 В27/16. Токарний різець /Матюха П.Г., Вицько А.В., Габітов В.В. Оpubл. 15.11.2006. Бюл. №
14. Патент України на винахід №77712 С2 МКІ В23 В27/16. Токарний різець/ Матюха П.Г., Скринніков В.С., Холод В.М. Оpubл. 15.01.2007. Бюл. № 1.
15. KENNAMETAL Додаток до каталогу http://ering.ru/CAT001/KNM/KENNA_webcat/KENNA-news-2016_RU/original/KENNA_news-2016_014.html

16. Описание к патенту на изобретение, Заявка № 2011138272/02. Режущий инструмент с выдвижным соплом/ Амстивовицкий Леонид, Нейман Григорий Опубликовано 20.02.2014 Бюл. №5

17. Каталог WALTER 2015 Новый металлорежущий инструмент и оснастка Инновации 2015-1 Стр.4/ Режим доступа: <http://lab2u.ru/tokarnyi-instrument-walter-s-rezhushchimi-smennymi-plastinami-illustrirovannymi-obzor-novinek-naruzhnye-reztsy-s-napravlenным-podvodom-sozh-v-zonu-rezani-katalog-walter-2015-novyi-instrument-i-osnastka-2015-1-str-4-0006-lab2u.html>

18. Каталог WALTER 2014 Новая продукция Режущий инструмент и оснастка Издание 14-2 Стр.23 <http://lab2u.ru/m/kanavochnyi-sbornyi-naruzhnyi-rezets-walter-cut-g1011-p-s-vnutrennim-podvodom-sozh-dlia-dvukromochnykh-smennykh-rezhushchikh-plastin-gx-metallorazhushchii-instrument-s-secheniem-katalog-walter-2014-novaya-produktsiia-14-2-str-23-0025-lab2u.html>

ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ.

Проректор з наукової роботи ДонНТУ

проф. Башков Е. О

СПРАВКА

Комісія в складі завідувача кафедри «Гірничі машини та мехатронні системи машинобудівного обладнання» канд. техн.наук, доц. Вірич Світлани Олександрівни, професорів цієї ж кафедри докт. техн.наук Калафатової Людмили Павлівни та докт. техн.наук Семенченко Анатолія Кириловича підтверджують, що матеріали заявки «Токарний різець» авторів Матюхи Петра Григоровича, Габітова Валерія Валерійовича та Демченко Івана Анатолійовича передані на Державне підприємство “Український інститут промислової власності” міністерства освіти і науки України на видачу патенту на винахід.

Голова комісії

Канд. техн. наук С.О.Вірич

Члени комісії:

Докт. техн. наук Л.П.Калафатова

Докт. техн.наук А.К. Семенченко

Додаток Б

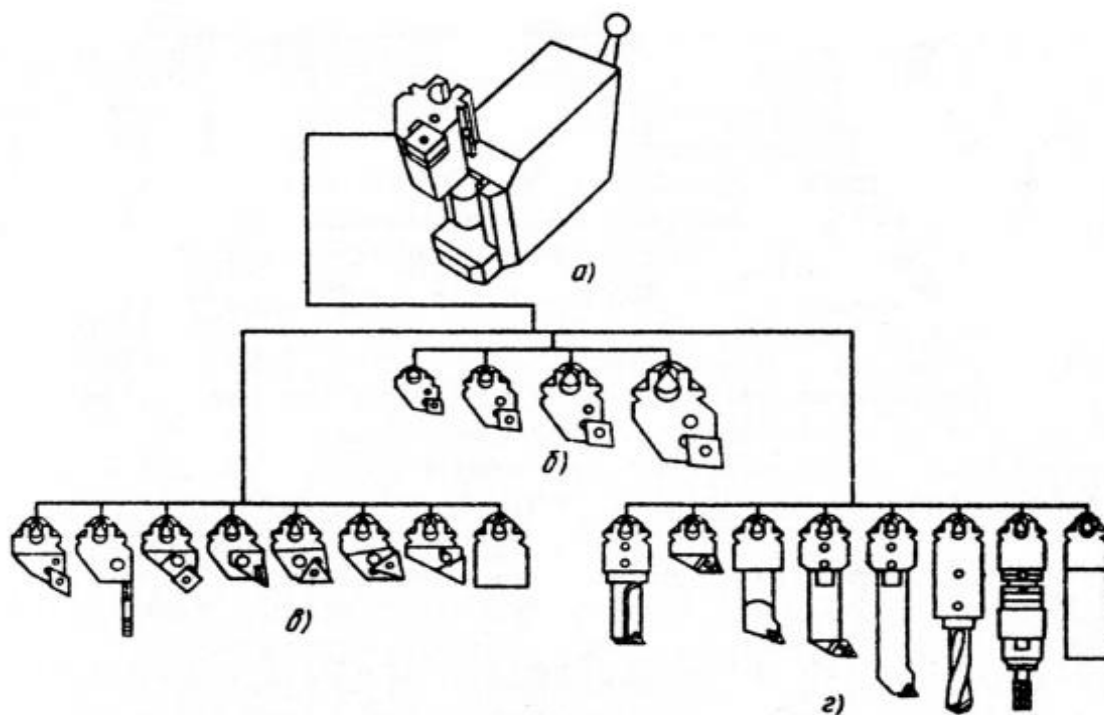


Рисунок 1.1 – Система модульного інструмента фірми Сандвік Коромант.[2]

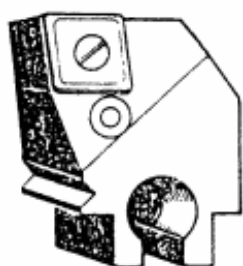


Рисунок 1.2 – Різцевий блок [3]

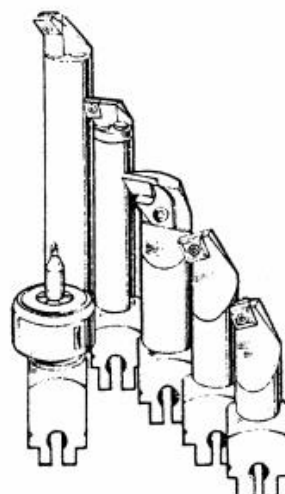


Рисунок 1.3 – Комплект інструментальних блоків[3]

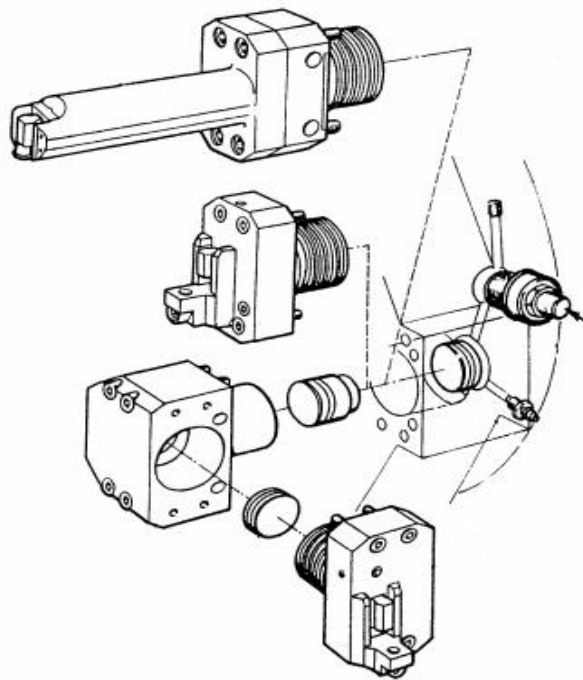


Рисунок 1.4 – Система для установки блоків за допомогою рифленого валика.[3]

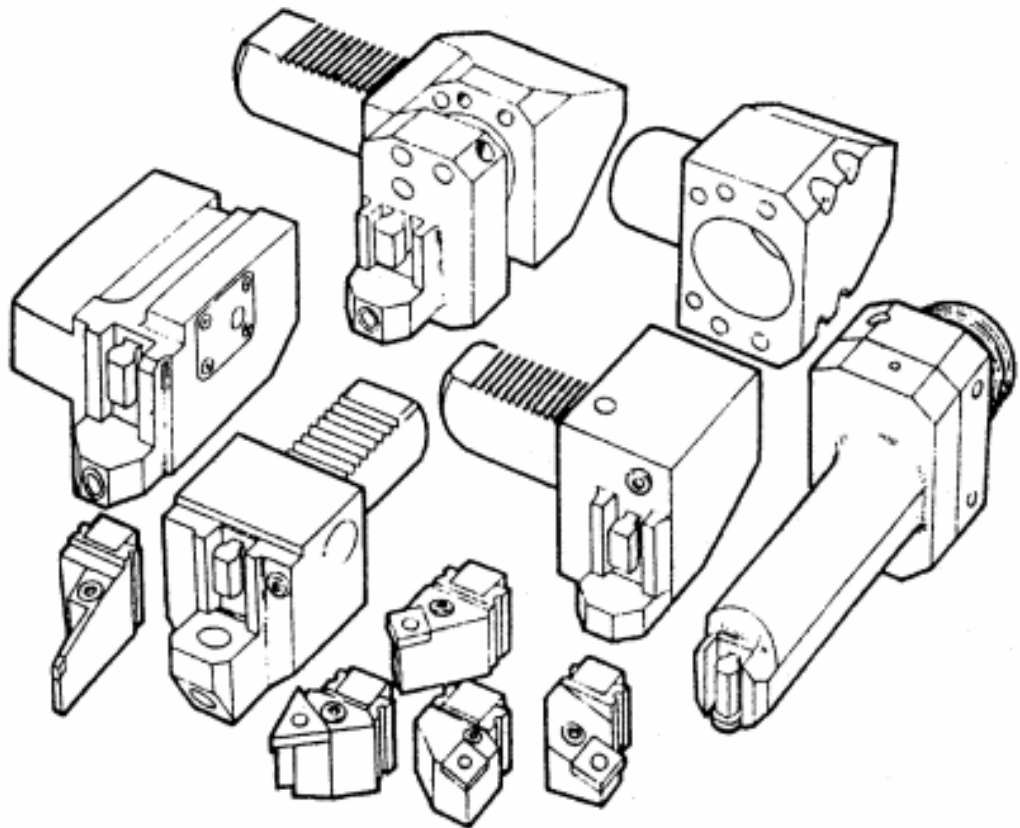


Рисунок 1.5 – Комплект інструмента для токарного верстата. [3]

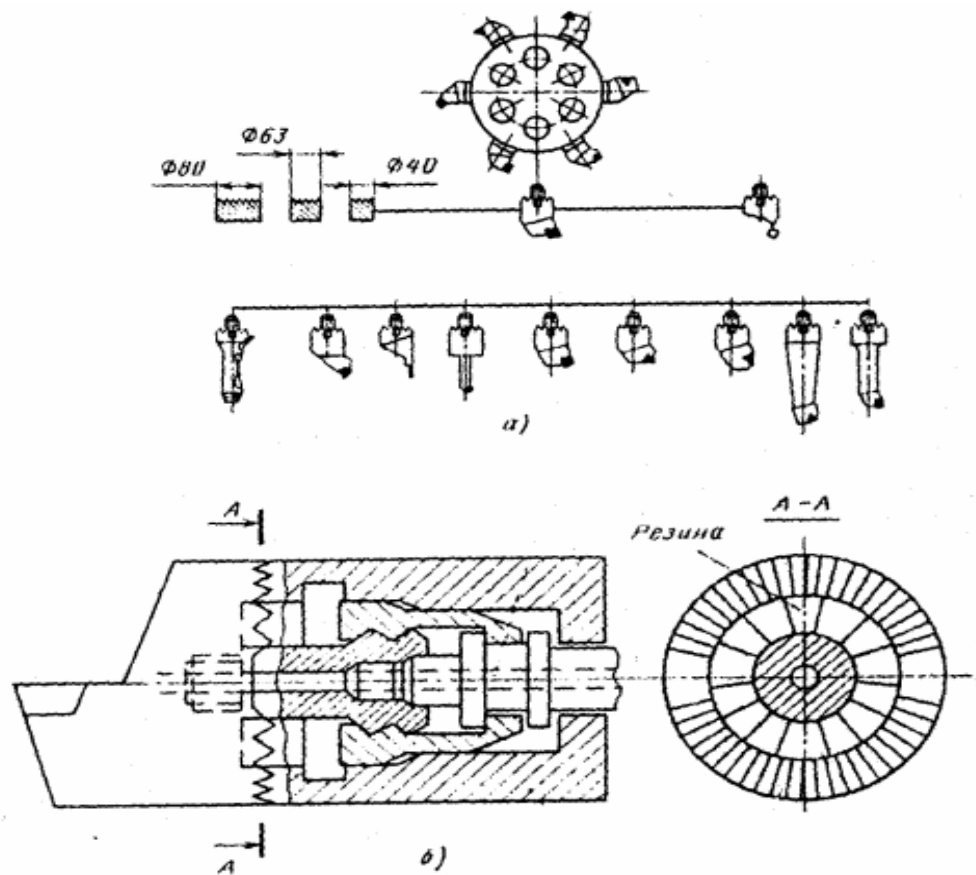


Рисунок 1.6 – Модульна система інструмента фірми Хертель[2].



Рисунок 1.9 – Універсальна модульна система “Coromant Capto C10” для усіх видів інструменту [6]

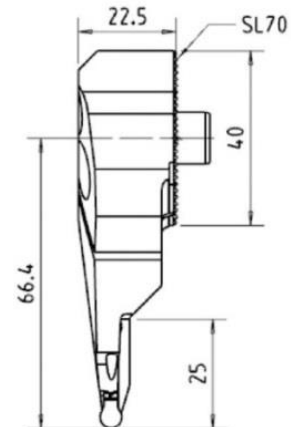
A

ТОЧЕНИЕ

301 340211R2

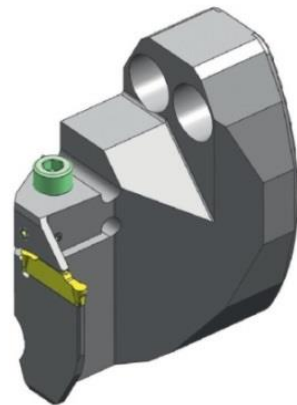


Резцовая головка CoroTurn SL

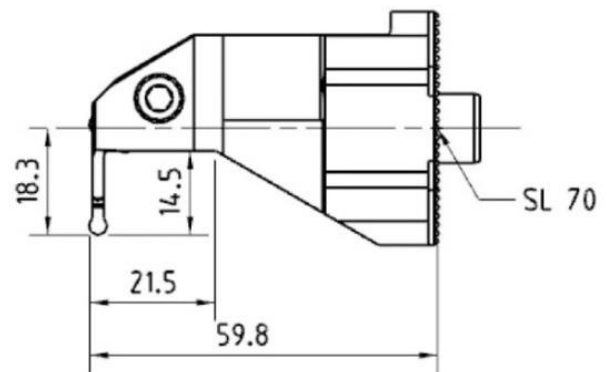


D

301 340211R6



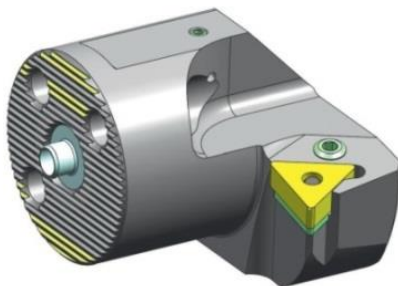
Резцовая головка CoroTurn SL



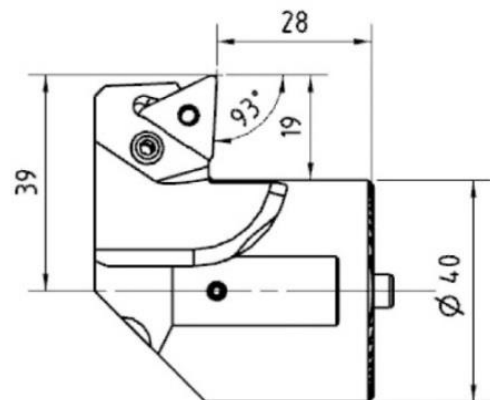
E

F

301 340232L4



Резцовая головка CoroTurn SL



H

Рисунок 1.8 – Різні види збірних модульних головок Sandvik Coromant з твердосплавними змінними ріжучими пластинами [5]

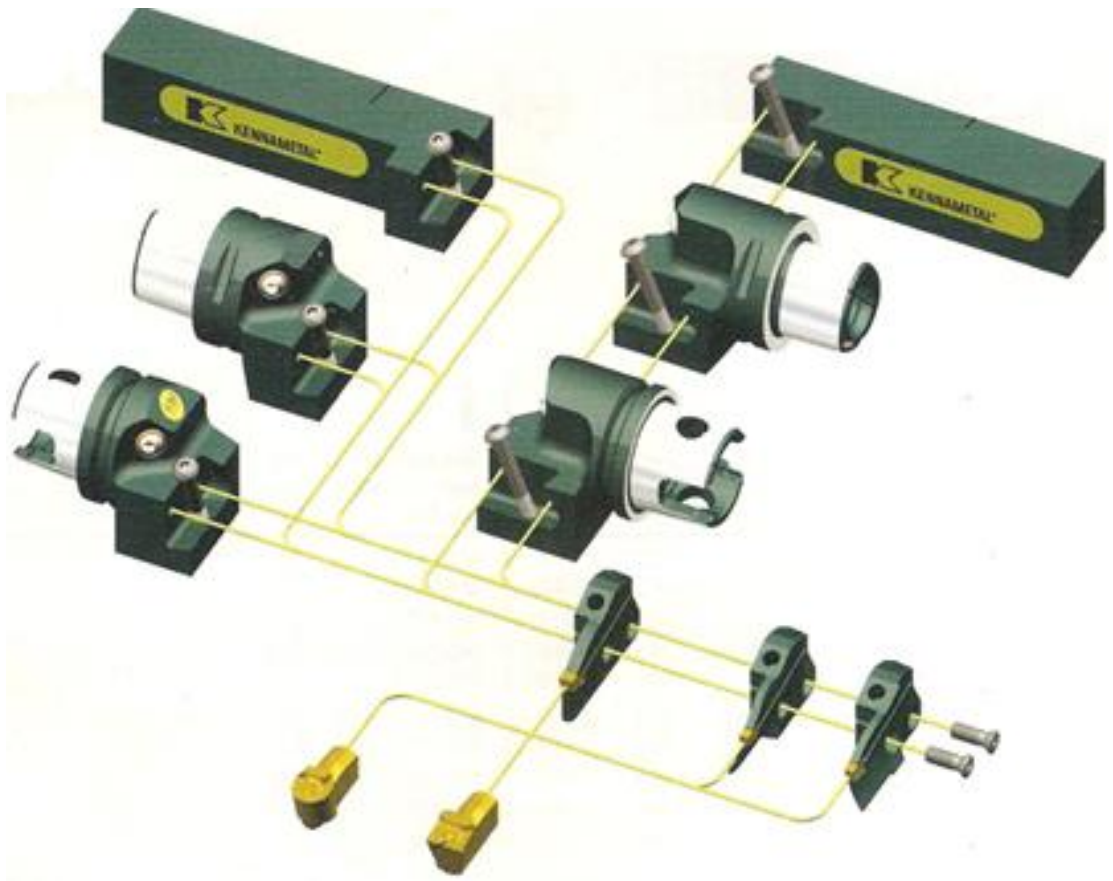


Рисунок 1.10 – Швидкозмінна система “КМ” [7]



Рисунок 1.11 – Система CHAMFIX (ISO 266231) [8]



Рисунок 1.12 – Система CHAMFIX (ISO 266231) [8]



Рисунок 1.13 – Система HSK-T (ISO 1264-3 T Type and ICTM Standarts)
[8]

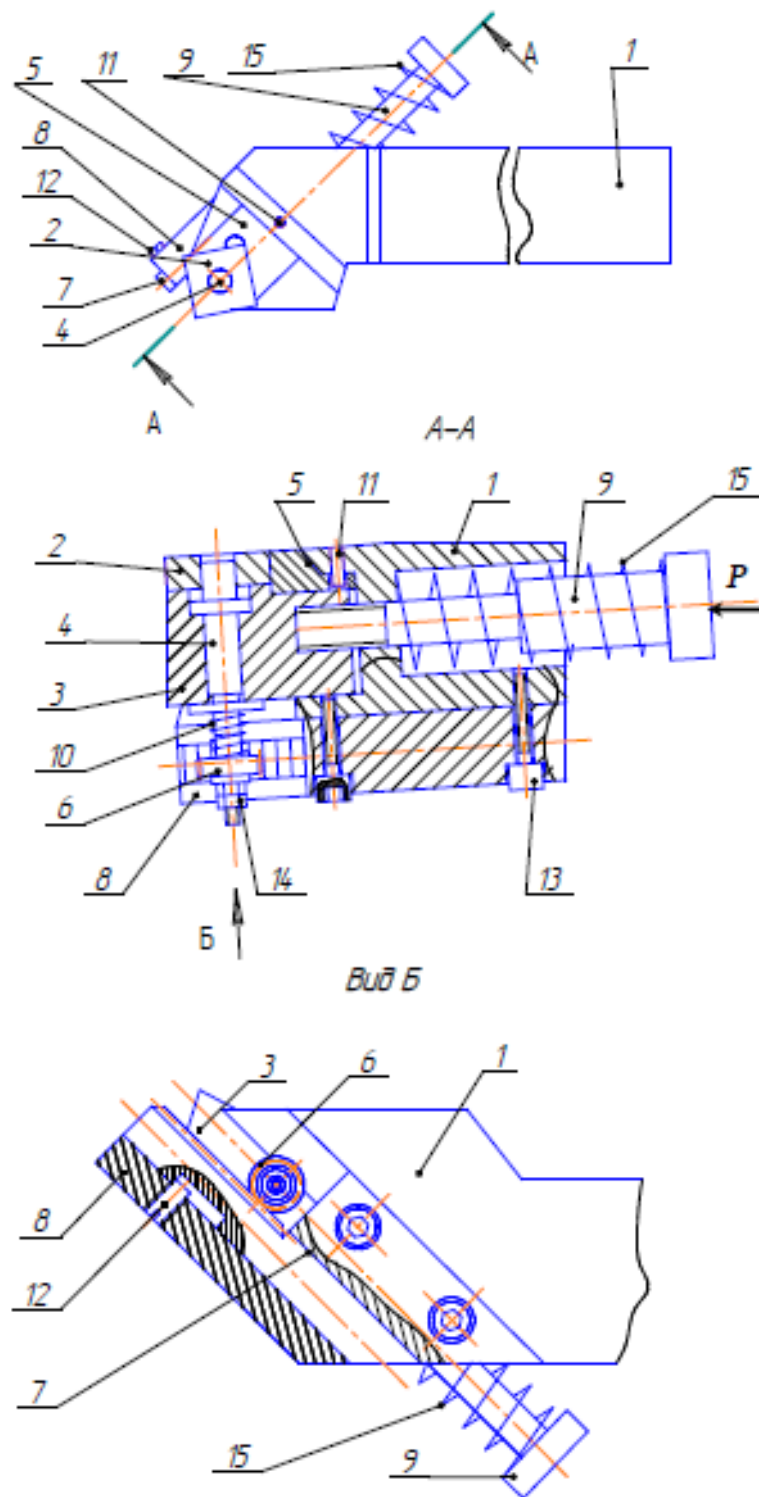


Рисунок 1.19 – Конструкція різця з автоматичною зміною різальної кромки.[13]

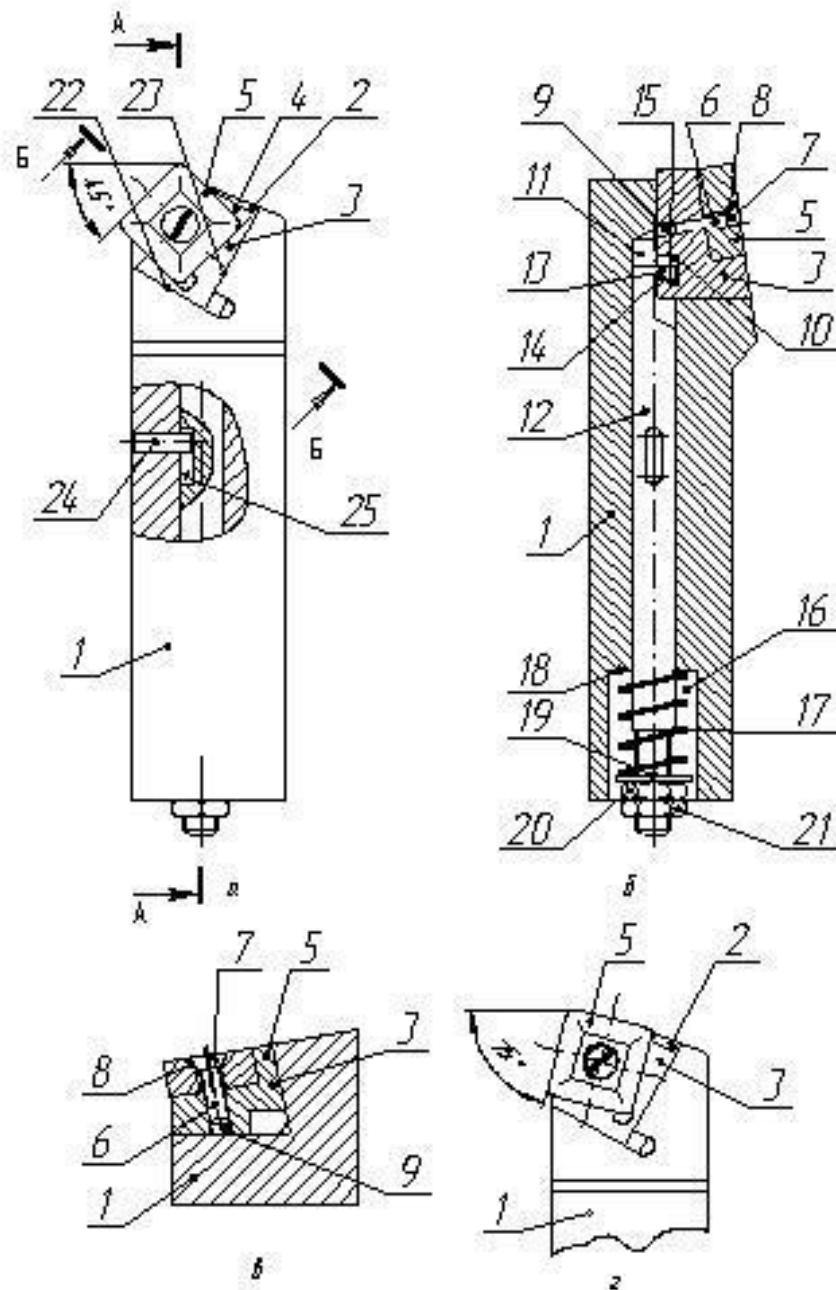


Рисунок 1.21 – Швидкопереналагоджуваний токарний різець. а - загальний вид, б - переріз А-А, в - переріз Б-Б, г - токарний різець з кутом в плані 75[14]

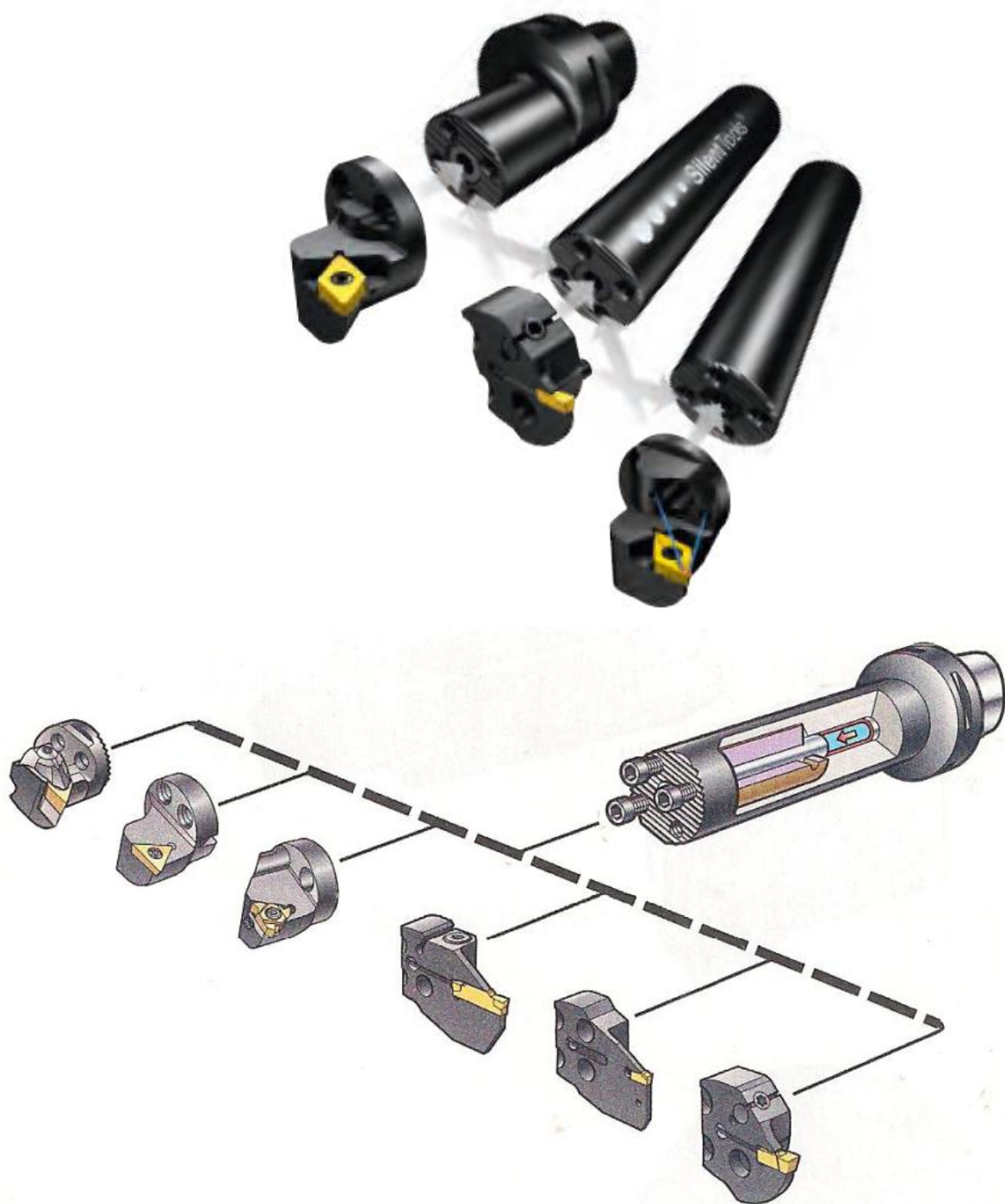


Рисунок 1.22 – Швидкозмінна система “CoroTurn SL” [6]

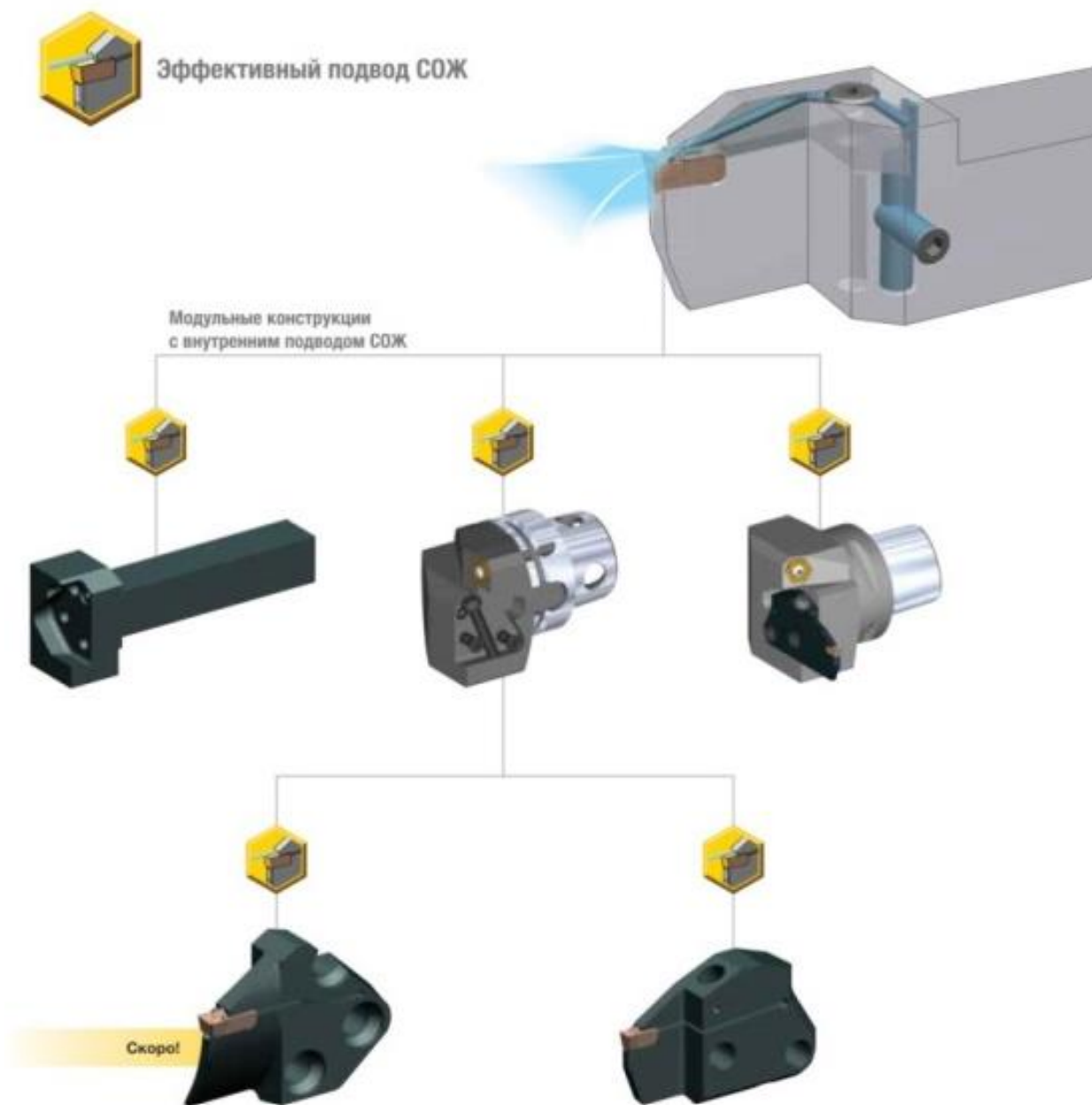


Рисунок 1.23 – Модульна конструкція з внутрішнім підводом МОР фірми KENNAMETAL.[15]

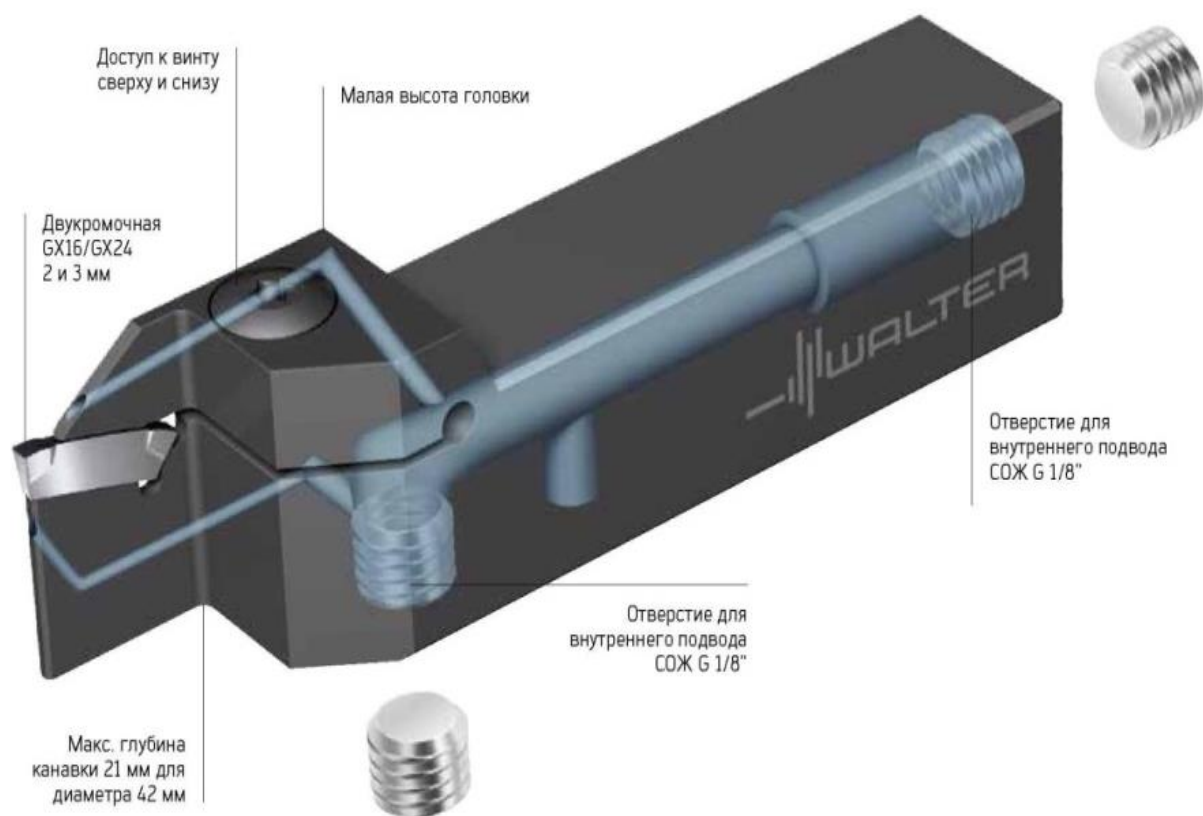


Рисунок 1.24 – Державка G1011-P з внутрішнім підводом МОР [18]

Додаток В

Таблиця 2.1 – Вплив кута нахилу базуючих поверхонь μ на геометричні параметри вставки

№	Кут розташування вставки ω , град	Кут нахилу базуючих поверхонь μ , град	Геометричні параметри вставки, мм									
			h	τ	l	v	s	ξ	w	n	m	c
1	60°	0°	18,8	29,6	31,4	0	3,1	9,4	6,3	29,4	3,5	10,4
2		5°	20,8	31,3	32,8		3,4	9,5	6,1			
3		10°	22,8	33	34,2		3,7	9,6	5,9			
4		15°	24,9	34,7	35,6		4	9,7	5,6			
5		20°	27,1	36,5	37,1		4,4	9,8	5,4			
6		25°	29,5	38,5	38,7		4,7	9,9	5,2			
7		35°	34,9	42,9	42,4		5,5	10,2	4,7			
8	15°	25°	38,8	41	26,7	0	0,1	8,3	8,3	29,4	3,5	10,4
9	30°		36,6	40,9	34		1,5	8,8	7,3			
10	45°		33,9	40,1	37		3,1	9,4	6,3			
11	60°		29,5	38,5	38,7		4,7	9,9	5,2			
12	75°		19	34,4	39,9		6,2	10,3	4,2			
13	85°		15,6	32,8	40,5		6,1	7,6	3,6			

Таблица 2.2 – Вплив кута нахилу μ базуючих поверхонь вставки на величину та спрямованість реакцій на опорних поверхностях

№	Кут нахилу базуючих поверхонь μ , град	Кут розташування вставки ω , град	Кут фіксатора штока ε , град	Сила на фіксаторі $Q_{ш}$, Н	Реакції на опорних поверхнях в характерних точках, Н						Складові сили різання ($V = 165$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 2$ мм), Н		
					N_0	N_2	N_3	N_5	N_6	N_7	P_x	P_y	P_z
1	0°	60°	60°	100	429	-70	87	607	-268	111	278	209	471
2	5°				408	-57	135	641	-312	110			
3	10°				382	-43	185	681	-358	110			
4	15°				350	-28	240	733	-414	111			
5	20°				311	-11	301	799	-482	114			
6	25°				263	8	368	880	-562	118			
7	35°				127	55	537	1118	-793	130			
8	25°	15°	60°	100	246	-56	373	920	-603	-148	278	209	471
9		30°			266	-51	379	1067	-727	-60			
10		45°			262	-23	381	1046	-706	31			
11		60°			263	8	368	880	-562	118			
12		75°			268	37	344	535	-260	195			
13		85°			274	55	322	502	-266	239			
14	25°	60°	60°	50	296	-28	330	877	-581	69	278	209	471
15				100	263	8	368	880	-562	118			
16				150	230	43	407	882	-544	167			
17				200	197	79	445	884	-524	216			
18				250	165	115	484	887	-506	265			
19				300	132	151	522	889	-487	314			
20	25°	60°	90°	100	456	-90	261	927	-508	281	278	209	471
21			75°		305	22	382	910	-498	296			
22			60°		263	8	368	880	-562	118			
23			45°		-105	327	713	862	-472	339			
24			30°		-515	632	1044	813	-446	381			
25			15°		-1636	1464	1948	682	-375	497			

Додаток Г

Таблиця 3.1 – Вплив кута нахилу базуючої поверхні μ і сили закріплення різцевої вставки на величину і спрямованість реакцій в точках контактування вставки і державки

№	Кут нахилу базуючої поверхні μ , град	Кут на штоці ϵ , град	Сила на штоці $Q_{ш\mu}$, Н	Реакції в контактних точках вставки і державки точках, Н						Складові сили різання ($V = 165$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 2$ мм), Н		
				N_0	N_2	N_3	N_5	N_6	N_7	P_x	P_y	P_z
1	0°	60°	100	427	221	-264	269	160	393	278	209	471
2	5°			378	258	-227	265	163	393			
3	10°			330	294	-191	262	166	393			
4	15°			282	329	-155	262	169	392			
5	20°			234	264	-119	264	172	393			
6	25°			185	400	-82	267	175	393			
7	30°			134	438	-44	273	178	393			
8	35°			81	477	-4	282	181	392			
9	40°			24	520	39	293	185	393			
10	25°	60°	50	205	386	-97	212	173	392	278	209	471
11			100	185	400	-82	267	175	393			
12			150	165	415	-68	323	176	393			
13			200	145	429	-53	378	177	393			
14			250	125	442	-39	433	178	393			
15			300	105	457	-25	488	179	393			
			400	65	485	4	599	182	393			
16	25°	90°	100	315	334	-149	259	167	385	278	209	471
17		75°		255	365	-117	263	171	389			
18		60°		185	400	-82	267	175	393			
19		45°		90	449	-34	273	181	398			
20		37°		16	486	4	279	185	402			
21		30°		-75	533	50	284	191	407			
22		15°		-526	762	280	315	218	434			