

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО
«___» _____20__р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи
інженерного дизайну»**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Фреза комбінована для

оброблення пазів в алюмінієвих профілях»

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи МІ-01мп

Ковальчук Дмитро Миколайович _____

Науковий керівник:

К.т.н., доц. Бесарабець Юрій Йосипович _____

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Ковальчуку Дмитру Миколайовичу

1. Тема дисертації «Фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілях», науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Бесарабець Юрій Йосипович, затверджені наказом по університету від «01» листопада 2021р. №3611-с.
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження
Фрезерування пазу в алюмінієвому профілі.
4. Вихідні дані
Кресленик деталі, керуюча програма для обробки деталі, використовуваний на підприємстві інструмент.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - 1) Аналітичний розділ;
 - 2) Конструкторський розділ;
 - 3) Технологічний розділ;
 - 4) Дослідницький розділ;
 - 5) Start-up проєкт.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Кресленик фрези комбінованої

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналітичний розділ	07.11.2021	
2	Конструкторський розділ	14.11.2021	
3	Технологічний розділ	21.11.2021	
4	Дослідницький розділ	28.11.2021	
5	Start-up проєкт	07.12.2021	

Студент

Дмитро КОВАЛЬЧУК

Науковий керівник

Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: «Фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілях»

Київ – 2021 року

АНОТАЦІЯ

Об'єктом для виконання магістерської дисертації послужила фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілів. Головним завданням було створення різального профілю інструменту, який би забезпечив продуктивність обробки та якісну поверхню, розробка технологічного процесу формоутворення такого різального інструменту, розробка керуючої програми для обробки пазів в алюмінієвих профілів за допомогою комбінованого інструменту на сучасних верстатів з ЧПК. Дослідити та порівняти стан поверхні після оброблення фрезою комбінованою

До магістерської дисертації входить:

- 1) Аналітичний розділ ;
- 2) Конструкторський розділ ;
- 3) Технологічний розділ ;
- 4) Дослідницький розділ ;
- 5) Start-up проєкт.

Ключові слова – фреза, фреза комбінована, фрезерування, інструмент, комбінований інструмент, верстат, програма, поверхня, профіль, продукт, алюмінієвий профіль, паз, фаска, операція, площина, ескіз, круг, коефіцієнт, час, рисунок, таблиця.

Мова – uk

Автор: ст. гр. МІ-01мп Ковальчук Д.М., під керівництвом к.т.н, доц. Бесарабець Ю.Й.

ANNOTATION

The object for the master's dissertation was a cutter combined for machining grooves in aluminum profiles. The main task was to create a cutting profile of the tool, which would ensure productivity and quality surface, development of the technological process of forming such a cutting tool, development of a control program for machining grooves in aluminum profiles using a combined tool on modern CNC machines. Investigate and compare the condition of the surface after processing with a combination cutter

The master's dissertation includes:

- 1) Analytical section ;
- 2) Design section ;
- 3) Technological section ;
- 4) Research section ;
- 5) Start-up project.

Keywords - cutter, milling, tool, combined tool, machine, program, surface, profile, product, aluminum profile, groove, chamfer, operation, plane, sketch, circle, coefficient, time.

Language - en

Author: St. gr. MI-01mp Kovalchuk D.M., Ph.D., docent Besarabec Y.J.

ЗМІСТ

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	4
1.1 Аналіз технічного завдання.....	4
1.2 Шляхи вирішення проблеми	16
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Розробка комбінованого інструменту	17
2.2 Конструкція різальної частини комбінованого інструменту.....	19
2.3 Розробка тривимірної моделі комбінованого інструмента.....	24
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	34
3.1 Технологія утворення різальної частини	34
3.2 Розробка керуючої програми	40
3.3 Порівняння керуючих програм.....	43
4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	44
4.1 Поверхня деталі після обробки пазу	44
4.2 Поверхня деталі після обробки фаски	45
5 START-UP ПРОЄКТ	46
5.1 Опис ідеї проєкту	46
5.2 Технологічний аудит ідеї проєкту	47
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску start-up проєкту	47
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
ДОДАТКИ.....	56

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз технічного завдання

Підприємство ТОВ «ГРІН КУЛ» зіткнулось з проблемою фрезерування пазу алюмінієвих профілів, а саме з якістю поверхні, що отримана після оброблення.

На Рис.1.1. зображено паз після фрезерування, що містить гострі кромки, задирки та видимі нерівності, що негативно впливають на процес складання виробу із профіля та його подальшій експлуатації в цілому, так як виникає вірогідність травмування людей.

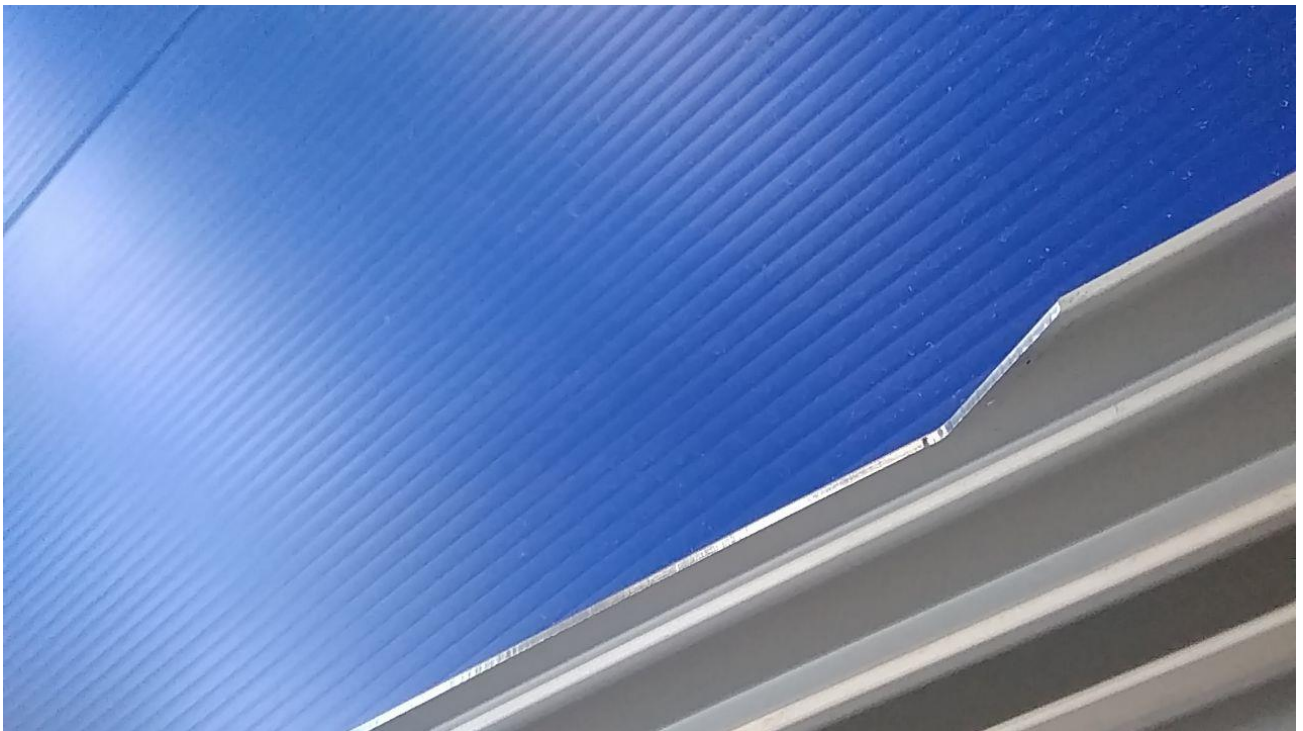


Рисунок 1.1 – Алюмінієвий профіль після оброблення

Конструктивно цей паз, знаходиться з однієї із сторін профіля та необхідний, для поліпшення процесу монтажу та демонтажу скляних дверей на морозильну вітрину «Prima» .

Морозильна вітрина «Prima» призначена для зберігання замороженої продукції. Морозильна вітрина містить в собі динамічний конденсатор, механічний замок, алюмінієва корона з підігрівом, міцні корзини, гартоване скло, теплоізоляція 60 мм, посилені ролики. [1]

Додаткові опції морозильної вітрини «Prima», такі як брендинг, електронний замок, цінникотримач, кольорове LED підсвічування, нестандартні кошики, знімні секційні розділювачі для корзин, термометр, вибір кольору корпусу, гравіювання, GPS – трекер, перфорована плівка на скло дверей, RFID мітка. [1]

Морозильна частина вітрини, проектується та проходить етап тестування в лабораторії - інженером-проектувальником. Усі інші конструктивні елементи, розробляються інженером-конструктором, а електрична частина проектується інженером-електриком.



Рисунок 1.2 – Морозильна вітрина

Алюмінієва корона в свою чергу призначена для з'єднання внутрішнього корпусу із зовнішнім, та розміщення на неї скляних дверей. Вона складається з верхніх алюмінієвих профілів, та нижньої рамки з пластикових профілів. Алюмінієві профілі з'єднуються між собою за допомогою пластикових кутиків так званих (сухарів), та само-нарізних гвинтів. Для досягнення точних геометричних розмірів, та запобігання перекошування, використовується спеціальний стіл, із шаблоном для збірки алюмінієвої корони.

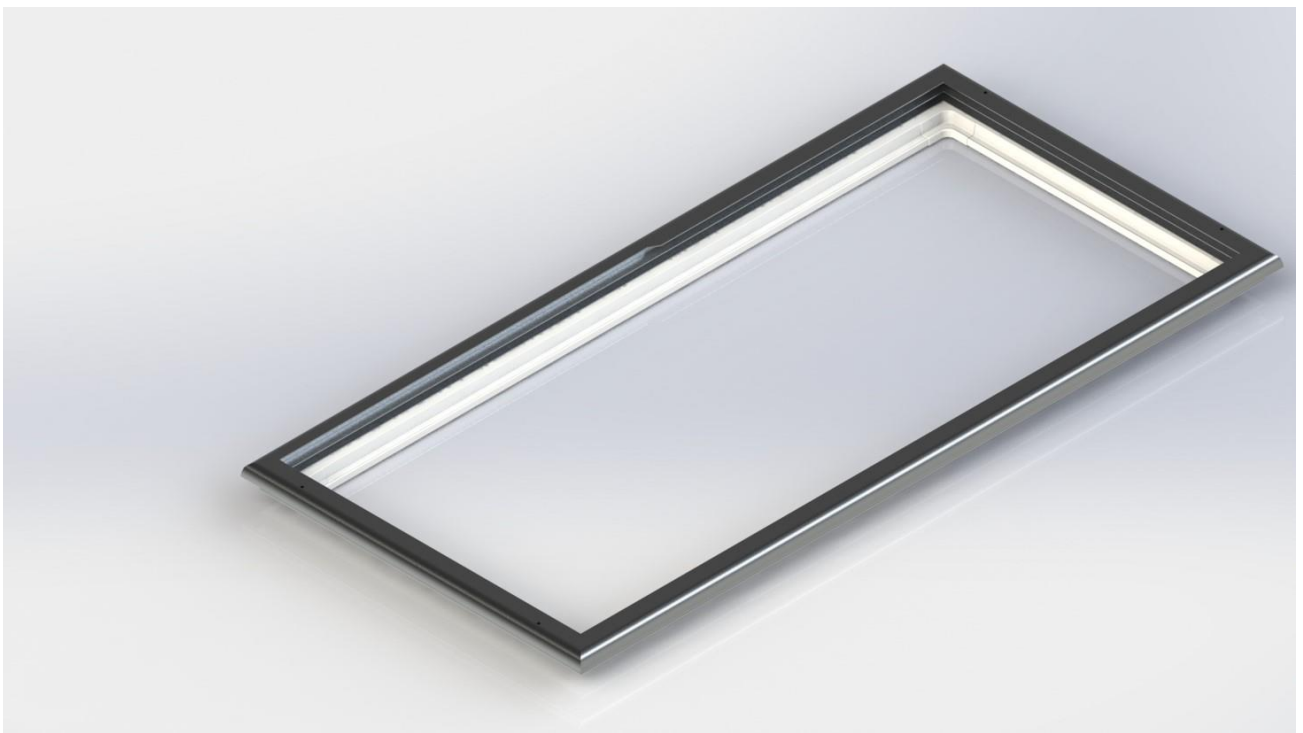


Рисунок 1.3 – Алюмінієва корона в зборі



Рисунок 1.4 –Профіль верхній

Матеріал виготовлення профіля - АД 31. АД31 входить в групу сплавів алюмінію-магнію-кремнію (така система називається Авіаль). Володіє високою пластичністю, а при зміцненні - твердістю. Сплав АД31 містить невелику частку легуючих елементів і домішок, за рахунок своєї чистоти має гарні показники електро- і теплопровідності. [2]

Таблиця 1.1 Хімічний склад матеріалу АД31 [3]

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Домішки
0.5 %	0.2...0.6	0.1 %	0.1 %	0.15 %	Решта %	0.1 %	0.45...0.9 %	0.2%	0.15 %

Таблиця 1.2 Фізичні властивості матеріалу АД31 [4]

T	$E \cdot 10^5$	$\alpha \cdot 10^6$	λ	ρ	C	$R \cdot 10^9$
°	МПа	1/°	Вт/(м · °)	кг/м ³	Дж/(кг · °)	Ом · м
20	0.71	-	-	2710	-	34.4
100	-	23.4	188	-	921	-

Відмінні антикорозійні властивості дозволяють використовувати його для виготовлення елементів конструкцій і деталей обладнання, що працює в складних умовах. Піддається зварці, штампування і витяжці при виготовленні порожнистих деталей складної форми. [2]

Алюміній АД31 володіє високими експлуатаційними характеристиками, що значно розширює сферу його застосування. Як і кожен матеріал, він має свої переваги та недоліки.

Переваги:

- висока електропровідність і теплопровідність;
- податливість всіх видах механічної обробки;
- відсутність феромагнітних якостей;
- корозійна стійкість;
- пластичність;
- легкість.

Недоліки:

- необхідність термообробки для застосування при екстремальних навантаженнях;
- невисока механічна міцність;
- крихкість при перегріванні. [2]

Для поліпшення якісних характеристик сплаву АД31 піддають високотемпературної обробки. Алюміній після загартування та старіння набуває нових властивостей. На властивості виробів впливає час і температура, коли відбувається процес охолодження. Повільне охолодження в природних умовах дозволяє отримати металопрокат, що має підвищену пластичність. Примусове охолодження після гартування робить метал жорсткішим, при цьому його міцність на розрив збільшується на 40%. [2]

Обробка алюмінієвого профіля. Виконується на обробному центрі з ЧПК FomIndustrie FMC 120, що забезпечує високу ефективність завдяки трьох осей і робочого столу з пневматичним позиціонуванням на 0° , 90° , та 180° .



Рисунок 1.5 – Обробний центр з ЧПК FMC 120 [5]



Рисунок 1.6 – Поворотний стіл [5]

FMC 120 призначений для різання і фрезерування алюмінієвих або сталевих профілів з максимальною товщиною 3 мм.

Короткі відомості:

- двигун шпинделя ISO потужністю 3 кВт з повітряним охолодженням;
- регульована швидкість обертання двигуна від 1000 до 15000 об / хв. ;
- стандартний магазин інструментів має шість місць;
- чотири литих алюмінієвих пневматичних лещат з подвійним; робочим тиском (високим і низьким);
- ручне поздовжнє позиціонування ;
- вертикальна і поперечна регулювання не вимагають інструментів;
- два ручних упору (зліва та справа) ;
- консоль управління - Windows 10 та порти USB;
- хмарне програмне забезпечення для моніторингу та підвищення продуктивності / ефективності. [5]

Таблиця 1.3 Технічні дані FMC 120 [5]

Висота, мм	1800
Довжина, мм	3600
Вага, кг	1400
Електроживлення, В	380...415
Загальна потужність, кВт	3.5
Витрати повітря за робочий цикл, НЛ/цикл	43
Робочий тиск, бар	7

Таблиця 1.4 Інші характеристики FMC 120 [6]

Робочий хід X, мм	2675
Робочий хід Y, мм	180
Робочий хід Z, мм	120

В якості кріплення заготовки використовуються вище перелічені пневматичні лещата та ручні упори.

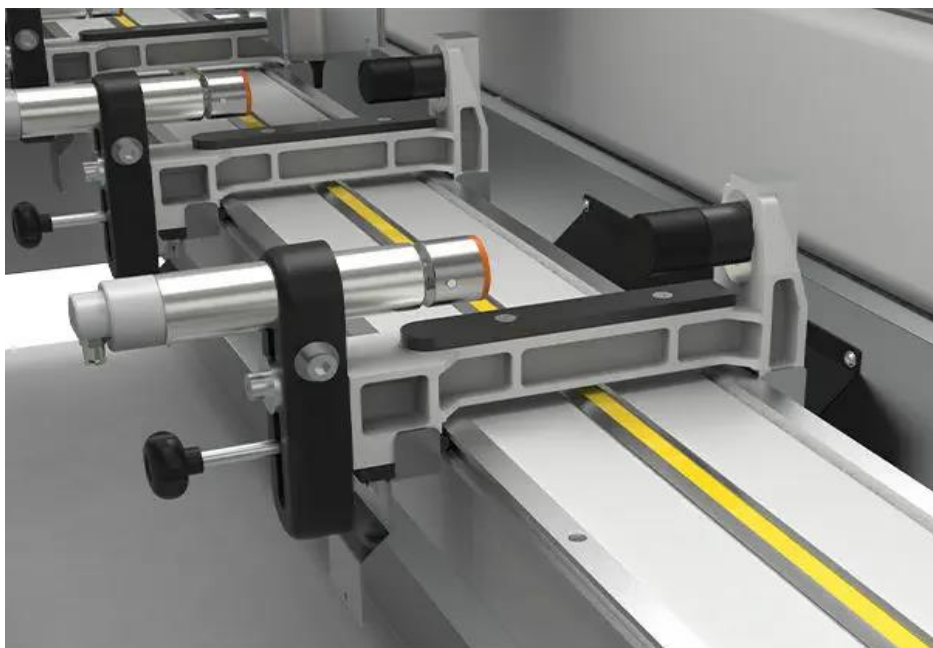


Рисунок 1.7 – Пневматичні лещата [5]

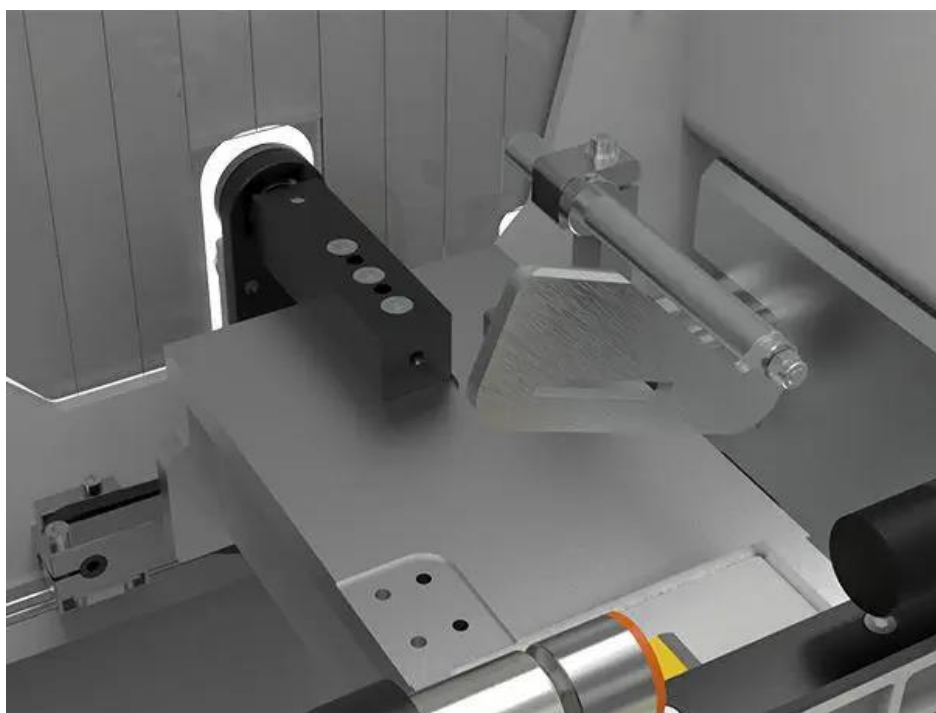


Рисунок 1.8 – Ручні упори [5]

Технологічно цей паз виконується послідовно двома інструментами . Перший інструмент зображено на (Рис.1.9), фреза кінцева (твердосплавна, одно-західна, циліндрична робоча частина) на відносно великій подачі в чорнову відрізає зайву частину матеріалу, фрезерування зустрічне. Величину подачі можна уточнити із програми чи безпосередньо з налаштувань верстату. Витяг програми з верстату, було наведено в додатку Б.



Рисунок 1.9 – Фото фрези кінцевої

Зустрічним називається фрезерування, яке здійснюється при протилежних напрямках руху фрези і оброблюваної заготовки в місці їх контакту. Попутне фрезерування проводиться при співпадаючих напрямках руху фрези і оброблюваної заготовки в місці їх контакту. При зустрічному фрезеруванні товщина зрізу змінюється від нуля при вході зуба в точці А до максимального значення при виході зуба з контакту з оброблюваної заготівлею в точці В. [7]

При попутному фрезеруванні товщина зрізу змінюється від максимальної величини в момент входу зуба в контакт з оброблюваної заготівлею в точці В до нуля при виході в точці А. Таким чином, при зустрічному фрезеруванні процес різання відбувається спокійніше, так як товщина зрізу наростає плавно і, отже, навантаження на верстат зростає поступово. [7]

При попутному фрезеруванні в момент входу зуба в контакт з оброблюваної заготовкою спостерігається явище удару, так як в цей момент товщина зрізу максимальна. [7]

Друга операція зняття фаски, яка здійснюється центрівкою. Операція проводиться на мінімальному зйомі матеріалу і відносно великій подачі на зуб, фрезерування попутне. Якість поверхні після другої операції виявилася цілком прийнятною тому і описаний алгоритм обробки було прийнято, як робочий.



Рисунок 1.10 – Фото центрівки

Але, як показує практика, матеріал профіля є не дуже жорсткий, та під час імпорту поставки заготовок, є вірогідність його деформації, навіть після обробки залишаються місцями гострі кромки, що потребують додаткових зусиль та часу на виконання додаткових операцій, оператором в ручному режимі.

В якості кріплення інструмента використовується цанговий патрон, перевага цангового патрона полягає в універсальності а саме, те що цанговий патрон може закріплювати будь який інструмент з циліндричним хвостовиком.



Рисунок 1.11 – Фото закріпленої фрези



Рисунок 1.12 – Фото закріпленої центрівки

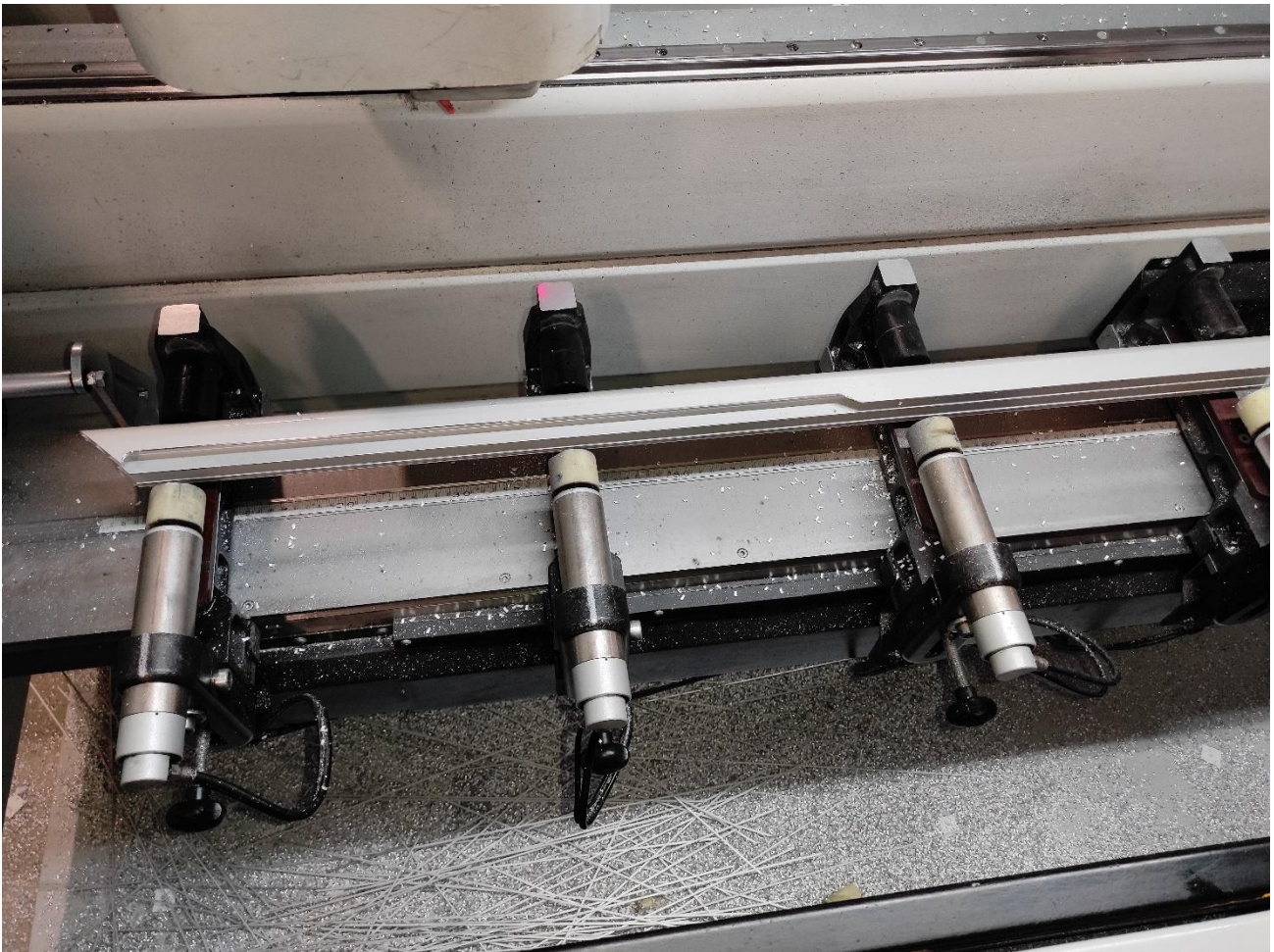


Рисунок 1.13 – Фото виробу після обробки

Часи поопераційного виконання:

- перший етап, фрезерування пазу – 23 с. ;
- проміжна зміна інструменту – 22 с. ;
- зняття фаски – 17 с. ;
- решта часу припадає на інші дії оператора, такі як вимірювання, корегування програми, перевірка положення упорів та лещат. ;
- загальний час оброблення профіля - 2 хв. .

1.2 Шляхи вирішення проблеми

Головним фактором, який негативно впливає на якість поверхні при першій операції на мою думку є не жорсткість фіксації заготовки і верстату як такого. Підтверджується це вищесказане резонансними явищами, які мінімізуються при використанні менш агресивних режимів обробки та зміни напрямку подачі.

Загалом, при суттєвому зменшенні подачі на зуб досягається прийнятна якість поверхні, але надзвичайно сильно програємо в часові виконання операції, майже в два рази. Робочі оберти шпинделя становлять 12000 об/хв. Варіювати їх можна програмно, але не нижче ніж 1500 обертів тому, що суттєво падає момент, це слід враховувати.

Переваги такого шляху вирішення, а саме зменшенням режимів різання, те що не потребує додаткових зусиль та затрат. Недоліком можна віднести - час, який негативно впливає на продуктивність обробки, що є результатом зменшення прибутку підприємства.

Одним із шляхів вирішення проблеми, можна віднести проектування комбінованого або модернізація стандартного різального інструменту, що дозволить об'єднати дві операції та працювати інструменту в агресивних режимах обробки.

До переваг даного шляху вирішення можна віднести, це зменшення часу на обробку деталі, так як не буде відбуватись заміни інструменту, що дозволить збільшити продуктивність обробки приблизно на 30 сек., що вважається економічним виграшем для підприємства. Недоліком можна віднести це собівартість такого інструмента та час на його виготовлення, але цей недолік не є суттєвим, так як він окупається за рахунок продуктивного процесу обробки та виготовленням або закупівлі партій інструмента - серійно.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка комбінованого інструменту

Необхідно розробити конструкцію фрези комбінованої для обробки паза, що дозволить виконувати дві операції одночасно: прорізання паза на задану глибину та зняття фаски на кут 45° .

Головні параметри фрези, які необхідно враховувати при розробці:

- напрямок зубів;
- конструкцію зубів;
- матеріал зубів;
- кількість та розмір зубів. [8]

Кількість та розмір зубів (Для чорнового фрезерування - фрези з великим окружним кроком та малою кількістю великих зубів. Для чистового фрезерування та фрезерування крихких матеріалів - фрези з малим окружним кроком та великою кількістю дрібних зубів). [8]

Конструкцію фрез:

- цілісні, складові (з припаяними різальними елементами) ;
- збірні (з механічним кріпленням змінних багатогранних пластин, що не переточуються) . [8]

Спосіб встановлення на шпинделі верстата:

- насадні (з отвором);
- кінцеві (з хвостовиком) . [8]

Кінцеві фрези є інструментами із широкими технологічними можливостями. Їх використовують для обробки глибоких пазів, уступів, взаємно перпендикулярних площин для виконання контурної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь складного профілю. Кінцеві фрези також є основними інструментами, що застосовуються на верстатах з ЧПК. [8]

Конструкція. Незважаючи на те, що інженери-конструктори пропонують сотні різних типів та різновидів фрез, всі вони мають низку загальних елементів, які будуть розглянуті в цьому розділі.

Різальна кромки. Фреза може мати одну, дві або більше різальних кромок. Фрези з єдиною різальною кромкою використовуються у випадках, коли потрібна висока продуктивність, стосовно якої чистота поверхні займає другорядне значення. Більшість фрез має дві різальні кромки і більше, що забезпечує свого роду баланс між якістю різку і продуктивністю. [8]

Для забезпечення можливості занурення фрези в матеріал у довільному місці заготовки, фреза повинна мати кінцеві різальні кромки. Різальні ромки фрези можуть бути виконані з швидкорізальної сталі (приклад P6M5 або HSS) або твердого сплаву (приклад BK8 або TCT). Останні, як правило, коштують дещо дорожче. [8]

Хвостовик. Хвостовик фрези характеризується діаметром та довжиною. Вочевидь, що діаметр хвостовика має відповідати діаметру цанги фрезера. Фрезери, що продаються на території України, як правило, мають у комплекті цанги діаметром 8 і 12 мм або тільки 8 мм (характерно для моделей невеликої потужності). Цанги зазначених розмірів є стандартом у країнах Європи. [8]

Інструменти, що призначені для американського ринку, розраховані на використання фрез із хвостовиками дюймових розмірностей $\frac{1}{4}$ " (6,35 мм) та $\frac{1}{2}$ " (12,7 мм). Втім, багато виробників, як європейські, так і американські, пропонують до своїх фрезерів додаткові цанги дюймової або, навпаки, метричної розмірності. [8]

Також хвостовик може бути конічним, як називають Конус Морзе. Під нього є конічний отвір відповідного розміру (гніздо) у шпинделі або задній бабці верстата. Призначений для швидкої зміни інструменту з високою точністю центрування та надійністю. [8]

Під час розробки нових конструкцій фрез виконують такі основні вимоги. Число зубів повинно бути допустимо найбільшим, оскільки від цього пропорційно залежить хвилинна подача, що вплине на продуктивність обробки. [8]

Разом з тим зуби повинні бути досить міцними, а відстань між ними, форма і шорсткість поверхні стружкових канавок повинні забезпечувати надійне розміщення та відведення стружки (останнє особливо важливо для кінцевих фрез, що обробляють пази). У деяких випадках, наприклад, при утворенні суцільної зливної стружки, у кінцевих фрез передню поверхню зубів роблять ступінчастою для дроблення стружки. [8]

2.2 Конструкція різальної частини комбінованого інструменту

Відповідно до класичної теорії, огинаюча вихідної інструментальної поверхні (ВІП) – є огинаюча поверхні деталі при її русі, щодо нерухомого інструменту. Тому вихідними даними щодо (ВІП) є задана поверхня деталі і схема формоутворення. [8]

Оскільки різальний інструмент призначений, з одного боку, для зрізання припуску, а з іншого – для надання поверхні, що обробляється необхідної форми, то на стадії проектування стружкової канавки необхідно, щоб її форма відповідала функціональному призначенню інструменту. [8]

Висока працездатність інструменту можлива при виконанні наступних умов:

- створення оптимальних умов зрізання припуску забезпечується раціональними кутами різання по всій довжині кромки;
- достатня міцність зуба гарантується формою спинки та глибиною канавки h ; бажано забезпечення сталості ширини зуба f . [8]

Крім того, доцільно використовувати не прямі, а гвинтові зуби, оскільки вони мають більш високі експлуатаційні показники, що дозволяють підвищити продуктивність обробки та стійкість інструменту, поліпшити якість поверхні, що обробляється, а також знизити динамічні навантаження на верстат, що важливо в умовах гнучких виробничих систем (ГВС). [8]

Однак гвинтові зубці фасонних інструментів відрізняються складністю виготовлення та збільшеними похибками. Тому, що параметри поверхонь, формують гвинтовий зуб на складних (ВП) зумовлюють зміни профілю оброблювального інструменту. Тому для таких поверхонь визначення сполученого інструментального профілю є оптимізаційною задачею, вирішення якої залежить від точного знаходження профілю обробного інструменту та точного вибору формоутворювальних рухів. [8]

Використання фасонних інструментів з криволінійною твірною для обробки лінійчатих поверхонь вимагає встановлення раціональних значень параметрів твірної (ВП). Розширення технологічних можливостей інструменту може бути досягнуто шляхом використання як утворює (ВП) інструменту фасонної фрези кривої з наперед заданим законом зміни її кривизни, який призначається відповідно до діапазону зміни головних нормальних кривизни формотворчого відсіку складної поверхні деталі. [8]

Як утворюючу або її відсіків можуть використовуватися різні криві другого порядку (парабола, гіпербола, еліпс, коло тощо), трансцендентні криві (логарифмічна спіраль, спіраль Архімеда і т.д.), тобто. майже всі криві, що не перетинаються. [8]

Визначення гвинтової лінії перетину передньої поверхні та фасонної утворюючої інструменту. На кут - 30 градусів. [8]

Стружкова гвинтова поверхня повинна забезпечувати:

- оптимальні умови зрізання припуску, що досягається раціональними кутами різання протягом усієї різальної кромки;
- достатню міцність різального зуба, яка досягається формою зуба та збільшенням глибини канавки при зростанні діаметра утворюючого інструменту, щоб забезпечити вільне розміщення стружки;
- сталість стрічки протягом усього різального зуба. [8]

Таким чином, отримана модель гвинтової стружкової канавки фасонного інструменту забезпечує: сталість ширини зуба вздовж різальної кромки; сталість переднього кута; сталість кутів спинки зуба в торцевих перерізах і збільшення глибини канавки під час руху вздовж осі інструменту. [8]

Геометричні параметри. Геометричними параметрами є кути, під якими поверхні і різальні кромки фрези розташовані у просторі. Від геометричних параметрів зуба багато в чому залежить зносостійкість та працездатність фрези. Якщо їх обрати правильно, тоді це дозволить фрезі працювати продуктивно, спокійно та без необхідності у частих переточувань. [8]

Розрізняють оброблювану поверхню, поверхню різання та оброблену. Фреза зрізає стружку поверхні, що обробляється, утворюючи оброблену поверхню. Шар матеріалу, що зрізається, сходиться у вигляді стружки по передній поверхні зуба фрези. У процесі різання утворюється поверхня різання, до якої звернена головна задня поверхня зуба. Головні різальні кромки утворюються перетином передньої та головної задньої поверхні. За такої конструкції робота різання розподіляється між двома різальними кромками, що сприятливо позначається на стійкості фрези. Місце перетину різальних кромок є вершиною зуба фрези. [8]

Взаємне розташування поверхонь зуба та їх положення по відношенню до поверхонь заготовки визначають кути зуба фрези, які вимірюються в різних площинах. Площина різання є дотичною стосовно поверхні різання; основна площина паралельна напрямку руху подачі; січні площини проводяться перпендикулярно до проекцій різальних кромок на основну площину. [8]

Передній кут вимірюється між передньою поверхнею зуба і площиною, перпендикулярною до площини різання. Цей кут може бути позитивним або негативним, його величина вибирається в залежності від оброблюваного та інструментального матеріалів, конструкції фрези. [8]

Головний задній кут вимірюється між головною задньою поверхнею та площиною різання і вибирається в межах 6-20 °. Якщо фреза має дві робочі ріжучі кромки, то для допоміжної проводиться допоміжна січна площина і в цій площині вимірюють допоміжні передній та задній кути.

Кути у плані вимірюються в основній площині. Кут між проекцією на основну площину головної ріжучої кромки та напрямом подачі s називається головним кутом у плані ϕ . Кут між проекцією на ту ж площину допоміжної ріжучої кромки та напрямком, зворотному подачі, називається допоміжним кутом у плані. Між проекціями на основну площину головної та допоміжної ріжучих кромок знаходиться кут при вершині.

Кут нахилу головної ріжучої кромки вимірюється в площині різання як кут між головною ріжучою кромкою і лінією, проведеної через вершину зуба паралельно основній площині. Кут може бути позитивним, рівним нулю або від'ємним. У циліндричних, кінцевих і дискових фрез кут дорівнює куту нахилу гвинтового зуба. Від величини залежить міцність і стійкість зуба фрези.

За формою ріжучих зубів фрези поділяють на дві групи;

- 1) із гостроточеними зубами для звичайних і важких робіт, у таких фрез передня та задня поверхні – площини; до цієї групи фрез відносяться, наприклад, циліндричні, торцеві, дискові;
- 2) із затильованими зубами, у яких передня поверхня плоска, а задня має форму архімедової спіралі. Фрези другої групи забезпечують при переточках передньої поверхні сталість профілю ріжучої кромки в радіальному перерізі. Тому ця форма зубів застосовується для фасонних фрез.

Виходячи з аналітичного розділу та розмірів наданих у кресленику деталі Додатку В. Мета подальшого проектування інструменту, було прийнято використати такі параметри інструмента, що дозволять збільшити стійкість такого інструмента, продуктивність обробки та її якість, з мінімальними витратами на собівартості виготовлення такого інструмента, та можливості поновлення його працездатності.

Конструкція та геометричні параметри інструменту:

- діаметр робочої частина для фрезування пазу – $d_1 = 6$ мм. ;
- довжина робочої для фрезування пазу – $l_1 = 3,5$ мм. ;
- діаметр робочої частини для фрезерування фаски 45° – $d_2 = 10$ мм. ;
- довжина робочої частини для фрезерування фаски 45° – $l_2 = 2$ мм. ;
- діаметр додаткової робочої частини – $d_3 = 12$ мм. ;
- довжина додаткової робочої частини – $l_3 = 3,5$ мм. ;
- діаметр шийки – $d_{ш} = 11,4$ мм. ;
- довжина шийки – $l_{ш} = 17$ мм. ;
- діаметр хвостовика – $d_{хв} = 12$ мм. ;
- довжина хвостовика – $l_{хв} = 48$ мм. ;
- кількість зубів – $z = 4$;
- передній кут – $\gamma = 0^\circ$;
- задній кут – $\alpha = 14^\circ$;
- стружкова канавка – пряма ;
- матеріал виготовлення фрези – ВК10-ХОМ ГОСТ 3882-74 .

2.3 Розробка тривимірної моделі комбінованого інструмента

Розробка тривимірної моделі комбінованого інструмента, згідно з технічним завданням виконується в середовищі SolidWorks.

Для початку побудуємо необхідні додаткові площини 1,2 та 3 відносно передньої площини:

- площина 1 на відстані 2 мм. ;
- площина 2 на відстані 3,75 мм. ;
- площина 3 на відстані 5,45 мм.

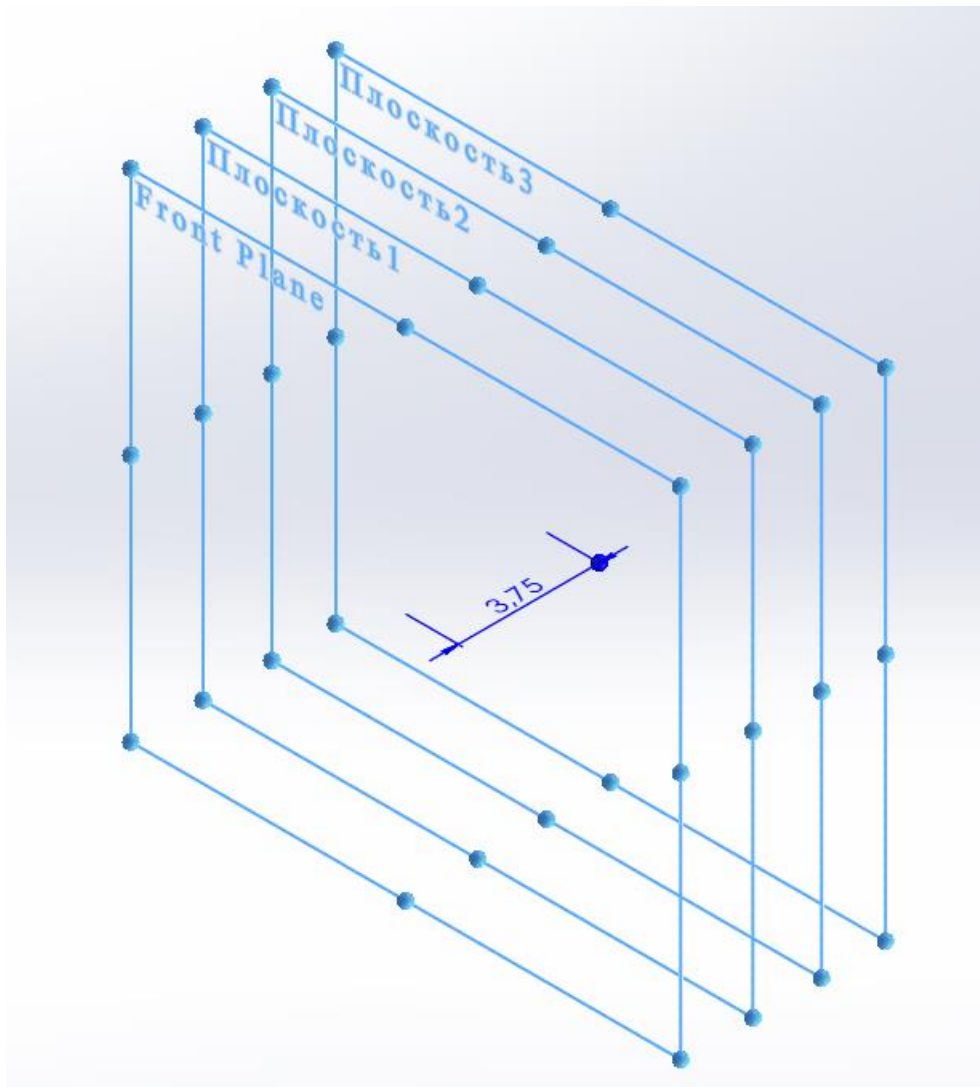


Рисунок 2.1 – Побудова необхідних площин

Наступним кроком створюємо ескізи на створених площинах.

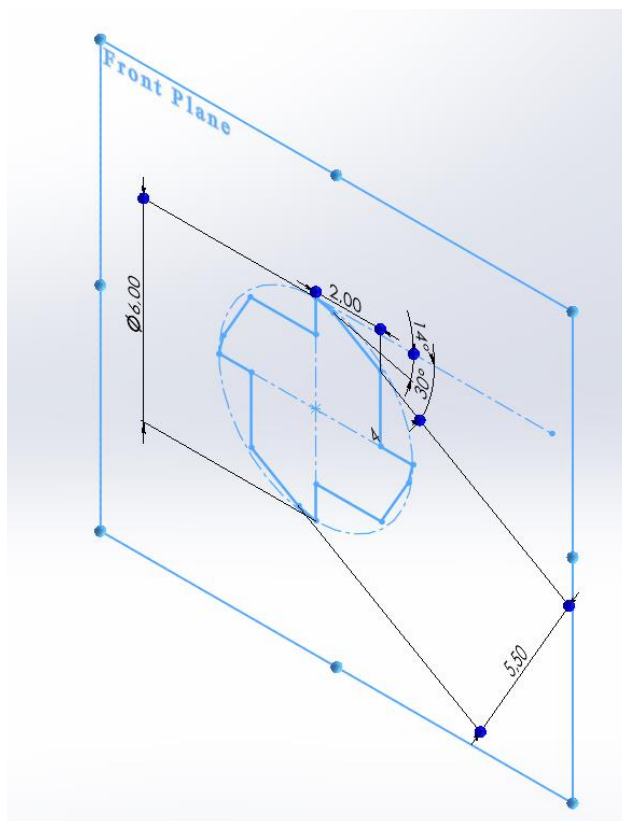


Рисунок 2.2 – Побудова ескізу на передній площині

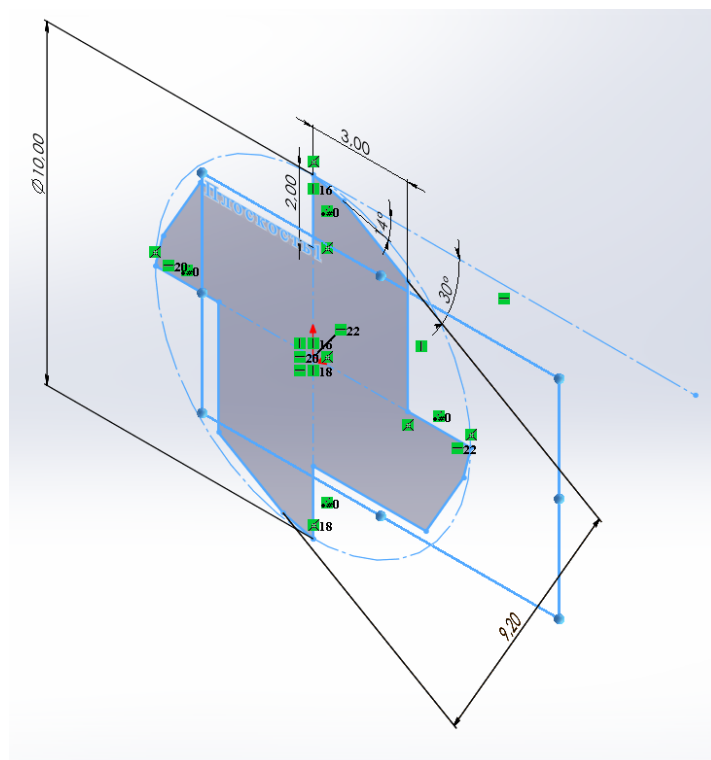


Рисунок 2.3 – Побудова ескізу на площині 1

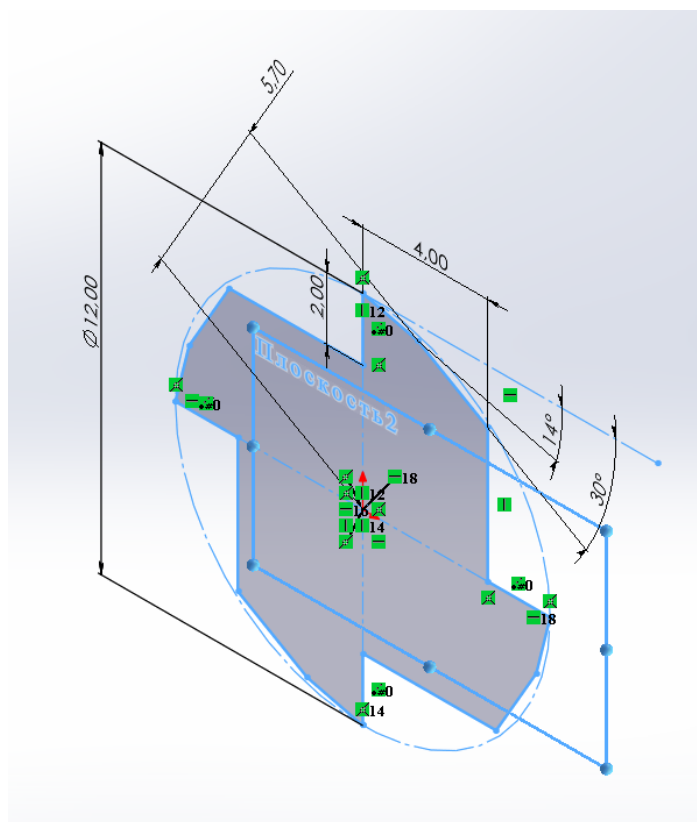


Рисунок 2.4 – Побудова ескізу на площині 2

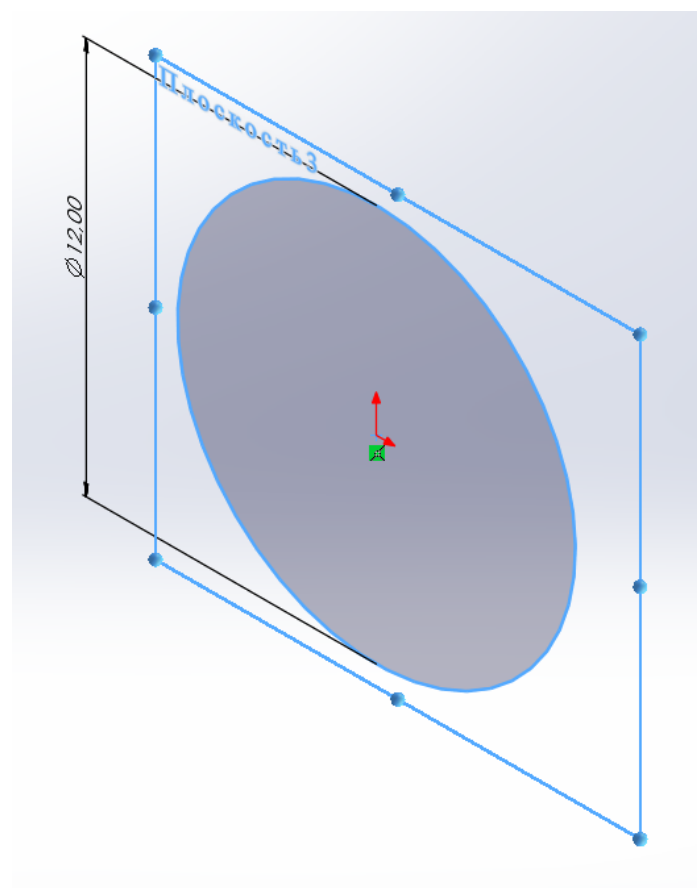


Рисунок 2.5 – Побудова ескізу на площині 3

Після побудови необхідних ескізів виконуємо операції.

Спочатку витягуємо на відстань 3,5 мм. ескіз з передньої площини.

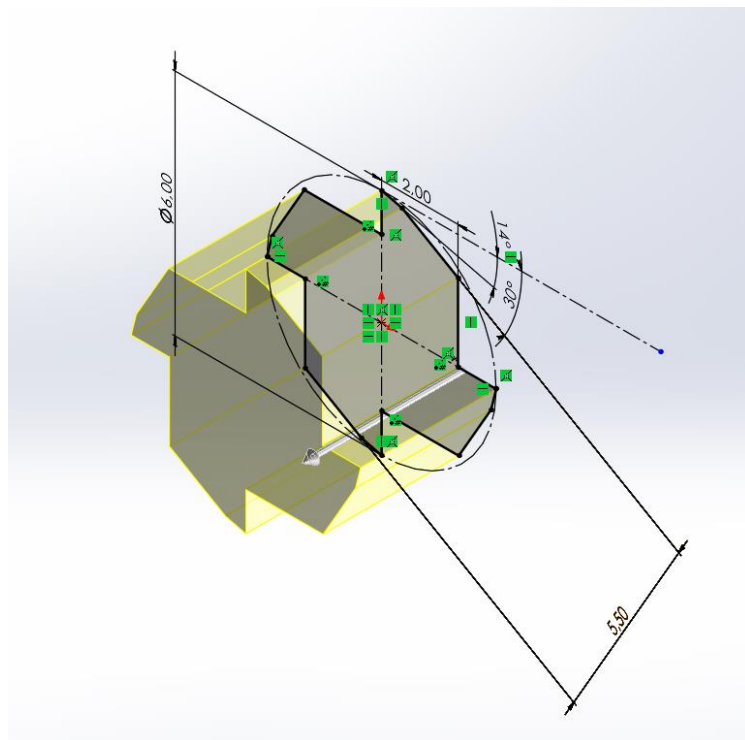


Рисунок 2.6 – Операція «Витягнута Бобишка 1»

Далі сполучаємо ескіз на передній площині з ескізом на площині 1 .

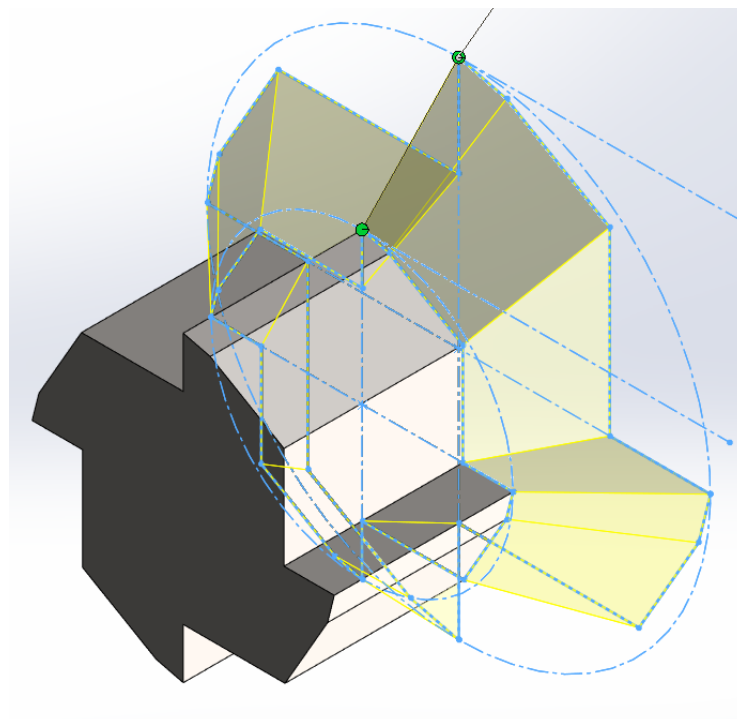


Рисунок 2.7 – Операція «Бобишка по перерізам 1»

Повторюємо попередню операцію, але сполучаємо ескіз на площині 1 та ескізом на площині 2.

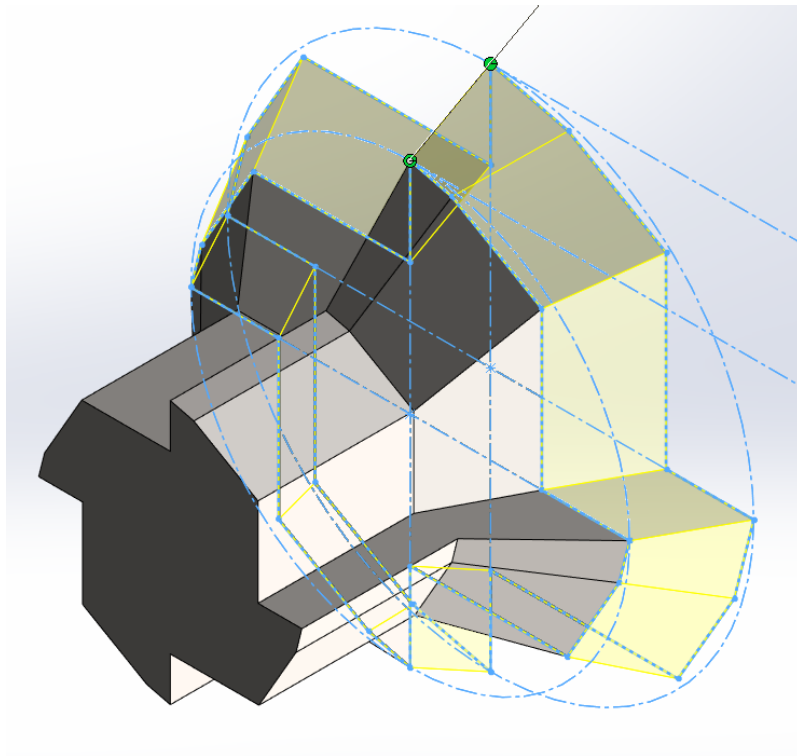


Рисунок 2.8 – Операція «Бобишка по перерізам 2»

Повторюємо витягування, але з ескізу на площині 2 на відстань 1,2 мм.

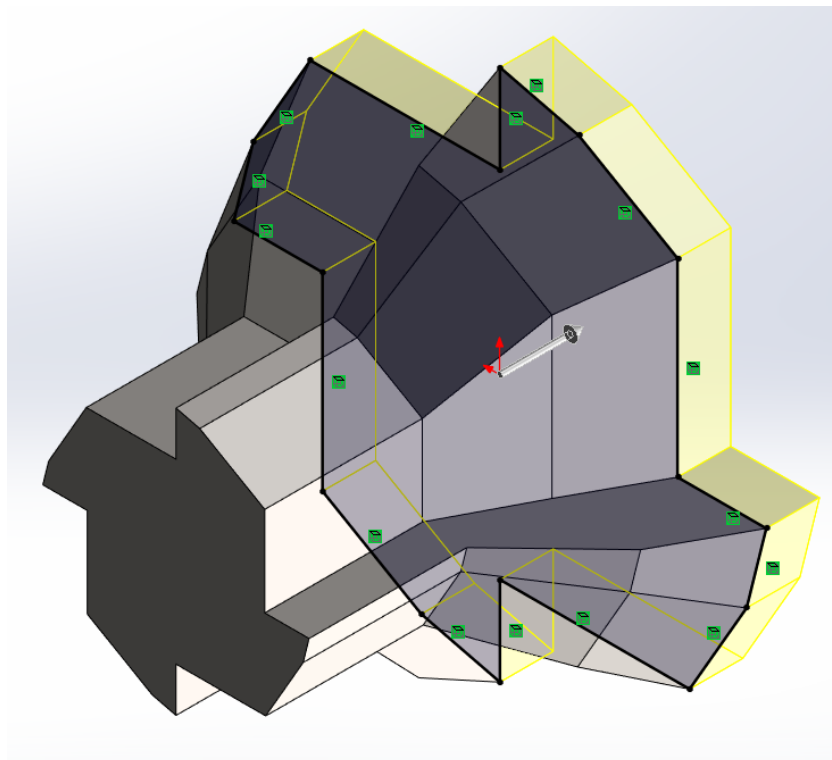


Рисунок 2.9 – Операція «Витягнута Бобишка 2»

Сполучаємо вихідний ескіз та ескізом на площині 3.

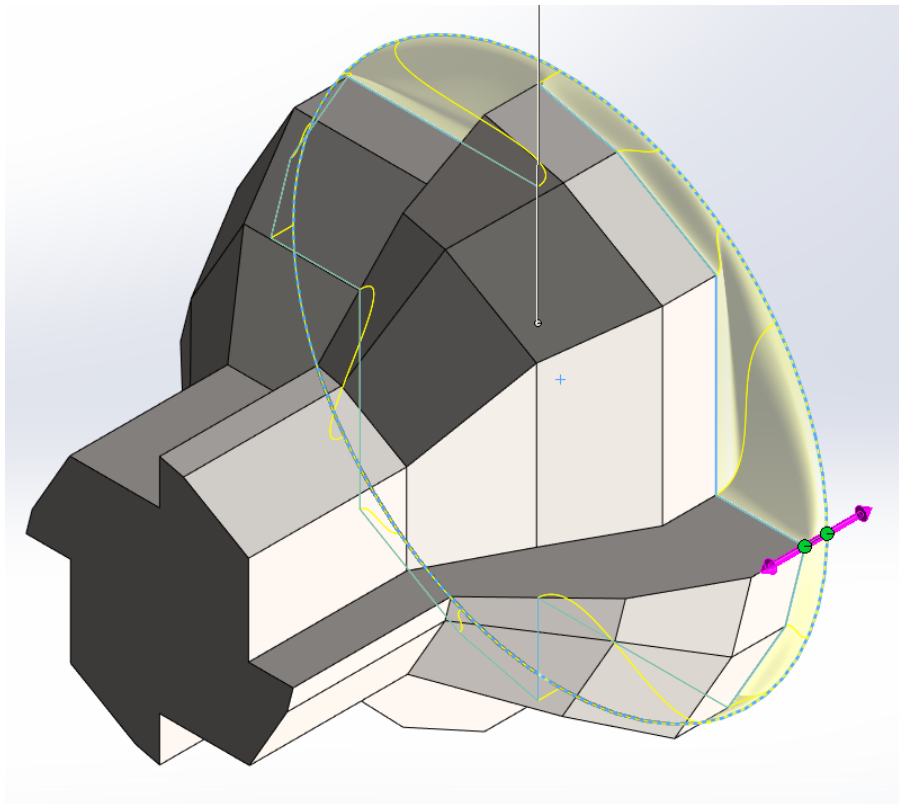


Рисунок 2.10 – Операція «Бобишка по перерізам 2»

На правій площині створюємо новий ескіз.

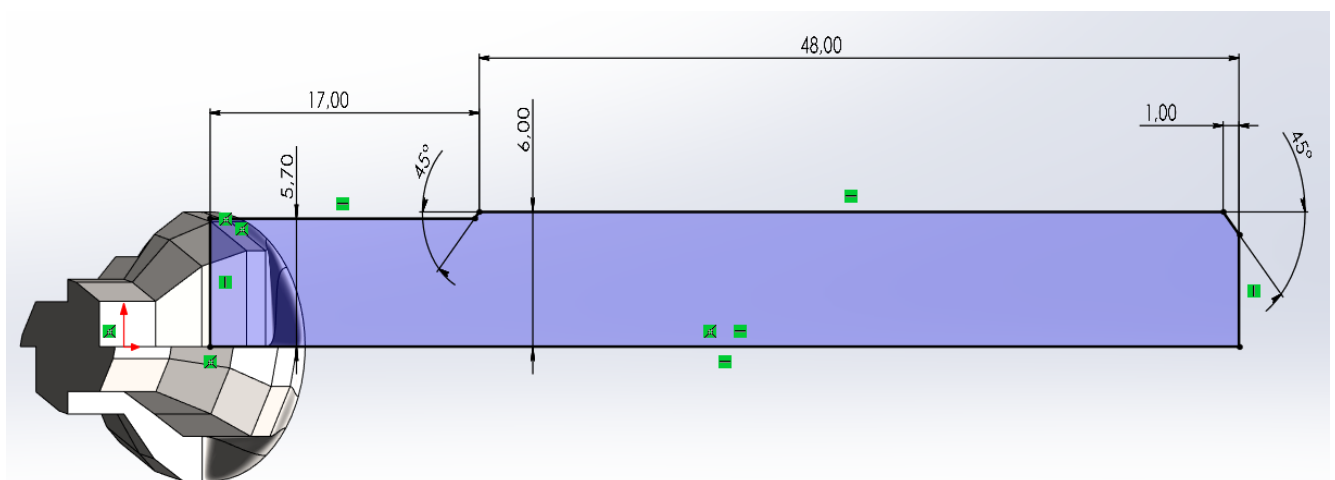


Рисунок 2.11 – Побудова ескізу на правій площині

Виконаємо поворот бобишки на 360 градусів .

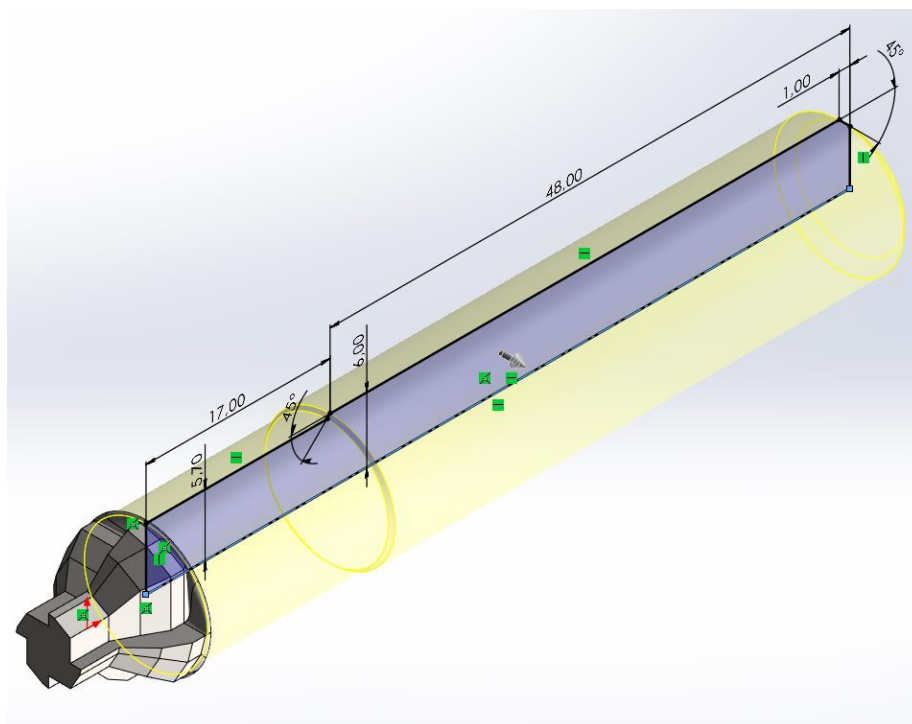


Рисунок 2.12 – Операція «Повернута бобишка 1»

На передній площині створюємо новий ескіз профіля.

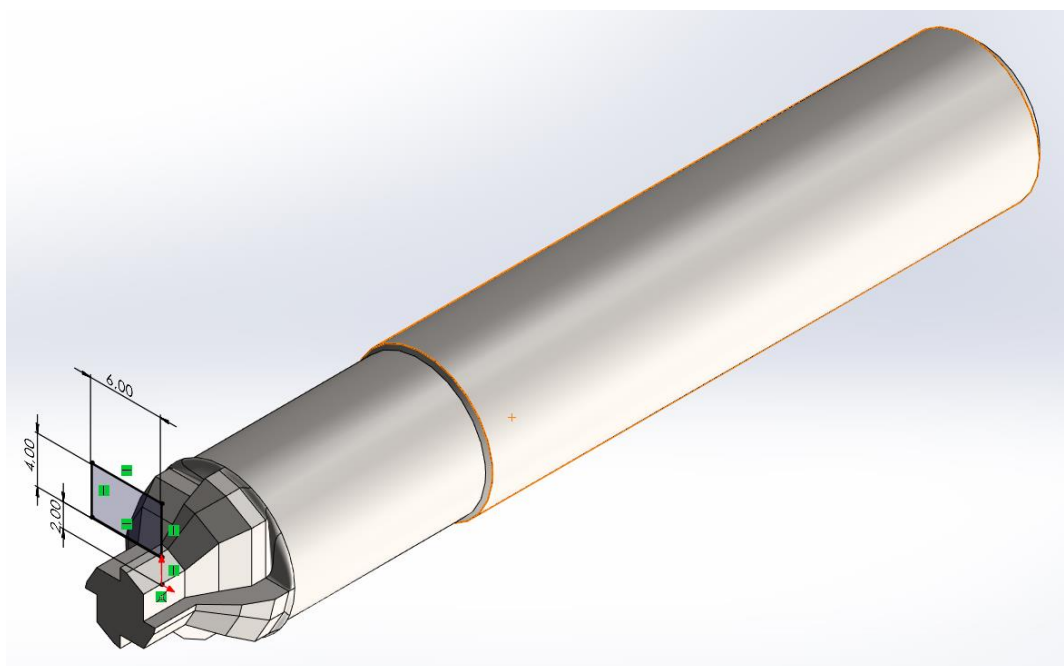


Рисунок 2.13 – Побудова ескізу профіля на передній площині

На правій площині створюємо новий ескіз траекторії.

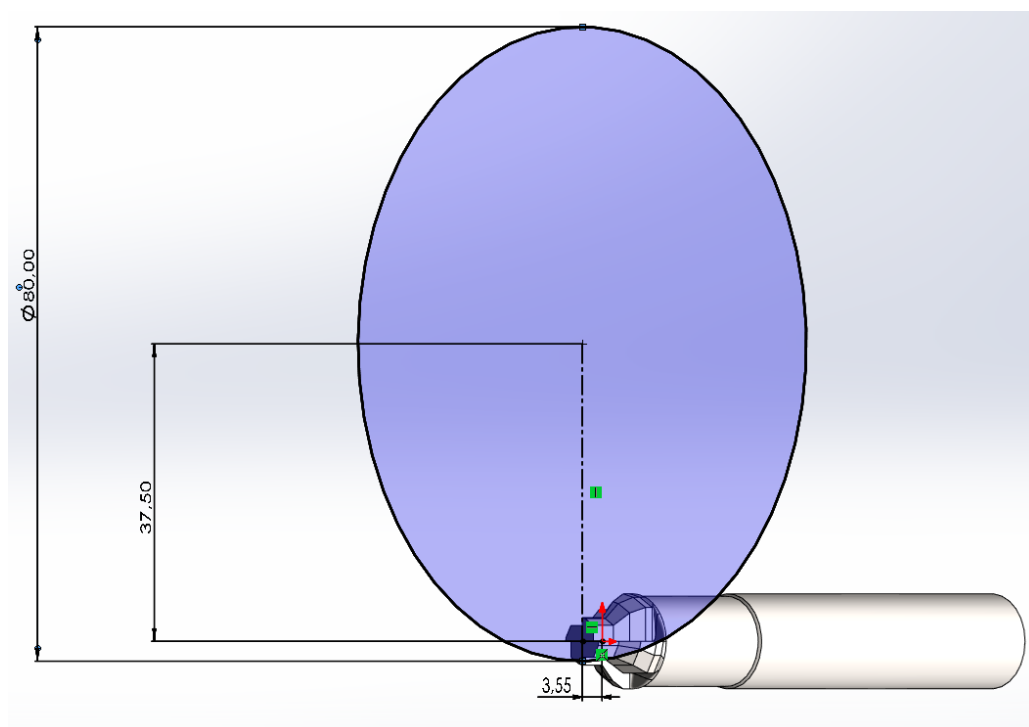


Рисунок 2.14 – Побудова ескизу напрямку на правій площині

Виконаємо виріз по траекторії .

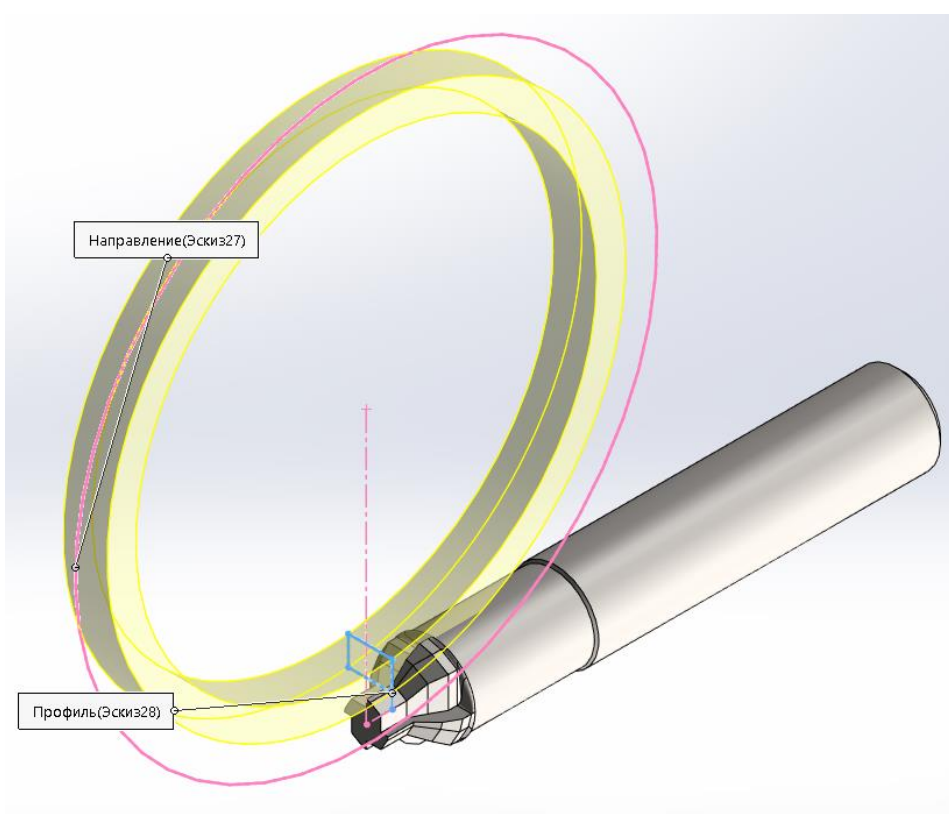


Рисунок 2.15 – Операція «Виріз по траекторії 1 »

Виконаємо круговий масив, попередньої операції .

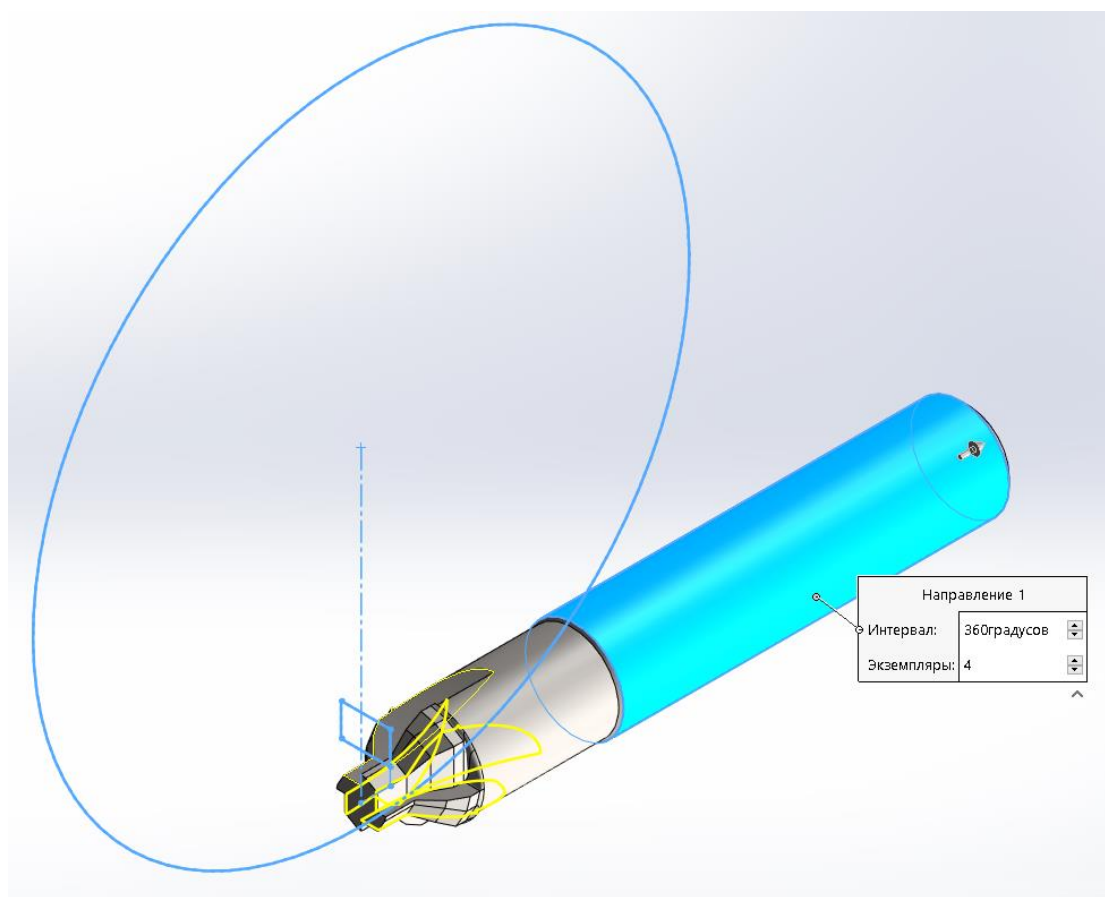


Рисунок 2.16 – Операція «Круговий масив 1»

Виконаємо заокруглення .

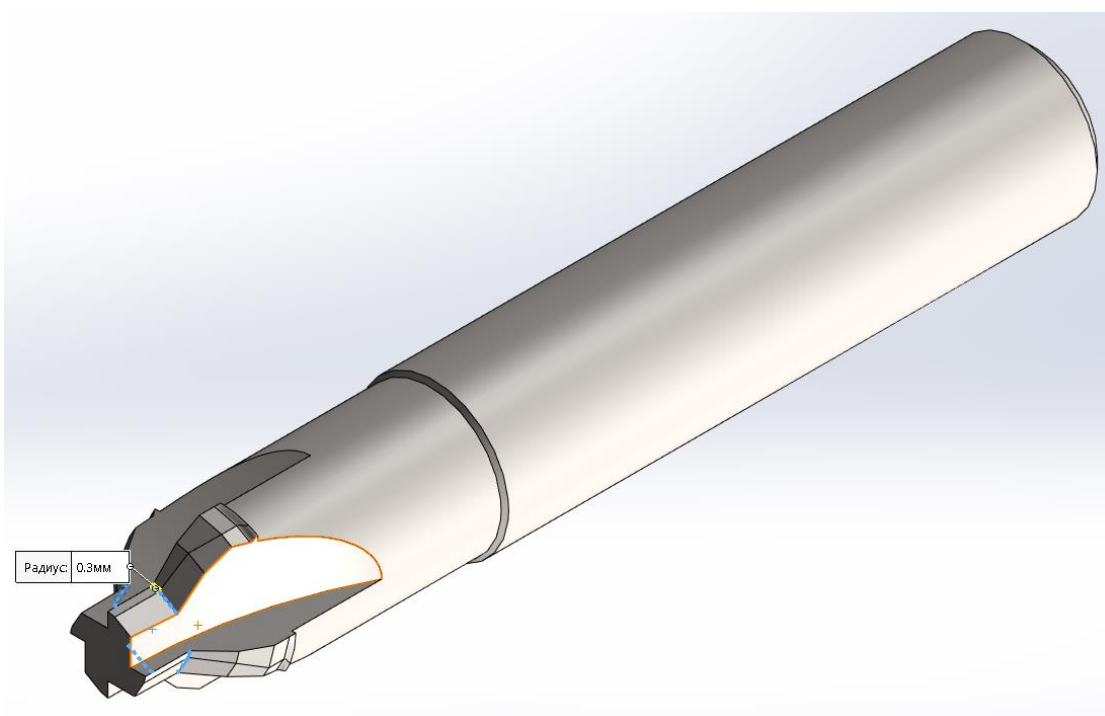


Рисунок 2.17 – Операція «Заокруглення 1»

Результати розробки тривимірної моделі:

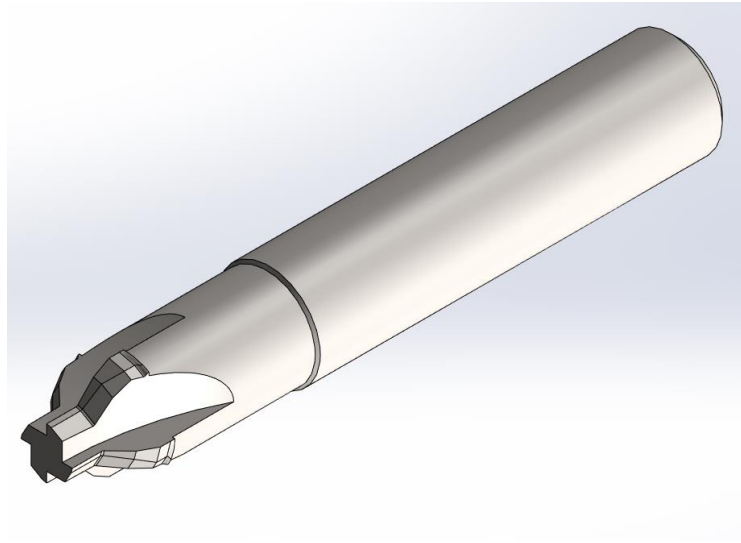


Рисунок 2.18 – 3D модель фрези комбінованої

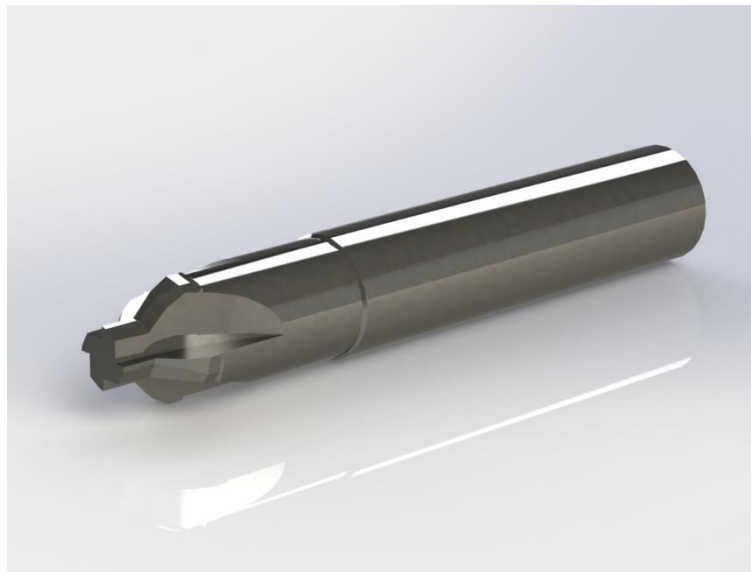


Рисунок 2.19 – 3D модель фрези комбінованої після рендерингу

Кресленик фрези комбінованої наведено в Додатку В.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

При розробці технологічного процесу на виготовлення комбінованого інструменту, важливо розуміти, про економічну ефективність та наявність технологічного забезпечення для виготовлення такого інструменту. Виходячи з цього, розробимо технологію лише на утворення необхідної різальної частини комбінованого інструмента, це дозволить використовувати таку технологію на уже наявний інструмент, що подібний.

3.1 Технологія утворення різальної частини

Заточування. Зі збільшенням заднього кута зменшується тертя інструменту об оброблюваний метал і водночас зменшується і кут загострення; тому великі задні кути доцільно використовувати при чистовому фрезеруванні, коли опір металу різання невеликий. Всі кути інструменту в головній січній площині тісно пов'язані між собою та впливають один на одного. Це потрібно враховувати при виборі значень кутів заточування фрез. Є ще один важливий елемент геометрії у головній січній площині. Тільки на спрощених схемах різання інструмент зображують як гострого клина. [8]

Насправді різальна кромка навіть при ретельному заточенні має деяке заокруглення радіусом. При значному радіусі округлення (30-40 мкм і більше) інструмент важко зрізає тонкі стружки - він не стільки ріже, скільки зішкрібає з заготовлі тонкий шар металу, тому при чистовій обробці важливо не тільки ретельно заточувати інструмент, але і доводити по одній або двох поверхнях різального клина для зменшення радіусу. Якщо менше кут, то легше отримати маленький радіус округлення. [8]

Якщо інструмент має дві робочі різальні кромки, то для допоміжної різальної кромки проводять допоміжну січну площину і в цій площині вимірюють допоміжні передній і задній кут. Найгостріший інструмент має мінімально можливий кут заточування. Однак при цьому знижується міцність інструменту. [8]

Як тільки різальна кромка у інструменту зносилась, пляма контакту стає більшою, різко збільшується температура в робочій зоні, знос інструменту відбувається ще швидше, температура підвищується ще більше. На практиці, при обробці різних матеріалів (при фрезеруванні дерева, навіть твердих порід, пластику) намагаються, по можливості, правильно підібрати кути заточування кінцевої фрези. У кінцевих фрез заточують бічні та торцеві різальні кромки. Бічні різальні кромки заточують з боку передньої збереженням сталості величини переднього кута. Торцеві різальні кромки заточують з боку задньої грані. [8]

Вибір обладнання. При виборі типу і моделі металорізальних верстатів будемо керуватися такими правилами:

- 1) Продуктивність, точність, габарити, потужність верстата повинні бути мінімальними достатніми для того, щоб забезпечити виконання вимог, пред'явлених до операції.
- 2) Верстат повинен забезпечити максимальну концентрацію переходів на операції з метою зменшення кількості операцій, кількості обладнання, підвищення продуктивності та точності за рахунок зменшення кількості перестановок заготівлі.
- 3) Обладнання має відповідати вимогам безпеки, ергономіки та екології. [8]

Якщо цим вимогам задовольняє кілька моделей верстатів, то для остаточного вибору проводитимемо порівняльний економічний аналіз. Вибір обладнання проводимо у наступній послідовності:

- 1) Виходячи з форми оброблюваної поверхні та методу обробки, вибираємо групу верстатів.
- 2) Виходячи із положення оброблюваної поверхні, вибираємо тип верстата.
- 3) Виходячи з габаритних розмірів заготовки, розмірів оброблених поверхонь та точності обробки вибираємо типорозмір (модель) верстата. [8]

В якості обладнання буде використовуватись універсально-заточувальний верстат моделі 3В642, що призначений для заточування основних видів різального інструменту.

За допомогою спеціальних пристроїв на верстаті 3В642 можна проводити кругле, зовнішнє, внутрішнє та плоске шліфування. Заточування та шліфування проводиться при ручному переміщенні інструменту зі столом.

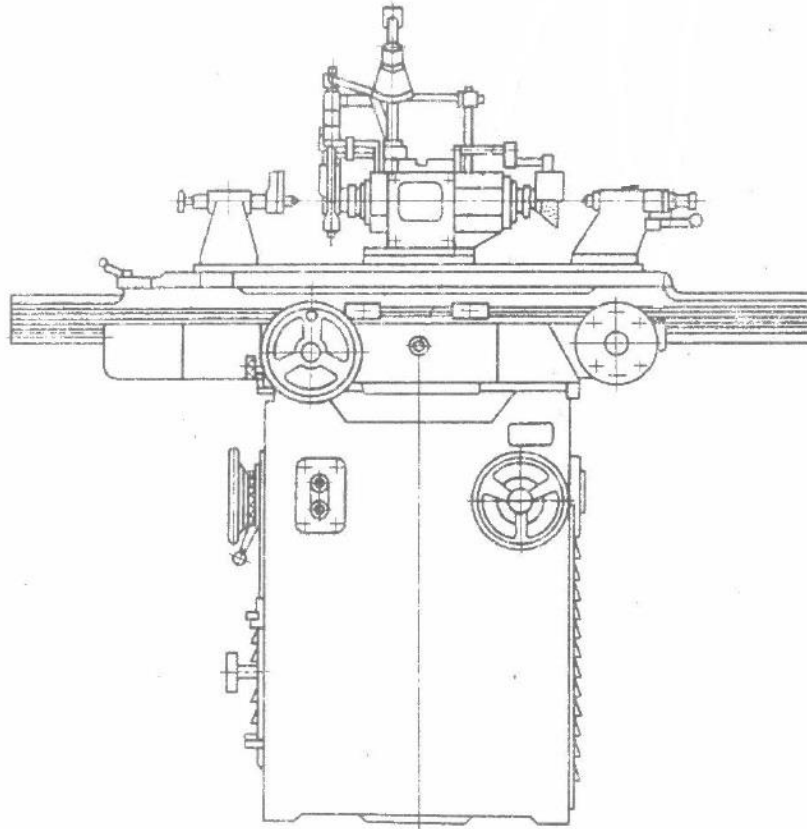


Рисунок 3.1 – Верстат 3В642 [9]

Таблиця 3.1 Технічні характеристики 3В642 [5]

Найбільший діаметр виробу, що встановлюється, мм	250
Найбільша довжина виробу, що встановлюється у бабках, мм	630
Висота центрів, мм	125
Відстань між центрами універсальної та задньої бабок, мм	550
Відстань між віссю шліфувальних кругів та лінією центрів, мм	у горизонтальній площині 70...800
	у вертикальній площині 65...165
Габарити, мм	2050x1820x1550
Вага верстата з комплектом пристроїв, кг	1285

Вибір матеріалу абразивного зерна. Застосування кругів, оснащених алмазо- або ельборовим шаром, дає можливість ефективно обробляти високотверді та важкообробні матеріали, а також підвищити якість обробки деталей. [10]

Алмазні круги застосовують для обробки твердих сплавів, кольорових металів, кераміки, скла, каміння, тому числі дорогоцінних та напівдорогоцінних, та інших твердих неметалевих матеріалів. Для виготовлення їх широко застосовують синтетичні алмази. Круги з природних алмазів в основному слід застосовувати для обробки скла, різних каменів та інших твердих неметалевих матеріалів. [10]

Ельборові круги призначені для обробки деталей із чавуну та сталі. Алмазні та ельборові шліфувальні круги виготовляють з урахуванням рекомендацій по ГОСТ 24747-81, який регламентує форму корпусу кола, форму перерізу робочого шару, розташування робочого шару на корпусі, а також різні модифікації корпусу, при чому доглядають на ньому додаткові гладкі і різьбові отвори під кріпильні гвинти. Круги малих діаметрів (алмазні до 13 мм, ельборові до 22 мм) виготовляють без корпусу, лише з робочого шару. [10]

Розміри алмазних кругів вибирають за ГОСТ 16167-80...ГОСТ 16180-82, круг з ельбору за ГОСТ 17123-79Е. При позначенні форми круга послідовно вказують форму корпусу круга, форму і розташування алмазоносного шару, модифікацію корпусу. Корпуси кругів зазвичай виготовляються металеві: алюмінієві АКб або сталеві круги на органічній зв'язці застосовують також корпуси з пластмаси АГ-4С та алюмінієбакеліту. У кругів на керамічній зв'язці корпусу також виготовляють кера-з нормального або білого електрокорунду, зв'язка та ж, що й у робочого шару. З'єднання робітника шару з корпусом кола виробляють різними методами. Робочий шар у кругів складається з алмазних або ельборових порошків та зв'язки. [10]

Вибір зв'язки. Круги на металевому зв'язуванні працюють тільки з МОР, інакше вони швидко засолоюються і перестають працювати. Внаслідок великої зносостійкості вони рекомендуються для попереднього шліфування та заточки з великими зніманнями. [10]

Круги на органічній зв'язці працюють з МОР і без неї та рекомендуються для чистового шліфування, чистового заточування і доведення різальних інструментів. Круги на керамічному зв'язуванні забезпечують одночасне заточування пластинки з твердого сплаву і державки, що не можна здійснити кругам на металевій або органічній зв'язці. Круги з ельбору на керамічній зв'язці виготовляють різної твердості і структури, що значно розширює їх область застосування. [10]

Вибір зернистості. Визначення кількості зерна, зв'язки та пір у колі виробляється так само, як і у абразивних кіл. З розрахованого обсягу зерна у робочому шарі 25 % складає ельбор, решта - абразивний порошок з електрокорунду нлі карбіду кремнію. [10]

Вибір концентрації. Однією з найважливіших характеристик алмазного та ельборового інструменту є концентрація різальних зерен в одиниці об'єму робочого шару. За 100% концентрацію приймають вміст 4,4 карата різальних зерен у 1 см³ робочого шару. Найбільше розповсюдження мають круги зі 100% концентрацією. Круги на органічній зв'язці для доведення робіт виготовляють також з 50% концентрацією. Круги на металевій та керамічній зв'язки для обробки фасонних деталей виготовляють 100, 150 і 200% концентрації. [10]

Приймаємо алмазний круг 12A2-45 63x21x6x3 AC6 100/80 B2-01 100%

Основні переходи виконання процесу формоутворення різальної поверхні для комбінованого інструмента:

- перехід №1 – формоутворення перших зубів з необхідним заднім кутом;
- перехід №2 – формоутворення кута 45° та других зубів з необхідним заднім кутом;



Рисунок 3.2 – Фото перехід №1



Рисунок 3.3 – Фото перехід №2

Контрольна. Ретельно оглядаються різальні кромки заточеного інструменту. Радіус заокруглення ріжучої кромки має бути не більше 5 мкм. Його перевіряють у порівнянні з еталоном (нова фреза) за допомогою виміральної лупи або мікроскопа. [8]

Контроль шорсткості заточених поверхонь здійснюється порівнянням з набором стандартів шорсткості. Параметр шорсткості R_a у сталевих лез не повинен перевищувати 0,63-0,32 мкм, у твердосплавних – 0,16-0,08 мкм. Діаметр фрез вимірюють штангенциркулем або мікрометром з точністю до 0,05 мм. . [8]

Радіальне і торцеве биття зубів і виступ зубців, що підрізають, над основними вимірюють індикатором при установці кінцевих фрез в цанговому патроні ділильної головки. Профіль різальної кромки контролюють шаблоном. Профіль шаблону, який відповідає профілю обробленої деталі з точністю до 0,01 мм, прикладають до різальної кромки по радіусу фрези. Зазор між контуром зубів та шаблоном не повинен перевищувати 0,1 мм. . [8]

Кутові параметри фрез можна контролювати за допомогою кутоміру та штангенрейсмусу. У потильованих фрез вимірюють тільки передній кут γ , у незатильованих - передній і задній кути. Відхилення величин кутів від номінальних після заточування має перевищувати $0,5^\circ$. [8]

3.2 Розробка керуючої програми

Розробка керуючої програми для оброблення пазів в алюмінієвих профілів, комбінованим інструментом, згідно з технічним завданням обробка виконується на обробному центрі з ЧПК FMC 120, що має свою САМ систему під назвою FOM CAM

Для початку необхідно додати новий комбінований інструмент в САМ систему. Інструмент в САМ системі описується набором простих фігур (приклад циліндр).

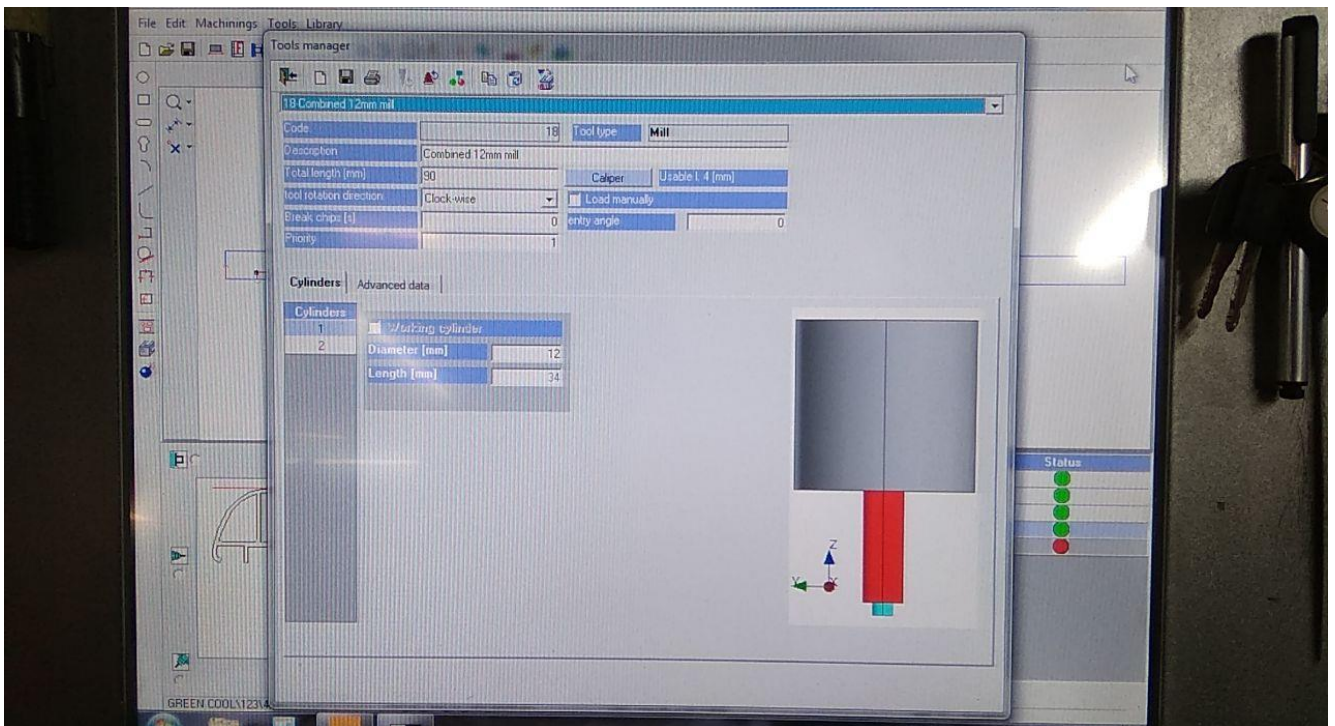


Рисунок 3.4 – Хвостовик комбінованої фрези

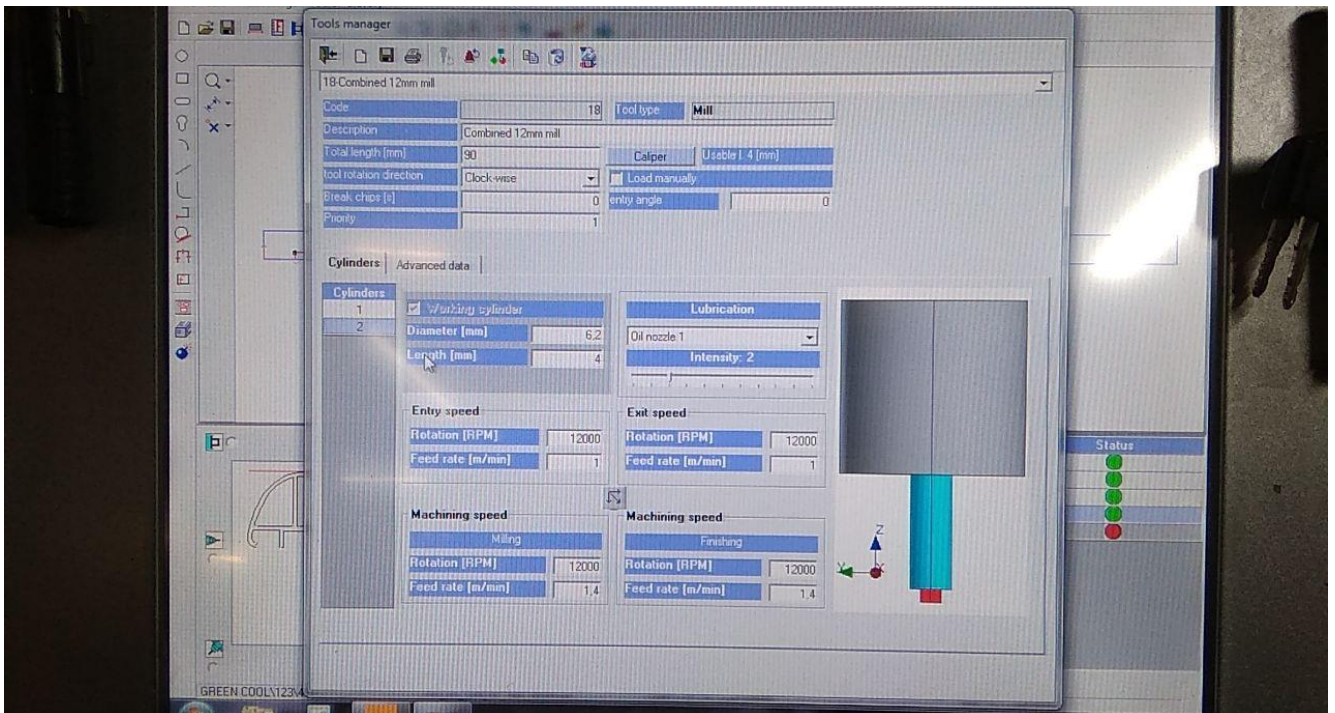


Рисунок 3.5 – Різальна частина фрези

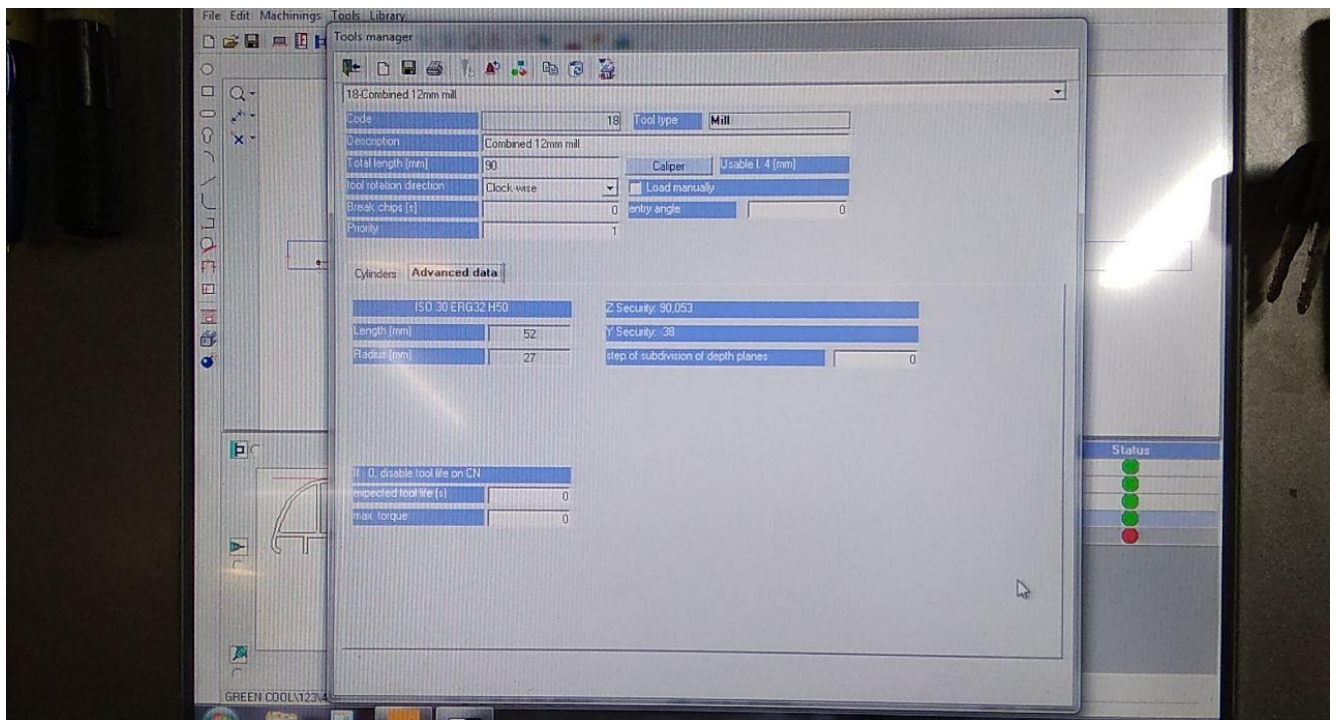


Рисунок 3.6 – Розширені дані про інструмент

Так як в інтегрованій системі уже є інформація про оброблювану деталь, створюємо циклограму руху інструменту.

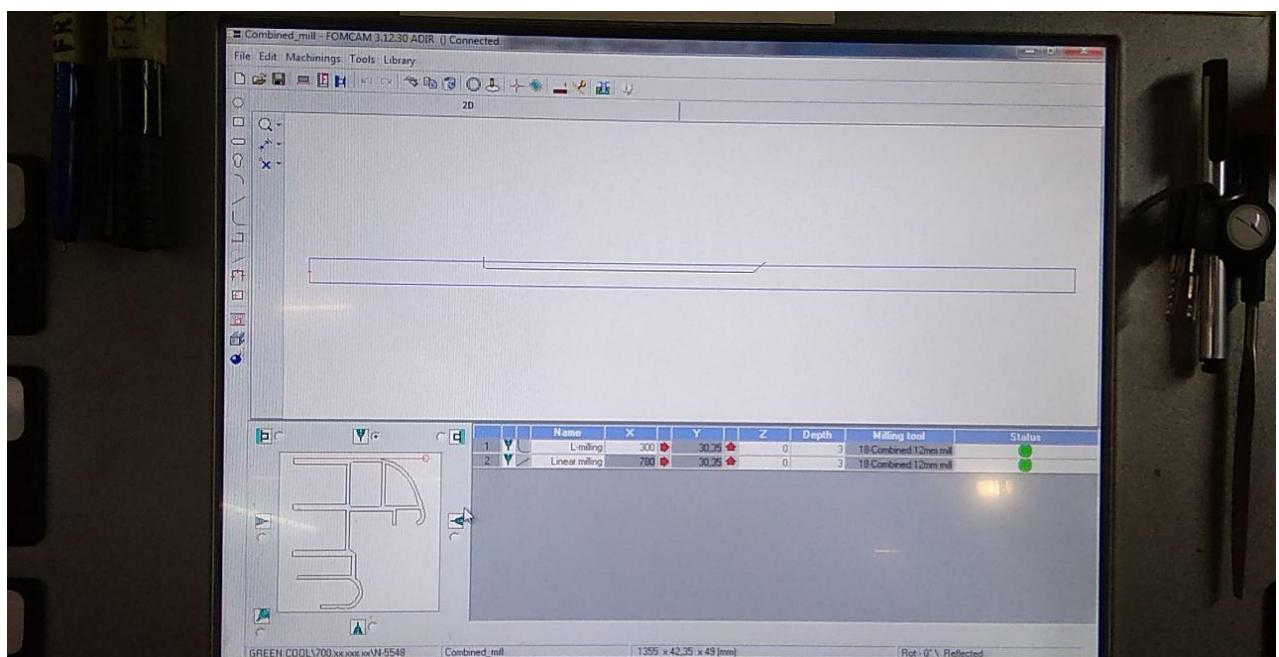


Рисунок 3.7 – Циклограма руху інструменту

Витяг із САМ системи, а саме керуючої програми наведено в Додатку Г

3.3 Порівняння керуючих програм

Часи поопераційного виконання:

- перший етап, фрезерування пазу – 23 с. ;
- проміжна зміна інструменту – 22 с. ;
- зняття фаски – 17 с. ;
- решта часу припадає на інші дії оператора, такі як вимірювання, корегування програми, перевірка положення упорів та лещат. ;
- загальний час оброблення профіля - 2 хв. .

Часи поопераційного виконання комбінованим інструментом:

- перший етап, фрезерування пазу – 23 с. ;
- зняття фаски – 17 с. ;
- решта часу припадає на інші дії оператора, такі як вимірювання, корегування програми, перевірка положення упорів та лещат. ;
- загальний час оброблення профіля – 1. хв 30 с. .

Результати порівнювались при однакових режимах різання, що дає змогу підтвердити те, що використання комбінованого інструменту дозволяє збільшити продуктивність обробки на 25% або 30 секунд, що є уже гарним показником виграшу у часі та позитивно зіграє роль у майбутньому для підприємства . Також можливе покращення цього результату шляхом збільшення режимів різання.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Поверхня деталі після обробки пазу

Виконаємо візуальний аналіз пазу після оброблення.



Рисунок 4.1 – Паз після оброблення фрезою

Низька візуальна точність отриманого пазу, поверхня з явними дефектами.



Рисунок 4.2 – Паз після оброблення фрезою комбінованою

Висока візуальна точність отриманого пазу, поверхня без явних дефектів.

4.2 Поверхня деталі після обробки фаски

Виконаємо візуальний аналіз фаски після оброблення.



Рисунок 4.3 – Фаска після оброблення центріркою

Низька візуальна точність отриманої фаски, поверхня з явними дефектами.



Рисунок 4.4 – Фаска після оброблення фрезою комбінованою

Висока візуальна точність отриманої фаски, поверхня без явних дефектів.

5 START-UP ПРОЄКТ

Створення Start-up проєкта, виконувалось за методичними рекомендаціями [9] .

5.1 Опис ідеї проєкту

Таблиця 5.1 – Опис ідеї start-up проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувачів
Основною ідеєю створення фрези комбінованої, полягає в тому, що дозволить покращити якість поверхні після оброблення та збільшить продуктивність оброблення.	Фрезерування пазу	Дана фреза дозволяє здійснювати оброблення пазу
	Оброблення фаски під кутом 45°	Дана фреза дозволяє здійснювати оброблення фасок під кутом 45°

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту та конкурентів

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні концепції конкурентів					
		Фреза комбінована			Фреза кінцева, центрівка, зенківка		
		S	N	W	S	N	W
1	Функціональність	-	+	-	-	-	+
2	Вартість	+	-	-	+	-	-
3	Експлуатаційність	+	-	-	-	-	+
4	Якість поверхні	+	-	-	-	-	+

5.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

Таблиця 5.3 – Технологічний аудит ідеї проєкту

№	Технологічна вимога	Технологія реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Виготовлення інструменту	Закупівля заготовок зі ВК-10ХОМ ГОСТ 3882-74	+	+
2	Наявність верстату	Закупівля верстату для шліфування	+	+
3	Наявність алмазних кругів для шліфування	Замовлення або виготовлення алмазних кругів	+	+
4	Використання ЗОТС	Закупівля ЗОТС у постачальника	+	+
5	Пристосування для заточування	Закупівля пристосування для заточування фрези	+	+

Представлені вимоги та їх технологічні рішення є не тільки доступними а й наявні на ринку металорізального інструменту та обладнання.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску start-up проєкту

Таблиця 5.4 – Попередній аналіз потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Аналіз
<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
1	Кількість підприємств-постачальників	2
2	Обсяг загальних продаж	Невідомий
3	Динаміка ринку	Стала необхідність

Продовження таблиці 5.4

<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
4	Обмеження для входу в ринок	Конкуренція, економічний стан
5	Спеціальні вимоги до стандартизації та сертифікації	Сертифікація для виходу на міжнародний ринок, технічні умови, дотримання стандартів державного комітету по стандартизації
6	Середня норма рентабельності	40%

На Українському ринку вибір фрез досить великий, але дана фреза є комбінованим інструментом, що є достатньою перевагою серед інших інструментів.

Таблиця 5.5 – Характеристика клієнтів start-up проєкту

№	Формуюча потреба ринку	Аудиторія	Відмінності у поведінці клієнтів	Вимоги споживачів
1	Висока продуктивність інструменту	Дрібно-серійне виробництво на машинобудівних підприємствах, що здійснюються обробку алюмінієвих профілів	Ціна, технічні та геометричні характеристики, експлуатаційна навантаженість, попит в галузі	Точність продукції, довговічність, дотримання стандартів, цілодобова підтримка,
2	Можливість працювати в різних режимах різання			
3	Забезпечення якості поверхні			гарантія на товар

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Рівень інфляції	Впливає на вартість всіх ресурсів, що використовуються на підприємстві	Збільшення затрат на виготовлення продукції
2	Конкурентність	Впливає на ефективність продажу продукції	Зменшення собівартості виготовлення шляхом вдосконалення виробництва
3	Податковість	Впливає на дохід від продажу продукції	Зменшення прибутку від продажу
4	Динаміка курсу національної валюти	Впливає на вартість комплектуючих, котрі закупаються на кордоном	Прив'язка ціни вартості продукції до іноземної валюти

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№	Фактор	Можливість	Можлива реакція компанії
1	Інноваційний	Нове технологічне рішення може стимулювати створення більш новіших рішень	Розробка нових технологічних рішень для стимулювання вдосконалення продукції
2	Ринок	Продаж продукції можна здійснювати по всьому світу	Створення надприбутку з подальшим розвитком компанії

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості конкурентного середовища	Визначення даної характеристики	Вплив на підприємство
1	Тип конкуренції – монополістичний	Має місце на ринку з багатьма продавцями та покупцями	Важкість впровадження нового продукту на початку його виробництва
2	Рівень конкуренції боротьби - міжнародний	Основний ринок являється міжнародний, тому на це і робиться акцент	Розвиток на міжнародному ринку інструментів
3	Галузева ознака – міжгалузева	Профілі використовуються в різних галузях	Широке застосування збільшує прибуток підприємства
4	Товарна конкуренція – товарно родова	Конкуренція між видами товарів, що виконують подібні функції	Конкуренція зі сторони товарів, що можуть замінити продукт
5	Характер конкурентних переваг – нецінова	Збільшення якості поверхні після оброблення, удосконалення конструкції інструменту, синтез інструментів в одному	При дотриманні рівності ціна / точність позитивно впливатиме на підприємство
6	Інтенсивність - марочна	Продукт широкого використання, тому марочна політика - доцільна	Збільшення попиту за рахунок підняття популярності продукції

Таблиця 5.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Функціональність	Збільшення можливостей за рахунок виконання операції одним інструментом замість двох
2	Експлуатаційність	Економія за рахунок зменшення підготовчого часу на заміну та підвід інструменту
3	Вартість	Відповідність ціна-якість-функціональність на відміну від конкурентного товару
4	Якість поверхні	Покращена якість поверхні після обробки

Таблиця 5.10 – Порівняльний аналіз сторін інструменту

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали (1-20)	Рейтинг спроектованого товару						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Функціональність	12						+	
2	Експлуатаційність	18							+
3	Вартість	9			+				
4	Якість поверхні	15					+		

Таблиця 5.11 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис цільової групи	Сприятливість продукту	Орієнтований попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу
1	Авіабудування	90%	150 шт/рік	50%	75%
2	Ракетобудування	50%	50 шт/рік	90%	20%
3	Суднобудування	75%	200 шт/рік	75%	70%

Таблиця 5.12 – Визначення базової стратегії розвитку

№	Унікальність проекту	Пошук нових споживачів або залучення споживачів конкурентів	Копіювання характеристик компанії конкурента	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Так	Ні	Пристосовницька

Таблиця 5.13 – Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові позиції власного проекту	Вибір асоціацій комплексності позиції проекту
1	Функціональність	Стратегія комбінування	+	+
2	Експлуатаційність		+	+
3	Вартість		+/-	+/-
4	Якість поверхні		+	+

Таблиця 5.14 – Визначення ключових переваг концепції товару

№	Необхідність	Вигода від концепції	Переваги перед конкурентами
1	Функціональність	Виконання однієї операції замість двох	Економія результату отримання готового профіля
2	Експлуатаційність	Відпадає необхідність додаткового налаштування інструменту	Можливість використовувати інструмент за різним призначенням
3	Вартість	Вартість продукції	Серійність, що впливає на кінцеву вартість продукції
4	Якість поверхні	Більш якісна поверхня після оброблення	Продуктивність оброблення

Таблиця 5.15 – Визначення меж встановлення цін

№	Ціни на товари замітники	Ціни на товари аналоги	Доходи цільової групи	Межі встановлення ціни на товар
1	800	400	-	400-800

Таблиця 5.16 – Формування системи збуту

№	Специфіка закупівельної поведінки клієнтів	Функція збуту постачальника	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Поступова	Продаж продукції, консультації, налагодження контактів щодо представлення сервісу обслуговування	Нульовий рівень каналу	Вертикальна корпоративна система

Таблиця 5.17 – Концепція маркетингових комунікацій

№	Специфікація поведінки клієнтів	Канали комунікацій клієнтів	Ключові позиції для позиціонування	Завдання маркетингу	Концепція маркетингу
1	Пред'явлення вимог щодо якості поверхні після оброблення.	Демонстрації стендів, та консультації клієнтів	Вартість, легкість використання та якість оброблення	Інформативно донести до аудиторії переваги використання продукту	Висока якість по доступній ціні

Отже, проаналізувавши стратегію, концепцію, переваги, недоліки, потенційних клієнтів та подібне, можна зробити висновки, що фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілів є конкурентним на ринку металорізальних інструментів.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської дисертації було виконано аналіз технічного завдання, розроблено шляхи вирішення проблеми, спроектовано новий комбінований інструмент, створена його тривимірна модель та робочий кресленик. Після чого було створено технологію утворення різальної частини комбінованого інструменту. Виготовлено зразок.

Розроблено керуючу програму для оброблення алюмінієвого профіля цим інструментом. Виконано порівняння часу оброблення алюмінієвого профіля комбінованим інструментом зі звичайним. Проаналізовано стан поверхні алюмінієвого профіля після оброблення комбінованим та звичайним інструментом.

Шлях вирішення проблеми використанням комбінованого інструмента дозволило підвищити продуктивність оброблення на 25% та покращити якість отриманої поверхні.



Фото фрези комбінованої

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний каталог [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://www.beer-co.com/uploads/catalogs/02c32178cb1509848b3d309de3286f3c.pdf>
2. Алюмінієвий сплав АД31 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://cuprum-metall.ru/informatsiya/alyuminiy/ad31-splav/>
3. ГОСТ 4784-97 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://docs.cntd.ru/document/1200003141>
4. Фізичні властивості АД31 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1435
5. Технічні дані FMC 120 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://www.avantekmachinery.co.uk/machinery/fmc-120/>
6. Характеристика FMC 120 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://www.directindustry.com.ru/prod/fom-industrie-aluminium-and-pvc-working-machines/product-27866-2397428.html>
7. Зустрічне і попутне фрезерування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <http://obrobka.pp.ua/63-zustrchne-poputne-frezeruvannya.html>
8. Технологічний процес виготовлення фрези [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://docme.su/doc/178987/tehnologicheskij-process>
9. Паспорт верстата 3В642 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <http://tu-passport.ru/stanochnoe-oborudovanie/stanok-universalno-zatochnoj-3v642.html>
10. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. Пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/Под общ. ред. Г. Н. Кирсанова – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.: ил.
11. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Витяг керуючої програми для оброблення алюмінієвого профіля

O1

; Name : C:\Program Files\Fom

Software\FSTMI\PROGRAMS\program_000004\400 kraheneu kor.iso

; FOMCAM : 3.12.30

; Time : 2021_01_10_11_23_52

; Machine : ADIR

G100 I27 ; Tempo stimato in secondi

G104 I0 ; 0 = normale, 1 = tastatore, 2 = modificato

G105 I0; 1 primario (posteriore) , 2 secondario (anteriore)

; STAGE_START 1

; SIGLA 1 L

M200 I1 P1 K0 Q2 J90

P0 = 1 ; Restart stage index

P1 = 0

; CAMINFO000:STANDARD ADIR REF 0:Single:43:0

; BARRE

G201 I0 J-42.35 K0 X1355 Y0 Z39.3

; BATTUTE

G61 I1 X0

; MORSE

G62 I1 X76

G62 I2 X477

G62 I3 X879

G62 I4 X1283

G69

; SPAZI CONSENTITI

; SPAZI CONSENTITI

G110 I0

M220 I5

; START TOOL CHANGE

; Cambio utensile: codice 5; rot. piano: 90; quote destinazione: X768 Y-44.35

M6 I5 X768 Y-44.35 Z85.1 J90

S12000 M13

; END TOOL CHANGE

; Join New

; Rapid [768;-44.35;85.1--768;-44.35;44.4] N[0;0;-1--0;0;-1]

; START

; P0

; P2

; P4

G0 X768 Y-44.35 Z42.3

; PEND

; End Rapid Moviment

;RIPARTENZA:1:???????????????_M:768;-44.35;44.4:768;-
44.35;42.3:90;0:5:183.862: 12000

P1 = 1 ; Restart machining index

; Lavorazione ??????????????_M

M8 I1 J2

; Entry plane 1

F4000

M8 I1 J2

F4000

S12000 M13

G1 X768 Y-44.35 Z26.3

G1 X768 Y-44.35 Z26.3

; Work plane 1

F4000

S12000 M13

G1 X751.546 Y-34.85 Z26.3

; Exit plane 1

F4000

S12000 M13

G1 X751.546 Y-34.85 Z42.3

M9

G0 X751.546 Y-34.85 Z44.4

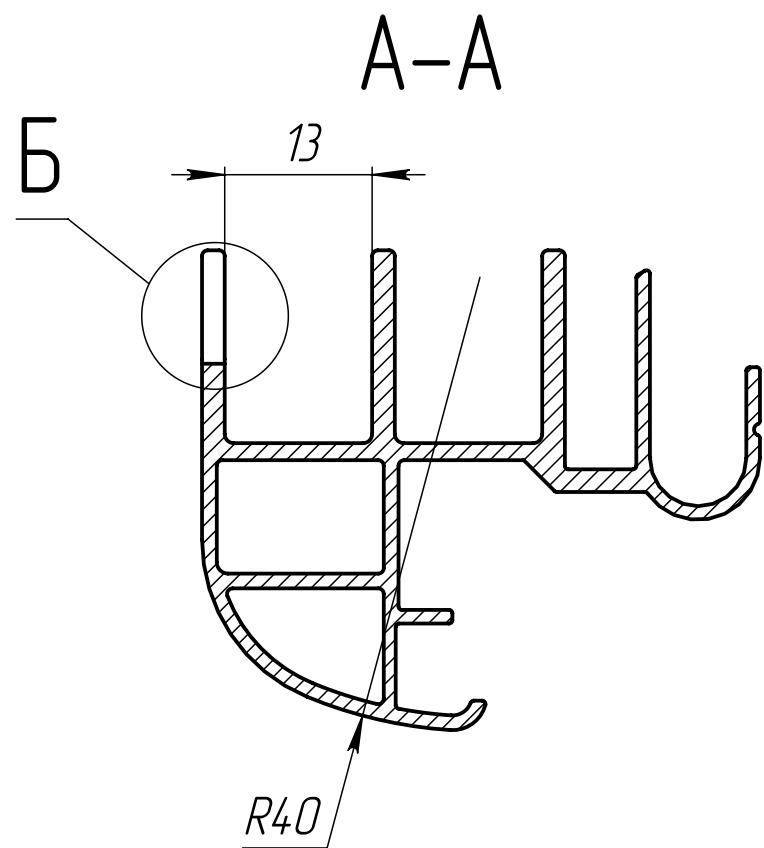
G0 Z139.2

G0 X751.546 Y-34.85 Z139.2

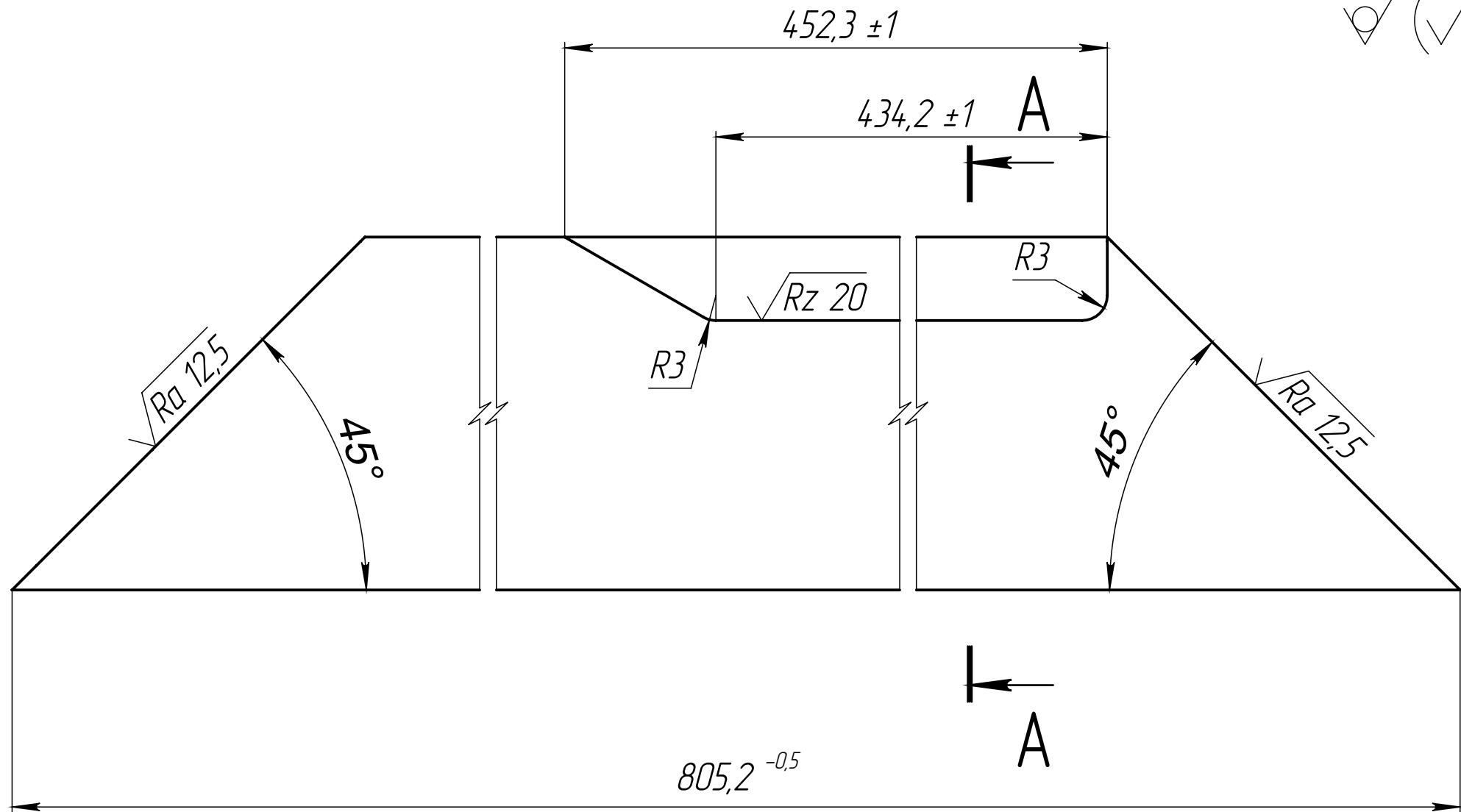
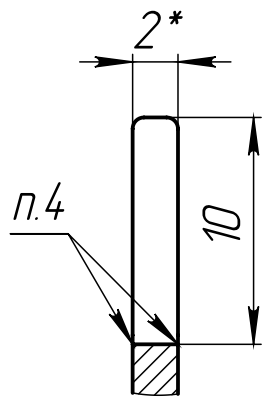
M300 I0

; STAGE_END 1

M30

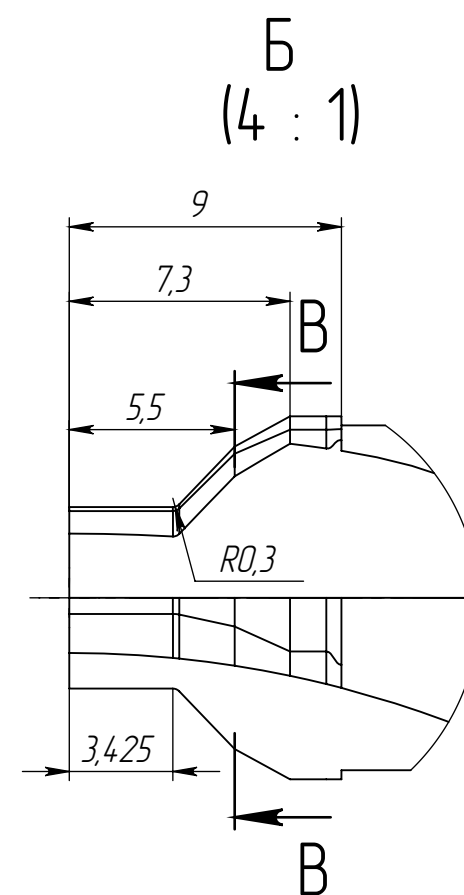
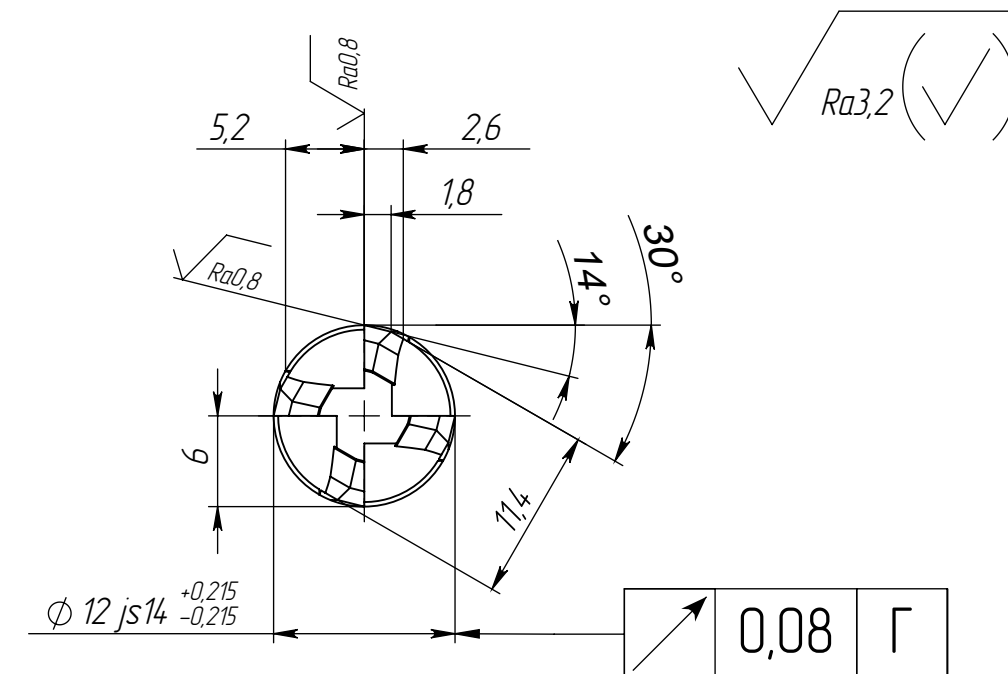
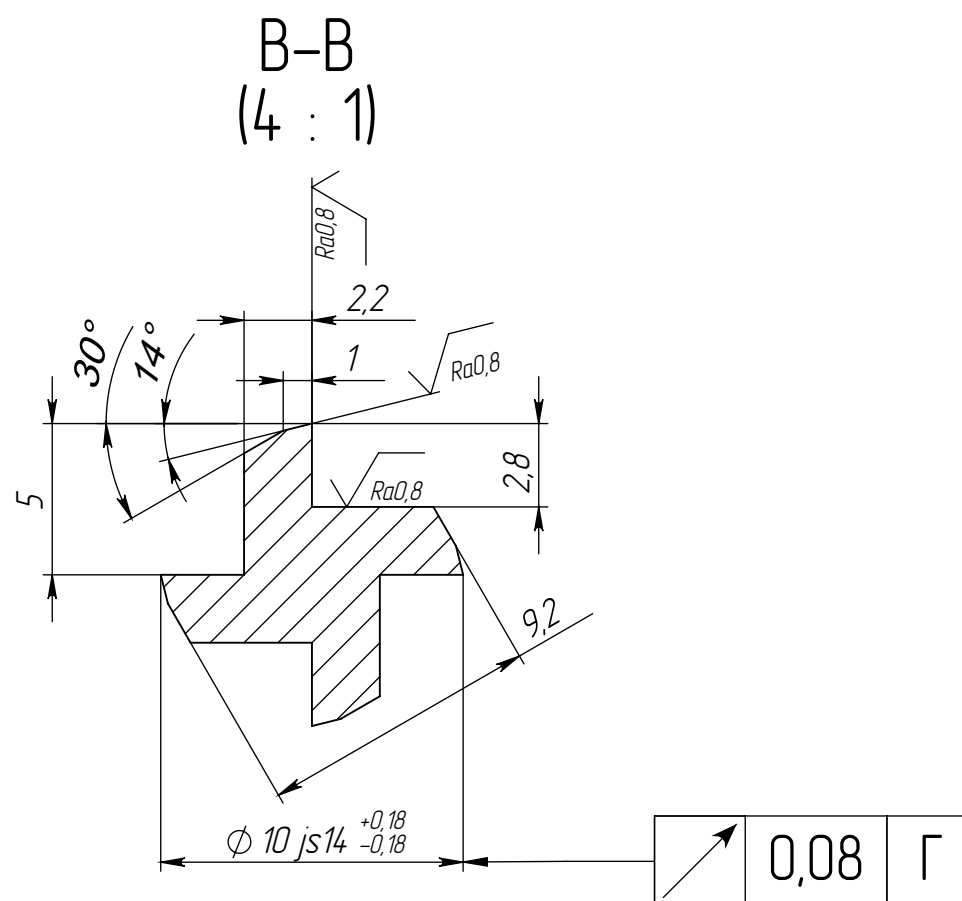
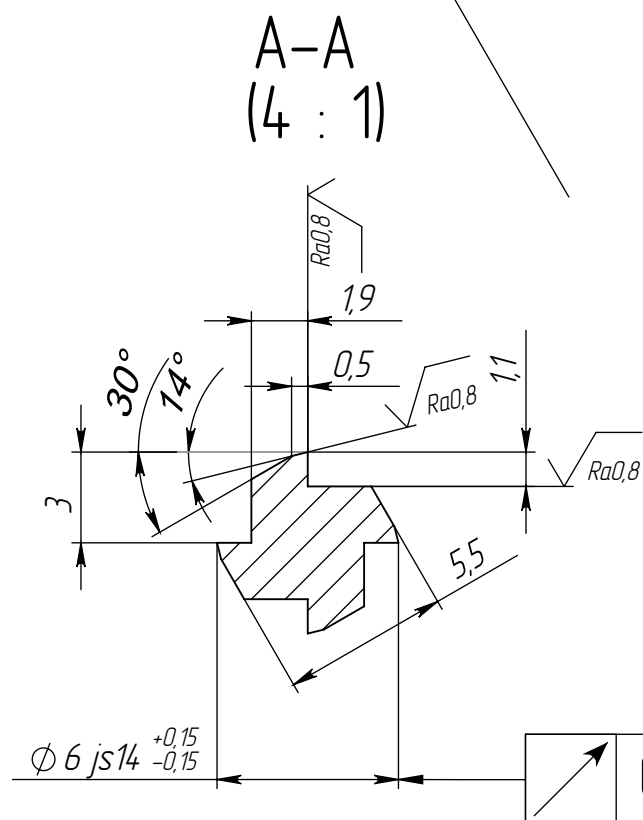
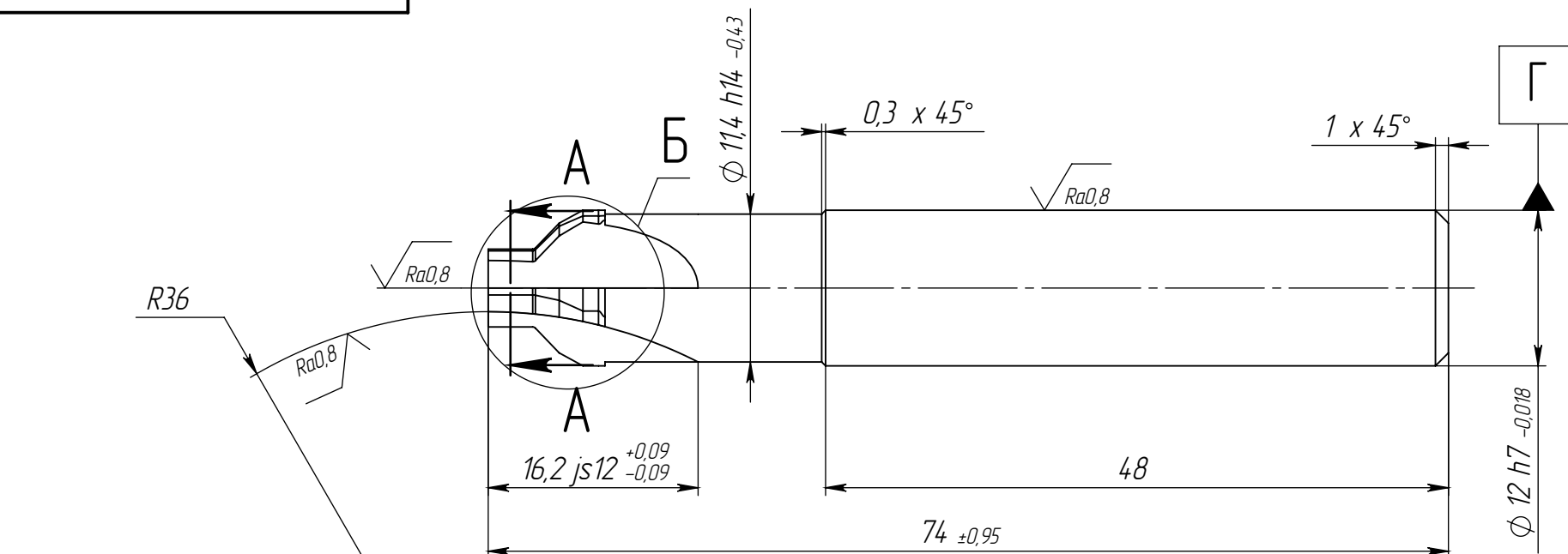


Б (3:1)



- *Размеры для довідок.
- ДСТУ ISO-2768mK.
- Не допускаются сколы та пошкодження поверхонь профілю при фрезеруванні.
- Гострі кромки притупити фаскою 0,3x45° або радіусом R0,3 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Профіль верхній			Лист.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Ковальчук									0,63	1:1
Пров.											
Т. контр.								Лист 1		Листов 1	
					Профіль N-5548 Матеріал АД 31						
Н. контр.											
Утв.											



1. ДСТУ ISO-2768mK.
2. Твердість фрези повинна бути не менше 89 HRA.
3. На поверхні фрези не повинно бути тріщин, слідів корозії, на шліфувальних поверхнях – чорнот, викришених міст, на різальних кромках – забоїн, підпалів, на хвостовику – задирки.
4. Завали різальних кромок зубів не допускаються.
5. Маркувати фрезу за ISO 11529:2013.

[illegible]

ДОДАТОК Г

Керуюча програма для оброблення алюмінієвого профіля фрезою комбінованою

O1

; Name : C:\Program Files\Fom
Software\FSTMI\PROGRAMS\program_000002\Combined_mill.iso

; FOMCAM : 3.12.30

; Time : 2021_12_01_08_12_26

; Machine : ADIR

G100 I50 ; Tempo stimato in secondi

G104 I0 ; 0 = normale, 1 = tastatore, 2 = modificato

G105 I0; 1 primario (posteriore) , 2 secondario (anteriore)

; STAGE_START 1

; SIGLA 1 L

M200 I1 P1 K0 Q2 J90

P0 = 1 ; Restart stage index

P1 = 0

; CAMINFO000:STANDARD ADIR REF 0:Single:42.35:0

; BARRE

G201 I0 J-42.35 K0 X1355 Y0 Z49

; BATTUTE

G61 I1 X0

; MORSE

G62 I1 X76

G62 I2 X493

G62 I3 X911

G62 I4 X1330

G69

; SPAZI CONSENTITI

; SPAZI CONSENTITI

G110 I0

M220 I18

; START TOOL CHANGE

; Cambio utensile: codice 18; rot. piano: 90; quote destinazione: X300 Y8.000422

M6 I18 X300 Y8 Z52 J90

S12000 M13

; END TOOL CHANGE

; Join New

G0 X300 Y8 Z52

;RIPARTENZA:1:L-milling_M:300;8;52:300;8;52:90;0:18:175.053: 12000

P1 = 1 ; Restart machining index

; Lavorazione L-milling_M

M8 I1 J2

; Entry plane 1

F1000

M8 I1 J2

F1000

S12000 M13

G1 X300 Y8 Z48

G1 X300 Y8 Z46

G1 X300 Y8 Z46

; Work plane 1

F1400

S12000 M13

G5 R0.1

G1 X300 Y-8.9 Z46

G23 X303.1 Y-12 Z46 I300.908 J-11.092 K46

G1 X780 Y-12 Z46

G7

; Exit plane 1

F1000

S12000 M13

G1 X780 Y-12 Z52

M9

; Join New

G0 X780 Y-12 Z52

;RIPARTENZA:2:Linear milling_M:780;-12;54.1:780;-12;52:90;0:18:175.053:
12000

P1 = 2 ; Restart machining index

; Lavorazione Linear milling_M

M8 I1 J2

; Entry plane 1

F1000

M8 I1 J2

F1000

S12000 M13

G1 X780 Y-12 Z48

G1 X780 Y-12 Z46

G1 X780 Y-12 Z46

; Work plane 1

F1400

S12000 M13

G1 X802.981 Y7.284 Z46

; Exit plane 1

F1000

S12000 M13

G1 X802.981 Y7.284 Z52

M9

G0 X802.981 Y7.284 Z54.1

G0 Z148

G0 X802.981 Y7.284 Z148

M300 I0

; STAGE_END 1

M30

Затверджую:
Директор ТОВ «ГРІН КУЛ»
_____ (Коваленко В.М.)
_____ 10 _____ 20 21 р.



Технічне завдання

на науково-дослідну роботу

«Фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілів»

Замовник:
Начальник конструкторського
відділу

Рімкін Ю.І.



Виконавець:

Завідувач кафедру КМ
_____ Данильченко Ю. М.

Студент групи МІ-01мп
_____ (Ковальчук Д.М.)

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повна назва розробки та її умовне позначення

«Розробка конструкції фрези комбінованої для обробки пазів алюмінієвих профілів»

1.2 Назви підприємств розробника та замовника системи та їх реквізити

Замовник:

Товариство з обмеженою
відповідальністю «ГРІН КУЛ»

Виконавець:

Кафедра конструювання машин
ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського

1.3 Порядок оформлення та пред'явлення замовникові результатів робіт

По закінченню роботи подається:

- тривимірна модель фрези комбінованої;
- робочий кресленик фрези комбінованої;
- керуюча програма для оброблення пазів в алюмінієвих профілів фрезою комбінованою.

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ

2.1 Мета створення розробки

Вирішення проблеми якості поверхні алюмінієвого профіля після оброблення

2.2. Вихідні дані

- тривимірна модель алюмінієвих профілів;
- робочий кресленик алюмінієвого профілю;
- керуюча програма для оброблення пазів в алюмінієвих профілів.

3. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Середовище розробки 3D моделей та креслень – SolidWorks 2016

3.2 Оброблення алюмінієвого профіля відбувається на обробному центрі ЧПК FMC 120.

4. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Етап та його зміст	Термін виконання	Результат
1. Розробка конструкції фрези комбінованої.	16.11.2021	тривимірна модель фрези комбінованої
	23.11.2021	робочий кресленик фрези комбінованої
2. Розробка керуючої програми .	30.11.2021	керуюча програма для оброблення пазів в алюмінієвих профілів

5. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- 5.1 Підвищення якості оброблених поверхонь.
- 5.2 Підвищення продуктивності процесу оброблення.

6. МАТЕРІАЛИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

- 6.1 Тривимірна модель фрези комбінованої.
- 6.2 Робочий кресленик фрези комбінованої.
- 6.3 Керуюча програма для оброблення пазів в алюмінієвих профілів фрезою комбінованою.

7. ПОРЯДОК РОЗГЛЯДУ ТА ПРИЙМАННЯ РОБОТИ

- 7.1 Результати роботи передаються по акту приймання робіт.

Затверджую:
Директор ТОВ «ГРІН КУЛ» _____ (Коваленко В.М.)
_____ 2021 р.



Акт
приймання робіт
науково-дослідній роботі
«Фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілів»

В результаті виконання робіт з проектування комбінованої фрези, виконавець надав:

- тривимірна модель фрези комбінованої;
- робочий кресленик фрези комбінованої;
- керуюча програма для оброблення пазів в алюмінієвих профілів фрезою комбінованою.

Результати роботи планується реалізувати у найближчий час на ТОВ «ГРІН КУЛ», в процесі оброблення пазів алюмінієвих профілів, фрезою комбінованою на обробному центрі ЧПК FMC 120.

Від Замовника

Начальник конструкторського відділу

Рімкін Ю.І.

Від Виконавця

Завідувач кафедрою КМ

Данильченко Ю. М.

Студент групи МІ – 01мп

Ковальчук Д. М.

**Тема магістерської дисертації
«Фреза комбінована для оброблення пазів в алюмінієвих профілях»**

Виконав: студент гр. МІ-01мп

Ковальчук Д.М.

Науковий керівник: доцент, к.т.н

Бесарабець Ю.Й

АКТУАЛЬНІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

Мета магістерської дисертації : Вирішення проблеми якості поверхні алюмінієвих профілів після оброблення

Задачі магістерської дисертації:

- Провести аналіз технічного завдання.
- Виконати аналіз шляхів вирішення проблеми.
- Спроекувати комбінований інструмент.
- Розробити технологію на формоутворення різальної частини комбінованого інструменту.
- Створити керуючу програму для оброблення деталі комбінованим інструментом.
- Порівняти керуючу програму для оброблення комбінованим інструментом та звичайним.
- Дослідити поверхню після оброблення комбінованим інструментом.
- Порівняти поверхні після оброблення комбінованим інструментом та звичайним.

1 АНАЛІТИЧНА СКЛАДОВА



Рисунок 1.2 – Морозильна вітрина

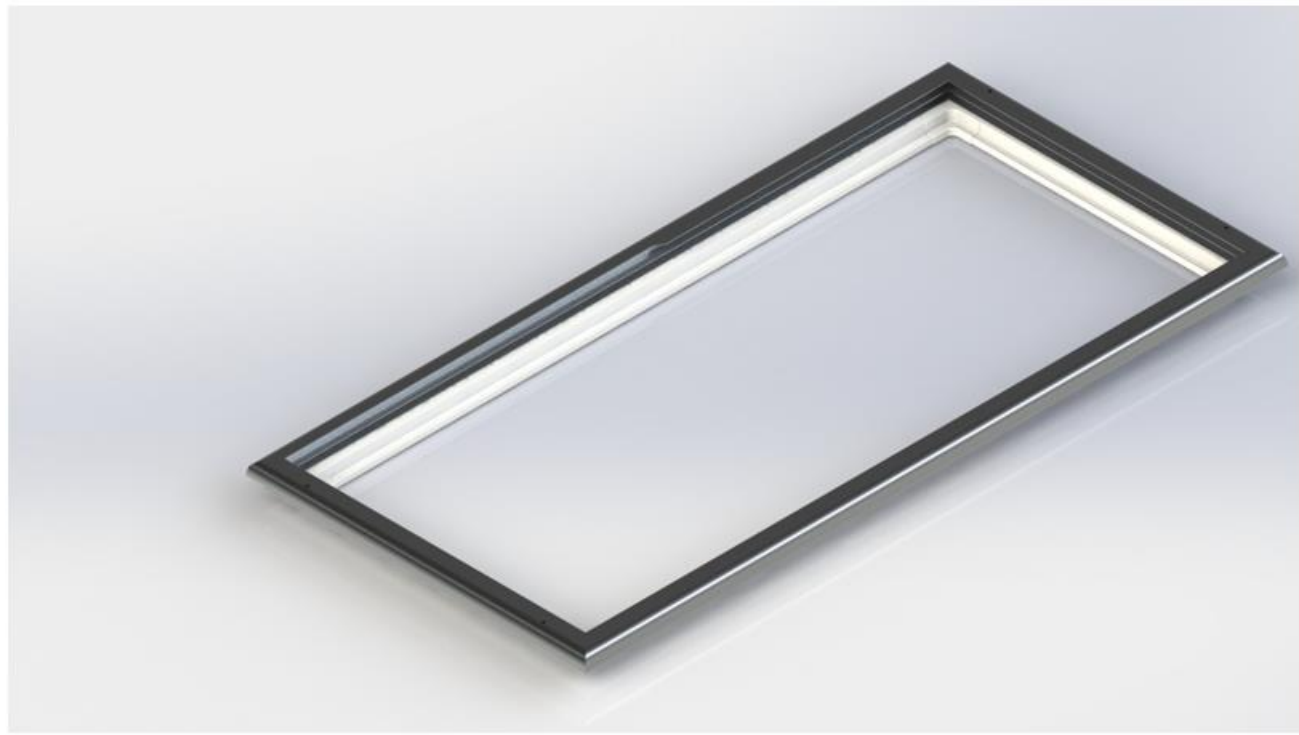


Рисунок 1.3 – Алюмінієва корона в зборі

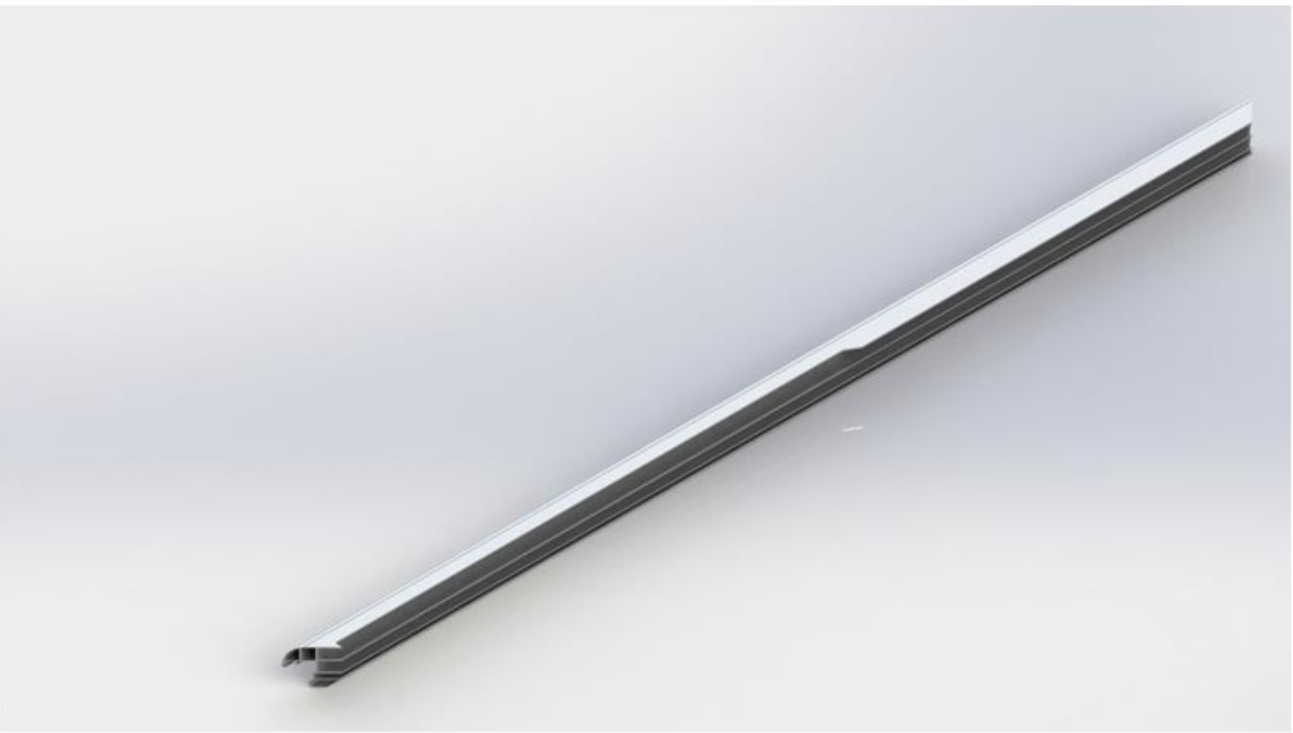


Рисунок 1.4 –Профіль верхній

Часи поопераційного виконання:

- перший етап, фрезерування пазу – 23 с. ;
- проміжна зміна інструменту – 22 с. ;
- зняття фаски – 17 с. ;
- решта часу припадає на інші дії оператора, такі як вимірювання, корегування програми, перевірка положення упорів та лещат. ;
- загальний час оброблення профіля - 2 хв. .



Рисунок 1.9 – Фото фрези кінцевої



Рисунок 1.10 – Фото центрівки



Рисунок 1.13 – Фото виробу після обробки



Рисунок 1.6 – Поворотний стіл [5]

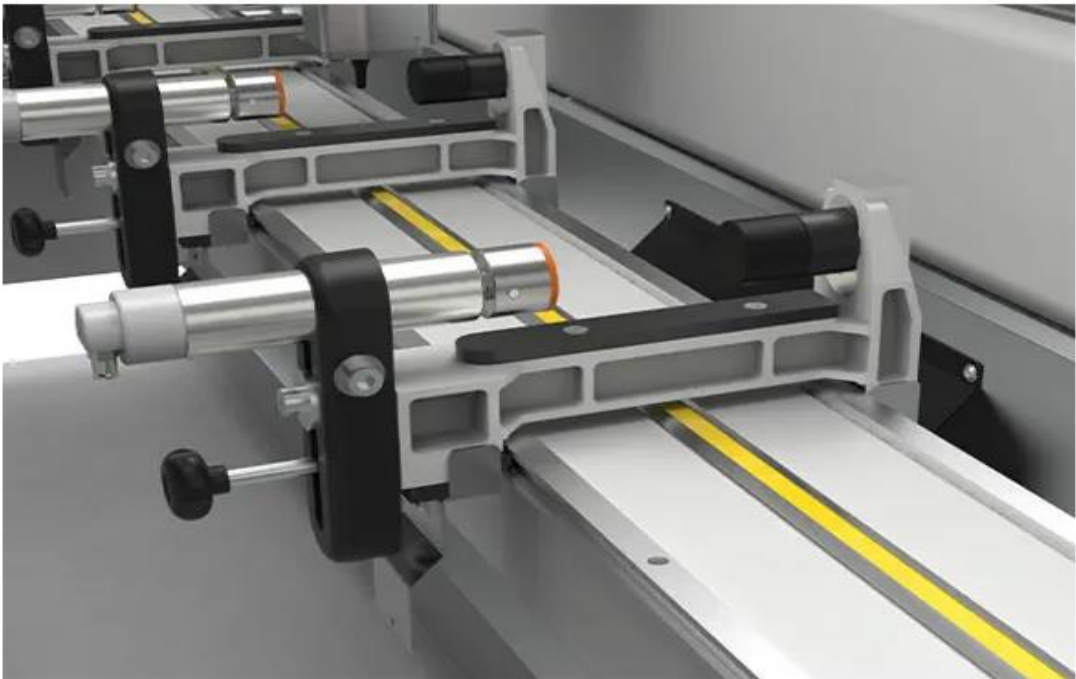


Рисунок 1.7 – Пневматичні лещата [5]

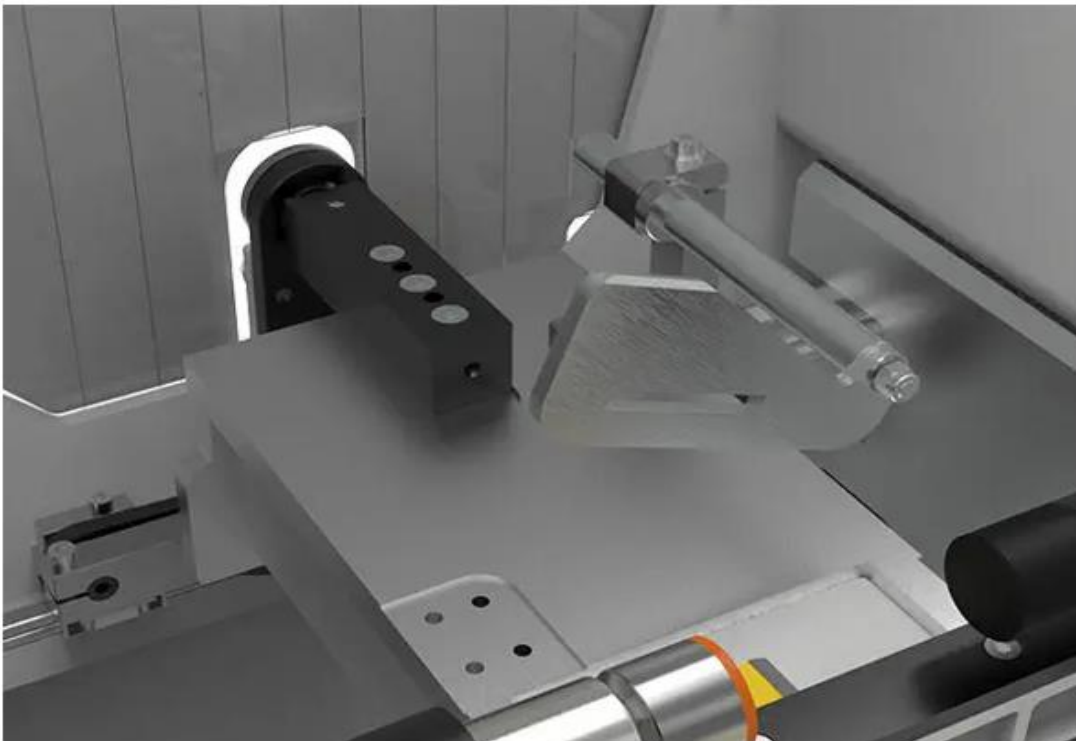


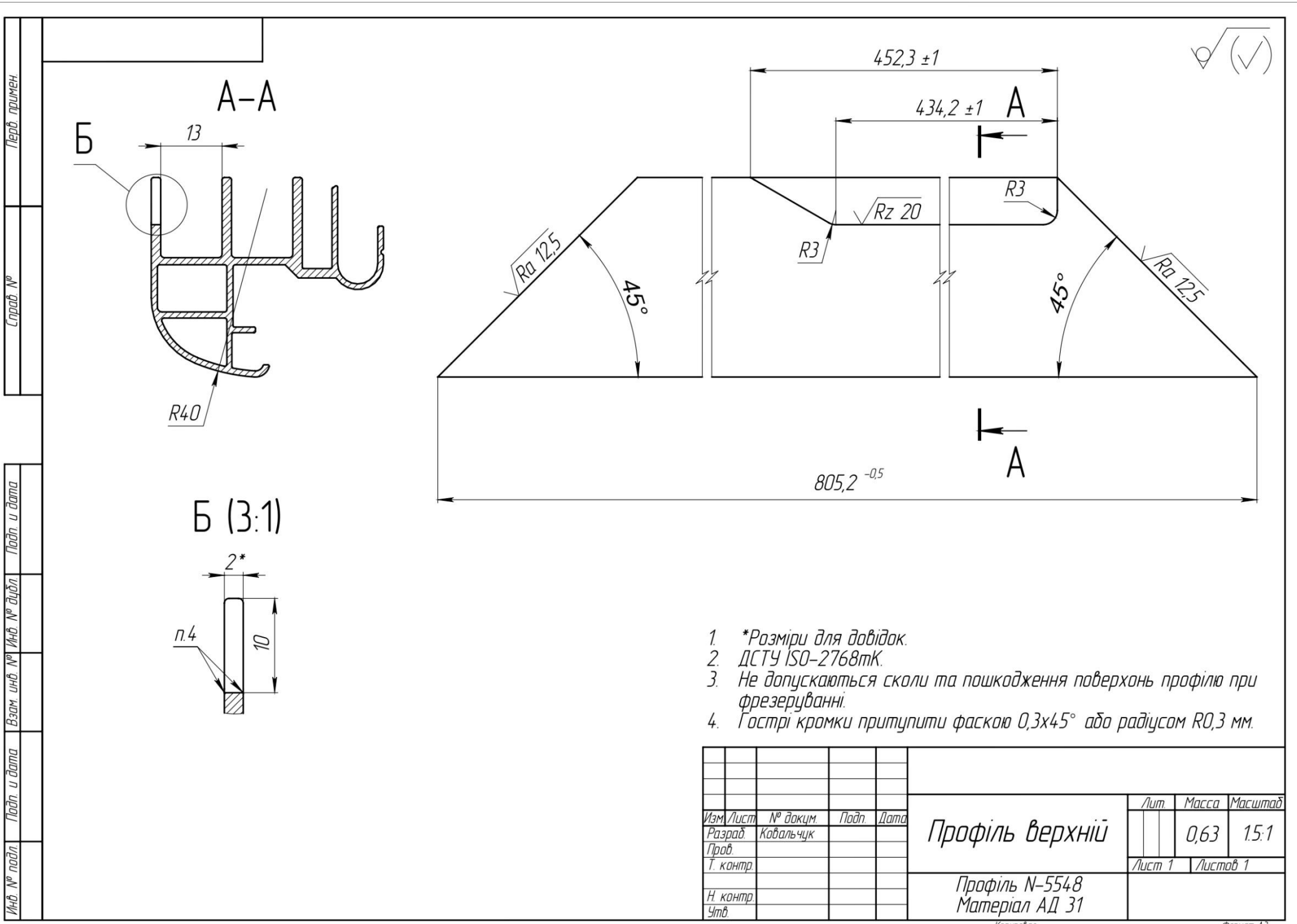
Рисунок 1.8 – Ручні упори [5]



Рисунок 1.11 – Фото закріпленої фрези



Рисунок 1.12 – Фото закріпленої центрівки



2 КОНСТРУКТОРСКА СКЛАДОВА

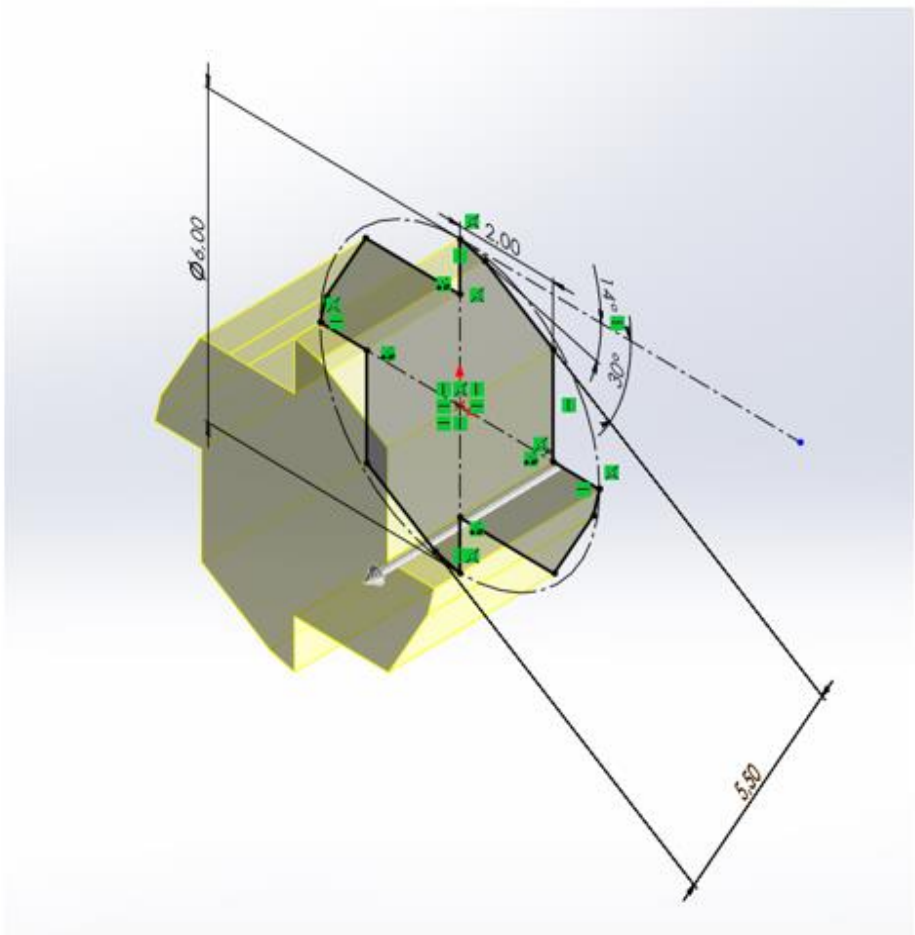


Рисунок 2.6 – Операція «Витягнута Бобишка 1»

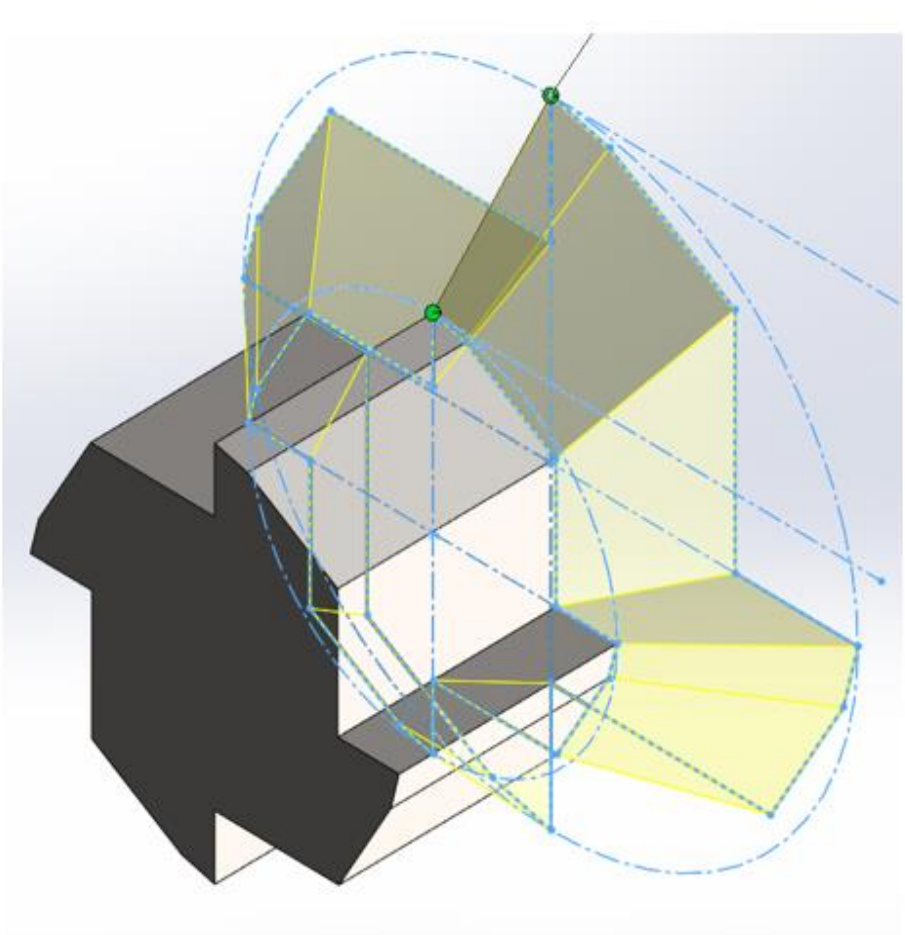


Рисунок 2.7 – Операція «Бобишка по перерізам 1»

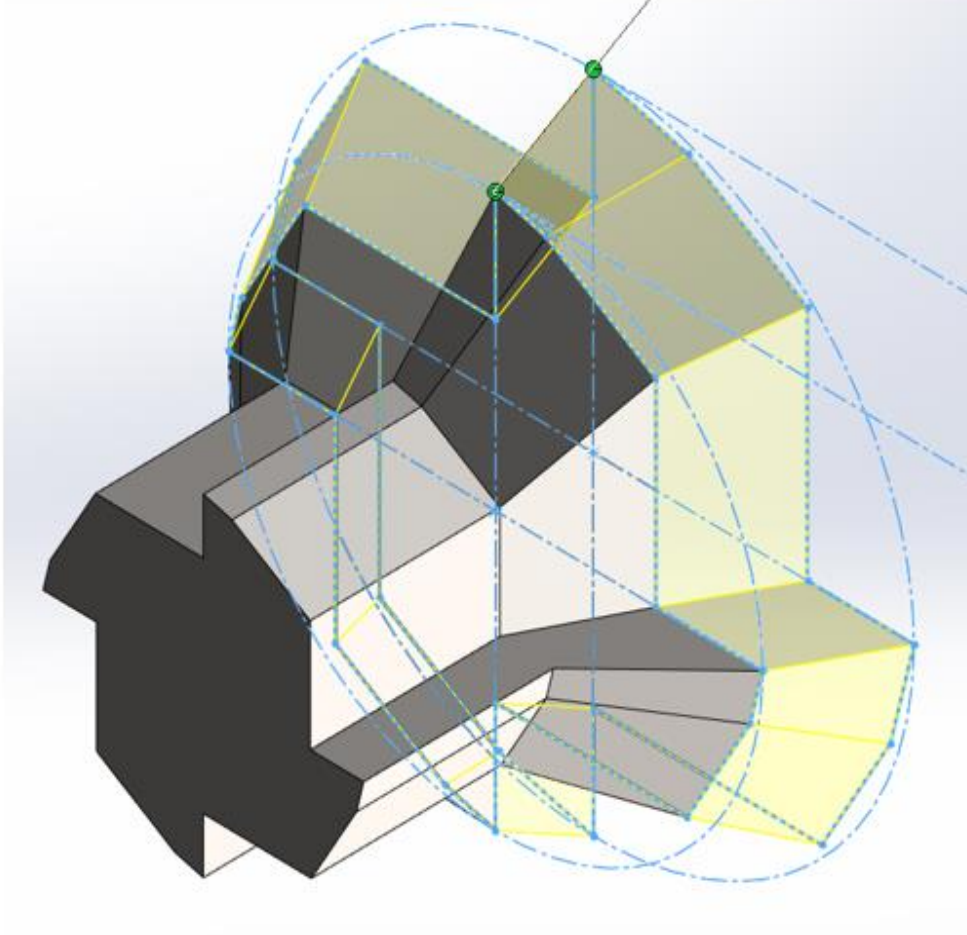


Рисунок 2.8 – Операція «Бобишка по перерізам 2»

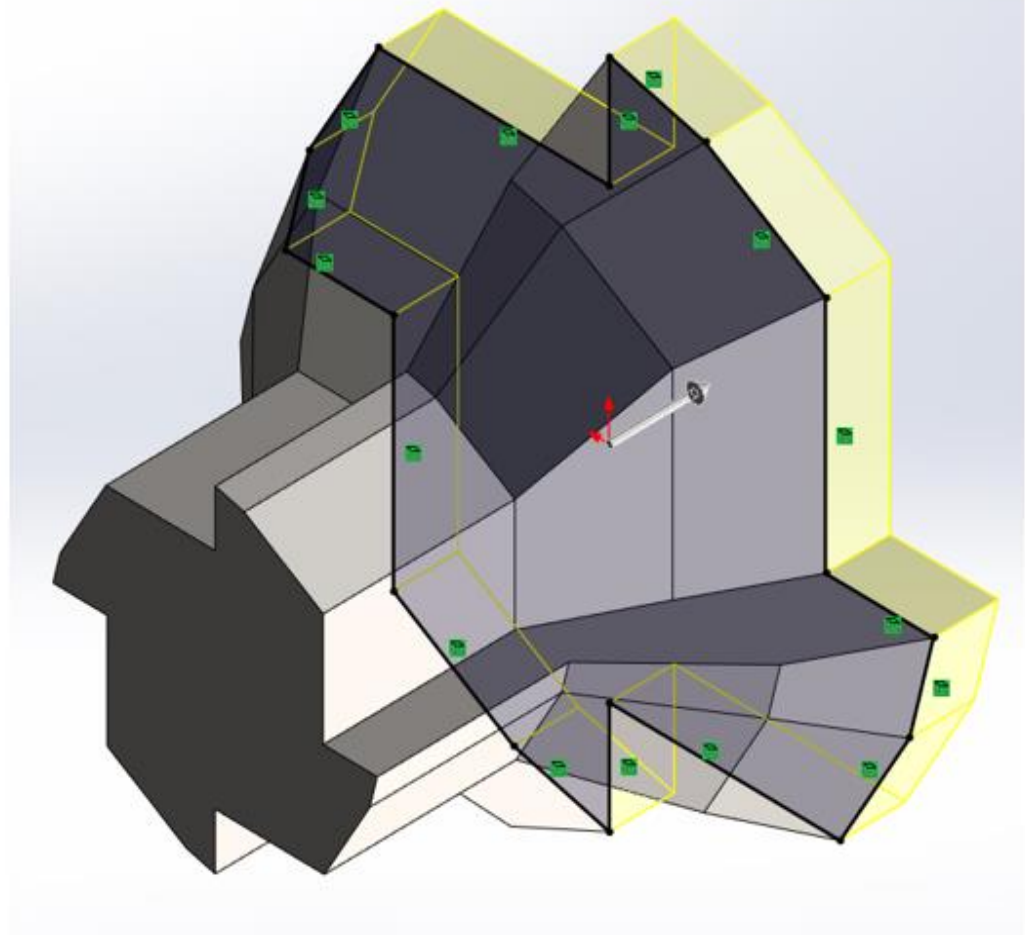


Рисунок 2.9 – Операція «Витягнута Бобишка 2»

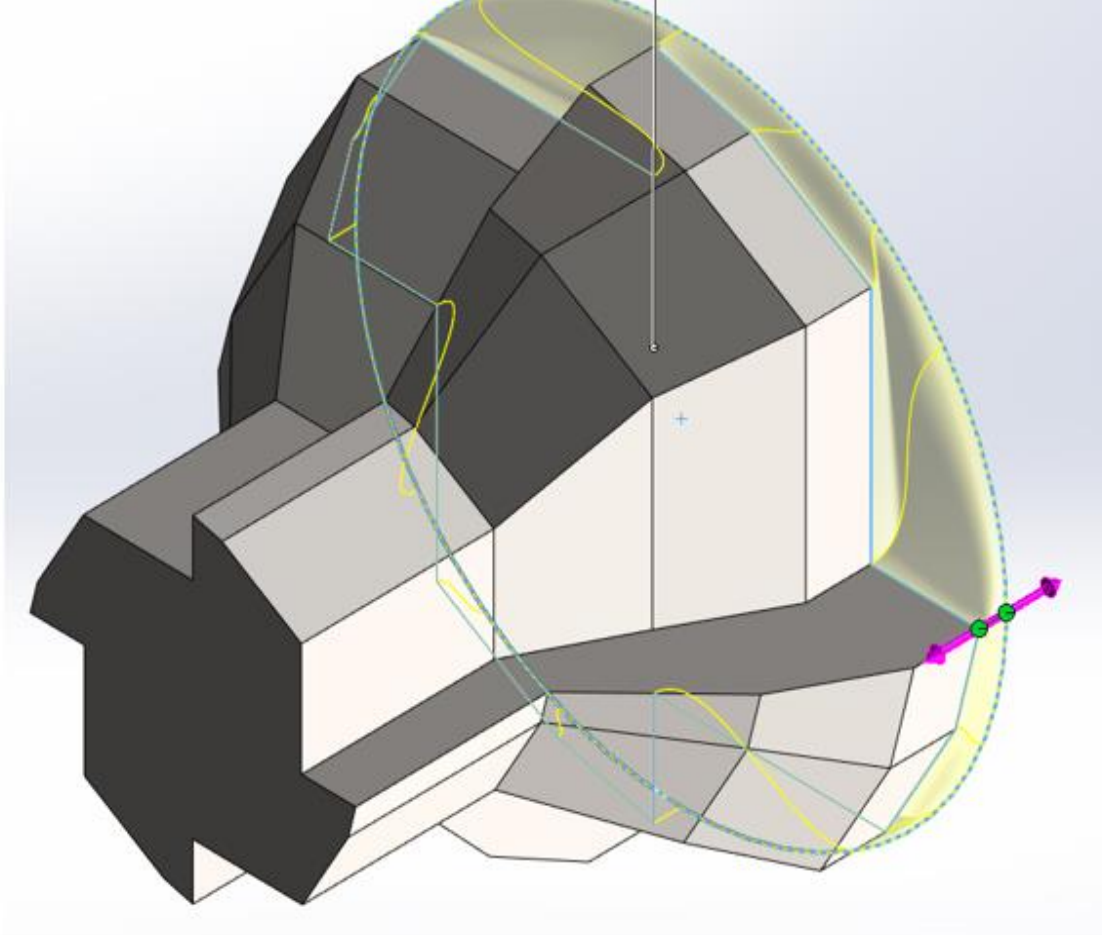


Рисунок 2.10 – Операція «Бобишка по перерізам 2»

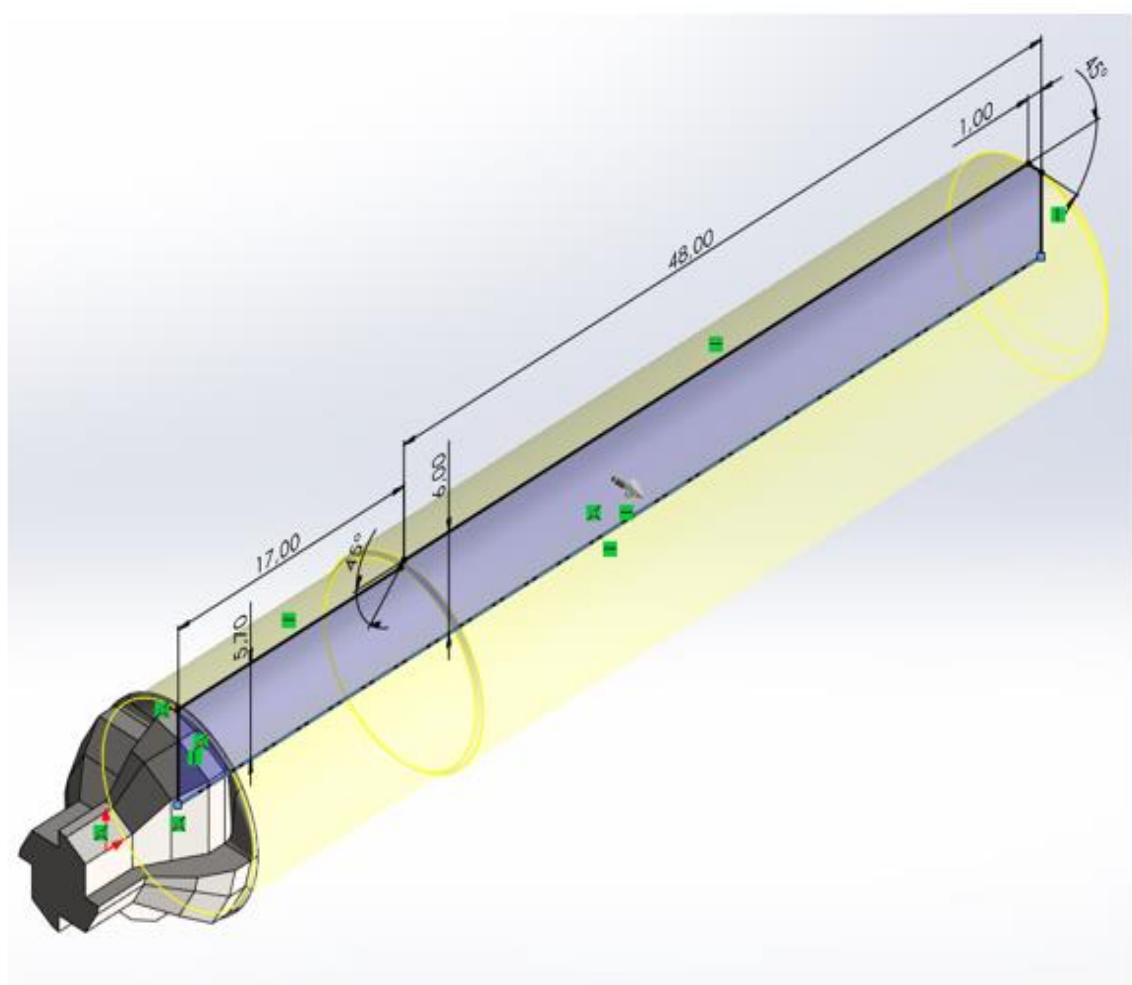


Рисунок 2.12 – Операція «Повернута бобишка 1»

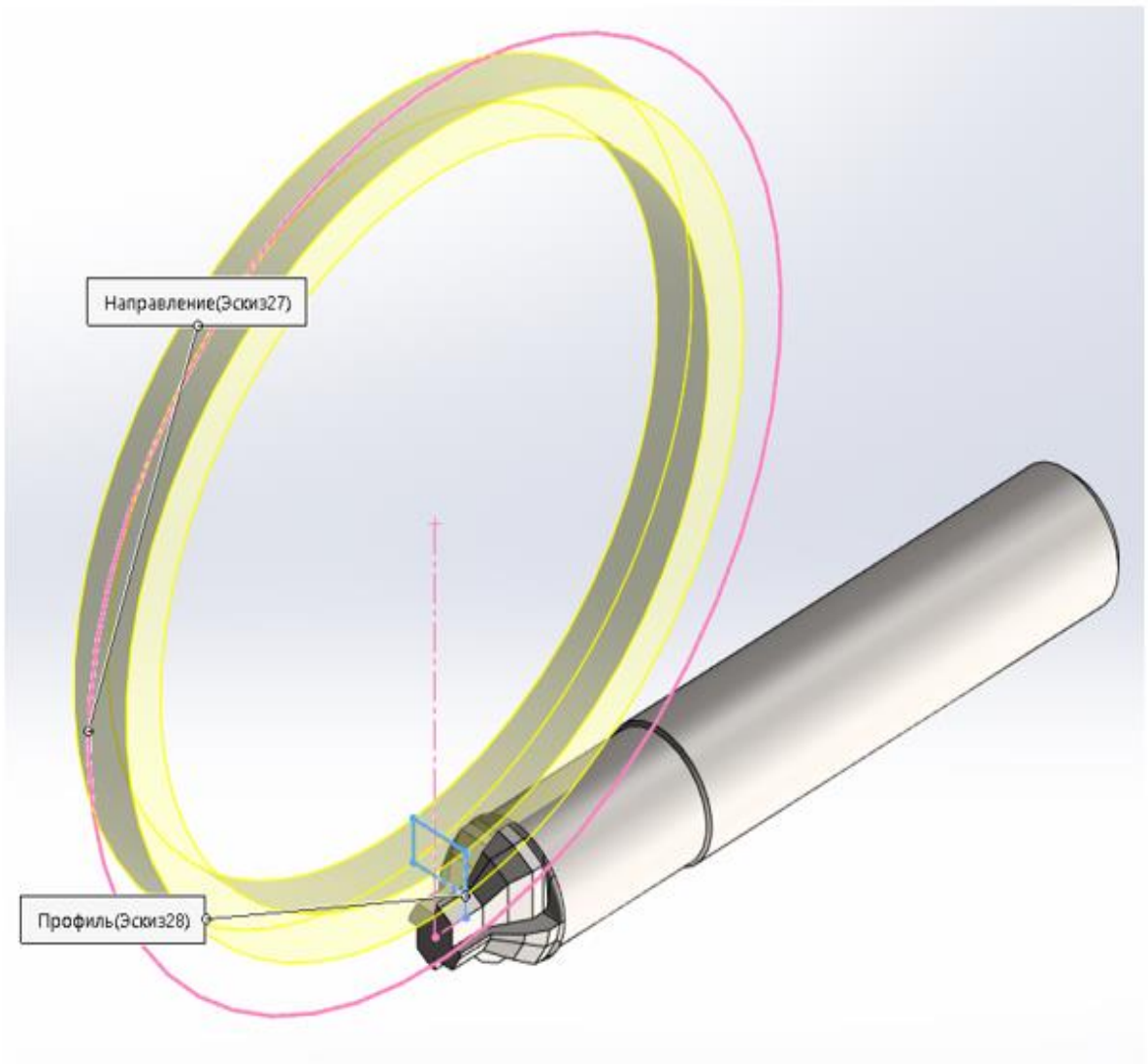


Рисунок 2.15 – Операція «Виріз по траекторії 1»

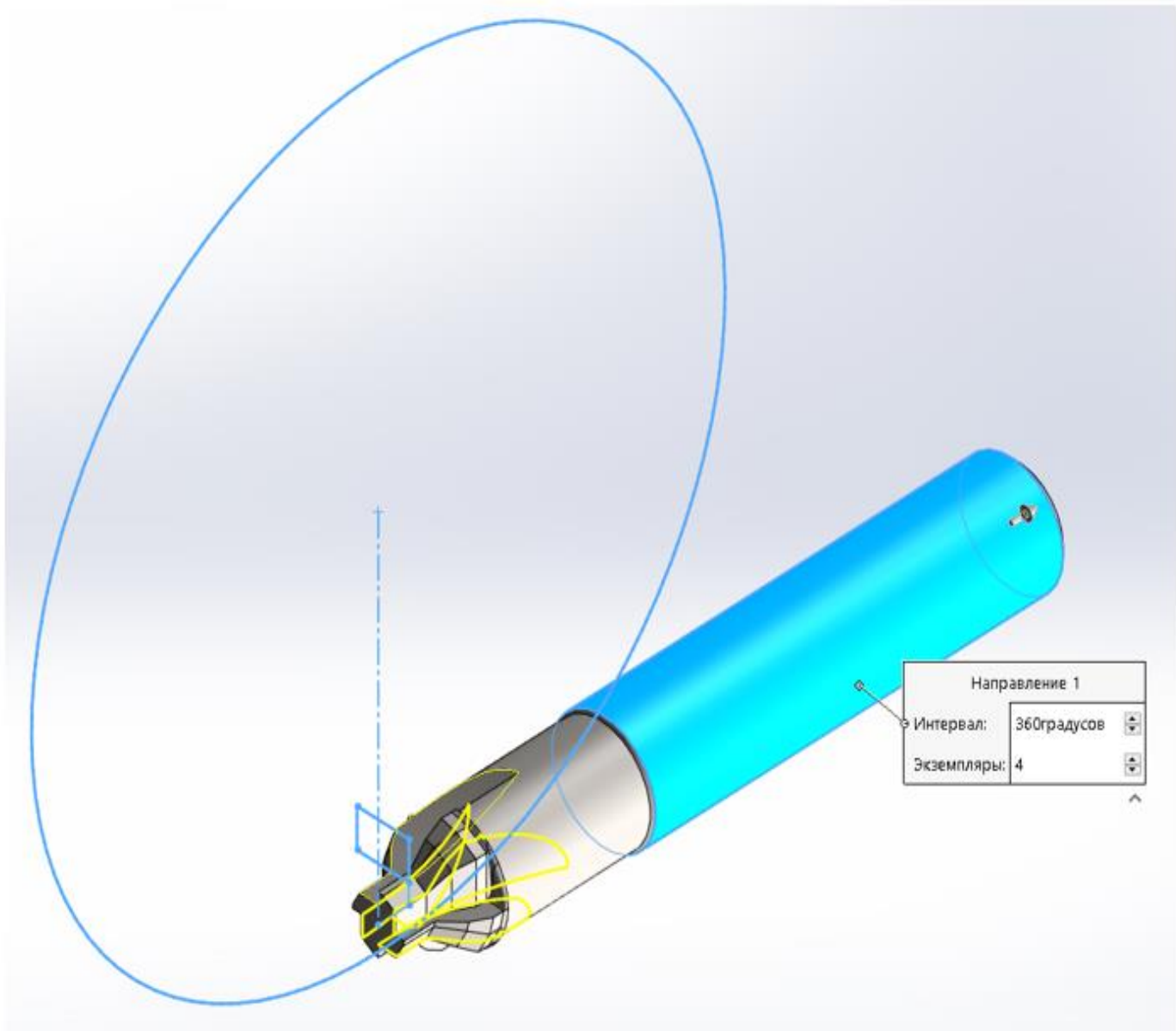


Рисунок 2.16 – Операція «Круговий масив 1»

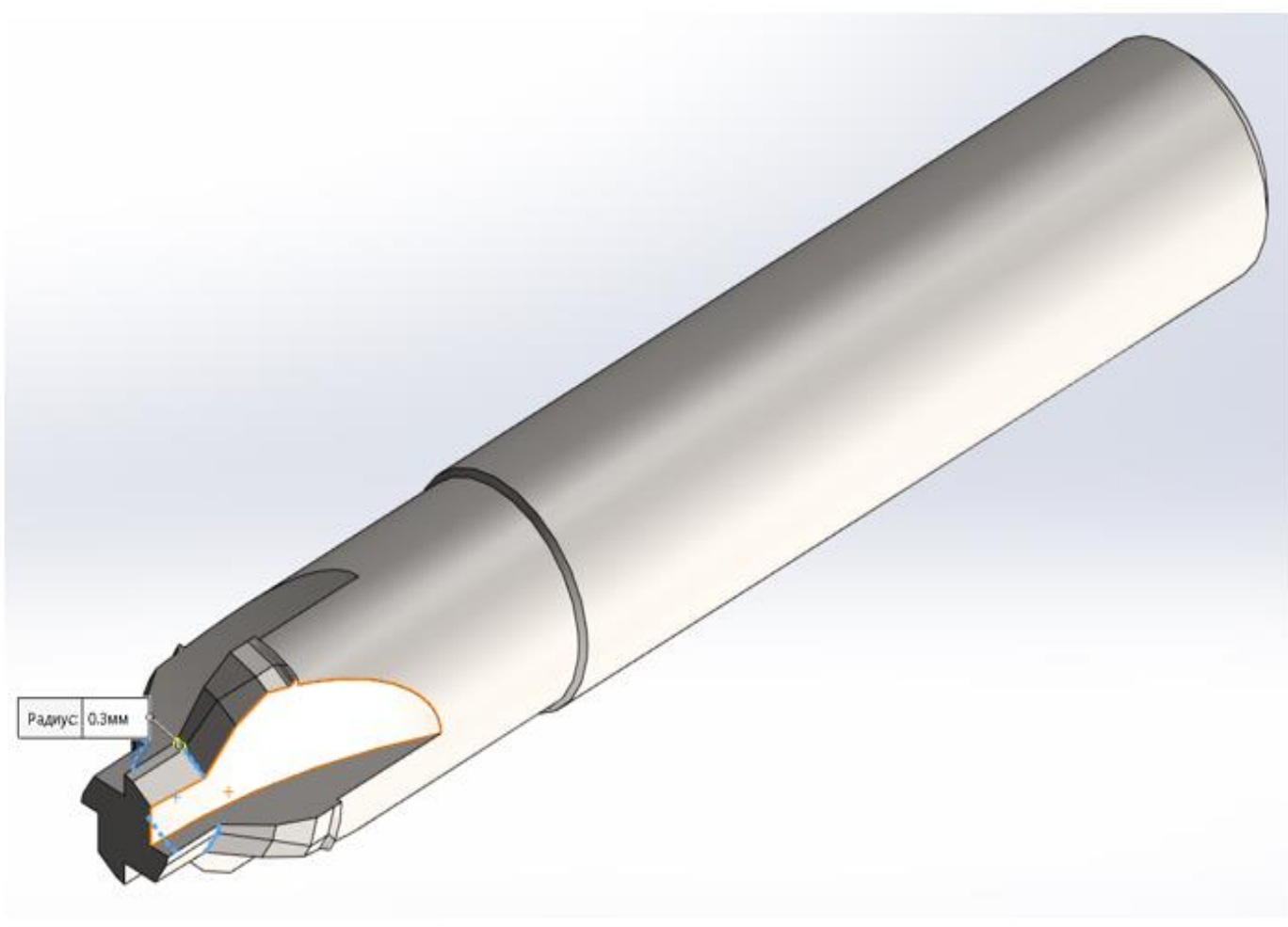


Рисунок 2.17 – Операція «Заокруглення 1»

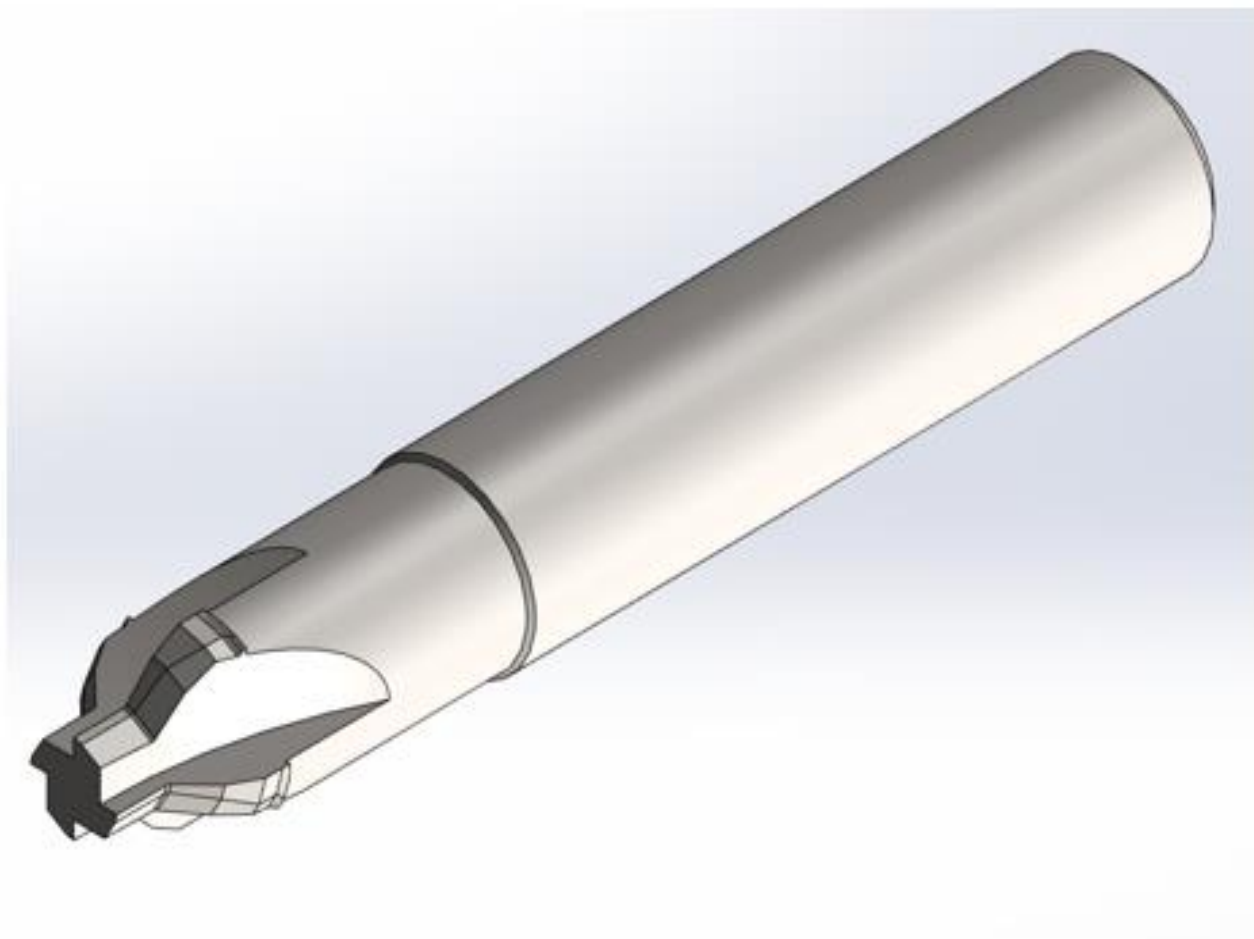


Рисунок 2.18 – 3D модель фрези комбінованої

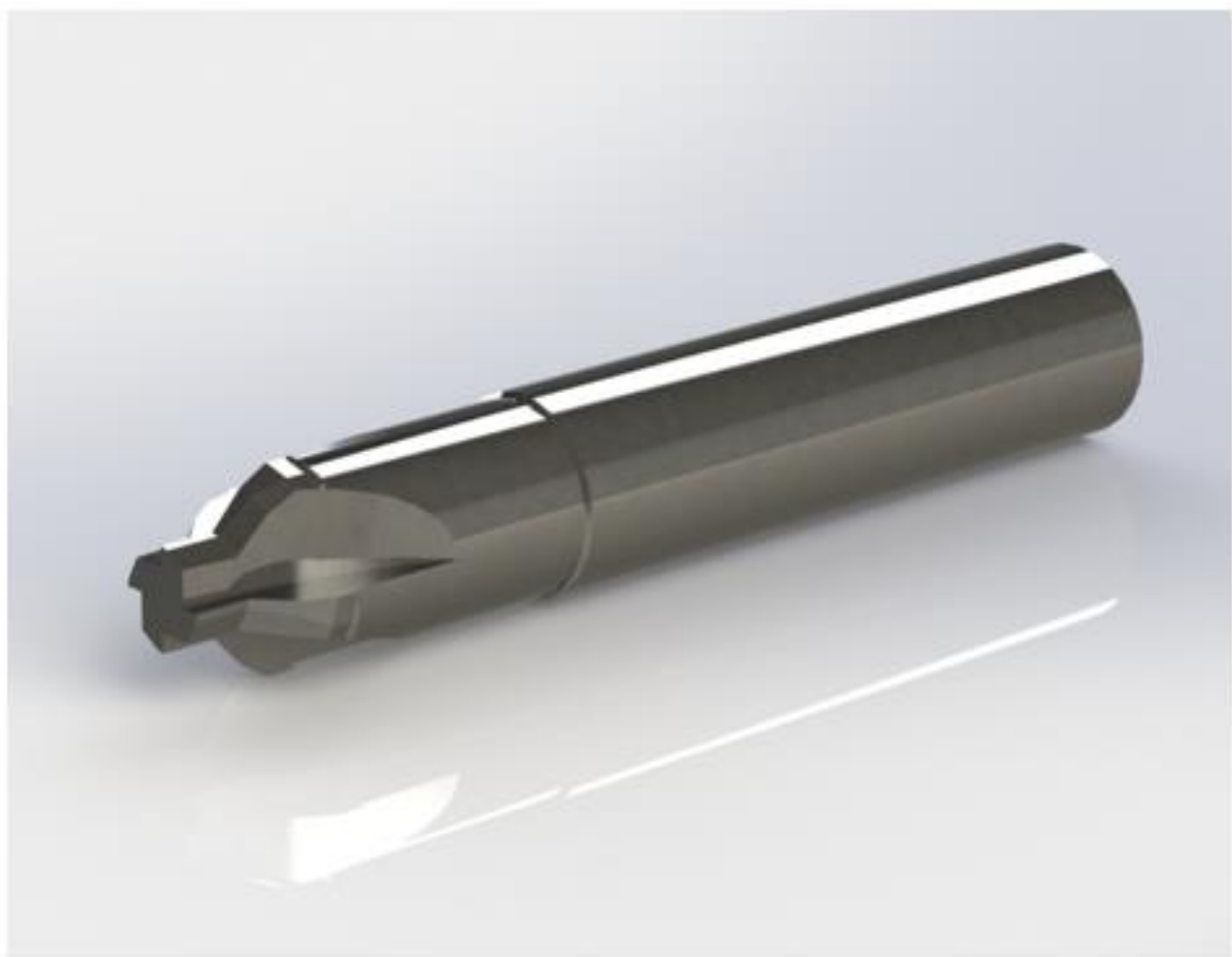
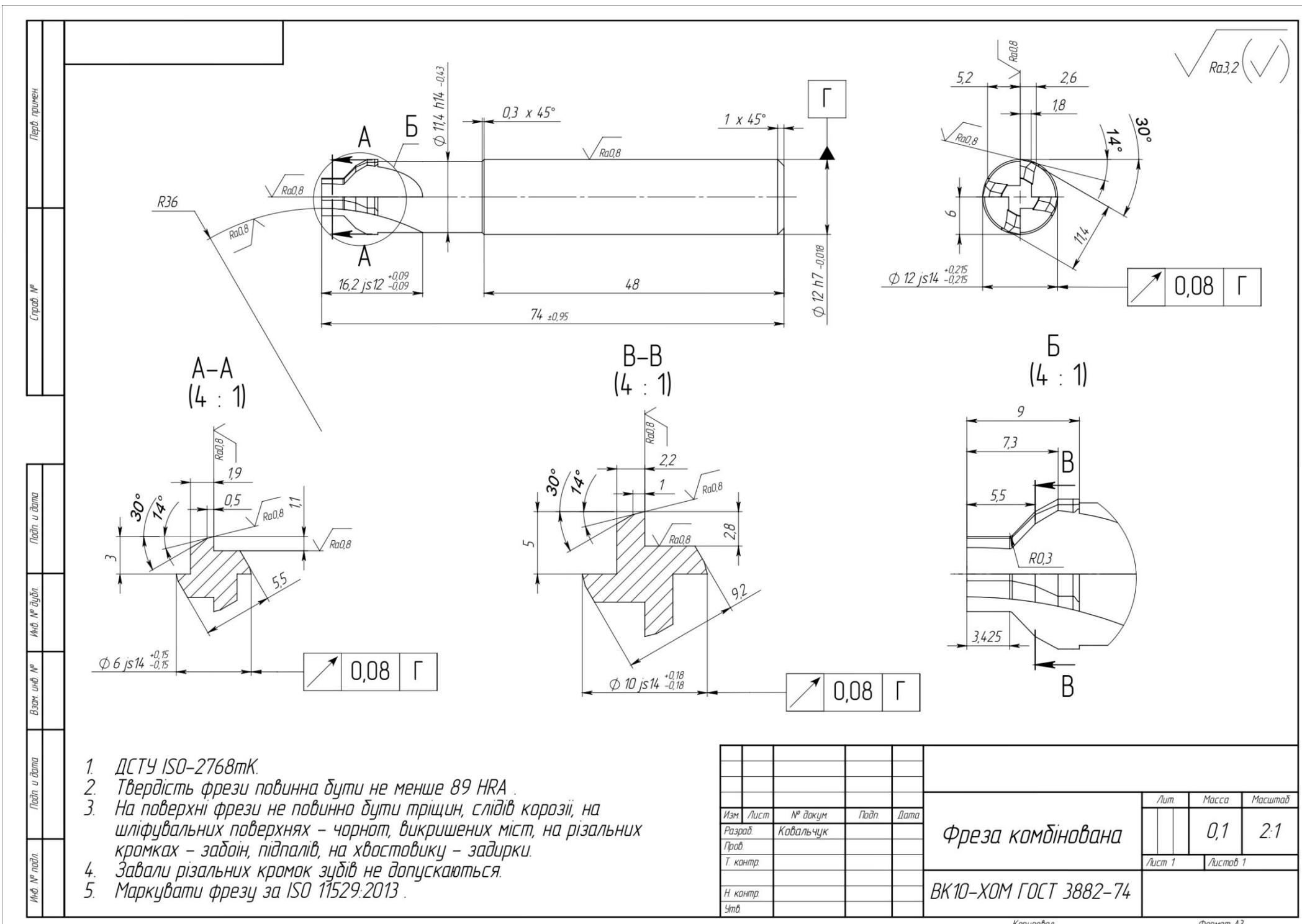


Рисунок 2.19 – 3D модель фрези комбінованої після рендерингу



3 ТЕХНОЛОГІЧНА СКЛАДОВА

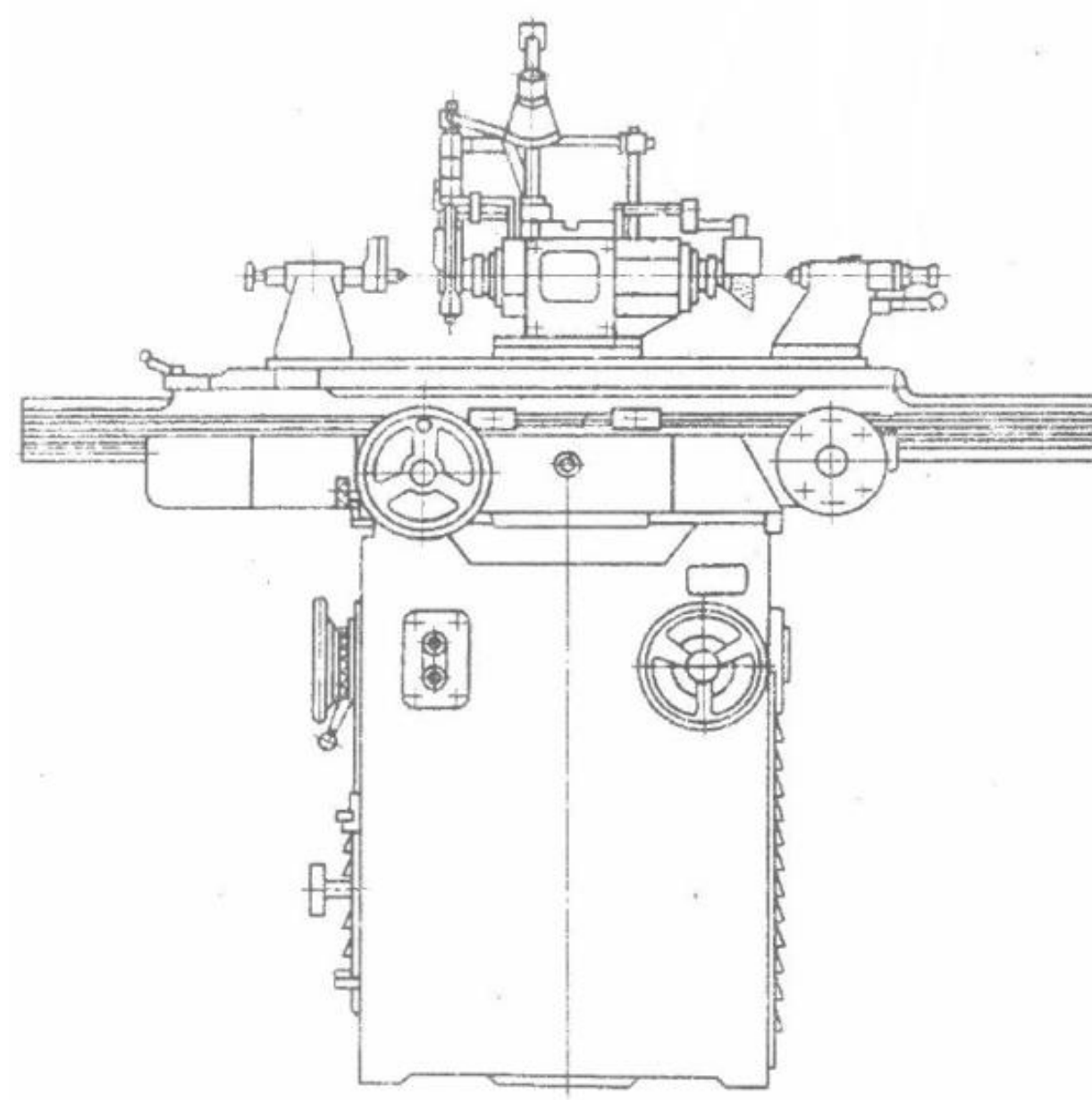


Рисунок 3.1 – Верстат 3B642 [9]

Часи поопераційного виконання комбінованим інструментом:

- перший етап, фрезерування пазу – 23 с. ;
- зняття фаски – 17 с. ;
- решта часу припадає на інші дії оператора, такі як вимірювання, корегування програми, перевірка положення упорів та лещат. ;
- загальний час оброблення профіля – 1. хв 30 с. .



Рисунок 3.2 – Фото перехід №1

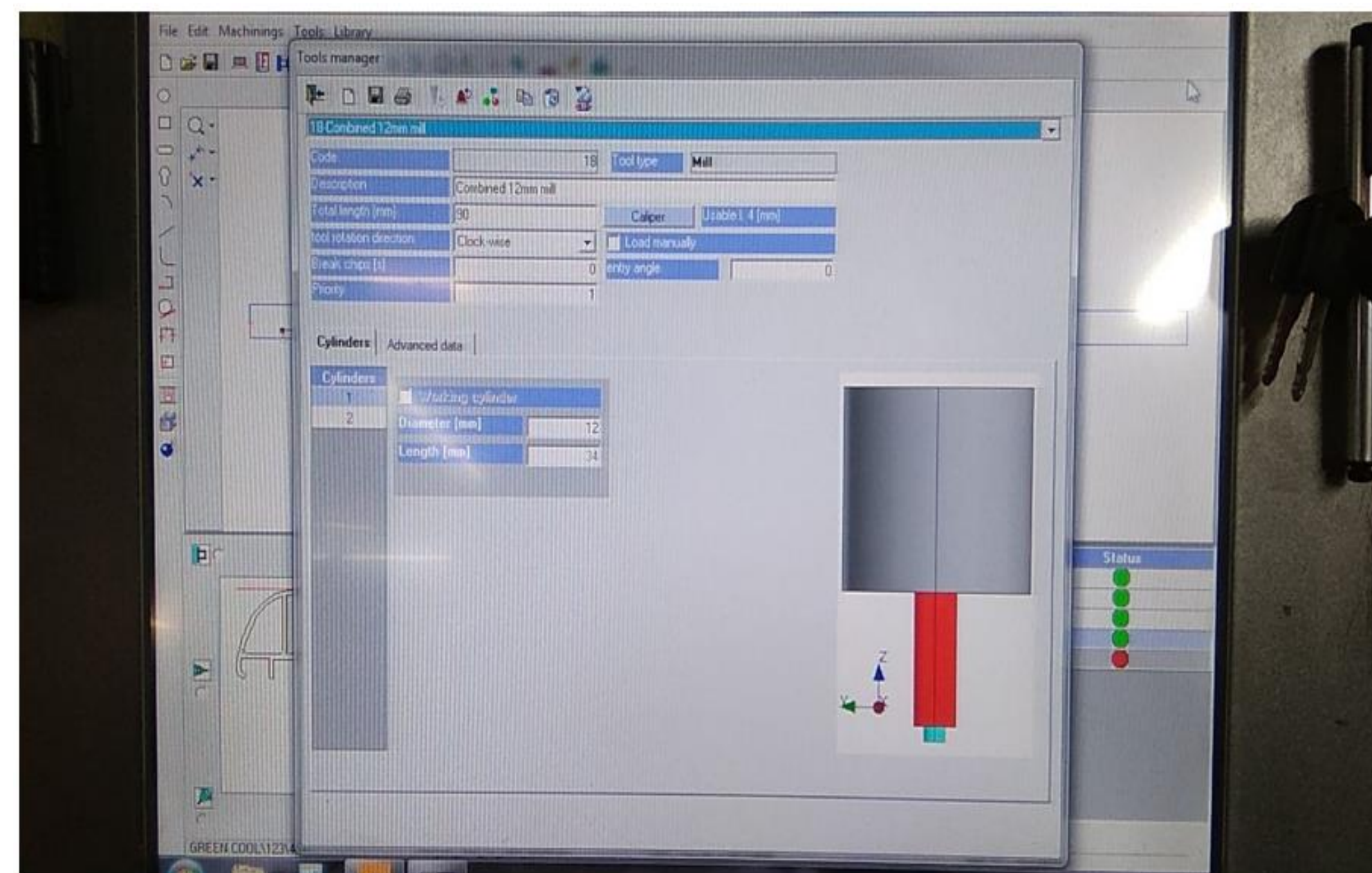


Рисунок 3.4 – Хвостовик комбінованої фрези

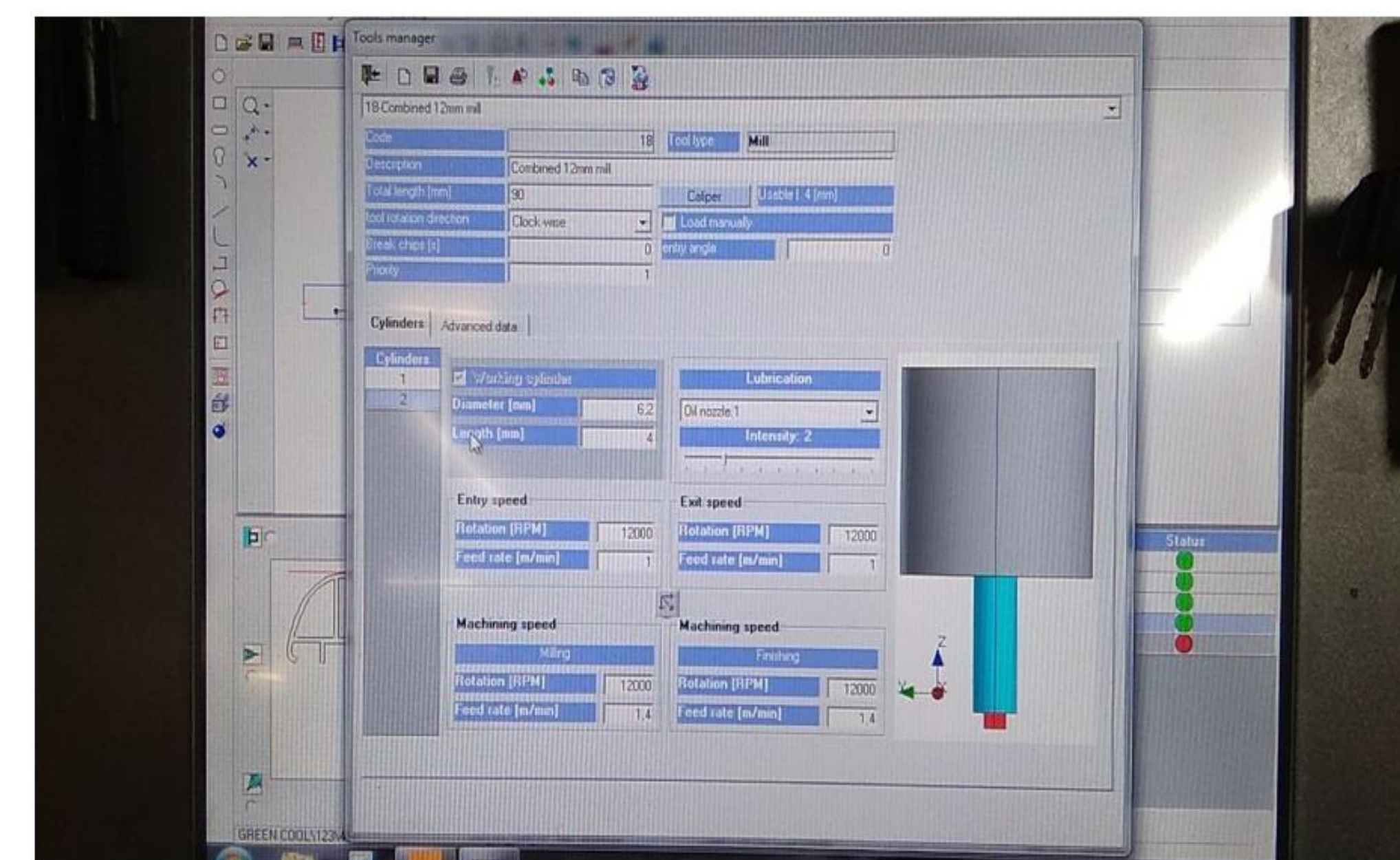


Рисунок 3.5 – Різальна частина фрези

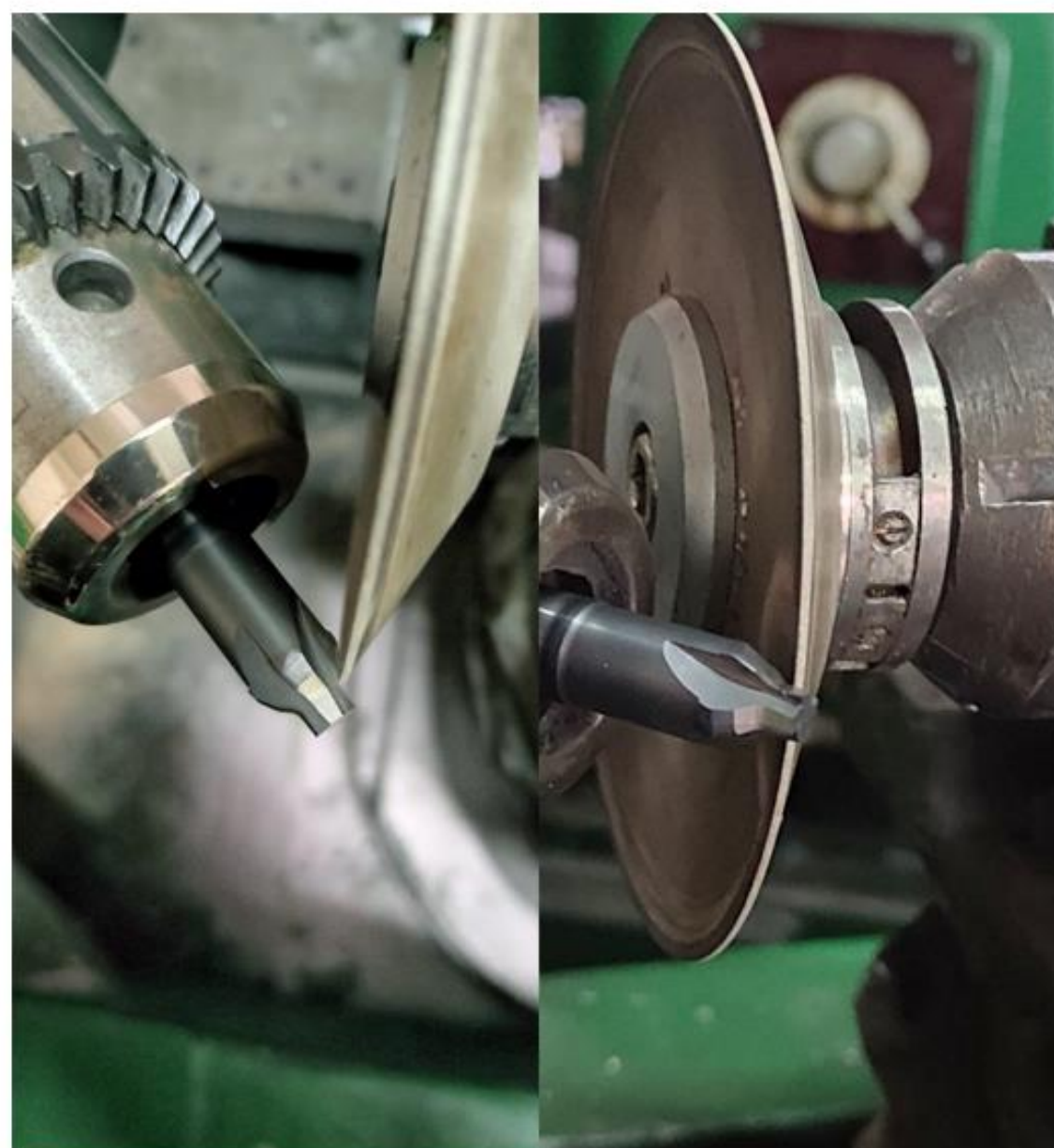


Рисунок 3.3 – Фото перехід №2

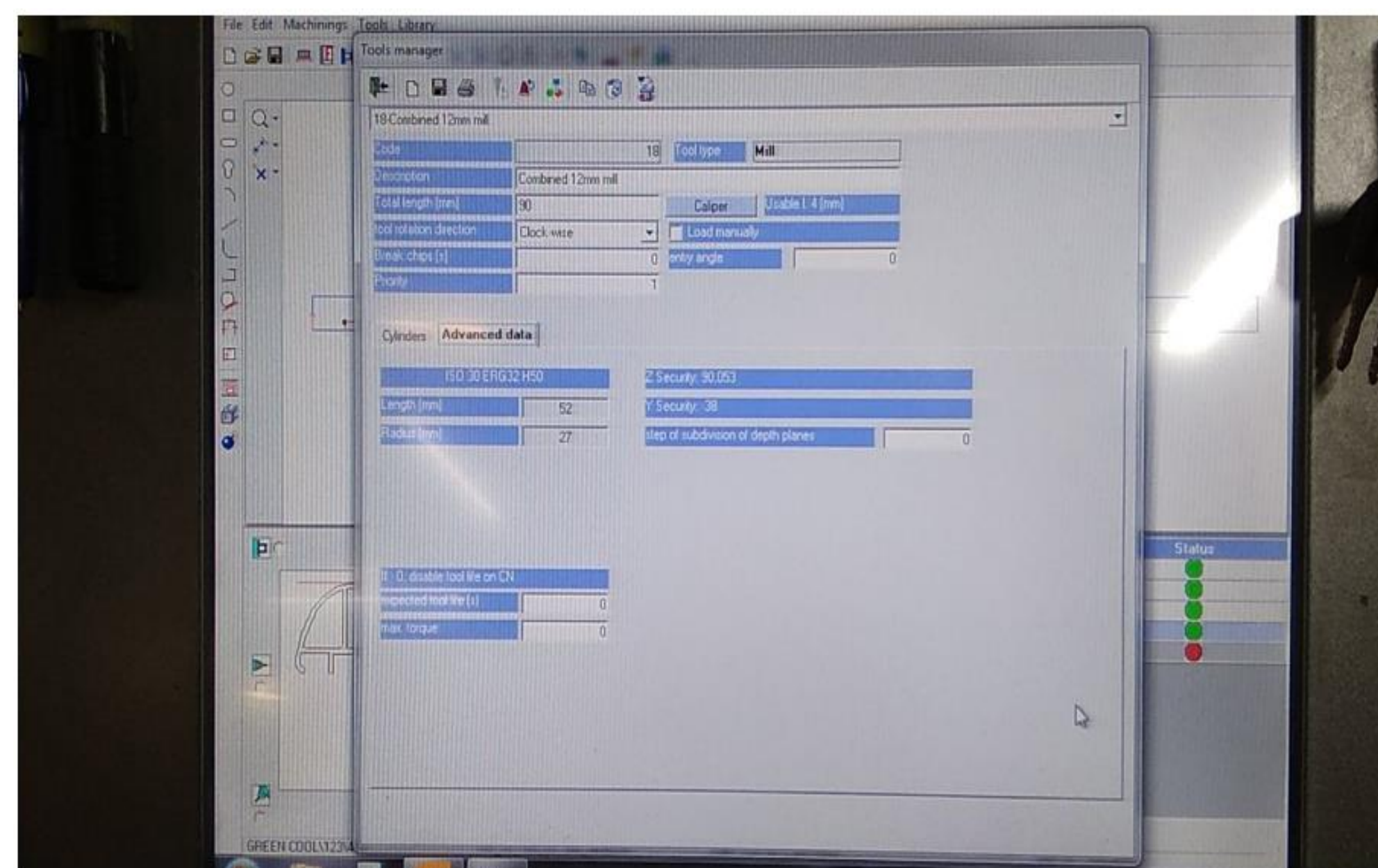


Рисунок 3.6 – Розширені дані про інструмент

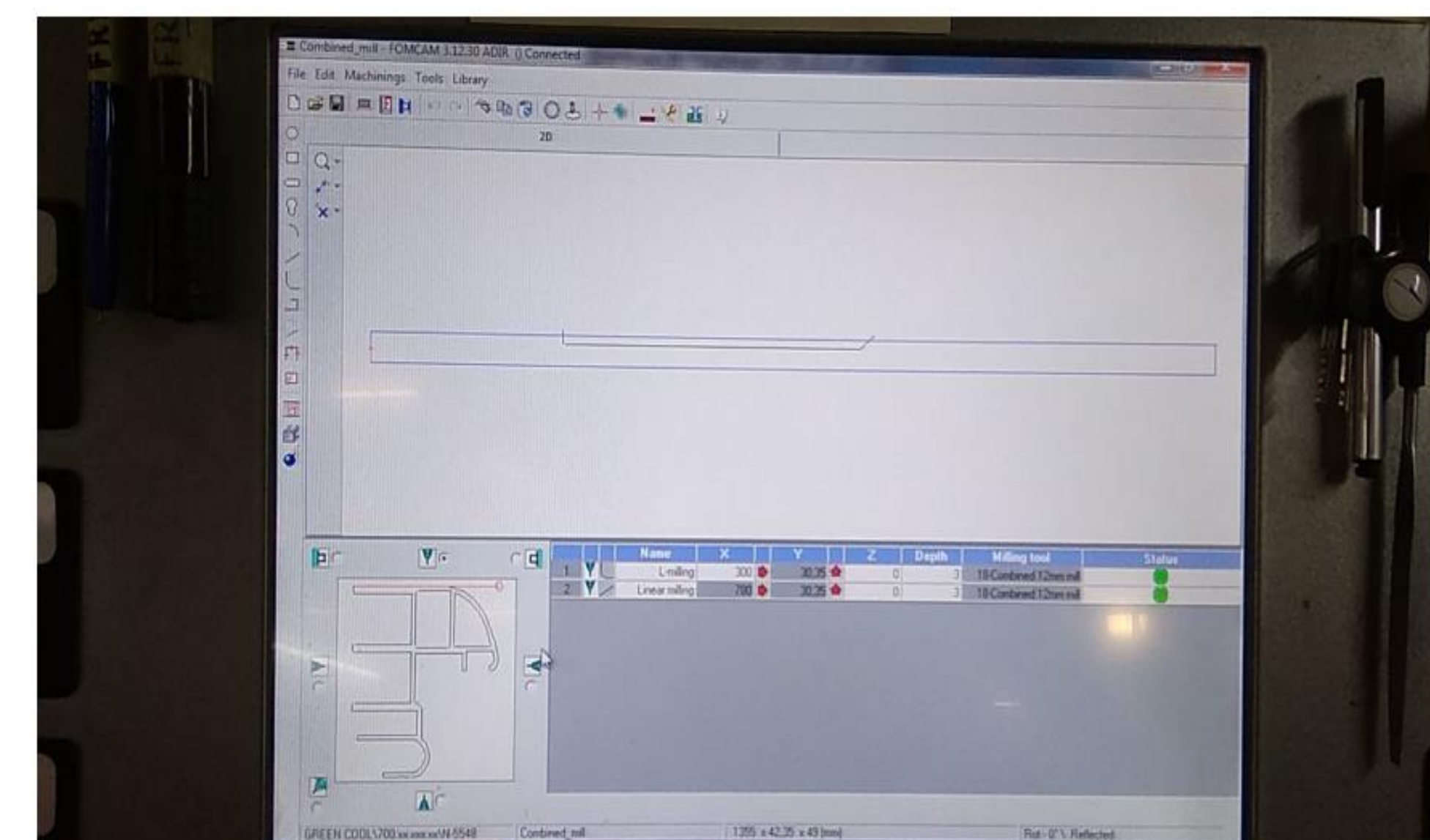


Рисунок 3.7 – Циклограма руху інструменту

4 ДОСЛІДНИЦЬКА СКЛАДОВА



Рисунок 4.1 – Паз після оброблення фрезою

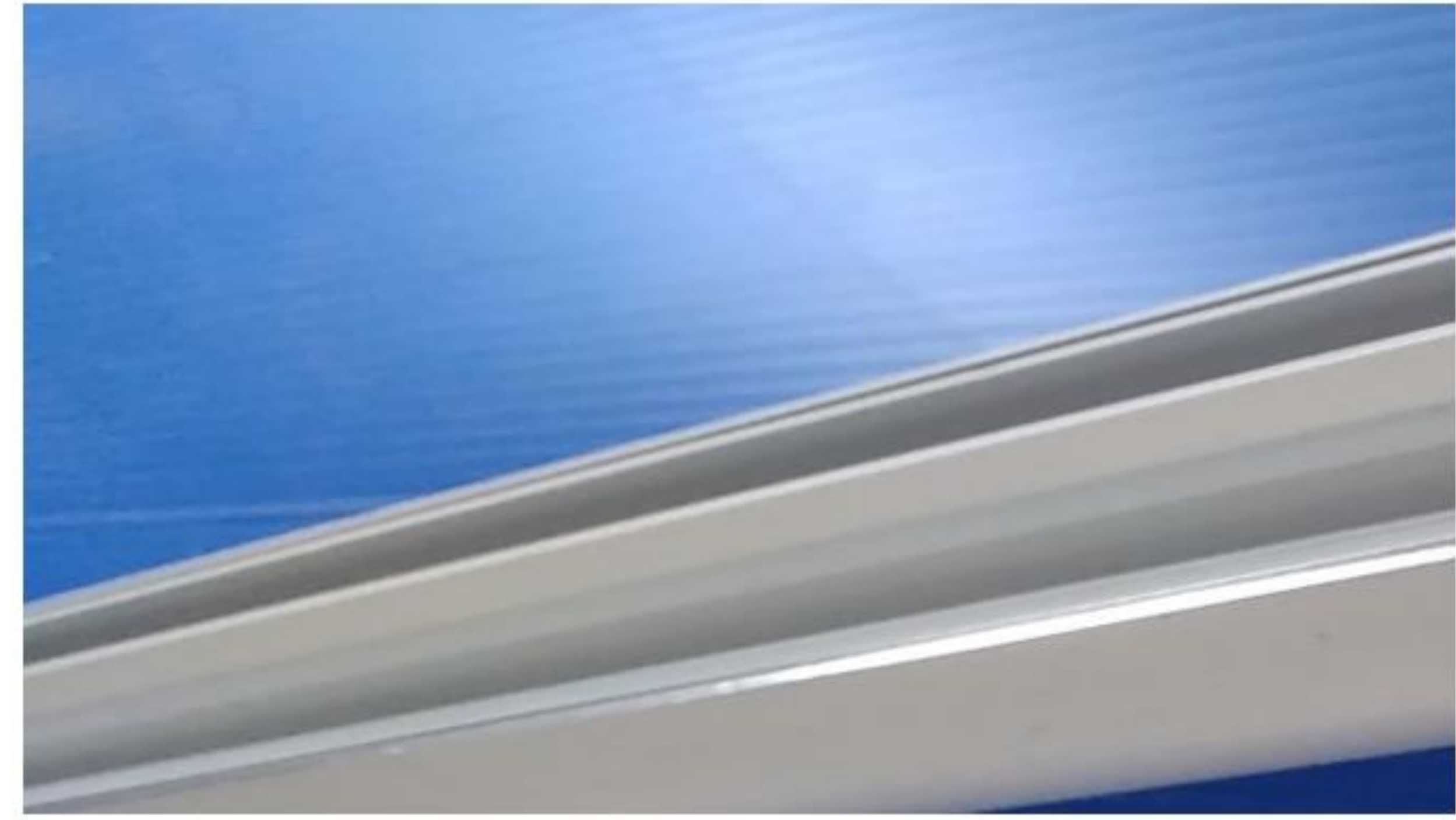


Рисунок 4.2 – Паз після оброблення фрезою комбінованою

Низька візуальна точність отриманого пазу, поверхня з явними дефектами.

Висока візуальна точність отриманого пазу, поверхня без явних дефектів.



Рисунок 4.3 – Фаска після оброблення центрівкою

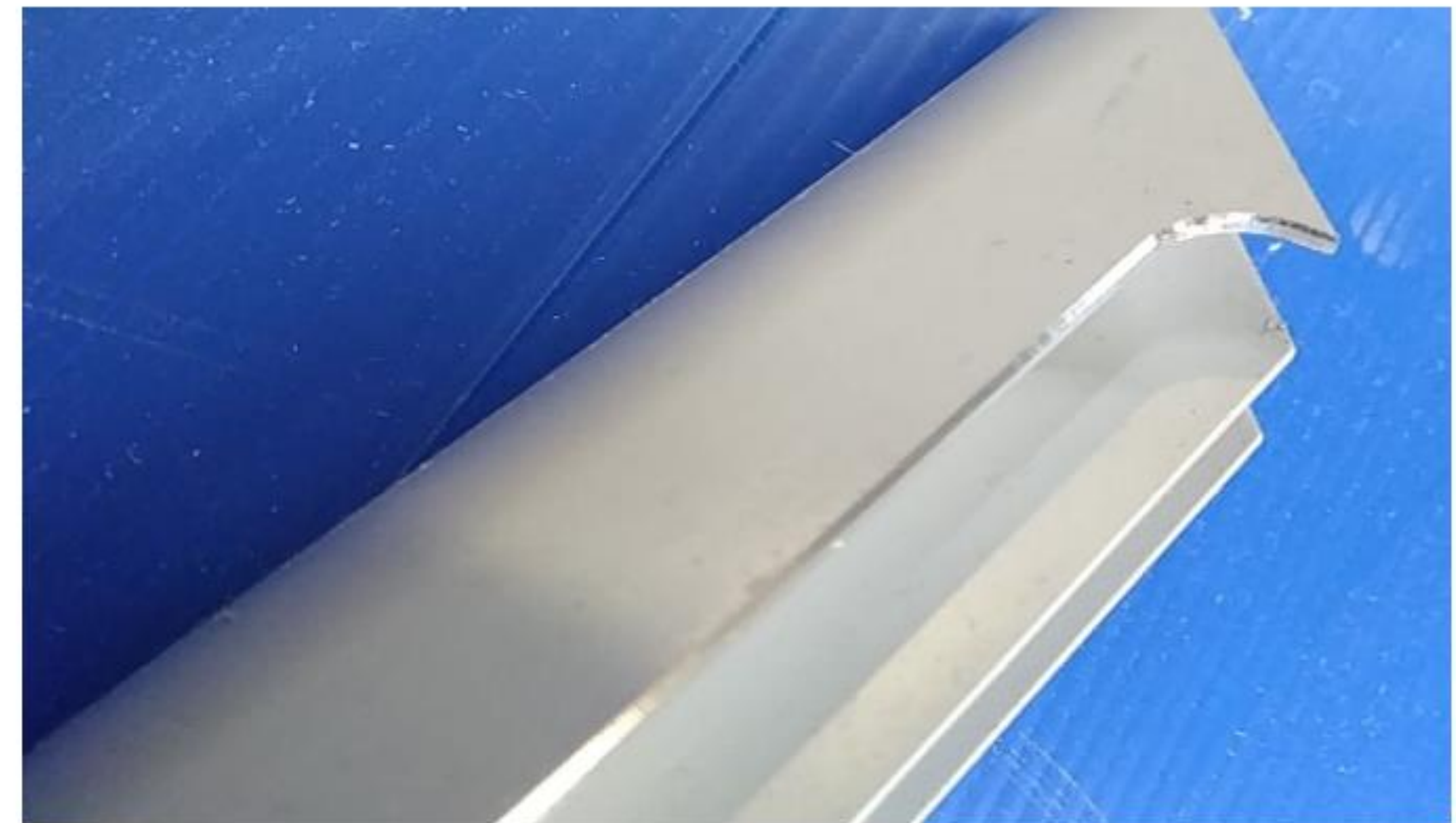


Рисунок 4.4 – Фаска після оброблення фрезою комбінованою

Низька візуальна точність отриманої фаски, поверхня з явними дефектами.

Висока візуальна точність отриманої фаски, поверхня без явних дефектів.

ВИСНОВКИ

Шлях вирішення проблеми використанням комбінованого інструмента дозволило підвищити продуктивність оброблення на 25% та покращити якість отриманої поверхні.



Фото фрези комбінованої

Дякую за увагу !