

JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

DESIGNING A REFERENCE PART FOR COMPARING TOOLS IN PLASTIC MILLING OPERATIONS

Sh. F. Torgonov

Master's student, Namangan State Technical University

A.G. Botirov

Associate Professor, Namangan State Technical University

Abstract: The comparison of conventional and innovative milling tools plays an important role in tool development and optimization of machining processes. Existing reference parts are mainly designed for metal milling operations, and their application to plastic milling is limited due to significant differences in geometric features and machining parameters. This paper presents a reference part specifically developed for plastic milling operations. The design was created using the “feature” approach in accordance with DIN 14649 and VDI 2218 standards and includes geometric elements commonly found in industrial plastic components. The proposed reference part enables systematic and representative comparison of milling tools used in plastic machining in terms of energy efficiency, surface quality, and tool life.

Keywords: modeling, fixture, milling, reference part, geometric feature method.

PLASTIK MATERIALLARNI FREZALASHDA ASBOBLARNI TAQQOSLASH UCHUN ETALON DETALNI LOYIHALASH

Sh.F. Torgonov

Namangan davlat texnika universiteti, magistri

A.G. Botirov

Namangan davlat texnika universiteti, dotsenti

Annotatsiya. Frezalash operatsiyalarida an'anaviy va innovatsion asboblarni taqqoslash asboblarni ishlab chiqish hamda texnologik jarayonlarni optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega. Mavjud etalon detallar asosan metall frezalash uchun ishlab



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

chiqilgan bo‘lib, ularni plastik materiallarga qo‘llash cheklangan, chunki geometrik elementlar va ishlov berish rejimlari sezilarli farq qiladi. Mazkur maqolada plastik frezalash operatsiyalariga mos etalon detal konstruksiyasi taklif etilgan. Konstruksiya DIN 14649 va VDI 2218 standartlariga muvofiq “feature” usuli asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, turli sanoat detallaridagi geometrik elementlarni qamrab oladi. Yangi etalon detal plastik frezalashda qo‘llaniladigan asboblarni energiya samaradorligi, sirt sifati va xizmat muddati bo‘yicha tizimli hamda reprezentativ taqqoslash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Modellashtirish, Moslama, Frezalash; Etalon detal; Geometrik elementlar usuli.

Kirish

To‘yingan bozor va buning natijasida yuzaga kelgan yuqori darajadagi raqobat ham asbob ishlab chiqaruvchilarga, ham ularning mijozlari — foydalanuvchilarga birdek ta’sir ko‘rsatadi. Asbob ishlab chiqaruvchilari sifat, funktsionallik yoki tannarx jihatidan raqobatchilaridan ajralib turish maqsadida bozorga yangi va innovatsion mahsulotlarni taqdim etsalar, foydalanuvchilar esa ushbu asboblardan imkon qadar samarali texnologik jarayonlarda foydalanishga intiladilar. Bu esa ularga raqobatchilariga nisbatan samaraliroq ishlash imkonini beradi.

Etalon detallarni qo‘llash ishlab chiqaruvchilar va foydalanuvchilarga yangi asboblarning texnologik jarayonlardagi imkoniyatlarini chuqurroq tushunish hamda ularning mavjud asboblarga nisbatan ustunliklarini baholashga yordam beradi. Bu ustunliklar, masalan, ishlov berish jarayonida energiya sarfining kamayishi, tayyorlangan detallar sirt sifatining yaxshilanishi yoki asbobning xizmat muddati uzayishi hamda buning natijasida asbobni almashtirish bilan bog‘liq to‘xtash vaqtlarining qisqarishi ko‘rinishida namoyon bo‘lishi mumkin.

Mazkur maqsadlar uchun etalon detallar avval ham ishlab chiqilgan va korxonalar tomonidan yuqorida keltirilgan vazifalar doirasida qo‘llanib kelinmoqda. Biroq, bir



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

tomondan, mavjud etalon detallar ishlov berish jarayonlarining real sharoitlarini yetarli darajada aks ettirmaydi. Amaliy ahamiyatning pastligi sababli, amalda uchraydigan ko'plab ishlov berish vazifalari ularda mavjud emas yoki faqat ma'lum bir korxonada ichki ehtiyojlari uchun ishlab chiqilgan bo'lib, boshqa holatlarga tatbiq etish imkoniyati cheklangan.

Boshqa tomondan, mavjud etalon detallar asosan metallarga kesib ishlov berish jarayonlari uchun ishlab chiqilgan bo'lib, ular geometrik elementlar hamda kesish parametrlarini o'z ichiga oladi. Biroq bunday yechimlarni plastik materiallarga ishlov berish jarayonlariga to'liq tatbiq etib bo'lmaydi, chunki ushbu jarayonlar bir qator o'ziga xos xususiyatlar bilan tavsiflanadi [2].

2. Ilmiy ma'lumotlar holati

2.1. Mavjud etalon detallar

Grode etalonni aniq geometrik shakl yoki o'lcham bo'lib, unga qarab boshqa qiymatlar solishtiriladigan mezon sifatida ta'riflaydi [3]. Etalon qiymat esa haqiqiy natijalar imkon qadar yaqin bo'lishi kerak bo'lgan maqsadli qiymat hisoblanadi [4]. Turli jarayonlar yoki uskunalarni bir-biri bilan solishtirish uchun etalonlardan foydalaniladi. Shu sababli ishlab chiqarishda ko'pincha haqiqiy detallar va ularga ishlov berish jarayonlari asosida mashina hamda asboblarning imkoniyatlari baholanadi [5].

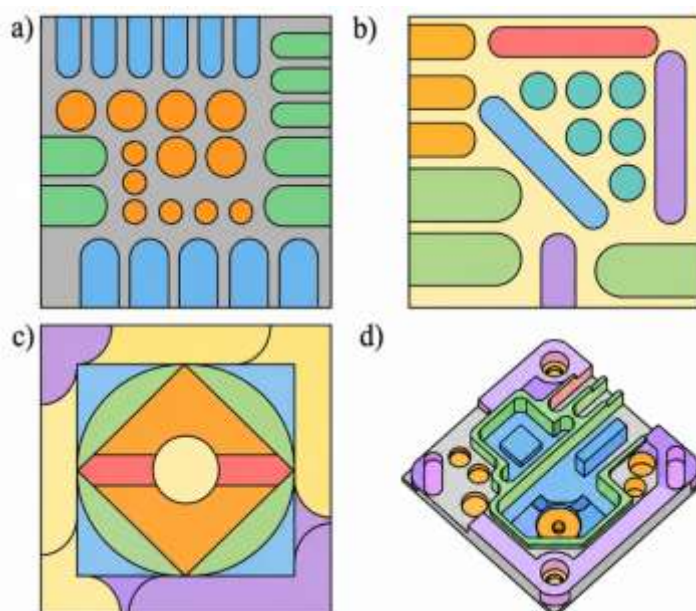
Ko'pchilik etalon detallar frezalash asboblarini yaratish va takomillashtirish uchun asbob ishlab chiqaruvchi korxonalar tomonidan ishlab chiqilgan. Ammo bu detallar odatda kam sonli kesish operatsiyalaridan iborat bo'lib, asosan ishlab chiqaruvchilarning o'z tajribasi va ichki talablariga asoslangan. Masalan, asbobning xizmat muddatini aniqlash uchun oddiy tekis yuzalarni ishlov berish sinovlari bajariladi. Lekin bunday sun'iy yaratilgan sharoitlar haqiqiy ishlab chiqarish jarayonidan ancha farq qiladi [16]. Chunki amaliyotda kesish chuqurligi, kesish kengligi va asbobning detal bilan tutashish holati doimo o'zgarib turadi [1].



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Asbob ishlab chiqaruvchilaridan tashqari, ilmiy tadqiqotlarda ham turli etalon detallar taklif qilingan. Yaponiya dastgohsozlik assotsiatsiyasi (JMTBA) [6], Behrendt va hammualliflar [7], shuningdek Vestermann va hammualliflar [1] tomonidan ishlab chiqilgan etalon detallar frezalash dastgohlarining energiya samaradorligini baholash uchun qo‘llaniladi. Vestermannning ishlanmasi ayniqsa qattiq qotishmali frezalar uchun moslashtirilgan.



1-rasm. [6] (a), [7] (b), [13] (c) va [1] (d) manbalardagi etalon detallarga misollar.

Bleyxer va hammualliflar [8] metallarga ishlov berishdagi texnologik jarayonlarning atrof-muhitga ta’sirini baholash uchun maxsus etalon detal taklif qilgan. Torens [9] esa burchakli frezalar ishlaganda hosil bo‘ladigan burilish va egilish kuchlarini o‘rganish uchun usul ishlab chiqqan. Bundan tashqari, yuqori tezlikli 3 o‘qli frezalash [10], turli frezalash strategiyalarini baholash [11][12], dastgohning aniqligi va dinamik xususiyatlarini tekshirish [13], hamda mikrofrezalash jarayonlari [14][15] uchun ham etalon detallar mavjud.

2.2. Plastik materiallarga ishlov berishdagi qiyinchiliklar



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Hozirgacha ishlab chiqilgan etalon detallar asosan metallarga ishlov berish uchun mo'ljallangan. Plastik materiallarni frezalash esa metall frezalashdan ancha farq qiladi va o'ziga xos xususiyatlarga ega. Hozircha aynan plastiklarga ishlov berish uchun maxsus yaratilgan etalon detallar mavjud emas.

Plastik materiallar ko'pincha quyish yoki ekstruziya kabi usullar bilan tayyorlanadi. Shunga qaramay, ayrim hollarda ularga mexanik ishlov berish zarur bo'ladi. Masalan, qolipdan chiqqan detallarni qayta ishlashda, kichik partiyalarda mahsulot ishlab chiqarishda yoki murakkab shaklli buyumlar tayyorlashda frezalash ishlari bajariladi [17].

Plastiklarning mustahkamligi metallarga qaraganda past bo'lgani sababli, ishlov berishda talab qilinadigan kesish kuchi ham kichikroq bo'ladi [18]. Eng katta farq esa issiqlik bilan bog'liq xususiyatlarda ko'rinadi. Plastiklar issiqlikni yomon o'tkazadi, shu sababli kesish jarayonida hosil bo'lgan issiqlik asosan asbob orqali chiqadi. Bu esa kesuvchi qirraning tezroq yeyilishiga olib keladi.

Sovitish uchun ko'pincha siqilgan havo ishlatiladi, chunki ayrim plastik materiallar suv yoki emulsiyalar ta'sirida shishib ketishi mumkin [19]. Ishlov paytida hosil bo'ladigan yuqori harorat detal sifatiga ham salbiy ta'sir qiladi. Haroratga chidamliligi past bo'lgan plastiklar yumshab ketadi, surtmalanish hosil qiladi va o'lcham aniqligini yo'qotadi [17].

Shu sababli plastik materiallarni frezalashda yuqori aylanish tezligi va katta surish tezligi qo'llaniladi. Bu issiqlikning ko'proq qismi qirindi orqali chiqib ketishini ta'minlaydi va asbobning qizib ketishini kamaytiradi [2].

Tolalar bilan mustahkamlangan plastik materiallarni frezalash jarayoni ishlov berishda yanada murakkab muammolarni yuzaga keltiradi [20]. Biroq ushbu maqolada bu masala ko'rib chiqilmaydi.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Shu sababli metall frezalash uchun ishlab chiqilgan mavjud etalon detallarni plastik materiallarni frezalash jarayonlariga to'liq qo'llash mumkin emas deb hisoblanadi. Mazkur maqolada tavsiflangan yangi etalon detal aynan shu bo'shliqni to'ldirish maqsadida ishlab chiqilgan.

3. Etalon detalni yaratish yondashuvi va konstruksiyasi

3.1. Boshlang'ich holat

Ishlab chiqilgan etalon detal plastik materiallarga ishlov berishda qo'llaniladigan har qanday materialdan tayyorlangan uchli frezalarni, masalan qattiq qotishmali yoki tezkesuvchi po'lat frezalarni o'zaro taqqoslash uchun mo'ljallangan. Tadqiqot davomida asbobning xizmat muddati, sirt sifati, tebranish ko'rinishidagi dinamik holati hamda energiya samaradorligi kabi ko'rsatkichlar o'rganilishi mumkin.

Tadqiqotda yaxlit zagotovkadan detal tayyorlash jarayoni asosiy holat sifatida qabul qilingan. Ya'ni oldindan quyilgan yoki boshqa usulda tayyorlangan detallarni keyinchalik qayta ishlash bu etalon detal tarkibiga kiritilmagan.

Etalon detal amaliyotda ko'p uchraydigan ishlov berish operatsiyalari va geometrik shakllarni imkon qadar real holatda aks ettirishi kerak. Shu sababli tanlangan parametrlar ishlab chiqarishdagi haqiqiy sharoitlarga yaqin qilib olingan hamda plastik materiallarga ishlov berish bilan shug'ullanuvchi korxonalarining tajribasi ham hisobga olingan.

Bundan tashqari, tadqiqot natijalariga ishonch yuqori bo'lishi uchun tushunarli va aniq yondashuv tanlanishi muhim hisoblanadi [21]. Ayniqsa mexanik ishlov berish sohasida yangi ilmiy natijalar ishlab chiqarishga sekin joriy qilinadi. Shu sababli yondashuv obyektiv, tekshiriladigan, ishonchli va mantiqiy bo'lishi kerak [22]. Bu esa ishlab chiqilgan etalon detalni keng foydalanuvchilar doirasida qo'llash imkonini beradi.

3.2. Geometrik elementlar usuli (Feature Method)

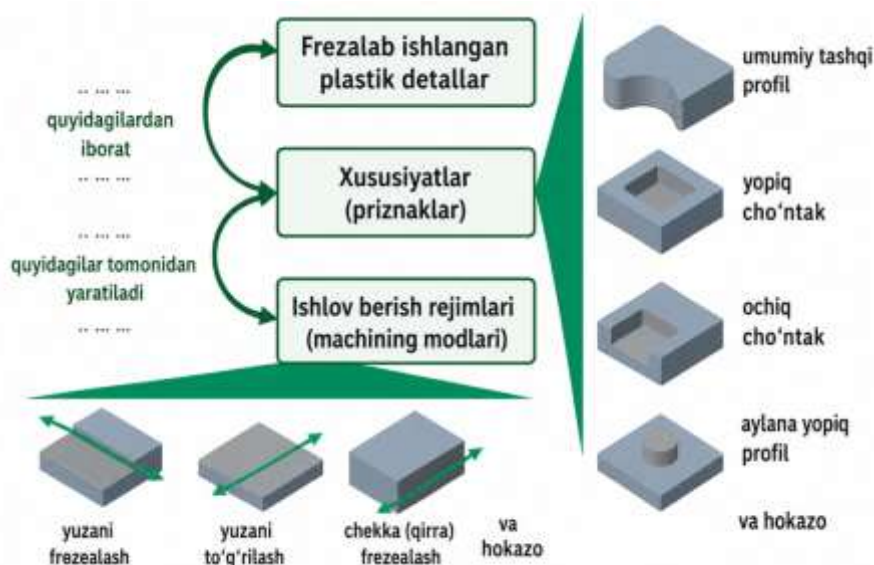


JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

2.2-bo‘limda keltirilgan plastiklarga ishlov berish xususiyatlari sababli, plastik detallarda hosil qilinadigan geometrik shakllar metall detallarnikidan sezilarli darajada farq qiladi deb hisoblanadi. Buni isbotlash va etalon detalda aks ettirish uchun “Feature Technology” — geometrik elementlar usuli tanlangan.

Feature — bu geometrik shakllar va ularning ma’noli tavsiflarini birlashtiruvchi element sifatida qaraladi [23]. Ushbu usul yordamida amaliyotdagi real detallar tarkibidagi shakllar aniq geometrik elementlarga ajratiladi va ular asosida etalon detal loyihalanadi. Ushbu texnologiya VDI 2218 [23], ISO 14649-10:2004(E) [24] hamda ISO 14649-11:2004(E) [25] standartlariga asoslanadi. Bundan tashqari, bu yondashuv boshqa ilmiy ishlarda ham qo‘llangan bo‘lib, samarali usul sifatida tan olingan [26][27][28][29].



2-rasm. “1 va 26 manbalarga muvofiq qo‘llanilgan xususiyatlar texnologiyasi yondashuvining sxemasi.”

Tanlangan usul asosida mavjud plastik frezalangan real detallar tahlil qilinib, ular cho‘ntaklar (pocket), ariqchalar (slot) yoki tashqi profil kabi geometrik elementlarga ajratildi. Ushbu elementlar ISO 14649-10:2004(E) standartida belgilangan. Keyinchalik



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

ular yuzaki frezalash yoki chetki frezalash kabi standart ishlov berish usullari bo'yicha guruhlarga ajratildi. 2-rasmda ushbu usulning ishlash ketma-ketligi ko'rsatilgan.

Umumiy hisobda 10 ta haqiqiy plastik detal tanlab olingan va etalon detalning geometrik shakli aynan ular asosida yaratilgan. Etalon detal turli sohalarda qo'llanishi uchun tanlangan detallar turli korxonalar va sanoat yo'nalishlaridan olingan. Bular qatoriga tibbiyot texnikasi, avtomobilsozlik va maxsus mashinasozlik kiradi.

Detallarning geometrik shakli bilan birga yil davomida ishlab chiqariladigan hajm, ishlatiladigan material, qo'llanilgan asboblarning, shpindel aylanish tezligi (n), surish tezligi (v_f), kesish kengligi (a_e) va kesish chuqurligi (a_p) kabi parametrlar ham hisobga olingan.

3.3. Tahlil natijalari va etalon detal konstruktsiyasi

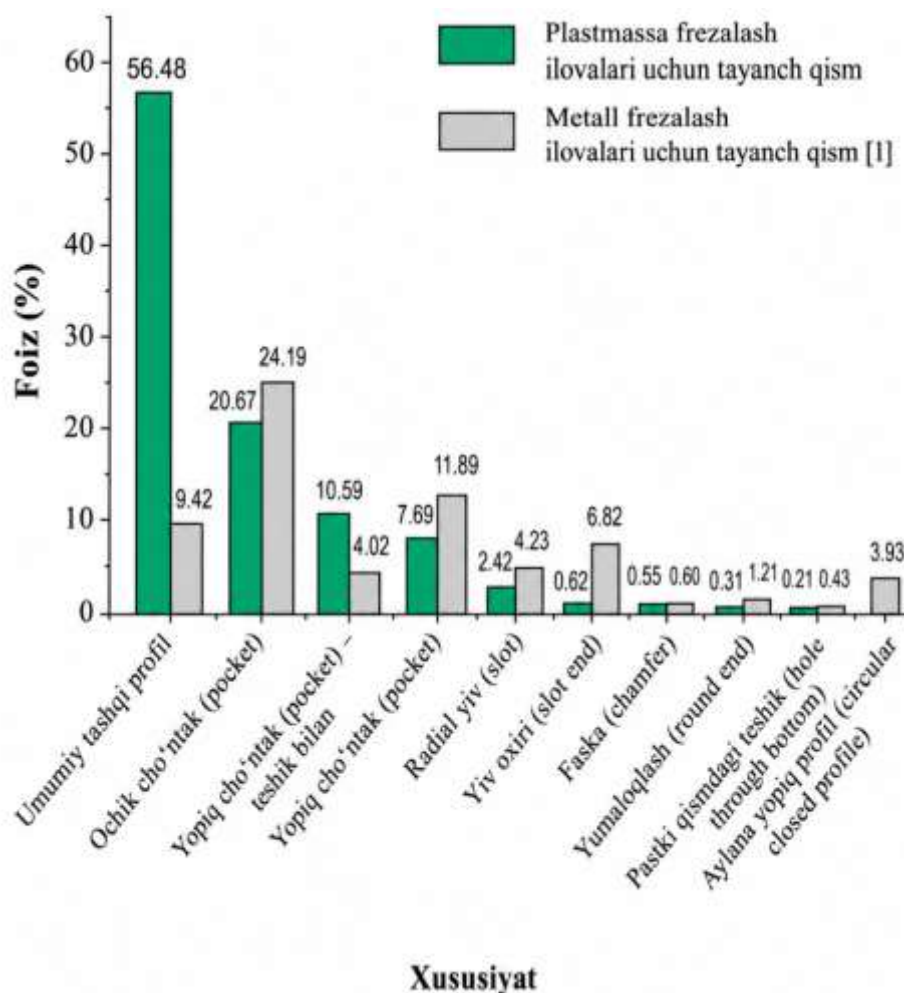
Tahlil qilingan detallarning ishlov berish jarayonlarini alohida geometrik elementlarga ajratish natijasida jami 13 xil element turi aniqlangan. Ushbu elementlarni etalon detalga real sharoitga yaqin holda joylashtirish uchun detallarni ishlab chiqarish hajmi ham hisobga olingan. Shu asosda elementlarning uchrash foizi aniqlangan.

Taqqoslash mezonini sifatida har bir geometrik element uchun yil davomida ishlov beriladigan material hajmi qabul qilingan. Bu qiymatlar texnik chizmalar va CAD modellar yordamida hisoblab chiqilgan. 3-rasmda eng ko'p uchraydigan 10 ta geometrik elementning foiz ko'rsatkichlari tasvirlangan. Shuningdek, Vestermann [1][26] tomonidan metall frezalash uchun o'tkazilgan tadqiqot natijalari bilan ham solishtirish berilgan.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026



3-rasm. Yillik mexanik ishlov berish hajmi asosida xususiyat sinflarining ulushi.

Natijalarga ko‘ra, umumiy tashqi profil elementi 56,48 % ulush bilan eng katta hajmni tashkil qilgan. Bu metallarga ishlov berishdagi natijalardan sezilarli darajada farq qiladi, chunki metall frezalashda tashqi profilning ulushi atigi 9,42 % ni tashkil etadi. Ikkinchi eng ko‘p uchraydigan element — ochiq cho‘ntak (open pocket) bilan birgalikda ular yil davomida ishlov beriladigan umumiy hajmning 77,15 % qismini tashkil qiladi.

Eng ko‘p uchraydigan geometrik elementlar yil davomida ishlov beriladigan umumiy hajmning 95,43 % qismini tashkil qilgan. Metall frezalashda esa eng ko‘p



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

uchraydigan to'rtta element umumiy hajmning atigi 64,47 % qismini egallaydi. Metall frezalashda keng uchraydigan yopiq to'rtburchak profil va umumiy shaklli profil kabi elementlar plastik frezalash detallari tarkibida umuman uchramagan.

Yana bir sezilarli farq yumaloq uchli ariqcha (radiused slot end) elementida kuzatilgan. Ushbu element plastik frezalashda atigi 0,62 % ulushga ega bo'lsa, metall frezalashda uning ulushi 6,82 % ni tashkil qilgan. Bu natijalar plastik va metall frezalash jarayonlari o'rtasidagi katta farqni ko'rsatadi.

Shundan so'ng etalon detal uchun material tanlangan. Buning uchun tadqiqot loyihasi doirasida plastikalarga ishlov beruvchi korxonalar orasida so'rovnoma o'tkazilgan. Germaniyada faoliyat yurituvchi jami 207 ta korxonaga murojaat qilingan. Ularning 37 tasi javob bergan bo'lib, bu 17,87 % javob qaytish ko'rsatkichini tashkil etgan.

So'rovda qatnashgan korxonalarining 67,57 % qismi POM-C (polioximetilen conolimer) termoplastik materialiga tez-tez ishlov berishini bildirgan. Keyingi o'rinlarda PE (polietilen) va PU (poliuretan) materiallari qayd etilgan bo'lib, ularning har biri 43,24 % ni tashkil qilgan.

Etalon detal shaklini yaratishda foydalanilgan 10 ta real detal orasida POM-C materiali asosiy o'rinlardan birini egallagan. Undagi ishlov berilgan hajm ulushi 23,60 % bo'lib, bu PBT (polibutilen tereftalat) materialidan keyingi ikkinchi eng yuqori ko'rsatkich hisoblangan. So'rovnoma natijalari va amaliy detallardagi ulushi yuqori bo'lgani sababli POM-C etalon detal materialini sifatida tanlangan.

Keyingi bosqichda etalon detal uchun boshlang'ich zagotovka aniqlangan. Asosiy shakl o'lchamlari 200 mm × 180 mm × 40 mm bo'lgan to'g'ri to'rtburchak prizma ko'rinishida tanlangan. Bu o'lchamlar umumiy tashqi profil elementining katta ulushiga mos ravishda belgilangan. Shu orqali katta hajmdagi material olib tashlangandan keyin



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

ham detalning qolgan qismi mustahkam holatda saqlanishi va plastik materialning past mustahkamligi sababli deformatsiyalanib ketmasligi ta'minlangan.

Etalon detalni tayyorlashda umumiy materialning 60 % qismini kesib olib tashlash belgilangan. Zagotovkaning boshlang'ich hajmi 1 440 000 mm³ bo'lgani uchun olib tashlanadigan material hajmi 864 000 mm³ ni tashkil etgan. Geometrik elementlar detal ichiga shunday joylashtirilganki, ularning hajm ulushi amaliyotda uchraydigan nisbatlarga mos keladi.

Shuningdek, detalni ishlab chiqarishda oldin ishlov berilgan yuzalarni qayta buzib yubormaslik ham hisobga olingan. Bu esa keyinchalik har bir geometrik elementning o'lcham aniqligi, shakl aniqligi va sirt sifatini alohida tekshirish imkonini beradi. Ishlab chiqilgan etalon detal va undagi geometrik elementlar 4-rasmda ko'rsatilgan.

4-rasmda keltirilgan barcha o'lchamlar diametri 16 mm bo'lgan freza uchun moslashtirilgan. Biroq boshqa diametrdagi asboblarda uchun ham masshtablash mumkin. Lekin bunda kesish kuchi, elektr quvvati yoki jarayon tebranishlari kabi o'lchanadigan kattaliklar kichiklashgani sababli ularni aniq o'lchash qiyinlashadi.

1-jadvalda har bir geometrik element uchun tavsiya etilgan kesish rejimlari keltirilgan bo'lib, ular tanlangan 10 ta amaliy detal hamda asbob ishlab chiqaruvchilar tavsiyalari asosida aniqlangan.

Shpindelning doimiy aylanish tezligi $n = 4\ 800$ ayl/min va surish tezligi $v_f = 1\ 800$ mm/min bo'lgandagi tayanch detal uchun ishlov berish parametrlariga misollar.

1-jadval

Xususiyat	Ishlov berish rejimi	Kesish chuqurligi [mm]	Kesish kengligi [mm]
Umumiy tashqi profil	Yelka / qirra frezalash	4.00	4.80
Pog'ona (step)	Yelka frezalash	5.00	8.00



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Yopiq cho‘ntak	Aylana bo‘ylab parmalash / Paz frezalash / Yelka frezalash	4.00	4.80
Tubi tekis yumaloq teshik	Chuqur kirib frezalash (Plunge milling)	1.00	16.00
Pazning halqali oxiri	Paz frezalash	0.50	16.00
Radiusli paz oxiri	Paz frezalash	5.00	16.00
Faska	Faska ochish	4.00	8.00
Aylana yopiq profil	Aylana bo‘ylab parmalash / Qirra frezalash	1.00	1.90
Ochiq cho‘ntak	Paz / Yelka frezalash	4.00	4.80
Pastki qismigacha o‘tuvchi teshik	Parmalash	1.00	16.00
Tubigacha o‘tuvchi yopiq cho‘ntak	Aylana bo‘ylab parmalash / Paz frezalash / Yelka frezalash	4.00	4.80
Yumaloqlashtirilgan qirra	Yelka frezalash	4.00	5.00

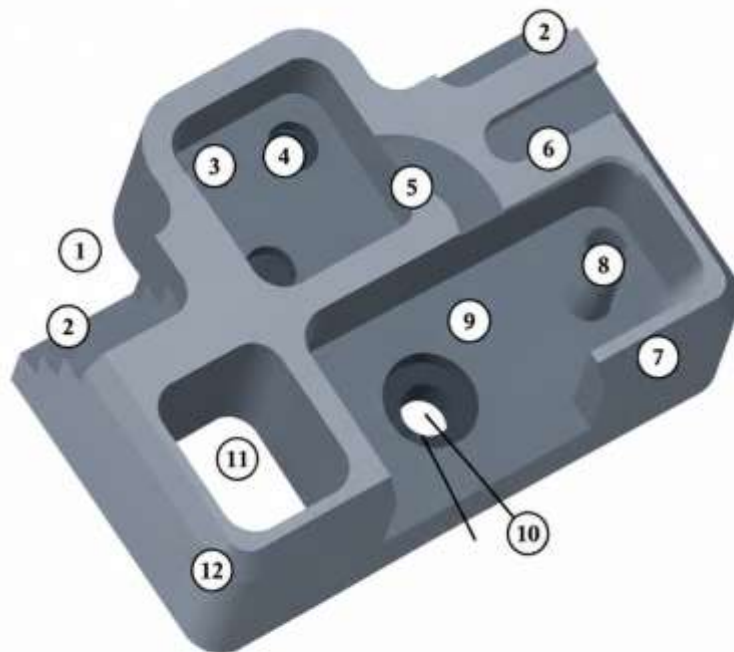
4. Taklif etilgan dizaynni tekshirish (verifikatsiya)

Ishlab chiqilgan etalon detalni tekshirish maqsadida u ikki xil asbob yordamida frezalandi va jarayon davomida hosil bo‘ladigan kuchlar, detal yuzasining sifati hamda asbob yeyilishi baholandi. Tajribada diametri 16 mm bo‘lgan ikki xil qattiq qotishmali uchli freza ishlatildi: bir kirishli (1 tig‘li) va uch kirishli (3 tig‘li) freza.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026



- ① – umumiy tashqi profil
- ② – pog'ona (step)
- ③ – yopiq cho'ntak
- ④ – tubi tekis yumaloq teshik
- ⑤ – pazning halqali oxiri
- ⑥ – radiusli paz oxiri
- ⑦ – faska
- ⑧ – aylana yopiq profil
- ⑨ – ochiq cho'ntak
- ⑩ – pastki qismigacha o'tuvchi teshik
- ⑪ – tubi gacha o'tuvchi yopiq cho'ntak
- ⑫ – yumaloqlashtirilgan qirra

4-rasm. Platmassaga ishlov berishda asboblari va jarayonlarni qiyosiy tadqiq qilish uchun tayanch detal.

Jarayon davomida hosil bo'ladigan kesish kuchlari pro-micron firmasining "spike" turidagi sensorli asbob ushlagichi yordamida o'lchandi.

Detal yuzasining sifati va freza asboblarning yeyilishi Keyence VR5200 3D profilometri yordamida aniqlangan. Ishlov berishda qo'llangan dastgoh sozlamalari va texnologik parametrlar 1-jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida belgilangan.

2-jadvalda o'lchangan kesish kuchlari natijalari keltirilgan. Bunda torsion moment (MT) qiymati har bir geometrik elementni ishlov berish vaqti bo'yicha integrallangan va taqqoslash uchun umumiy ko'rsatkich sifatida qabul qilingan.

Har bir xususiyat uchun o'lchangan burama momenti MT

2-jadval.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Xususiyat	Bir tig'li uch freza uchun MT [Nm·s]	Uch tig'li uch freza uchun MT [Nm·s]	Δ [%]
Umumiy tashqi profil	285.54	347.31	21.63
Pog'ona (step)	10.75	13.55	26.03
Yopiq cho'ntak	25.52	25.71	0.75
Tubi tekis yumaloq teshik	1.57	1.66	5.60
Pazning halqali oxiri	0.22	0.26	20.18
Radiusli paz oxiri	0.93	1.12	20.92
Faska	3.31	3.48	5.08
Aylana yopiq profil	10.19	8.68	-
			14.83
Ochiq cho'ntak	70.47	71.11	0.91
Pastki qismigacha o'tuvchi teshik	1.65	1.69	2.53
Tubigacha o'tuvchi yopiq cho'ntak	38.93	44.55	14.44
Yumaloqlashtirilgan qirra	9.95	11.52	15.77

3-jadvalda esa sirt sifatini o'lchash natijalari berilgan. Taqqoslash mezonini sifatida sirtning o'rtacha arifmetik balandligi (S_a) ko'rsatkichi ishlatilgan.

Har bir xususiyat uchun o'lchangan yuzaviy arifmetik o'rtacha balandlik

S_a

3-jadval.

Xususiyat	Bir tig'li uch freza uchun S_a [μm]	Uch tig'li uch freza uchun S_a [μm]	Δ [%]
-----------	---	---	----------



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Umumiy tashqi profil	5.33	2.76	-	48.26
Pog'ona (step)	7.53	3.22	-	57.22
Yopiq cho'ntak	4.15	3.23	-	22.27
Tubi tekis yumaloq teshik	9.34	13.54	45.08	
Pazning halqali oxiri	5.46	8.10	48.49	
Radiusli paz oxiri	8.81	13.32	51.25	
Faska	8.15	3.19	-	60.89
Aylana yopiq profil	8.01	5.24	-	34.55
Ochiq cho'ntak	6.69	4.08	-	39.05
Pastki qismigacha o'tuvchi teshik	2.35	1.92	-	18.37
Tubigacha o'tuvchi yopiq cho'ntak	5.29	2.36	-	55.41
Yumaloqlashtirilgan qirra	11.96	8.81	-	26.30

Ko'rinadiki, bir tig'li (single-flute) freza ko'p sonli geometrik elementlar uchun umumiy kesish kuchini pastroq qiymatda hosil qiladi. Buning sababi shundaki, bu asbobda kesuvchi qirra ishlamaydigan (bo'sh) fazalar uch tig'li frezaga qaraganda uzoqroq davom etadi.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Biroq bundan “turg‘un” holat mavjud: burg‘ulab-yoyma (drill circular milling) ishlov berish rejimi. Bu holat ayniqsa yumaloq yopiq profil elementi hamda yopiq cho‘ntaklarni ishlashda yaqqol ko‘rinadi, chunki bunda asbob detal ichiga aylana bo‘ylab kirib boradi.

Sirt sifati bo‘yicha (S_a) qiymatlarida esa aksincha holat kuzatiladi: kesuvchi qirradi ishga kirmaydigan bo‘sh fazalar bir tig‘li frezada sirt sifatini yomonlashtiradi. Ya‘ni sirt qo‘polroq chiqadi.

Bundan faqat ayrim holatlar mustasno: “yumaloq teshik — tekis tubli” (round hole flat bottom) elementi, chunki bu yerda sirt frezaning yuzaki kesuvchi qirradi bilan hosil bo‘lgan (teshik orqali o‘tuvchi holatda esa ichki yon sirt o‘lchangan).

Yana bir istisno holat — ikki uchli ariqcha (slot end) elementlari bo‘lib, bu yerda kesish kengligi ($a_e = 16.00$) mm bo‘lgani uchun kesuvchi qirraning ishlamaydigan fazalari ancha kamayadi.

Bundan tashqari, etalon detal bir marta ishlov berilgandan keyin ikkala asbobda ham sezilarli yeyilish belgilari aniqlanmagan.

O‘tkazilgan tekshiruv natijalariga asoslanib shuni aytish mumkinki, ustuvor maqsad ko‘rsatkichiga qarab, har xil ish holatlari uchun qaysi freza turini tanlash maqsadga muvofiqligini baholash mumkin.

5. Xulosa va istiqbollar

Xulosa qilib aytganda, ushbu maqolada plastik materiallarni frezalash jarayonlarida asboblar va texnologik jarayonlarni taqqoslash uchun ishlatiladigan etalon detal muvaffaqiyatli ishlab chiqilgani bayon etildi. Geometrik elementlar usuli (feature technology)dan foydalanish orqali etalon detal amaliyotda uchraydigan real ishlov berish holatlariga, ya‘ni geometrik shakllar hamda jarayon va kesish parametrlariga yaqin qilib loyihalandi.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

Tavsiflangan etalon detal diametri 16 mm bo'lgan uchli frezalar uchun moslashtirilgan bo'lib, uni boshqa diametrlar uchun ham osongina masshtablash mumkin. Bu esa uning qo'llanish sohasini kengaytiradi. Shuningdek, loyihalash jarayonida barcha geometrik elementlar ishlov berishdan keyin ham buzilmaydigan qilib tanlangan. Bu esa har bir elementning sirt sifati va boshqa xususiyatlarini keyinchalik alohida tahlil qilish imkonini beradi.

Tekshiruv jarayonida etalon detal bir tig'li va uch tig'li frezalar yordamida ishlov berildi. Jarayon kuchlari, sirt sifati va asbobning xizmat muddati kabi asosiy ko'rsatkichlar asosida qaysi asbob qaysi sharoitda ustun ekanligi aniqlandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, asbob tanlovi geometrik element turiga va ustuvor baholash mezoniga bog'liq holda farqlanadi.

Kelgusida ushbu etalon detal asosida turli xil asboblarni yanada chuqurroq taqqoslash mumkin. Jumladan, yangi innovatsion frezalar ularning geometrik shakli, materiali yoki qoplama tizimi bo'yicha baholanishi mumkin. Bundan tashqari, etalon detal mavjud texnologik jarayonlarni optimallashtirish yoki yangi jarayonlarni ishlab chiqishda ham taqqoslash bazasi sifatida xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- 1) Westermann HH, Kafara M, Steinhilper R. Development of a reference part for the evaluation of energy efficiency in milling operations. Proceedings of the 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing; 2015. p. 521-526.
- 2) Hopman C, Michaeli W. Einführung in die Kunststoffverarbeitung. 8th ed. Munich: Hanser; 2017.
- 3) Grode HP. Toleranzen und Passungen. In: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Published by: Klein – Einführung in die DIN-Normen. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: B. G. Teubner; 2001. p. 275–299.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

4) Grode HP. Qualitätsmanagement, Statistik und Messtechnik. In: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Published by: Klein – Einführung in die DIN-Normen. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: B. G. Teubner; 2001. p. 315–337.

5) Müller-Kulmann W. Energieverbrauchskennzeichnung. Köln: Bundesanzeiger Verlagsges. mbH; 1998. [6] Japanese Industrial Standards Committee. TS B 0024-1 2010: Machine tools - Test methods for electric power consumption: Part 1: Machining centers. JIS 0024-1: Japanese Industrial Standard. Tokyo; 3/2010.

6) Behrendt T, Zein A, Min S. Development of an energy consumption monitoring procedure for machine tools. In: CIRP Annals – Manufacturing Technology 61. Elsevier; 2012.

7) Bleicher F, Wagner, FX, Lauwers B et al.. Economical & Ecological Cutting - Final Report, ecoplus. St. Pölten: The Business Agency of Lower Austria; 2013.

8) Thorenz, B. Entwicklung eines Schafteckfräasers mit Leichtbau-Innenkern zur schwingungsreduzierten Fräsbearbeitung. Universität Bayreuth, PhD thesis. Bayreuth: Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik; 2021.

9) VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik. Entwurf der VDI/NCG Richtlinie 5211-1: Prüfrichtlinien und Prüfwerkstücke für hochdynamische Bearbeitungen (HSC) – Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren für 3-Achs-Bearbeitung. Berlin: Beuth; 2013.

10) Diaz N, Ninomiya K, Noble J, Dornfeld D. Environmental impact characterization of milling and implications for potential energy savings in industry. In: Procedia CIRP, Vol. 1, 5th CIRP Conference on High Performance Cutting 2012. Elsevier B.V.; 2012. p. 518-523.

11) Haag H. Eine Methodik zur modellbasierten Planung und Bewertung der Energieeffizienz in der Produktion, Universität Stuttgart, PhD Thesis. In: Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung Band 11. Stuttgart: Fraunhofer Verlag; 2013.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

- 12) Weck M, Brecher C. Werkzeugmaschinen 5 – Messtechnische Untersuchung und Beurteilung, dynamische Stabilität. 7th ed. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006.
- 13) Poboźniak J., Algorithm for ISO 14649 (STEP-NC) Feature Recognition. Cracow, Management and Production Engineering Review; 2013.
- 14) Verein Deutscher Ingenieure VDI/NCG 5211-3, Prüfwerkstücke für Werkzeugmaschinen - Part 3: Fräsen - Mikrobearbeitung. Düsseldorf, VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik; 2012.
- 15) Flore J. Optimierung der Genauigkeit fünffachsiger Werkzeugmaschinen. Aachen, Rheinisch-Westfälischen Technische Hochschule Aachen, PhD thesis. Fakultät für Maschinenwesen; 2016.
- 16) Baur E, Harsch G, Moneke M. Werkstoff-Führer-Kunststoffe. 11th Ed. München: Hanser; 2019
- 17) Schwarz O. Kunststoffverarbeitung. 11th ed. Würzburg: Vogel; 2016.
- 18) Degner W, Lutze H, Smejkal E, Heisel U, Rothmund, J. Spanende Formung. 18th ed. München: Hanser; 2019.
- 19) El-Hofy MH, Soo SL, Aspinwall DK, Sim WM, Pearson D, Harden P. Factors Affecting Workpiece Surface Integrity in Slotting of CFRP, Procedia Engineering, Vol. 19; 2011. p. 94-99.
- 20) Owodunni OO, Zhang T, Gao J. Energy consideration in machining operations - towards explanatory models for optimisation results. Proceedings of the 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing; 2013. p. 153–158.
- 21) Balzert H, Schäfer C, Schröder M, Kern U. Wissenschaftliches Arbeiten: Wissenschaft, Quellen, Artefakte, Organisation, Präsentation. Witten, Herdecke: W31 GmbH; 2008.
- 22) VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung. VDI 2218: Information technology in product development - Feature- Technology. Berlin: Beuth; 2003.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-5, 2026

23) International Organisation for Standardization ISO 14649-10:2004(E): Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers, Part 10: General process data. Berlin: Beuth; 2004.

24) International Organisation for Standardization ISO 14649-11:2004(E): Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for computerized numerical controllers, Part 11: Process data for milling. Berlin: Beuth; 2004.

25) Westermann HH. Entwicklung einer energieverbrauchsoptimierten Schneidengeometrie für Vollhartmetall-Schaftfräser. Universität Bayreuth, PhD thesis. Bayreuth: Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik; 2016.

26)

