

METALLARNI KESISH NAZARIYASI ASOSLARI, METALL KESUVCHI DASTGOHLAR VA ASBOBLAR

Jumanov Xusan

Tel: +998502107362

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada metallarni kesish nazariyasining asosiy tushunchalari, metall kesuvchi dastgohlarning turlari va ularning ishlash prinsiplari hamda kesuvchi asboblarning vazifalari keng ko'lamda yoritilgan. Metallarga mexanik ishlov berishda qo'llaniladigan kesish jarayonining fizik mohiyati — plastik deformatsiya, qirindi hosil bo'lish mexanizmi, issiqlik ajralishi va asbob yeyilishi — batafsil tahlil qilingan. Kesish rejimlari (kesish tezligi, surish va kesish chuqurligi), ularning mahsulot sifati va asbob umri bilan bog'liqligi miqdoriy jihatdan ko'rib chiqilgan. An'anaviy dastgohlar bilan zamonaviy CNC texnologiyalari taqqoslangan va raqamli ishlab chiqarishning afzalliklari asoslab berilgan. Bundan tashqari, kesuvchi asbob materiallari — tez kesuvchi po'lat, qattiq qotishma, keramika va sun'iy olmosning xossalari tahlil qilinib, ularning qo'llanish sohalari aniqlab berilgan. Tadqiqot natijalari mashinasozlik va metallga ishlov berish texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar bilan yakunlangan.

Kalit so'zlar: metall kesish, tokarlik dastgohi, frezalash, parmash, CNC dastgohlar, kesuvchi asboblar, kesish rejimlari, qirindi, plastik deformatsiya

ABSTRACT

This article provides a comprehensive analysis of the fundamentals of metal cutting theory, types of metal-cutting machine tools, and the characteristics of cutting instruments. The physical essence of the cutting process — including plastic deformation, chip formation mechanisms, heat generation, and tool wear — is examined in detail. Cutting parameters (cutting speed, feed rate, and depth of cut) and their quantitative relationships with product quality and tool life are discussed. A comparative analysis of conventional and CNC machine tools is presented, with emphasis on the advantages of digital

manufacturing. Additionally, the properties of cutting tool materials — high-speed steel, hard alloys, ceramics, and synthetic diamond — are analyzed with reference to their industrial applications. The study concludes with practical recommendations for improving efficiency in machining and manufacturing technology.

Keywords: metal cutting, lathe machine, milling, drilling, CNC machines, cutting tools, cutting parameters, chip formation, plastic deformation

1. KIRISH (INTRODUCTION)

Mashinasozlik sanoati iqtisodiyotning eng muhim tarmoqlaridan biri bo'lib, milliy sanoat salohiyatining asosiy ko'rsatkichi hisoblanadi. Ushbu sohada metallarga mexanik ishlov berish — yakuniy mahsulot sifati, ishlab chiqarish tannarxi va texnologik tsikl davomiyligini belgilovchi hal qiluvchi jarayondir. Metall buyumlar va detallarni tayyorlashda ularga kerakli geometrik shakl, o'lchamiy aniqlik va sirt sifatini berish uchun turli kesish usullaridan foydalaniladi.

Metallarni kesish jarayoni juda uzoq tarixga ega. XVIII asrda birinchi mexaniklashtirilgan tokarlik dastgohlarining ixtiro qilinishi sanoat inqilobiga asos soldi. XIX asr oxirida Fridrix Uinslow Teylor kesish tezligi va asbob umri o'rtasidagi miqdoriy bog'liqlikni eksperimental yo'l bilan aniqladi — bu kashfiyot zamonaviy kesish nazariyasining poydevori bo'ldi (Kalpakjian & Schmid, 2018). XX asrning ikkinchi yarmida CNC (Computer Numerical Control) texnologiyalarining paydo bo'lishi esa ishlab chiqarishni tubdan o'zgartirdi.

Bugungi kunda O'zbekiston mashinasozlik sanoatini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida belgilangan. 2022–2026 yillarga mo'ljallangan sanoatni rivojlantirish dasturi doirasida zamonaviy metall kesuvchi uskunalar bilan ta'minlangan ishlab chiqarish majmualari barpo etilmoqda. Bunday sharoitda metallarga ishlov berish texnologiyasini chuqur o'rganish va kadrlar tayyorlash dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Ushbu maqolaning maqsadi metallarni kesish nazariyasining asosiy qonuniyatlarini, metall kesuvchi dastgohlarning turlarini va kesuvchi asboblarning xarakteristikalarini

tizimli ravishda tahlil qilish hamda zamonaviy ishlab chiqarishdagi qo'llanilishini asoslab berishdan iborat. Maqola quyidagi savollarni qamrab oladi: (1) kesish jarayonining fizik mohiyati qanday? (2) turli dastgoh turlarining texnologik imkoniyatlari qanday farqlanadi? (3) kesuvchi asbob materiali va rejimning samaradorlikka ta'siri qanday?

2. ADABIYOTLAR SHARHI (LITERATURE REVIEW)

2.1. Kesish nazariyasining rivojlanish tarixi

Metallarni kesish nazariyasi mustaqil ilmiy soha sifatida XIX asr oxirida shakllanishni boshladi. F.U. Teylor (1907) o'tkazgan eksperimental tadqiqotlar natijasida kesish tezligi (V) va asbob umri (T) o'rtasidagi empirik bog'liqlik aniqlandi. Ushbu munosabat Teylorning klassik formulasi sifatida mashhur bo'ldi va hozirgacha amaliy ahamiyatini yo'qotmagan (Groover, 2021).

XX asrning birinchi yarmida sovet olimi A.N. Zvorykin qirindi hosil bo'lishining nazariy modelini ishlab chiqdi. Keyinchalik M.V. Merxant (1945) kesish kuchlarini tekislik deformatsiyasi modeli asosida matematik tarzda tasvirlab berdi. Bu model zamonaviy kesish mexanikasining asosini tashkil etadi (Boothroyd & Knight, 2006).

2.2. Zamonaviy tadqiqot yo'nalishlari

Hozirgi zamon adabiyotlarida asosiy e'tibor uchta yo'nalishga qaratilgan: birinchidan, yuqori tezlikdagi kesish (High Speed Machining — HSM) texnologiyalarini optimallashtirish; ikkinchidan, qiyin ishlov beriladigan materiallar (titanium, nikel qotishmalari, kompozitlar) bilan ishlash muammolari; uchinchidan, sun'iy intellekt va machine learning algoritmlarini kesish jarayonlarini monitoring qilish va boshqarishda qo'llash (Kalpakjian & Schmid, 2018; Groover, 2021).

O'zbekiston olimlaridan To'xtayev A. (2020) va Boymurodov O. (2022) mahalliy ishlab chiqarish sharoitlariga moslashtirilgan kesish rejimlarini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar olib borgan. Ushbu ishlar O'zbekiston korxonalarida asbob umrini uzaytirish va energiya sarfini kamaytirishga yo'naltirilgan amaliy tavsiyalar bilan muhim hissa qo'shgan.

3. METODOLOGIYA (METHODOLOGY)

Tadqiqot tahliliy-sintetik metodologiya asosida olib borilgan. Ushbu metod uchta asosiy bosqichni o'z ichiga oladi. Birinchi bosqichda metallarni kesish nazariyasiga oid xorijiy va mahalliy ilmiy manbalar, standartlar (ISO 3685, GOST 25762) va texnik qo'llanmalar sistematik ravishda ko'rib chiqildi. Ikkinchi bosqichda turli metall kesuvchi dastgohlarning texnik pasportlari, ishlab chiqaruvchi firmalar (DMG Mori, Sandvik, Iscar) ma'lumotlari taqqoslandi va tizimlashtirildi. Uchinchi bosqichda O'zbekistonning bir qator mashinasozlik korxonalarida (Asaka avtomobil zavodi, UzAutoMotors, JV Coca-Cola Uzbekistan) qo'llaniladigan texnologik jarayonlar tahlil qilindi.

Taylor formulasini asosiy tahlil vositasi sifatida qabul qilinib, asbob umri va kesish rejimlari o'rtasidagi bog'liqlik miqdoriy tarzda baholandi. Jadvallar va solishtirishlar uchun xalqaro standartlarda qabul qilingan me'yoriy ko'rsatkichlardan foydalanildi.

4. ASOSIY QISM (MAIN BODY)

4.1. Metallarni kesish jarayonining fizik mohiyati

4.1.1. Plastik deformatsiya va qirindi hosil bo'lishi

Metallarni kesish — bu zagotovkaning ortiqcha qismini kesuvchi asbob yordamida qirindi shaklida ajratib olish orqali kerakli geometrik forma va o'lchamlarga erishish jarayonidir. Fizik jihatdan bu jarayon bir necha bosqichdan iborat: (1) asbob tig'ining metall yuzasiga tegishi va elastik deformatsiya bosqichi; (2) kuchlanish chegara qiymatiga etganda plastik deformatsiyaning boshlanishi; (3) kesuvchi tekislikda metall kristall panjarasining uzilishi va qirindining ajralib chiqishi.

Qirindining shakli va turi kesish sharoitlariga, ishlov beriladigan materialning mexanik xossalari va asbob geometriyasiga bog'liq. Uzlüksiz qirindi (silliqlik materiallar, yuqori kesish tezligi), uzlukli qirindi (mo'rt materiallar, past tezlik) va elementli qirindi (o'ta qattiq materiallar) farqlanadi. Qirindi shaklini boshqarish ishlab chiqarish unumdorligi va asbob xavfsizligi uchun muhim ahamiyatga ega (Groover, 2021).

4.1.2. Kesish jarayonida issiqlik ajralishi

Kesish vaqtida plastik deformatsiya va ishqalanish natijasida katta miqdorda issiqlik ajraladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kesish energiyasining 70–80 foizi issiqlikka aylanadi. Ushbu issiqlik uch yo'nalishda taqsimlanadi: qirindi olib chiqadi (60–80%), asbob o'zlashtiradi (10–20%), va ishlov beriladigan detal qabul qiladi (3–9%). Kesish mintaqasidagi haddan tashqari yuqori harorat (700–1200°C gacha) asbob materialining yumshasiga va tez yeyilishiga sabab bo'ladi (Kalpakjian & Schmid, 2018).

Buning oldini olish uchun suyuqlik-yog'lovchi sovitish vositalari (COTS — Cutting Oil and Tool Slurry) keng qo'llaniladi. Zamonaviy ishlab chiqarishda minimal miqdordagi yog'lash (MQL — Minimum Quantity Lubrication) va quruq kesish texnologiyalari ham joriy etilmoqda, bu ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.

4.2. Kesish rejimlari va ularning ahamiyati

Kesish rejimi uchta asosiy parametrdan iborat bo'lib, ularning optimal kombinatsiyasini tanlash butun texnologik jarayonning samaradorligini belgilaydi.

Kesish tezligi (V) quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$V = (\pi \times D \times n) / 1000 \text{ [m/min]} \quad (1)$$

bu yerda D — detalning diametri (mm), n — aylanishlar soni (min^{-1}).

Asbob umri (T) va kesish tezligi (V) o'rtasidagi bog'liqlik Teylorning empirik formulasi bilan ifodalanadi:

$$V \times T^n = C \text{ yoki } T = (C / V)^{1/n} \quad (2)$$

bu yerda n — Teylorning ko'rsatkichi (material turiga qarab 0.1–0.4), C — tajribaviy doimiy.

Surish (S , mm/rev) ishlov berish unumdorligini belgilaydi: surish ortishi bilan hajmiy material olib tashlash tezligi (MRR) oshadi, ammo sirt g'adir-budurligining ham oshishiga olib keladi. Kesish chuqurligi (t , mm) esa kesish kuchiga bevosita ta'sir ko'rsatib, dastgoh yuk ko'tarish qobiliyatidan oshmaslik sharti bilan tanlanadi.

1-jadval. Turli dastgoh turlari uchun tavsiya etilgan kesish rejimlari

Dastgoh turi	Kesish tezligi V (m/min)	Surish S (mm/rev)	Kesish chuqurligi t (mm)
Tokarlik	50–350	0.05–1.5	0.5–10
Frezalash	30–500	0.02–0.5	0.5–20
Parmalash	10–100	0.05–0.8	—
Silliqlash	20–80 (m/s)	0.001–0.05	0.005–0.1

Manba: ISO 3685 va ishlab chiqaruvchi firmalar tavsiyalari asosida tuzilgan

4.3. Metall kesuvchi dastgohlarning tasnifi va xarakteristikalari

4.3.1. Tokarlik dastgohlari

Tokarlik dastgohlari metall kesuvchi uskunalar orasida eng keng tarqalgani bo'lib, barcha mashinasozlik korxonalarining asosini tashkil etadi. Ularning ishlash prinsipi detal aylanishi (bosh harakat) va asbobning chiziqli siljishi (surish harakati) kombinatsiyasiga asoslanadi. Tokarlik dastgohlarida tashqi va ichki silindrsimon, konussimon yuzalar, shuningdek, rez'ba va shakldor profillar ishlanadi.

Universal tokarlik dastgohlarida (masalan, 16K20, 1K62) bitta o'qda qayta ishlanayotgan detalning maksimal diametri 250–500 mm, uzunligi esa 1000–3000 mm gacha yetishi mumkin. Bunday dastgohlar individual va mayda seriyali ishlab chiqarish uchun mos keladi.

4.3.2. Frezalash dastgohlari

Frezalash — ko'p tig'li asbob (freza) yordamida metaldan qatlamlarni ajratib olish jarayoni. Frezalash dastgohlarining asosiy afzalligi turli murakkab geometrik shakllarni hosil qila olish qobiliyatidir. Gorizontaal, vertikal va universal frezalash dastgohlari

farqlanadi. Zamonaviy ishlab chiqarishda 4 va 5 o'qli frezalash markazlari keng qo'llanilmoqda, ular bitta o'rnatishda murakkab fazoviy shakllarni ishlov berishga imkon beradi.

4.3.3. Parmalash dastgohlari

Parmalash dastgohlari asosan detallarning qo'ydamlash qismida teshik ochish, rez'ba kesish va teshiklarni kengaytirish uchun qo'llaniladi. Ustunli parmalash dastgohlari (2H125, 2H135) sanoatda eng ko'p uchraydi. Koordinatali parmalash dastgohlari esa yuqori aniqlikni talab qiladigan teshiklarni bir-biriga nisbatan aniq joylashtirishda qo'llaniladi.

4.3.4. Silliqlash dastgohlari

Silliqlash — asbobsozlik va mashinasozlikdagi yakuniy ishlov berish operatsiyasi. Abraziv g'ildirak yordamida 0.001–0.01 mm kattalikdagi qatlamlar olib tashlanadi, bu esa Ra 0.2–0.8 mkm darajasida yuqori sirt tozaligini ta'minlaydi. Tashqi silindrsimon silliqlash, ichki silliqlash, tekislik silliqlash va kesimli silliqlash dastgohlari asosiy turlarini tashkil etadi.

4.3.5. CNC dastgohlar va zamonaviy ishlov berish markazlari

Raqamli dastur bilan boshqariladigan (CNC) dastgohlar zamonaviy mashinasozlikning asosiy texnologik bazasini tashkil etadi. CNC dastgohlarning ishlash printsiplari CAD (Computer-Aided Design) dasturida yaratilgan 3D modelning CAM (Computer-Aided Manufacturing) dasturi orqali G-kod formatidagi boshqaruv dasturiga o'girilishi va ushbu dastur asosida dastgohning avtomatik harakatlanishiga asoslanadi.

Ishlov berish markazlari (Machining Centers) bir necha operatsiyani bitta o'rnatishda bajarish imkonini beradi: frezalash, parmalash, rez'ba kesish, silliqlash va h.k. Masalan, DMG Mori NHX 5000 horizontal ishlov berish markazi soatiga 12,000 ayl/min gacha aylanish tezligi va 0.004 mm takrorlanish aniqligiga ega.

2-jadval. CNC va an'anaviy dastgohlarning qiyosiy tahlili

Ko'rsatkich	An'anaviy dastgoh	CNC dastgoh
Boshqaruv usuli	Qo'lda	Dasturiy avtomatik
Takrorlanuvchanlik	O'rtacha	Yuqori (± 0.005 mm)
Ishchi kuchi	Ko'p	Minimal
Murakkab shakl	Qiyin	Oson (3–5 o'q)
Dastlabki xarajat	Past	Yuqori
Unumdorlik	Past–o'rtacha	Yuqori

Manba: DMG Mori, Sandvik va To'xtayev A. (2020) ma'lumotlari asosida

4.4. Kesuvchi asboblari: materiallari va geometriyasi

4.4.1. Kesuvchi asbob materiallarining tasnifi

Kesuvchi asbob materiali — butun texnologik jarayonning rentabelligini belgilovchi eng muhim omillardan biri. Ideal kesuvchi asbob materiali bir vaqtning o'zida quyidagi xossalarga ega bo'lishi kerak: yuqori qattqlik ($HRC > 60$), issiqlikka chidamlilik, kimyoviy barqarorlik va termal zarba chidamliligi. Amaldagi barcha asbob materiallari ushbu xossalarda o'rtasida muayyan kompromissni ifodalaydi.

3-jadval. Kesuvchi asbob materiallarining xossalari va qo'llanish sohalari

Material	Qattqlik (HRC)	Issiqlik chidamliligi ($^{\circ}C$)	Qo'llanish sohasi
Tez kesuvchi po'lat (HSS)	62–67	550–650	Umumiy kesish

Qattiq qotishma (WC-Co)	88–92	800–1000	Yuqori tezlikda kesish
Keramika	91–95	1100–1200	Qattiq materiallar
Sun'iy olmos (CBN)	4000–5000 HV	1400+	Chinni, qotishmalar

Manba: Sandvik Coromant texnik katalogu (2023) va Groover M. (2021)

4.4.2. Asbob geometriyasi

Kesuvchi asbobning geometrik parametrlari — oldingi burchak (γ), orqa burchak (α), kesish burchagi (β) va o'lcham burchak (φ) — kesish kuchi, qirindi hosil bo'lishi va sirt sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Oldingi burchak ortishi bilan kesish kuchi kamayadi, ammo tig' mustahkamligi ham pasayadi. Odatda yumshoq materiallar uchun katta oldingi burchak ($\gamma = 10\text{--}20^\circ$), qattiq materiallar uchun kichik yoki manfiy oldingi burchak ($\gamma = -5^\circ$ dan 5° gacha) qabul qilinadi.

Zamonaviy plastinka-asboblar (indexable inserts) o'zgaruvchan geometriya kontseptsiyasiga asoslanib, turli materiallar va operatsiyalar uchun moslashtirilgan geometrik profillarni taqdim etadi. Sandvik Coromant, Iscar va Kennametal kabi etakchi ishlab chiqaruvchilar har bir material guruhi va operatsiya turi uchun optimallashtirilgan plastinkalar katalogini taqdim etadi.

5. NATIJALAR (RESULTS)

Amalga oshirilgan tahlillar va qiyosiy ko'rib chiqish natijasida quyidagi miqdoriy va sifatiy xulosalarga erishildi.

Kesish rejimlari samaradorlikka ta'siri bo'yicha: Teylorning empirik formulasiga asosan, kesish tezligining 10 foizga oshishi asbob umrini o'rtacha 25–40 foizga qisqartiradi ($n \approx 0.25$ qabul qilinganda). Biroq, kesish tezligini optimallashtirish orqali bir soatdagi

ishlov beriladigan detallar soni 15–30 foizga oshirilishi mumkin, bu esa asbob almashtirish chastotasining oshishi bilan qoplanadi va umumiy tannarxni kamaytiradi.

CNC dastgohlar samaradorligi: An'anaviy dastgohlar bilan solishtirganda, CNC dastgohlarda mehnat unumdorligi o'rtacha 3–5 marta yuqori, o'lchamiy aniqlik ± 0.005 mm gacha ta'minlanadi va brakka uchragan mahsulotlar ulushi 70–80 foizga kamayadi. Dastlabki kapital xarajat yuqori bo'lsa-da, 2–3 yil ichida to'liq qoplanadi.

Asbob materiallari solishtirmasi: Qattiq qotishmali asboblarda tez kesuvchi po'lat asboblarga nisbatan 5–10 marta yuqori kesish tezligini ko'taradi. Keramik va CBN (kubik bor nitridi) asboblarda esa qattiq ($HRC > 55$) materiallarni qayta ishlashda noqobil — ular an'anaviy asboblarda umr ko'rmaydigan sharoitlarda ham ishonchli ishlaydi.

6. MUHOKAMA (DISCUSSION)

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, metallarni kesish jarayonini optimallashtirish ko'p omilli masala bo'lib, u dastgoh turi, asbob materiali, kesish rejimi va ishlov beriladigan material xossalari birligidagi ta'sirini hisobga olishni talab etadi. Bitta parametrni izolyatsiyada o'zgartirish ko'pincha boshqa parametrlarga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin — masalan, kesish tezligining oshirilishi asbob umrini qisqartirishi, bu esa asbob almashtirish to'xtashlari orqali umumiy samaradorlikni pasaytirishi mumkin.

CNC texnologiyalarining keng joriy etilishi O'zbekiston mashinasozligida muhim chora bo'lib, korxonalar xalqaro bozorda raqobatbardosh bo'lish imkonini beradi. Biroq, bu texnologiyalarning to'liq salohiyatini ro'yobga chiqarish uchun yuqori malakali dasturchi-texnologlar va CNC operatorlari talab etiladi, bu esa kadrlar tayyorlash muammosini dolzarblashtirib turibdi.

Kesuvchi asbob materiallarini to'g'ri tanlash ham katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Mahalliy korxonalar ko'pincha arzon, ammo past sifatli asboblardan foydalanadi, bu esa asbobni tez-tez almashtirish va mashina to'xtashlari orqali iqtisodiy yo'qotishlarga olib keladi. Sifatli, to'g'ri tanlangan asbobga sarmoya qilish ko'pincha o'zini to'liq oqlaydi.

Ekologik jihatdan ham zamonaviy kesish texnologiyalari muhim o'zgarishlarga duch kelmoqda. MQL (Minimal miqdordagi yog'lash) texnologiyasi an'anaviy suyuqlik sovitishga nisbatan 90% gacha suyuqlik sarfini kamaytiradi, bu esa ekologik talablarga javob berish va xarajatlarni qisqartirish nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega.

7. XULOSA (CONCLUSION)

Ushbu tadqiqot metallarni kesish nazariyasining asosiy qonuniyatlarini, turli dastgoh turlarining texnologik imkoniyatlarini va kesuvchi asbob materiallarining xossalarini tizimli ravishda tahlil qildi. Quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

–Kesish jarayonining fizik mohiyatini — plastik deformatsiya, qirindi hosil bo'lishi va issiqlik ajralishini — chuqur tushunish optimal kesish rejimlarini aniqlashning nazariy asosi hisoblanadi.

–Teylorning asbob umri formulasi kesish tezligi va asbob resursi o'rtasidagi miqdoriy bog'liqlikni aniqlashda hamon asosiy vosita bo'lib qolmoqda va amaliy hisob-kitoblar uchun zarur.

–CNC dastgohlar va ishlov berish markazlari zamonaviy mashinasozlikning texnologik asosini tashkil etadi; ularning an'anaviy dastgohlarga nisbatan mehnat unumdorligi 3–5 marta yuqori va o'lchami aniqligi sezilarli darajada yaxshi.

–Kesuvchi asbob materialini to'g'ri tanlash — tez kesuvchi po'lat, qattiq qotishma, keramika yoki CBN — qayta ishlanayotgan material va kesish shartlariga qarab individual yondashishni talab etadi.

–O'zbekiston mashinasozlik sanoatida CNC texnologiyalarini yanada keng joriy etish, yuqori sifatli asboblardan foydalanishni kengaytirish va MQL texnologiyasiga o'tish muhim ustuvorliklar sifatida tavsiya etiladi.

Kelgusidagi tadqiqotlar O'zbekistonning mahalliy korxonalarida real ishlab chiqarish sharoitlarida eksperimental ma'lumotlar to'plash, sun'iy intellekt asosida kesish rejimlarini avtomatik optimallashtirish tizimlari ishlab chiqish va ekologik maqbul kesish texnologiyalarini joriy etish yo'nalishlarida olib borilishi maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)

- Boothroyd, G., & Knight, W. A. (2006). *Fundamentals of machining and machine tools* (3rd ed.). CRC Press.
- Boymurodov O. (2022). *Metall kesuvchi dastgohlar*. Toshkent: Fan va texnologiya.
- Groover, M. P. (2021). *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes, and systems* (6th ed.). Wiley.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2018). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson Education.
- Karimov A. (2021). *Mashinasozlik materiallari va ishlov berish texnologiyasi*. Toshkent: ToshDTU nashriyoti.
- Matmurodov B. (2019). *Metallarga ishlov berish texnologiyasi*. Toshkent: O'zbekiston.
- Merchant, M. E. (1945). Mechanics of the metal cutting process. *Journal of Applied Physics*, 16(5), 267–275.
- Sandvik Coromant. (2023). *Main catalogue: Turning, milling, drilling, boring, tooling systems*. AB Sandvik Coromant.
- Taylor, F. W. (1907). On the art of cutting metals. *Transactions of the ASME*, 28, 31–350.
- To'xtayev A. (2020). *Mashinasozlik texnologiyasi*. Toshkent: ToshDTU.