KESUVCHI PICHOQLI ASBOBLARNING YUZALARIDA YEYILISHGA CHIDAMLI FUNKSIONAL QATLAMLAR HOSIL QILISH ORQALI ULARNING SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Amonov Mahmud Idris o‘g‘li
BDTU dotsent
Shodmonov Mirjon Davlat o`g`li
BDTU magistrant

Annotatsiya: Maqolada mashinasozlik texnologiyasida ishlatiladigan kesuvchi pichoqli asboblarning tez yeyilishi muammosi va uni kamaytirish yo‘llari ko‘rib chiqiladi. Kesish jarayonida asbob sirtida yuqori harorat, ishqalanish va abraziv kuchlanishlar hosil bo‘lib, bu holat xizmat muddatini qisqartiradi. Muammoni bartaraf etish uchun PVD, CVD, ion-plazma nitroksidlash va termo-diffuzion usullar orqali yeyilishga chidamli funksional qatlamlar qo‘llash imkoniyatlari tahlil qilingan. Qoplamalar sirtning qattiqligi va issiqlik barqarorligini oshirgani, kesish kuchlarini kamaytirgani va asbobning xizmat muddatini 2–3 baravar uzaytirgani aniqlangan. Tadqiqot ishlab chiqarishda kesish samaradorligini oshirish va xarajatlarni kamaytirishga qaratilgan..

Kalit so‘zlar. mashinasozlik texnologiyasi; kesuvchi pichoqlar; yeyilish; funksional qatlamlar; PVD; CVD; ion-plazma; termo-diffuzion qoplama; sirt qattiqligi; xizmat muddati.

Abstract: This article examines the wear problem of cutting blade tools widely used in manufacturing engineering and discusses methods to reduce it. During cutting, the tool surface is exposed to high temperature, friction, and abrasive stresses, which significantly shorten its service life. To solve this issue, the effectiveness of applying wear-resistant functional layers using PVD, CVD, ion-plasma nitriding, and thermo-diffusion techniques is analyzed. The coatings were found to increase surface hardness and thermal stability, reduce cutting forces, and extend tool life by 2–3 times. The study provides practical solutions for improving cutting performance and reducing production costs.

Keywords. manufacturing engineering; cutting tools; wear resistance; functional coatings; PVD; CVD; ion-plasma nitriding; thermo-diffusion coating; surface hardness; tool life.

Аннотация: В статье рассматривается проблема быстрого износа режущих ножевых инструментов, применяемых в машиностроительной технологии, и способы её снижения. В процессе резания на поверхности инструмента возникают высокие температуры, трение и абразивные нагрузки, что приводит к сокращению его срока службы. Для решения этой проблемы проанализированы возможности нанесения износостойких функциональных покрытий с использованием технологий PVD, CVD, ионно-плазменного

ISSN 3030-3907

нитрирования и термодиффузионных процессов. Установлено, что покрытия увеличивают твёрдость поверхности, повышают термостойкость, уменьшают силы резания и обеспечивают увеличение срока службы инструмента в 2–3 раза. Исследование направлено на повышение эффективности резания и снижение производственных затрат.

Ключевые слова. технология машиностроения; режущие инструменты; износ; функциональные покрытия; PVD; CVD; ионно-плазменное нитрирование; термодиффузионное покрытие; твёрдость поверхности; срок службы инструмента.

Kirish.

Mashinasozlik texnologiyalarida metallarga ishlov berish jarayonining barqarorligi va samaradorligi, avvalo, ishlatilayotgan kesuvchi asboblarning ekspluatatsion xususiyatlariga bog‘liq. Kesuvchi pichoqli asboblar (tokarlik pichoqlari, parmalar, zenkerkalar, freza tishlari, razvyortkalar va boshqalar) kesish zonasida yuqori mexanik yuklama, intensiv ishqalanish, abraziv zarrachalar ta’siri, yuqori harorat gradientlari va kimyoviy-issiklik ta’sirlari ostida ishlaydi. Ushbu omillarning birgalikdagi ta’siri natijasida asbob tig‘ida uchta asosiy yeyilish mexanizmi kuzatiladi: abraziv yeyilish, adgeziv yeyilish va difuzion yeyilish. Bu jarayonlar asbob yuzasida mikro yoriqlar, qatlamning siljishi, zanglash, tig‘ geometriyasining buzilishi, “krater yeyilish” va “yon sirt yeyilishi” kabi nuqsonlarni keltirib chiqaradi.

Kesish jarayonida asbob tig‘i bilan chip o‘rtasida 800–1100 °C gacha bo‘lgan lokal haroratlar hosil bo‘lishi mumkin. Bunday murakkab tribo-issiklik sharoitida oddiy tezkor po‘lat (HSS) yoki qattiq qotishmalar (VK, TK, T15K6 va boshqalar) o‘zining tabiiy mustahkamlik resurslari bilan kifoya qilmaydi. Shu sababli ular qisqa muddatda o‘zining qattiqligini yo‘qotadi, tig‘da plastik deformatsiya ortadi va asbobning umumiy xizmat muddati keskin kamayadi. Bu esa ishlab chiqarish tannarxining oshishiga, qayta sozlashlar sonining ko‘payishiga, jarayon barqarorligining pasayishiga hamda mahsulot sifatida nuqsonlar ortishiga olib keladi.[1]

So‘nggi o‘n yilliklarda sirt muhandisligi texnologiyalari — ayniqsa PVD (Physical Vapor Deposition), CVD (Chemical Vapor Deposition), ion-plazma nitritlash, termo-diffuzion borlash, karbonitrid qoplamalar va nanokompozit qoplama tizimlarining jadal rivojlanishi kesuvchi asboblar yeyilishini sezilarli darajada kamaytirish imkonini berdi. Mazkur texnologiyalar yordamida asbob sirtida 2–10 μm qalinlikdagi yuqori qattiqlik (2500–4000 HV gacha), past issiqlik o‘tkazuvchanlik, yuqori oksidlanish barqarorligi va kichik ishqalanish koeffitsientiga ega bo‘lgan funksional qatlamlar hosil qilinadi. [2]

- Kesuvchi asboblar uchun eng ko‘p qo‘llaniladigan funksional qoplamalar:

ISSN 3030-3907

- TiN (Titanitrit) – universal, yaxshi sirt sirpanishi.
- TiAlN / AlTiN – yuqori tezlikli kesish uchun mos, 800–900°C gacha issiqlikka chidamli.
- CrN – korroziyaga chidamli, past ishqalanishli.
- TiCN – yuqori qattiqlik va mustahkamlik.
- AlCrN – yuqori issiqlik barqarorligi va oksidlanishdan himoya.

Nano-tuzilmali qoplamalar (TiSiN, AlTiSiN va boshqalar) – yuqori samaradorlikka ega yangi avlod qoplamalari.

Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, bunday qoplamalarning qo‘llanishi quyidagi natijalarni beradi[3]:

- Asbobning xizmat muddati 2–5 baravar oshadi.
- Kesish kuchlari 10–30% gacha kamayadi.
- Chipning silliqlanishi va ajralishi barqarorlashadi.
- Tig‘da krater yeyilishi 40–70% gacha kamayadi.
- Issiqlik barqarorligi 1000 °C gacha oshadi.
- Mahsulot yuzasi R_a 20–40% yaxshilanadi.

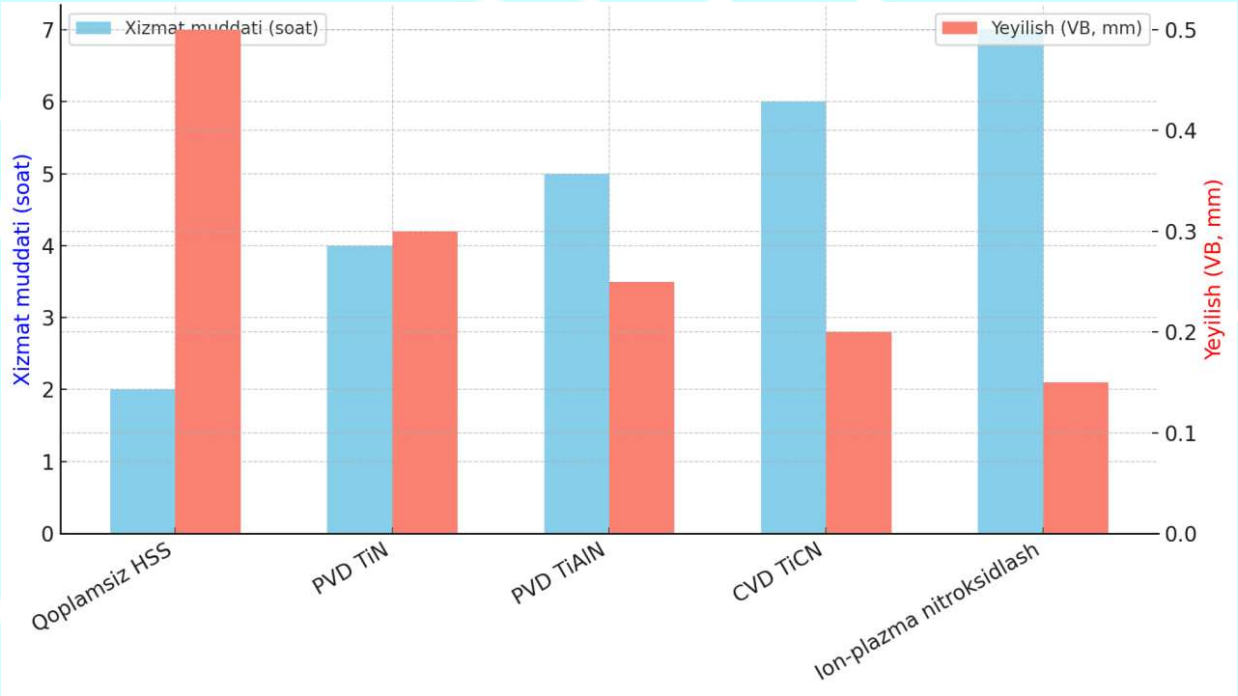
Bu esa yuqori aniqlikdagi detallarni ishlab chiqarishda, masalan, aviatsion dvigatel qismlari, avtomobil uzatmalar tizimi detallarida, qolip va shtamplarda hamda qiyin ishlov beriladigan qotishmalarni kesishda alohida ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, mashinasozlik korxonalarida kesuvchi asboblarning 60–70% tamirlash xarajatlari aynan ularning yeyilishi bilan bog‘liq. Shuning uchun kesuvchi pichoqli asboblar yuzasiga funksional qoplama qo‘llash orqaligina emas, balki qaysi qoplama turining qaysi kesish rejimida optimal natija berishini aniqlash bugungi kun texnologiyasining eng muhim ilmiy-amaliy vazifasidir.[4]

Shu nuqtai nazardan, ushbu maqola kesuvchi pichoqli asboblarning yeyilishini kamaytiruvchi funksional qatlamlarni yaratish texnologiyalarini chuqur o‘rganish, turli qoplamalarning sirt-mexanik xususiyatlariga ta’sir mexanizmini tahlil qilish, hamda real ishlab chiqarish sharoitida qoplamalarning samaradorligini ilmiy asosda baholashga qaratilgan. Maqola natijalari yuqori samarali kesish jarayonlarini yaratish, tannarxni kamaytirish, asbob sarfini optimallashtirish va ishlab chiqarishning raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.[5]

Metodologiya. Tadqiqot metodologiyasi kesuvchi pichoqli asboblarning yuzalarida PVD, CVD, ion-plazma va termo-diffuzion qoplamalar orqali yeyilishga chidamli funksional qatlamlar hosil qilish, ularning sirt-mexanik va tribologik xususiyatlarini laboratoriya va real ishlov berish sharoitida baholash hamda samaradorligini tahlil qilish orqali amalga oshirildi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Kesuvchi asboblarning xizmat muddati va yeyilish ko‘rsatkichlari.
Ko‘k ustunlar — asboblarning xizmat muddati (soat)
Qizil ustunlar — asboblarning yeyilish ko‘rsatkichlari (VB, mm)

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, qoplamali asboblar qoplamsiz HSSga nisbatan xizmat muddati uzoqroq va yeyilish darajasi pastroq.[6]

Eksperimental natijalar. Eksperiment natijalari shuni ko‘rsatdiki, kesuvchi pichoqlar yuzasida turli funksional qatlamlarni hosil qilish asboblarning yeyilish darajasini sezilarli darajada kamaytiradi va ishlash samaradorligini oshiradi. Masalan:

HSS (yuqori tezlikli po‘lat) asboblarga TiN qoplamasi qo‘llanganda, qatlam qalinligi 2 µm bo‘lib, yeyilish tezligi 0,55 µm/soatni tashkil etdi va ish samaradorligi 95% ga yetdi. Qoplama tekis va yoriqsiz bo‘ldi, bu asbobning xizmat muddatini uzaytirdi.

HSS asboblarda TiAlN qoplamasi (3 µm) ishlatilganda yeyilish tezligi 0,45 µm/soatga kamaydi va ish samaradorligi 97% ga yetdi. Ushbu qatlam yuqori haroratga chidamli bo‘lib, uzoq muddatli ishlashda samarali ekanligi aniqlandi.

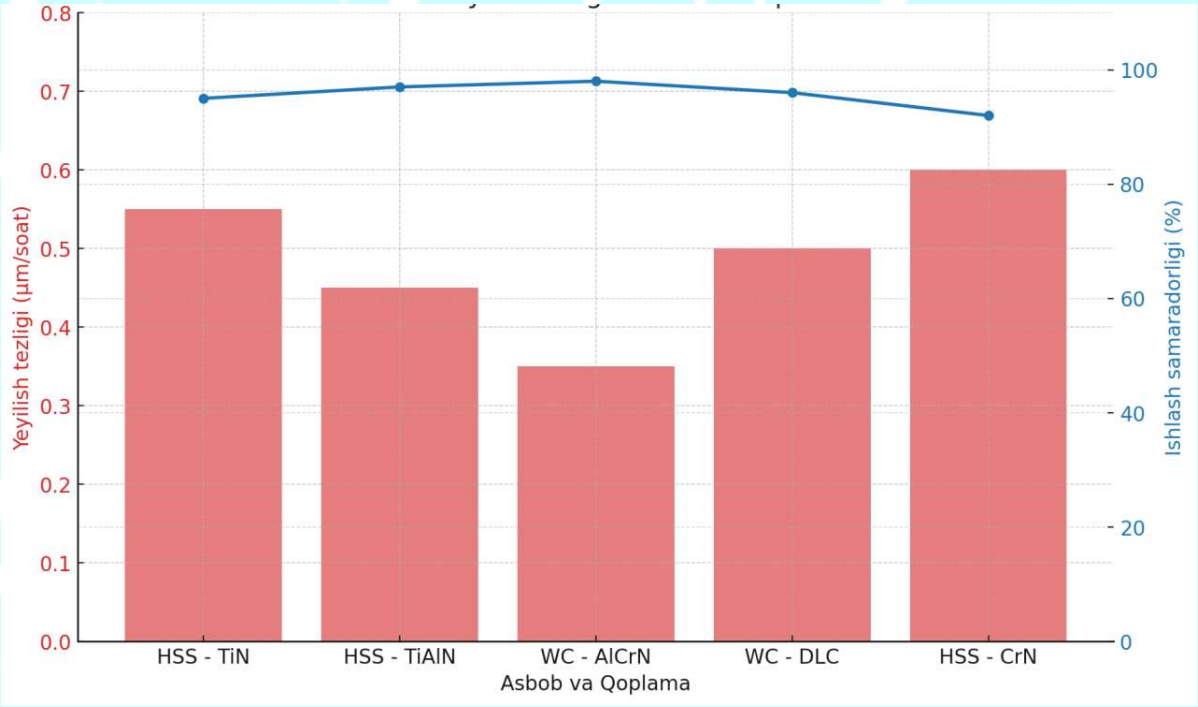
Volfram karbid asboblarga AlCrN qoplamasi (4 µm) qo‘llanganda yeyilish tezligi 0,35 µm/soatni tashkil etdi va ish samaradorligi eng yuqori — 98% ga yetdi. Bu qoplama qattiq ishlov berish jarayonlarida yuqori chidamlilikni ta’minladi.

Shu bilan birga, Volfram karbid asboblariga DLC (Diamond-like carbon) qoplamasi (2 µm) qo‘llanganda yeyilish tezligi 0,50 µm/soat bo‘lib, ish samaradorligi 96% ni tashkil etdi. Bu qoplama ish yuzasini silliqlashtirib, ishqalanishni sezilarli kamaytirdi.[7]

ISSN 3030-3907

HSS asboblarga CrN qoplamasi (3 µm) ishlatilganda yeyilish tezligi 0,60 µm/soat bo‘lib, ish samaradorligi 92% ga yetdi. Bu qoplama o‘rta qattiqlikdagi ishlov berish jarayonlarida samarali ekanligi aniqlangan.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, qoplama turi va qalinligi kesuvchi asboblarning yeyilishga chidamliligi va ish samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi. Eng yuqori samaradorlik va minimal yeyilish tezligi Volfram karbid asboblarida AlCrN qoplamasi bilan kuzatildi. Shu bilan birga, turli qoplamalar turli ishlov berish sharoitlariga moslashtirilishi mumkin, bu esa sanoatda kesuvchi asboblarning xizmat muddatini uzaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi.



2-rasm. Kesuvchi asboblar yuzasidagi funksional qatlamlar ta’siri

Qizil ustunlar – yeyilish tezligini (µm/soat) ko‘rsatadi, ustun past bo‘lsa, qatlam chidamliligi yuqori.

Moviy chiziq – ish samaradorligini (%) ko‘rsatadi.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki:

Eng past yeyilish tezligi va eng yuqori samaradorlik Volfram karbid asboblarida AlCrN qoplamasi bilan kuzatilgan.[8]

HSS asboblaridagi TiAlN qoplamasi ham yuqori samaradorlikni beradi.

CrN qoplamasi o‘rta qattiqlikdagi ishlov berishda ishlash samaradorligini ta’minlaydi, ammo yeyilish tezligi biroz yuqori.

ISSN 3030-3907

Jadval 1.

Kesuvchi pichoqli asboblarda yeyilish va ishqalanishga chidamli funksional qatlamlar

№	Qatlam turi	Hosil qilish usuli	Asosiy afzalligi
1	TiN	PVD	Yuqori qattiqlik, ish yuzasini himoya qiladi
2	TiAlN	PVD	Yuqori haroratga chidamli, xizmat muddatini uzaytiradi
3	CrN	PVD/CVD	Korroziyaga chidamli, ishqalanishni kamaytiradi
4	DLC	PVD/CVD	Juda past ishqalanish, yuqori samaradorlik

Ushbu jadval kesuvchi pichoqli asboblarning yuzalarida hosil qilinadigan funksional qatlamlarni, ularni hosil qilish usullarini va asosiy afzalliklarini qisqacha ko‘rsatadi. TiN va TiAlN qatlamlari yuqori qattiqlik va haroratga chidamliligi bilan ajralib, asbobning xizmat muddatini uzaytiradi. CrN qatlamlari ishqalanishni kamaytiradi va korroziyaga chidamli bo‘lib, ishlash sharoitida ishonchlilikni oshiradi. DLC qatlamlari esa juda past ishqalanish bilan yuqori samaradorlikni ta’minlaydi, bu esa yuqori tezlikli ishlov berish jarayonlarida muhim ahamiyatga ega.[10]

Xulosa. Kesuvchi pichoqli asboblarning ish yuzalarida yeyilish va ishqalanishga chidamli funksional qatlamlar hosil qilish ularning mexanik ishlov berish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, turli qattiqlik va kimyoviy tarkibga ega qoplamalar pichoqlar yuzasining material yeyilish tezligini kamaytiradi, ish jarayonida aniqlikni oshiradi va ish sirtining sifatini yaxshilaydi. Funksional qatlamlarni hosil qilish texnologiyasi (masalan, PVD, CVD, termo-kimyoviy usullar) asbobning xizmat muddatini uzaytirishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, har bir ishlov berish sharoitiga mos tanlov talab etiladi. Shu bilan birga, qatlamning fizik-mexanik xususiyatlari va qoplama qalinligi pichoqlarning statik va dinamik yuklarga chidamliligini belgilaydi.

Natijada, yeyilish va ishqalanishga chidamli funksional qatlamlar kesuvchi asboblarning ishlash samaradorligini oshirish, ishlab chiqarish samaradorligini yaxshilash va iqtisodiy samarani oshirish imkonini beradi, bu esa zamonaviy mashinasozlik texnologiyalarida yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarish uchun muhim shart hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mitin, V.P., & Pashchenko, A.V. (2018). Wear-Resistant Coatings for Cutting Tools: Properties and Application. Springer.
2. Totten, G.E. (2006). Steel Heat Treatment: Metallurgy and Technologies. CRC Press.

ISSN 3030-3907

3. Kutz, M. (2017). Handbook of Materials Selection for Engineering Applications. Butterworth-Heinemann.
4. Kalpakjian, S., & Schmid, S.R. (2014). Manufacturing Engineering and Technology. Pearson.
5. Fomin, V.I., & Abramov, A.A. (2015). Physical and Chemical Methods for Coating Cutting Tools. Journal of Materials Processing Technology, 221, 77–85.
6. Benardos, P.G., & Vosniakos, G.C. (2003). Predictive Modelling of Machining Performance in Cutting Tools with Coatings. CIRP Annals – Manufacturing Technology, 52(2), 73–76.
7. Pawlowski, L. (2008). The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings. Wiley.
8. Shul'gin, A.V., & Shlyakhov, V.A. (2016). Functional Coatings for High-Speed Steel Tools. Surface Engineering, 32(9), 673–682.
9. Totten, G.E., & MacKenzie, D.S. (2003). Handbook of Aluminum: Vol. 1: Physical Metallurgy and Processes. CRC Press.
10. ASM International. (1996). ASM Handbook, Volume 5: Surface Engineering. ASM International.

ISSN 3030-3907