

**RADIAL VA O‘Q BO‘YICHA O‘ZGARUVCHI YURISH SIKILLARINI
OPTIMALLASHTIRISH ORQALI TASHQI AYLANA SILLIQLASHDA
MATERIAL OLIB TASHLANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH**

p.f.d., professor U.A.O‘rinov

(Buxoro davlat texnika universiteti

“Texnologik mashina va jihozlar” kafedrası mudiri.

Tel: +99890 744 18 22

K.S.Saloxiddinov

(Buxoro davlat texnika universiteti “M16-25 MT” guruh magistri,

E-mail: kamolsalahitdinov01@gmail.com)

Tel: +99890 636 01 53

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqola raqamli dastur bilan boshqariladigan silliqdash dastgohlarida tashqi aylana silliqdash jarayonining samaradorligini oshirish masalalariga bag‘ishlangan. Tadqiqotning asosiy maqsadi radial va o‘q bo‘yicha o‘zgaruvchi yurish sikllarini optimallashtirish orqali material olib tashlanish tezligi va jarayon barqarorligini oshirishdan iborat. Silliqdash jarayonining nazariy asoslari tahlil qilinib, material olib tashlanish samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy texnologik parametrlar aniqlangan. Tadqiqot davomida radial chuqurlik va o‘q bo‘yicha yurish tezligining vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan qonuniyatlari ishlab chiqildi hamda RDB dastgoh sharoitida tajribaviy sinovdan o‘tkazildi. Tajriba natijalari doimiy yurish sikllari bilan solishtirilib, o‘zgaruvchan yurish rejimlarining ustunligi ilmiy asosda isbotlandi. Olingan natijalarga ko‘ra, optimallashtirilgan yurish sikllari material olib tashlanish samaradorligini 12–18 foizga oshirishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari mashinasozlik korxonalarida silliqdash jarayonlarini takomillashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Tashqi aylana silliqdash, RDB dastgohlar, radial yurish, o‘q bo‘yicha yurish, material olib tashlanish tezligi, optimallashtirish, abraziv g‘ildirak.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности процесса наружного круглого шлифования на станках с числовым программным управлением. Основное внимание уделено оптимизации переменных радиальных и осевых циклов подачи для увеличения скорости съёма материала и устойчивости процесса. Разработаны теоретические основы процесса шлифования, а также экспериментально подтверждена эффективность предложенных режимов. Результаты показали увеличение производительности на 12–18 % по сравнению с традиционными постоянными режимами подачи.

Ключевые слова: Наружное круглое шлифование, станки с ЧПУ, радиальная подача, осевая подача, скорость съёма материала, оптимизация, абразивный круг.

Abstract. This scientific paper is devoted to improving the efficiency of external cylindrical grinding processes on CNC grinding machines. The main objective is to optimize variable radial and axial feed cycles in order to increase material removal rate and process stability. Theoretical foundations of grinding were analyzed, and experimental studies confirmed that optimized feed cycles improve material removal efficiency by 12–18% compared to conventional constant-feed modes.

Keywords: External cylindrical grinding, CNC machines, radial feed, axial feed, material removal rate, optimization, abrasive wheel.

Kirish. Zamonaviy mashinasozlik sanoatida yuqori aniqlik va sirt sifatiga ega detallar ishlab chiqarish muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, val, o‘q, silindrsimon va aylana shaklli detallarni tayyorlashda tashqi aylana silliqdash jarayoni yakuniy va eng mas’uliyatli texnologik operatsiya hisoblanadi. Ushbu jarayon detalning geometrik aniqligi, o‘lchamlarining barqarorligi hamda sirt pürüzlülüğini ta’minlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

So'nggi yillarda raqamli dastur bilan boshqariladigan (RDB) silliqlash dastgohlarining jadal rivojlanishi silliqlash jarayonini avtomatlashtirish va optimallashtirish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi. RDB texnologiyalari yordamida yurish tezliklarini, radial chuqurlikni va boshqa texnologik parametrlarni moslashuvchan tarzda boshqarish mumkin. Biroq amaliyotda ko'plab ishlab chiqarish korxonalarida hali ham an'anaviy, ya'ni doimiy radial va o'q bo'yicha yurish rejimlaridan foydalanilmoqda. Bu esa dastgoh imkoniyatlaridan to'liq foydalanilmasligiga va material olib tashlanish samaradorligining cheklanishiga olib keladi.

Material olib tashlanish samaradorligi silliqlash jarayonining asosiy iqtisodiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, ishlab chiqarish unumdorligi, energiya sarfi va abraziv g'ildirakning xizmat muddatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun silliqlash jarayonida yurish sikllarini optimallashtirish orqali samaradorlikni oshirish dolzarb ilmiy va amaliy masala hisoblanadi. Ayniqsa, radial va o'q bo'yicha o'zgaruvchi yurish sikllarini qo'llash abraziv donalarning ish sharoitini yaxshilaydi, kesish jarayonini barqarorlashtiradi va issiqlik ajralishini kamaytiradi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi RDB tashqi aylana silliqlash jarayonida radial va o'q bo'yicha o'zgaruvchi yurish sikllarini optimallashtirish orqali material olib tashlanish samaradorligini oshirishdan iborat. Tadqiqot jarayonida nazariy tahlil, matematik modellashtirish va tajribaviy sinovlar o'tkazilib, taklif etilgan usulning samaradorligi ilmiy asosda isbotlanadi.

Silliqlash jarayonlari mashinasozlik sohasida keng o'rganilgan texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda silliqlashning fizik-mexanik mohiyati, abraziv donalarning kesish mexanizmi, issiqlik hosil bo'lishi va sirt sifatiga ta'siri keng yoritilgan. Jumladan, Rowe va Marinescu tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda silliqlash jarayonining nazariy asoslari batafsil tahlil qilingan va abraziv g'ildiraklarning ish samaradorligi ko'rsatib berilgan.

So'nggi yillarda RDB dastgohlarining rivojlanishi bilan bog'liq holda silliqlash jarayonlarini raqamli modellashtirish va optimallashtirishga oid tadqiqotlar soni ortib

bormoqda. Ko‘plab ilmiy ishlarda doimiy yurish tezliklari asosida material olib tashlanish tezligi va sirt o‘rganilgan. Biroq ushbu tadqiqotlarning aksariyatida yurish parametrlarining vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi yetarli darajada hisobga olinmagan.

Ba‘zi tadqiqotlarda adaptiv boshqaruv tizimlari yordamida yurish tezliklarini avtomatik sozlash masalalari ko‘rib chiqilgan. Ammo ushbu ishlarda ko‘proq asbobning yeyilishi yoki sirt sifatiga e‘tibor qaratilib, material olib tashlanish samaradorligi ikkilamchi omil sifatida baholangan. Shu sababli radial va o‘q bo‘yicha o‘zgaruvchi yurish sikllarining kompleks ta‘siri hali yetarlicha o‘rganilmagan.

Mazkur maqolada aynan ushbu ilmiy bo‘shliqni to‘ldirish maqsad qilingan bo‘lib, o‘zgaruvchan yurish sikllarining material olib tashlanish samaradorligiga ta‘siri nazariy va tajribaviy jihatdan chuqur tahlil qilinadi.

Tashqi aylana silliqlash jarayoni abraziv g‘ildirak yuzasida joylashgan ko‘p sonli kesuvchi donalarning detal sirtiga nisbatan yuqori periferik tezlikda nisbiy harakati natijasida materialning qatlamma-qatlam mikrohajmlarda olib tashlanishiga asoslanadi. Har bir abraziv don shartli ravishda manfiy old burchakka ega bo‘lgan mikroasbob sifatida qaraladi va u tomonidan hosil qilinadigan kesish jarayoni elastik deformatsiya, plastik deformatsiya hamda qirrindi ajralishi bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu jarayonlarning yig‘indisi silliqlash jarayonining fizik mohiyatini belgilaydi [7].

Silliqlash jarayonida material olib tashlanish intensivligi abraziv donalarning faol kesishda ishtirok etish darajasi, ularning sirt bo‘ylab taqsimlanishi hamda g‘ildirak–detal kontakt zonasidagi kuchlanish-harorat holati bilan aniqlanadi. Professor F. Klocke tomonidan olib borilgan fundamental tadqiqotlarda abraziv donalarning haddan tashqari yuklanishi ularning tez yeyilishiga yoki g‘ildirak yuzasining tiqilib qolishiga olib kelishi, bu esa kesish samaradorligini pasaytirishi ilmiy asosda ko‘rsatib berilgan [7].

Radial yurish (**ar**) abraziv g‘ildirakning detal sirtiga botish chuqurligini belgilovchi asosiy texnologik parametr bo‘lib, u kesish kuchlari, material olib tashlanish tezligi va silliqlangan sirtning mikrogeometrik ko‘rsatkichlariga bevosita

ta'sir ko'rsatadi. V.S. Popov tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda radial yurish qiymatining ortishi bilan material olib tashlanish tezligi oshishi, biroq ma'lum kritik qiymatdan so'ng silliqdash zonasida haroratning keskin ko'tarilishi va termik nuqsonlarning yuzaga kelishi aniqlangan [9].

O'q bo'yicha yurish tezligi (v_f) abraziv g'ildirakning detal o'qi bo'ylab siljish tezligini ifodalaydi va kesish yuklamasining kontakt zonasida taqsimlanishiga ta'sir etadi. Doimiy o'q bo'yicha yurish sharoitida yuklamaning notekis taqsimlanishi abraziv g'ildirakning lokal yeyilishiga olib keladi. Popov tadqiqotlariga ko'ra, o'q bo'yicha yurish tezligini vaqt bo'yicha o'zgartirish g'ildirakning ekspluatatsion barqarorligini 15–20 % ga oshiradi [9].

A.N. Petrov tomonidan CNC (RDB) silliqdash dastgohlarida olib borilgan tadqiqotlarda vaqt bo'yicha o'zgaruvchi radial va o'q bo'yicha yurish funksiyalaridan foydalanish kesish kuchlarini barqarorlashtirish va issiqlik oqimini silliqdash zonasida bir tekis taqsimlash imkonini berishi ko'rsatib o'tilgan [10].

O'zgaruvchan yurish sikllari sharoitida silliqdash jarayoni adaptiv texnologik tizim sifatida namoyon bo'lib, abraziv g'ildirakning joriy holatiga mos ravishda yuklanish darajasi tartibga solinadi. Natijada material olib tashlanish tezligi oshadi, sirt pürüzlülügü parametrlari esa barqaror qiymatlarda saqlanib qoladi. Petrov tadqiqotlarida to'liq o'zgaruvchan yurish sikllari qo'llanilganda ishlab chiqarish unumdorligining 12–18 % ga oshishi eksperimental tarzda tasdiqlangan [10].

Professor U.A. O'rinovning «Mashinasozlik texnologiyasi» nomli fundamental asarida silliqdash jarayoni yuqori aniqlikdagi yakuniy ishlov berish operatsiyasi sifatida tavsiflanadi. Muallif silliqdash jarayonida texnologik parametrlarning noto'g'ri tanlanishi geometrik aniqlikning buzilishiga, qoldiq kuchlanishlarning ortishiga va detalning ekspluatatsion xossalariining pasayishiga olib kelishini ilmiy dalillar asosida ko'rsatadi [1].

N.T. Rahimov tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda abraziv ishlov berish jarayonlarida energiya sarfi, kesish kuchlari va material olib tashlanish tezligi o'rtasidagi funksional bog'liqlik tahlil qilingan. Muallif o'zgaruvchan yurish sikllari

qo'llanilganda abraziv g'ildirakning foydali ish ko'effitsienti oshishi va umumiy energiya samaradorligi yaxshilanishini ta'kidlaydi [2].

Keltirilgan ilmiy manbalardagi nazariy xulosalar mazkur maqolada taklif etilgan radial va o'q bo'yicha o'zgaruvchi yurish sikllarini optimallashtirish konsepsiyasining ilmiy asoslanganligini tasdiqlaydi. Xususan, Klocke, Popov va Petrov ishlarida bayon etilgan nazariy model va eksperimental natijalar ushbu tadqiqotda olingan hisobiy va tajribaviy ma'lumotlar bilan mantiqiy jihatdan mos keladi hamda ularni to'ldiradi.

Metodologiya. Tashqi aylana silliqlash jarayonining samaradorligini oshirish maqsadida tadqiqot metodologiyasi nazariy modellashtirish va tajribaviy tekshiruvlarga asoslangan holda ishlab chiqildi. Tadqiqotda material olib tashlanish jarayoni abraziv donalarning kesish harakati natijasida sodir bo'ladigan mikroplastik deformatsiya va mikrochip hosil bo'lish mexanizmlariga asoslangan deb qabul qilindi.

Material olib tashlanish tezligi silliqlash jarayonining asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, u quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q = ar(t) \cdot vf(t) \cdot b$$

bu yerda: Q - material olib tashlanish tezligi (mm^3/s);

$ar(t)$ - vaqt bo'yicha o'zgaruvchi radial chuqurlik (mm);

$vf(t)$ - o'q bo'yicha yurish tezligi (mm/s);

b - silliqlash kengligi (mm).

An'anaviy silliqlash jarayonlarida ar va vf doimiy kattalik sifatida qabul qilinadi. Ushbu tadqiqotda esa ushbu parametrlar vaqt bo'yicha o'zgaruvchi funksiya sifatida qaraldi. Radial yurish quyidagi ko'rinishda ifodalandi:

$$ar(t) = ar0 + kr \cdot t$$

bu yerda: $ar0$ - boshlang'ich radial chuqurlik (mm);

kr - radial yurishning o'zgarish ko'effitsienti (mm/s).

O'q bo'yicha yurish tezligi esa quyidagi ifoda bilan belgilandi:

$$vf(t) = vf0 \cdot (1 + kf \cdot t)$$

bu yerda: $vf0$ - boshlang'ich yurish tezligi (mm/s);

kf - o'q bo'yicha yurish o'zgarish ko'effitsienti ($1/\text{s}$).

Optimallashtirish mezoni sifatida maksimal material olib tashlanish tezligini abraziv g'ildirakning barqaror ishlash sharti bilan ta'minlash qabul qilindi.

Tajriba qismi va hisob – kitoblar. Tajriba ishlari RDB tashqi aylana silliqlash dastgohida o'tkazildi. Tajriba obyekti sifatida diametri 40 mm, uzunligi 120 mm bo'lgan uglerodli po'latdan tayyorlangan val tanlandi. Silliqlash jarayonida alyuminiy oksid asosidagi abraziv g'ildirak qo'llanildi.

Tajriba uch xil silliqlash rejimida o'tkazildi:

1. Doimiy radial va o'q bo'yicha yurish;
2. O'zgaruvchan radial, doimiy o'q bo'yicha yurish;
3. O'zgaruvchan radial va o'q bo'yicha yurish.

Har bir rejim uchun material olib tashlanish hajmi, silliqlash vaqti va sirt tozaligi o'lchandi. Material olib tashlanish tezligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$Q = \frac{V}{t}$$

bu yerda: V - olib tashlangan material hajmi (mm^3);

t - silliqlash vaqti (s).

Turli silliqlash rejimlarida material olib tashlanish tezligi

Rejim turi	$Q, \text{mm}^3/\text{s}$
Doimiy yurish	125
Yarim o'zgaruvchan	138
To'liq o'zgaruvchan	148

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, o'zgaruvchan yurish sikllari material olib tashlanish tezligini sezilarli darajada oshiradi.

Natijalar va muhokama. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, radial va o'q bo'yicha o'zgaruvchi yurish sikllari abraziv donalarning kesish qobiliyatini yaxshilaydi. Doimiy yurish rejimida abraziv g'ildirak yuzasida donalarning tez tiqilib qolishi kuzatildi, bu esa kesish samaradorligining pasayishiga olib keldi.

O'zgaruvchan yurish sikllarida esa radial yuklamaning bosqichma-bosqich oshishi abraziv donalarning o'z-o'zini charxlash jarayonini faollashtirdi. Natijada

issiqlik ajralishi kamaydi va sirt pürüzlülüğü barqaror bo‘lib qoldi. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, material olib tashlanish samaradorligi 12–18% oralig‘ida oshdi.

Shuningdek, optimallashtirilgan yurish sikllari yordamida abraziv g‘ildirakning xizmat muddati uzayishi ham aniqlandi. Bu esa ishlab chiqarish tannarxini kamaytirishga xizmat qiladi.

Xulosalar. Mazkur tadqiqot asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. RDB tashqi aylana silliqlash jarayonida radial va o‘q bo‘yicha yurish parametrlarini vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi qilib tanlash material olib tashlanish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.
2. O‘zgaruvchan yurish sikllari abraziv g‘ildirakning barqaror ishlashini ta‘minlab, issiqlik ajralishini kamaytiradi.
3. Tajriba natijalariga ko‘ra, optimallashtirilgan yurish sikllari an‘anaviy doimiy rejimlarga nisbatan 12–18% yuqori samaradorlikka ega.
4. Taklif etilgan metodika sanoat sharoitida joriy etish uchun tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. O‘rinov .U.A. **Mashinasozlik texnologiyasi.** – Buxoro: BDTU nashriyoti, 2017. – 420 b.
2. Rahimov N.T. **Metallarga abraziv ishlov berish asoslari.** – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. – 310 b.
3. Xudoyberdiyev J.M. **Raqamli dastur bilan boshqariladigan dastgohlar.** – Toshkent: O‘qituvchi, 2020. – 280 b.
4. Abduqodirov A.S. **Silliqlash jarayonlarining nazariy asoslari // Mashinasozlik muammolari.** – 2021. – №2. – 45–52-b.
5. Islomov B.K. **Tashqi aylana silliqlashda texnologik parametrlarni tanlash // Texnika va texnologiyalar rivoji.** – 2022. – №4. – 33–39-b.
6. Karimov S.R. **Mashinasozlikda yuqori aniqlikdagi ishlov berish usullari.** – Toshkent: Innovatsiya, 2021. – 295 b.

7. Клоке Ф. **Технология шлифования**. – М.: Машиностроение, 2018. – 520 с.
8. Маринеску И.Д., Хичкок М. **Шлифование: теория и практика**. – М.: Техносфера, 2019. – 456 с.
9. Попов В.С. **Процессы абразивной обработки металлов**. – СПб.: Политехника, 2020. – 384 с.
10. Петров А.Н. **Станки с ЧПУ для шлифования**. – М.: Машиностроение, 2019. – 312 с.
11. Бринксмейер Э., Денкена Б. **Высокоэффективные процессы шлифования** // Вестник машиностроения. – 2021. – №4. – С. 15–23.
12. Кузнецов В.П. **Оптимизация режимов шлифования деталей машин**. – М.: Инфра-М, 2020. – 290 с.
13. Инасаки И. **Точность и производительность шлифовальных процессов** // Технология машиностроения. – 2019. – №6. – С. 28–34.
14. Сидоров К.М. **Влияние переменных подач на эффективность шлифования** // Машиностроение и инженерное образование. – 2021. – №2. – С. 41–47.
15. Жуков А.А. **Абразивные инструменты и их эксплуатация**. – М.: Машиностроение, 2018. – 260 с.
16. Федоров Л.И. **Наружное круглое шлифование на станках с ЧПУ** // Известия вузов. Машиностроение. – 2020. – №7. – С. 52–59.
17. ГОСТ 2424–2018. **Круги шлифовальные. Технические условия**. – М.: Стандартинформ, 2018.
18. ГОСТ 16089–2019. **Станки шлифовальные. Общие технические требования**. – М.: Стандартинформ, 2019.
19. Иванов П.С. **Математическое моделирование процессов шлифования**. – М.: Наука, 2021. – 198 с.

20. Рахимов Н.Т. **Повышение производительности абразивной обработки** // Современные технологии машиностроения. – 2022. – №3. – С. 33–39.

21. Козлов Д.В. **Адаптивное управление шлифовальными процессами.** – М.: Машиностроение, 2020. – 275 с.