



RDB DASTGOHLARDAN FOYDALANISHNI QIYOSIY TAHLILI

O'rinov Uyg'un ^{1[0009-0009-8781-9273]}, **Abdullayeva Shahzoda** ^{2[0009-0001-4376-9763]}

¹*Buxoro davlat texnika universiteti, Transport vositalari muhandisligi kafedrası professori,
E-mail: uygun21@mail.ru*

²*Buxoro davlat texnika universiteti, Transport vositalari muhandisligi kafedrası magistranti,
E-mail: shakhzodaabdullaeva25@gmail.com*

Annotatsiya. Tayyor detal sifatiga, avvalo, qismlarning o'zaro joylashuvi, ishlov berishda qo'llaniladigan kesish asbobi hamda jarayon parametrlarining ta'siri katta. RDB dastgohi yetarli darajada mustahkam bo'lsa, u kesish jarayonida yuzaga keladigan kuchlarni qabul qilib, deformatsiyalarga qarshi barqarorlikni ta'minlaydi va nazorat imkoniyatini oshiradi. RDB boshqaruv tizimi esa dastgohning asosiy funksiyalarini muvofiqlashtirib, uning markaziy boshqaruv elementi sifatida xizmat qiladi. Zamonaviy ishlab chiqarishda qisqa vaqt ichida yuqori aniqlikdagi ishlov berishga erishish eng asosiy talab hisoblanadi. Shunday qilib, ushbu ishda RDB kesish kuchini bir xil parametrlar to'plamiga ega nazorat tizimlarida taqqoslashni tekshirish va tahlil qilishga harakat qilinmoqda.

Kalit so'zlar: Fanuc, Heidenhain, ishlov vaqt, MRR, Sinumerik.

Аннотация. Качество готовой детали зависит от взаимного положения между обрабатываемыми частями, включая режущий инструмент и параметры процесса обработки. Если станок с ЧПУ обладает достаточной жёсткостью, способной выдерживать силы резания, сопротивлением к деформациям и адекватной системой управления, можно достичь высокой точности обработки. Управление ЧПУ является "сердцем" станка и управляет его многочисленными функциями. Высокоточная и быстрая обработка является важным требованием современных производственных отраслей. В данной работе предпринята попытка сравнения силы резания на ЧПУ с одинаковыми параметрами управления на различных системах.

Ключевые слова: Fanuc, Heidenhain, время обработки, MRR, Sinumerik.

Annotation. The quality of a finished part largely depends on the relative positioning of its components, the cutting tool applied, and the parameters of the machining process. If the RDB machine has sufficient rigidity, it can withstand the cutting forces, ensure resistance to deformation, and provide stable control during operation. The RDB control system functions as the central element that coordinates the machine's core functions. In modern manufacturing, achieving high-precision machining within a minimal time frame is considered one of the most important requirements. Precise machining within minimal time is a demand of modern manufacturing industries. This study aims to analyze and compare the cutting force on CNC machines with identical control parameters across different systems.

Keywords: Fanuc, Heidenhain, Machining Time, MRR, Sinumerik.

Kirish

Kontroller RDB tizimining dasturiy ta'minoti va apparat vositalarining kombinatsiyasidir. Hozirgi kunda RDB tizimlari yumshoq ulanish (soft-wired) asosida ishlaydi, bu esa uni turli amallar uchun moslashuvchan qiladi. Dasturiy ta'minot RDB stanogining barcha dasturlash jarayonlarini va funksiyalarini boshqaradi. Kompyuter esa asosan signal generatsiyasi uchun javobgar bo'lib, bu signal kontrollerga aloqa qurilmasi yoki ketma-ket port (serial port) orqali uzatiladi. Masalan, kompyuter tomonidan shakllantirilgan 5Vlik doimiy tok (DC) signali kontrollerga uzatiladi va bu jarayon DB25 (parallel port) yoki DB9 (serial port) kabi interfeyslar orqali amalga oshiriladi. Shu orqali kompyuter kontrollerning apparat qismi bilan uzviy aloqa o'rnatadi. Kompyuter G-kod kabi dasturlash tillarini elektr signallarga o'zgartirib, kontrollerga uzatadi. Odatda, tizim buyruqlarni bosqichli (step) va yo'nalishtli (direction) formatda bajaradi. Yuqori darajadagi ayrim dastgohlar maxsus analog yoki raqamli signallardan foydalanishi



mumkin, biroq ular ham asosan step va direction formatlarining o'zgarishiga asoslanadi. Ushbu tizimda har bir drayver ikki turdagi signalni qabul qiladi:

1. Bosqich (step) signali
2. Yo'nalish (direction) signali.

Aloqa signallari odatda kvadrat shaklli to'liqin ko'rinishida bo'lib, ular Transistor-to-Transistor Logic (TTL) signallari sifatida tanilgan. Ushbu signallar 0V dan 5V gacha bo'lgan qisqa impulslar ketma-ketligidan iborat bo'lib, ular kompyuterda qo'llaniladigan ikkilik (binary) tilidagi 0 va 1 qiymatlarini ifodalaydi. Shuningdek, signal Pulse Width Modulation (PWM) usulida ham shakllantirilishi mumkin, bunda axborot impulsning davomiyligi orqali kodlanadi. Impuls kengligi binar kod (0 yoki 1) ni belgilaydi va bu ma'lumot kompyuterdan motor drayveriga uzatiladi hamda u tomonidan talqin qilinadi. Har bir motor 0 va 1 qiymatlariga mos keladigan bosqich (step) va vaqt intervaliga ega bo'lib, bu vaqtlar odatda mikrosekundlar bilan o'lchanadi. (1) RDB kontrollerining komponentlari RDB kontrolleri tarkibidagi komponentlar kompyuter tomonidan shakllantirilgan signallarni qayta ishlash va pozitsiyalash uchun mas'ul bo'lib, RB dasturiy ta'minoti bilan birgalikda motorlarni aniq boshqarishni ta'minlaydi. Ushbu barcha komponentlar birgalikda umumiy boshqaruv tizimini hosil qiladi.

RDB kontrollerining uchta asosiy komponenti mavjud:

1. Quvvat manbai bloki
2. Elektr zanjirlarini himoya qilish tizimi
3. Motor drayver bloki

Quvvat manbai bloki RDB tizimining asosiy va muhim qismlaridan biridir. RDB stanokida kompyuter tomonidan boshqariladigan past kuchlanishli aloqa liniyasi mavjud. Ushbu aloqa liniyasi tizim bilan stanok o'rtasidagi axborot almashinuvini ta'minlaydi. Quvvat manbai harakat, kesish va boshqa stanok bilan bog'liq jarayonlar uchun energiya ta'minotini ta'minlaydi.

Zanjirni himoya qilish tizimi breakout board (ajratuvchi plata) orqali amalga oshiriladi. Bu plata signallarni izolyatsiya qiladi, ya'ni ularni ajratadi. Shu bilan birga, kontroller qutisi ichida elektr zanjirlarini himoya qilish va ularni kerakli drayverlarga taqsimlash funksiyasini bajaradi. Breakout board kompyuterdan signal qabul qiladi va uni kerakli drayverlarga uzatadi. Shuningdek, u limit kalitlar (chegaralovchi tugmalar) bilan ishlashga imkon beradi, bu tugmalar kompyuterga holat haqida axborot uzatadi.

Zanjirni himoya qilish tizimining yana bir elementi sug'urtalovchi elementlar (fuzlar) bo'lib, ular kuchlanish tebranishlari, qisqa tutashuvlar yoki noto'g'ri ulanishlar yuz bergan holatlarda qurilmani himoya qiladi [1,2].

Past kuchlanishli aloqa signali kompyuterdan to'g'ridan-to'g'ri breakout board orqali motor drayverlariga o'tadi. Bu holatda kompyuter elektr zanjiridan izolyatsiya qilinadi, biroq signal motor drayverlariga to'liq yetkaziladi.

Motor drayverlari kompyuterdan kelgan signallarni qabul qilib, kerakli kuchlanish va tokdagi impulsni shakllantirib, motorlarda harakatni yuzaga keltiradi. Ochiq konturli (open loop) tizimda drayverlar motorlarga faqat pozitsiya bo'yicha bir yo'nalishli signal uzatadi. Yopiq konturli (closed loop) tizimda esa motor drayverlari pozitsiya bo'yicha axborotni ham uzatadi, ham qabul qiladi [3].

Ushbu ilmiy tadqiqot asosan FANUC 21 M, SINUMERIC 840D va HEIDENHAIN TNC 426 kontrollerini o'rganadi. FANUC 21 M kontrolleri 5 tagacha o'qlarni boshqarish imkoniyatiga ega bo'lib, 4 ta shpindelni va 4 ta o'zaro bog'langan o'qlarni bir vaqtning o'zida boshqara oladi. Maxsus frezalash (milling) ishlov berish jarayonlari uchun ishlab chiqilgan. Ishlov berish aniqligi esa 1 mikrometrgacha ($1\ \mu\text{m}$) yetadi [4].

FANUC 21 M va SINUMERIK kontrollerlarining funksional xususiyatlari ko'p jihatdan o'xshash [5].



Masalan, SINUMERIK 840D kontrollerining xususiyatlari bir vaqtning o'zida bir nechta o'qlarni boshqarish imkoniyatiga ega. Masofaviy diagnostika funksiyasiga ega va yuza bo'ylab harakatlanishni boshqarish tizimi mavjud. Ma'lumotlar qo'lda yoki dasturiy ta'minot orqali kiritilishi mumkin.

Ushbu xususiyatlar SINUMERIK 840 seriyasida FANUC 21 seriyasiga o'xshash hisoblanadi. HEIDENHAIN TNC 426 kontrollerining xususiyatlari frezalash, burg'ulash va kengaytirish ishlovlar uchun dasturlash imkoniyatiga ega kontur boshqaruvi mavjud va 5 tagacha o'q bo'yicha ishlaydigan stanoklar bilan ishlay oladi. Shpindelning burchak holatini dastur orqali o'zgartirish imkoniyati mavjud. Bundan tashqari kiritish aniqligi va ishlov sifati yuqori bo'lib, ishlov berish jarayoni to'xtatilgan holatda, konturga qayta ulanish funksiyasiga ega [6].

Tadqiqot uslubiyati

Mazkur tadqiqotda ishlov berish obyekti sifatida AL 6061-T6 alyuminiy qotishmasi tanlandi. Detalning o'lchamlari 80×58×12 mm ni tashkil etadi. Mexanik ishlov berish jarayonlari uchun EMCO CONCEPT MILL 250 turidagi stanokdan foydalanildi. Ushbu dastgohning afzalligi shundaki, u almashinuvchan kontroller tizimi bilan jihozlangan. Ya'ni, mazkur stanokda uch xil turdagi kontrollerlarni osonlik bilan almashtirish imkoniyati mavjud.

FANUC

SINUMERIK

HEIDENHAIN

Mos geometrik shakl tanlangach, shu shakl uchun tegishli dasturiy boshqaruv kodi (part programming) ishlab chiqiladi. Ishlov berish vaqti raqamli soat (digital time watch) yordamida o'lchanadi.

Metallni olib tashlash tezligi (MRR) esa raqamli vazn o'lchov qurilmasi yordamida aniqlanadi.

1-jadval.

Al 6061-T6 materialining xossalari

Xossa nomi	Qiymati
Marka	T6
Uzilishga chidamlilik	300 MPa
Elastiklik chegarasi	241 MPa
Young moduli	69 GPa
Kesish kuchi	207 MPa
Issiqlik o'tkazuvchanligi	167 W/m*k
Cho'zilish	8%-10%
Issiqlik sig'imi	0,896 J/g*°C
Zichlik	2,70 g/cm ³
Erish harorati	582 °C
Elektr qarshiligi	3,99 ohm*cm
Qattiq holat harorati	582 °C
Suyuqlanish harorati	652 °C

Ushbu bo'limda turli RDB kontrollerlar uchun yozilgan dasturiy boshqaruv kodi (part programming) keltiriladi. "Dasturiy ta'minot uch turdagi kontrollerlar uchun ishlab chiqildi: HEIDENHAIN TNC 426, SINUMERIK 840D va FANUC 21M. Har bir kontrollerga mos dastur grafik va matnli ko'rinishda taqdim etilgan. HEIDENHAIN kontrollerida IZ=-0.5 parametri (Z yo'nalishida kesish chuqurligi) hamda REP 9/9 operatori qo'llanildi, bu esa



1 ta to'liq kesim va 9 marta takrorlashni anglatib, jami 10 ta kesimni ta'minlaydi. FANUC va SINUMERIK kontrollerlarida esa kesish jarayoni uchun to'g'ridan-to'g'ri 10 marta takrorlash tanlandi. Asbobni materialga kiritishda boshlang'ich oziqlantirish tezligi (feed rate) 100 mm/min etib belgilandi. Keyinchalik bu qiymat amaliy sharoitga muvofiq 450, 500, 550 va 600 mm/min ga o'zgartirildi. Shunga mos ravishda shpindelning aylanish tezligi (spindle speed) ham 1500, 1600, 1850 va 2000 ayl/min qiymatlarida tanlandi. Har uchala kontroller uchun qo'lda (manual) dastur yozilib, ishga tushirildi [7].

Natijalar

Tajriba asosida bajarilgan ishlar bo'yicha ko'rsatkichlar (ya'ni, metallni olib tashlash tezligi – MRR va ishlov berish vaqti) hisoblab chiqildi. Quyidagi 2-jadvalda ishlov berish vaqti eksperimental o'lchov asosida keltirilgan.

(00:00:00) = (daq: soniya: millisoniya)

2-jadval

Ishlov berish vaqti

S.NO.	Mashina parametrlari	Ishlov berish yo'nalishi	Heidenhain vaqti 426 TNC	Sinumerik vaqti 840D	FANUC vaqti 21 M
1	F=450 SS=1500 DOC=5	RS	5:47:55	5:47:79	5:49:77
CR 1	2:06:37	2:07:19	2:08:17		
CR 2	2:55:05	2:55:58	2:58:15		
2	F=500 SS=1650 DOC=5	RS	5:15:77	5:16:85	5:18:07
CR 1	1:58:10	1:59:07	2:00:84		
CR 2	2:42:26	2:42:93	2:44:48		
3	F=550 SS=1800 DOC=5	RS	4:53:25	4:54:99	4:56:02
CR 1	1:50:53	1:50:59	1:52:53		
CR 2	2:31:76	2:31:92	2:32:50		
4	F=600 SS=2000 DOC=5	RS	4:28:01	4:29:27	4:30:41
CR 1	1:44:30	1:45:98	1:46:54		
CR 2	2:19:68	2:20:03	2:21:84		

Kontroller ishlash vaqti. RDB (raqamli dasturlashtirilgan boshqaruv) kontrollerining ishlash vaqtini hisoblash tajriba asosida olib borilgan vaqt tahlili asosida amalga oshirilgan. Eksperimental ishlar natijasida muhim xulosalar olingan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, bir xil geometriya, identik ishlov berish parametrlari to'plami va qo'lda yozilgan mos dasturdan foydalanilgan bo'lsa-da, uchala kontroller (HEIDENHAIN TNC 426, SINUMERIK 840D va FANUC 21M)da ishlov berish vaqtlari bir-biridan farq qilgan. FANUC 21M va SINUMERIK 840D kontrollerlarida qayd etilgan ishlov berish vaqti HEIDENHAIN TNC 426 kontrolleriga nisbatan ko'proq bo'lgan. Umuman olganda, HEIDENHAIN TNC 426 kontrollerining ishlash vaqti eng qisqa hisoblanadi. Dastur ma'lumotlarini kiritish vaqti esa FANUC 21M kontrollerida boshqalariga qaraganda



ko'proq bo'lgan. Bundan tashqari, havola (referencing) olish vaqti HEIDENHAIN TNC 426 da boshqalariga qaraganda ko'proq ekanligi kuzatildi. Ammo, dastur bajarilish vaqtidan tashqari boshqa vaqtlar operatorning malakasiga qarab o'zgarishi mumkin.

Xulosa

Umumiy tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, har bir RDB kontrolleri o'ziga xos funksiyalarga ega. Ushbu tadqiqot shuni ko'rsatadiki, berilgan geometriya uchun HEIDENHAIN TNC 426 va SINUMERIK 840D frezalash kontrollerlari FANUC 21M ga nisbatan yaxshi natijalar ko'rsatgan. Ish davomida yana bir nechta muhim xulosalar olinib, har xil kontrollerlarning turlicha imkoniyatlarga ega ekanligi aniqlangan. Shu sababli, samarali ishlov berish jarayonini ta'minlash uchun mos kontrollerning tanlanishi muhim ahamiyat kasb etadi. Bu nafaqat ishlov berish vaqtini qisqartirishga, balki jarayon bilan bog'liq boshqa parametrlarni ham optimallashtirishga xizmat qiladi. O'rtacha ishlash vaqtlari tahliliga ko'ra, HEIDENHAIN TNC 426 kontrolleri eng qisqa natijani ko'rsatgan. Ayrim holatlarda esa SINUMERIK 840D kontrollerining ko'rsatkichlari HEIDENHAIN TNC 426 ga juda yaqin bo'lgan. Metallni olib tashlash tezligi (MRR — Material Removal Rate) ham kontroller xususiyatlariga bog'liq bo'lib, bu tadqiqotda HEIDENHAIN TNC 426 uchun eng yuqori, SINUMERIK 840D uchun o'rtacha, va FANUC 21M uchun eng past bo'lib chiqqan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Admit Murat PINAR, Abdulkadir GULL "Time Minimization of CNC Part Programs in a Vertical Machining Center in Terms of Tool Path and Cutting Parameter Criteria"/- 2005
- [2]. Sungchul Jee, KSME// International Journal/ -1998.
- [3]. Sayyad Naimuddin, S. B. Warkad, Dr. G. M. Dole, Mohammad Nasiruddin. Journal of Theoretical and Applied Information Technology/-2005
- [4]. B.Sh.Qodirov, Sh.F.Abdullayeva. Determination of mechanical properties of metals and alloys // Innovative technologies and engineering/ - 2021.
- [5]. B.Sh.Qodirov, Sh.F.Abdullayeva. RDB dastgohlarining afzalliklari // Fan, ta'lim ishlab chiqarish integratsiyasi asosida tabiiy resurslardan foydalanish muammolari va ularning innovatsion yechimlari/- 2021.
- [6]. E.O.Umarov. Materialshunoslik // Darslik - 2014.
- [7]. U.A.Urinov, Sh.F.Abdullayeva. Mexanik ishlov berishda rdb dastgohlarini qo'llashning muammoli tahlili// Fan va texnologiyalar taraqqiyoti/-2025.