DOI: 10.65322/j.srd.02162026.26

FREZERLASHDA QO‘LLANILADIGAN NANO-SOVITISH SUYUQLIKLARINING KESISH ZONASI HARORATI VA ASBOB YEYILISHIGA TA’SIRINI MODELLASHTIRISH

Xaydarov X.B., *PhD, katta o‘qituvchi,*
E-mail: xaydarovxusanboy733@gmail.com,
Andijon Davlat texnika insituti

Annotatsiya: *Metallarga ishlov berish jarayonida sovitish va moylash tizimlariga turli qo‘shimchalar kiritilishi ishlov berishning barqarorligi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Har xil turdagi qo‘shimchalar ishqalanishni kamaytirish, kontakt yuzalarining yeyilishini pasaytirish hamda kesish zonasidan issiqlikni samaraliroq olib chiqishga yordam beradi. Nanotexnologiyalar rivojlanishi bilan sanoatda nanozarrachalar, nanoqo‘shimchalar va nanosuyuqliklardan foydalanish va ularni tadqiq etishga katta e’tibor qaratilmoqda. Ushbu ishda nanozarrachalarga asoslangan sovitish va moylash suyuqliklaridan foydalanishning ta’siri o‘rganiladi. Oddiy sovitish-moylash suyuqliklari bilan nanoasosli suyuqliklarning kesish jarayonidagi samaradorligi o‘zaro solishtiriladi.*

Аннотация: *В процессе обработки металлов введение различных добавок в системы охлаждения и смазки способствует повышению стабильности и эффективности обработки. Различные виды добавок позволяют снизить трение, уменьшить износ контактных поверхностей, а также улучшить отвод тепла из зоны резания. С развитием нанотехнологий в промышленности уделяется большое внимание исследованию и применению наночастиц, нанодобавок и наножидкостей. В данной работе изучается влияние использования охлаждающе-смазочных жидкостей на основе наночастиц. Проводится сравнительный анализ эффективности традиционных охлаждающе-смазочных жидкостей и наножидкостей в процессе резания.*

Abstract: *In metal machining processes, the introduction of various additives into cooling and lubrication systems contributes to improving process stability and efficiency. Different types of additives help reduce friction, decrease wear of contact surfaces, and enhance heat removal from the cutting zone. With the advancement of nanotechnology, significant attention has been given to the study and application of nanoparticles, nano-additives, and nanofluids in industry. This study investigates the effects of using nanoparticle-based cooling and lubrication fluids. A comparative analysis of the performance of conventional cooling and lubrication fluids and nanofluids in the cutting process is carried out.*

Kalit so‘zlar: *Metallarga ishlov berish, sovitish va moylash, qo‘shimchalar, ishqalanish, yeyilish, kesish zonasi, issiqlik uzatish, nanotexnologiya, nanozarrachalar, nanoqo‘shimchalar, jarayon samaradorligi, barqarorlik, tribologiya.*

Ключевые слова: *Обработка металлов, Охлаждение и смазка, Добавки, Трение, Износ, Зона резания, Теплоотвод, Нанотехнология, Наночастицы, Нанодобавки, Наножидкости, Стабильность, Процесс резания.*

Keywords: *Metal machining, Cooling and lubrication, Additives, Friction, Wear, Cutting zone, Heat dissipation, Nanotechnology, Nanoparticles, Nano-additives, Nanofluids, Process efficiency, Stability, Tribology, Cutting process.*

Kirish. Nanotexnologiya bugungi kunda ilm-fan va sanoatning eng jadal rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, uning taraqqiyoti uzluksiz davom etmoqda. Ushbu sohada yaratilayotgan mahsulot va texnologiyalar elektronika, tibbiyot, aviatsiya va kosmik tizimlar, avtomobilsozlik, metrologiya, energetika, qishloq xo‘jaligi hamda to‘qimachilik kabi ko‘plab tarmoqlarda keng tatbiq etilmoqda. Ayniqsa, nanotexnologiyaning muhim natijalaridan biri

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.26

hisoblangan nanosuyuqliklar mexanik va mashinasozlik sohalarida tobora ko‘proq qo‘llanila boshladi [1].

Nanosuyuqliklar – bu asosiy suyuqlik tarkibiga mayda o‘lchamdagi zarrachalar qo‘shilishi orqali hosil qilingan murakkab muhit bo‘lib, ular boshlang‘ich suyuqlikning fizik-kimyoviy xossalarini sezilarli darajada o‘zgartiradi. Bunday suyuqliklar ishlab chiqarish jarayonlari va texnologik tizimlarning samaradorligini oshirish maqsadida qo‘llanadi [2]. Ular, odatda, qovushqoqlikni oshirish, harakatlanuvchi yuzalar orasidagi bevosita kontaktnı kamaytirish, oksidlanish jarayonlarini susaytirish hamda issiqlik almashinuvini yaxshilash kabi foydali xususiyatlarga ega.

Shu bilan birga, nanosuyuqliklardan foydalanishning kengayishi ayrim murakkabliklarni ham yuzaga keltirmoqda. Xususan, nanozarrachalarni olish va tayyorlash jarayoni texnologik jihatdan murakkab bo‘lib, u yuqori aniqlik va maxsus uskunalarni talab qiladi. Nanosuyuqliklarni hosil qilish odatda ikki bosqichda amalga oshiriladi: dastlab nanoo‘lchamdagi zarrachalar sintez qilinadi, so‘ngra ular maxsus mexanik yoki ultratovush usullari yordamida asosiy suyuqlikka bir tekis taqsimlanadi. Bu jarayonlarning murakkabligi ularning umumiy tannarxini oshiradi.

Bundan tashqari, nanozarrachalarning suyuqlik tarkibida barqaror holatda saqlanishi, ya’ni cho‘kma hosil qilmasdan bir xil taqsimlanishi ham muhim muammolardan biridir. Ekologik jihatlar ham e’tibordan chetda qolmaydi – nanosuyuqliklarni utilizatsiya qilish, qayta ishlash yoki atrof-muhitga ta’siri bilan bog‘liq ayrim cheklovlar mavjud.

Metodika

Mexanik ishlov berishda nanosuyuqliklar.

Mexanik ishlov berish jarayonlarida nanosuyuqliklardan foydalanish asosan ikki yo‘nalishda amalga oshiriladi. Birinchidan, ular dastgohlarning moylash tizimlarida qo‘llanilib, yo‘naltiruvchi yo‘llar, asosiy shpindel podshipniklari kabi mexanik va issiqlik yuklamalari yuqori bo‘lgan harakatlanuvchi elementlarning samarali ishlashini ta’minlaydi. Ikkinchidan esa, kesish jarayonlarida sovitish va moylash muhitining tarkibiy qismi sifatida xizmat qilib, kesuvchi asbob bilan ishlov berilayotgan detal o‘rtasidagi ishqalanishni kamaytiradi hamda kesish vaqtida hosil bo‘ladigan issiqlikni tezroq olib chiqishga yordam beradi [3].

Kesish zonasida, ya’ni asbob va material o‘rtasidagi tribologik juftlikda yuz beradigan samaradorlik ko‘p jihatdan asosiy suyuqlik tarkibida mavjud nanozarrachalar bilan bog‘liq fizik va mexanik jarayonlar natijasidir. Ba’zi nanozarrachalar o‘z shakli tufayli sirpanish ishqalanishini aylanish (yumalash) ishqalanishiga yaqinlashtiradi, bu esa energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi. Shu bilan birga, ular ishlov berilgan sirtga nisbatan “nano-silliqlash” va “nano-deformatsiya” effektlarini ham yuzaga keltiradi. Natijada kesuvchi asbob yuzalarining yeyilishi kamayadi.

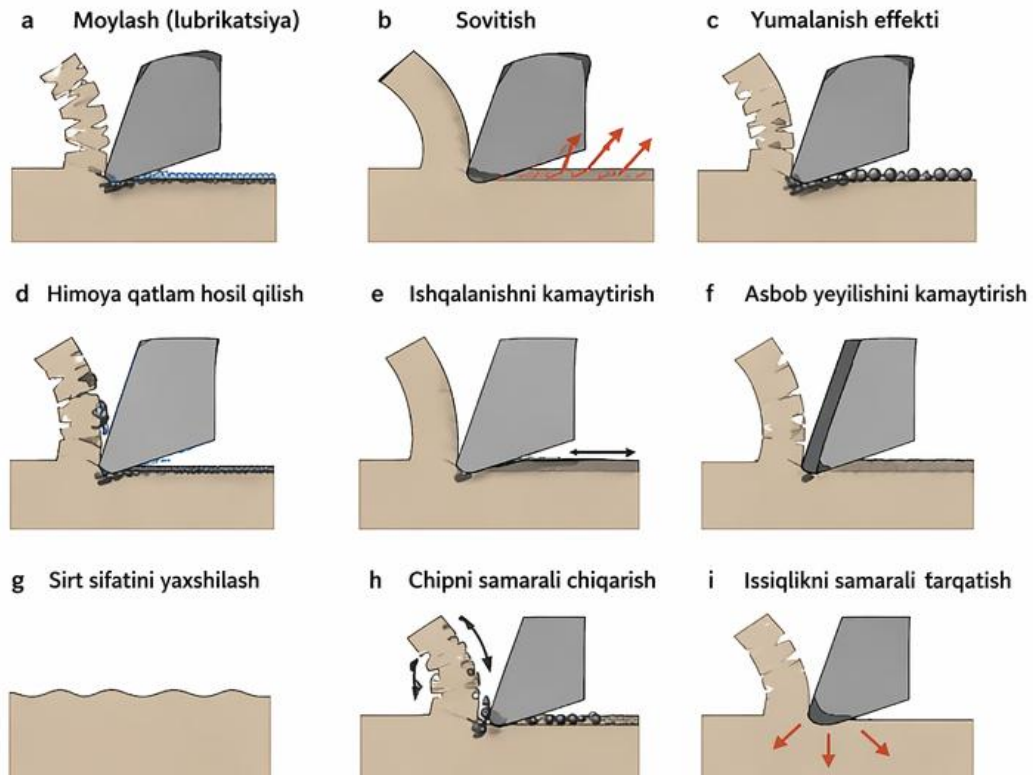
Nanozarrachalar kontakt yuzalarida himoya qatlam hosil qilishi yoki asosiy suyuqlik ichida juda yupqa plyonka shakllantirishi mumkin. Bu qatlamlar yuzalar orasidagi to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqani cheklab, yopishish va abraziv yeyilishni sezilarli darajada kamaytiradi. Agar nanozarrachalar ishlov berilgan sirtning mikro notekisliklarini to‘ldirsa, kontakt maydoni ortadi va mahalliy bosim pasayadi. Bundan tashqari, ayrim turdagi zarrachalar suyuqlikning yopishqoqligini kamaytirib, uning ho‘llash qobiliyatini oshiradi, natijada nanosuyuqlik kesuvchi asbobning yetib borish qiyin bo‘lgan joylariga ham kirib boradi.

Nanozarrachalar asosiy suyuqlikning oksidlanish xususiyatlarini pasaytirishi, shuningdek, uning issiqlik sig‘imi va issiqlik o‘tkazuvchanligini yaxshilashi mumkin. Bu esa kesish jarayonida ajralib chiqadigan issiqlikni samaraliroq tarqatishga imkon beradi. Umuman olganda, nanosuyuqliklardan foydalanish sovitish va moylash jarayonlarining samaradorligini oshirib, kesish jarayonining barqarorligini ta’minlaydi hamda uning ekologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi [4].

Yuqoridagi omillar natijasida kesish kuchlari kamayadi, energiya sarfi qisqaradi, asbobning yeyilishi sekinlashadi va xizmat muddati uzayadi. Shuningdek, ishlov berish sifati

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.26

yaxshilanib, sirtning qo‘polligi kamayadi va o‘lcham aniqligi oshadi. Shu sababli nanosuyuqliklardan foydalanish zamonaviy mexanik ishlov berish texnologiyalarida muhim istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi [5].



1-rasm. Ikki jism orasidagi nanosuyuqlik mexanikasi [6]

(*a*) moylash (lubrikatsiya) – kesuvchi asbob va detal orasiga moylovchi suyuqlik kirib, ishqalanishni kamaytiradi. Bu kesish kuchini pasaytirib, asbobning ishlash muddatini uzaytiradi.(b) Sovitish – kesish vaqtida hosil bo‘ladigan issiqlikni kamaytiradi, bu esa metallning qizib ketishini oldini olib, deformatsiyani kamaytiradi. (*c*) yumalanish effekti – kesish zonasida zarrachalar yoki moy tomchilari orqali sirpanish o‘rniga yumalanish yuzaga kelib, ishqalanish yanada kamayadi. (*d*) himoya qatlam hosil qilish – moylovchi-sovutuvchi suyuqlik asbob yuzasida yupqa qatlam hosil qilib, uni bevosita metall bilan kontakt qilishdan himoya qiladi. (*e*) ishqalanishni kamaytirish – umumiy mexanik qarshilik kamayadi, natijada energiya sarfi qisqaradi va jarayon barqaror bo‘ladi. (*f*) asbob yeyilishini kamaytirish – kesuvchi qirraning sekin yeyilishiga olib keladi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi.(*g*) sirt sifatini yaxshilash – ishlov berilgan detal yuzasi silliqroq va aniqroq bo‘ladi. (*h*) chipni samarali chiqarish – kesilgan metall (chip) oson ajralib chiqadi, bu esa tiqilib qolish va qo‘shimcha ishqalanishni oldini oladi. (*i*) issiqlikni samarali tarqatish – hosil bo‘lgan issiqlik kesish zonasidan uzoqlashtirilib, asbob va detalning qizishini kamaytiradi.

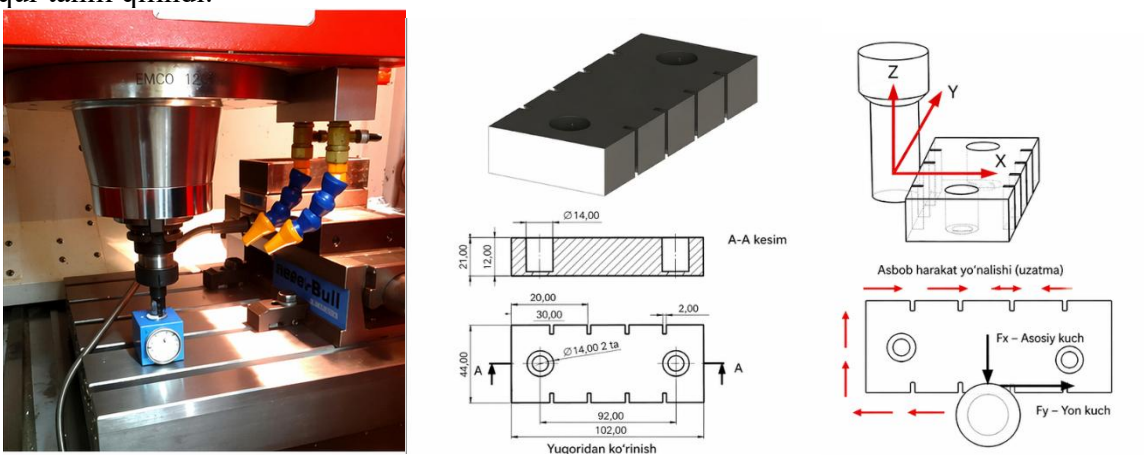
Tajriba qurilmasi. Tajriba o‘lchovlari EMCO Concept Mill 450 frezerlash markazida (2-rasm) amalga oshirildi. Ishlov berishda plastinali freza asbobi qo‘llanildi: kesuvchi plastina R390-11 T3 08M (sifat darajasi GC1130) va asbob ushlagichi R390-020B20-11L bo‘lib, ular Sandvik tomonidan ishlab chiqarilgan.

Ishlov berilayotgan material sifatida X210CrVMo2-1 markali asbobsozlik po‘lati tanlandi. Ushbu po‘lat sovuq deformatsiya uchun shtamplar, qoliplar, kesuvchi asboblar hamda yuqori mas’uliyatli mexanizm detallarini tayyorlashda keng qo‘llanadi. Zagotovkaning geometrik

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.26

o‘lchamlari tajribani bitta uzluksiz siklda, ishlov berish tizimi va atrof-muhit sharoitlarini o‘zgartirmagan holda olib borishga imkon berdi.

Kesish kuchlari uchta o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishda Kistler dynamometer yordamida o‘lchandi. Ushbu datchik kompyuter bilan bog‘langan holda dastgoh stoliga o‘rnatildi. Ishlov berilgan sirtning qo‘polligi Mitutoyo Surftest SJ-301 portativ qurilmasi orqali aniqlandi. Bundan tashqari, sirt holati qo‘shimcha ravishda Mitutoyo TM-505 optik mikroskopida kuzatilib, natijalar chuqur tahlil qilindi.



2-rasm. Tajriba qurilmasi (chapda) va ishlov beriladigan detal (o‘ngda)

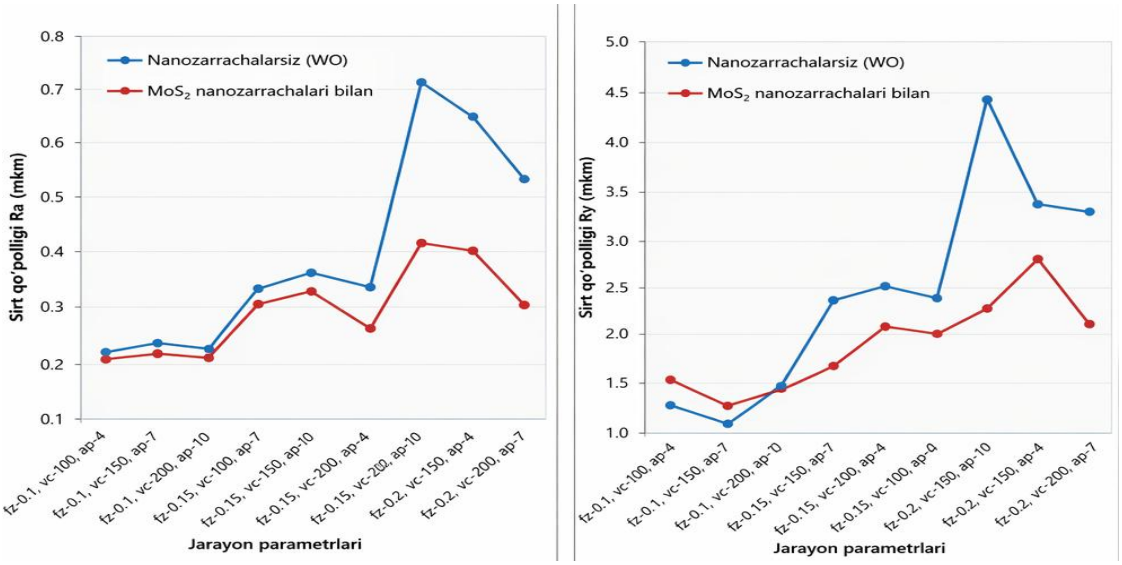
Tajribada sovutish-moylash vositasi sifatida CASTROL Hysol T15 markali emulsiya ishlatildi. U texnik deionizatsiyalangan suvda eritilib, 5 foizli eritma holida tayyorlandi. Suyuqlik kesuvchi asbobning tashqi yuzasiga oqim usulida uzluksiz berib borildi. Nanosuyuqlik tayyorlash maqsadida molibden-disulfid (MoS_2) asosidagi nanozarrrachalardan foydalanildi. Mazkur material uch atomli qalinlikdagi plastinkali kristall tuzilmasiga ega bo'lib, uning atomlari olti burchakli tartibda joylashgan. Nanozarrrachalar tayyor asosiy suyuqlikka qo'shildi va ularning miqdori 1,5 g/l ni tashkil etdi.

Tajriba L9 Taguchi ortogonal matritsasi asosida loyihalashtirildi va to'qqiz tajriba nuqtasini o'z ichiga oldi. Umuman olganda, tajriba ikki bosqichga ajratildi: birinchi bosqichda nanozarrrachalar qo'shilmagan sof asosiy suyuqlik qo'llanildi, ikkinchi bosqichda esa nanozarrrachali aralashma ishlatildi. Har bir bosqichda uchta texnologik parametr – kesish chuqurligi a_p (4, 7, 10 mm), tishboshiga siljish fz (0,10; 0,15; 0,20 mm/tish) va kesish tezligi vc (100, 150, 200 m/min) – uch darajada o'zgartirib borildi. Kesish eni barcha sinovlar davomida doimiy qilib belgilandi: $a_e = 2$ mm. Natijada ikkala bosqich bo'yichaumumiy 18 ta tajriba o'tkazildi.

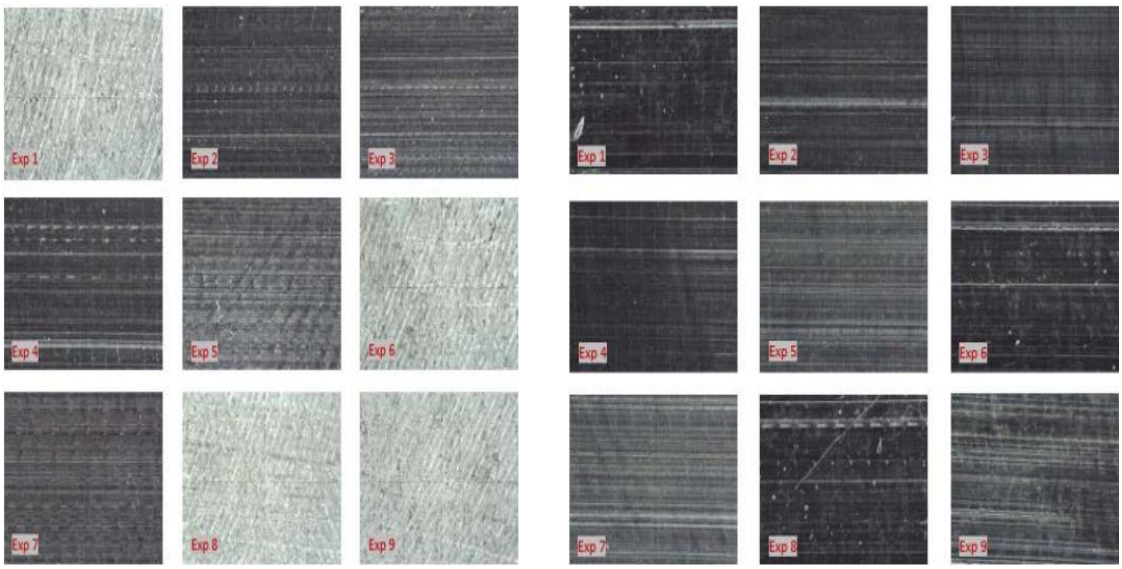
Natija. Olingan o'lchov natijalari tahlil qilindi – bu tahlil jarayonida ishlov berish qobiliyati, qiymatlarning o'sish tendensiyalari va ularning kirish parametrlariga bog'liqligi o'rganildi. Tahlil yakunlangach, kirish va chiqish ko'rsatkichlari o'rtasidagi matematik bog'liqliklarni ifodalovchi modellar ishlab chiqildi.

Tajriba davomida turli kirish parametrlari va sovutish-moylash sharoitlari kombinatsiyasida ishlov berilgan sirtlarning qo'pollik ko'rsatkichlari o'lchandi. Xususan, o'rtacha chiziqdan profilning balandlik og'ishlarining arifmetik o'rtachasi (Ra) hamda bitta namuna uzunligi doirasida profilning eng yuqori cho'qqisidan eng pastki nuqtagacha bo'lgan maksimal balandlik (Ry) qiymatlari aniqlanpdi. Sovutish-moylash usuli ikki holat sifatida belgilandi: nanozarrrachalar qo'shilmagan suyuqlik (WO) va molibden-disulfid nanozarrachalari aralashtirilgan suyuqlik (MoS_2). Yuqorida qayd etilgan sirt qo'pollik parametrlarining tajriba natijalari 3-rasmda keltirilgan. 4-rasmda esa ishlov berilgan sirtlarning mikroskop ostida olingan tasvirlari taqdim etilgan.

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.26



3-rasm. Turli kirish parametrlar uchun Ra (chapda) va Ry (o‘ngda) natijalari



4-rasm. Nanozarrachalarsiz (chapda) va nanozarrachalar bilan (o‘ngda) ishlov berilgan sirt tasvirlari

Sovutish-moylash sharoiti nuqtai nazaridan qaraganda, nanozarrrachalar ishlatilgan holatlarda kesish kuchlari sezilarli darajada past qiymatlarni ko'rsatdi. Ushbu farq ayniqsa Fx kesish kuchi komponentida yaqqol namoyon bo'ldi, bu esa detalning o'lchamli aniqligi uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Fx kesish kuchining eng quyi qiymati – 115 N – nanozarrrachali sovutish-moylash suyuqligi qo'llanilganda, fz = 0,1 mm/tish, vc = 150 m/min va a_p = 7 mm parametrlarida qayd etildi. Kichik yoki katta kesish parametrlarini qo'llashda esa bu farqda biron-bir sezilapli o'zgarish kuzatilmadi. Mazkur xulosa shuni ko'rsatadiki, barcha holatlarda asbob va ish parchasining o'zaro aloqa yuzasidagi ishqalanish koeffitsienti kamaydi, bu esa o'z navbatida kesish kuchlarining pasayishiga olib keldi. Modellarning ahamiyatliligi va mosligi statistik ahamiyatlilik parametrlari – P va F qiymatlari, shuningdek model mosligi parametrlari asosida baholandi. Model mosligi parametrlariga quyidagilar kiradi: o'rtacha qiymatlar ($\bar{x}$), standart og'ishlar (SD), signal-shovqin nisbati (S/N) hamda regressiya koeffitsienti qiymatlari (R^2). Ishlov berish qobiliyatini tavsiflovchi funksiyalar oshirilgani kuzatildi.

Xulosa. Ushbu ishda Taguchi tajriba rejasi asosida sovutish-moylash suyuqligiga aralashtirilgan nanozarrrachalarning jarayon samaradorligiga ta'siri o'rganildi. Tadqiqot davomida

DOI: 10.65322/j.srd.02162026.26

asbob po'latini frezalashning muvaffaqiyatli va barqaror amalga oshirilishi isbotlandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, molibden-disulfid nanozarrachalari yordamida sovutish va moylash standart emulsiyadan foydalanishga nisbatan ancha yuqori natijalar beradi. Molibden-disulfid nanozarrachalari qo'llanilganda, ishlov berilgan sirt qo'polligi o'rtacha 20% ga kamaydi va sirt silliq holatga keldi. Xuddi shu sovutish-moylash sharoitida o'lchamli aniqlikka ta'sir etuvchi Fx kesish kuchi komponenti o'rtacha 12% ga pasayishi kuzatildi. Barcha ishlov berish qobiliyati funksiyalari tegishli matematik modellar yordamida muvaffaqiyatli modellashtrildi.

Adabiyotlar

1. Sharma, A.K., Tiwari, A.K., Dixit, A.R. (2016). *Effects of Minimum Quantity Lubrication (MQL) in machining processes using conventional and nanofluid based cutting fluids: A comprehensive review*. Journal of Cleaner Production, 127, 118.

2. Saidur, R., Leong, K.Y., Mohammad, H.A. (2011). *A review on applications and challenges of nanofluids*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(3), 16461668.

3. Vasu, V., Pradeep Kumar Reddy, G. (2011). *Effect of minimum quantity lubrication with AlOnanoparticles on surface roughness, tool wear and temperature in turning of hardened steel*. International Journal of Machining and Machinability of Materials, 9(12), 84103.

4. Khandekar, S., Sankar, M.R., Agnihotri, V., Ramkumar, J. (2012). *Nano-cutting fluid for enhancement of metal cutting performance*. Materials and Manufacturing Processes, 27(9), 963967.

5. Nam, J.S., Kim, D.H., Chung, H., Lee, S.W. (2015). *Optimization of environmentally benign micro-drilling process with nanofluid minimum quantity lubrication using response surface methodology and genetic algorithm*. Journal of Cleaner Production, 102, 428436.

6. Hegab, H., Umer, U., Soliman, M., Kishawy, H.A. (2018). *Effects of nano-cutting fluids on tool performance and chip morphology during machining Inconel 718*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 96(912), 34493462.