

***METALLARNI KESISH KUHLARI VA KESISH QUVVATINI ANALITIK
TAXLIL QILISH HAMDA KESISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH.***

Abdisaidov Nodirbek Akmal o'g'li
Toshkent davlat transport universiteti
abdisaidovnodirbek@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В данной статье проводится аналитическое исследование сил резания, возникающих при механической обработке металлов, и их влияние на режущую мощность. Силы резания играют важную роль в управлении технологическим процессом, поскольку позволяют точно определять оптимальные параметры обработки. Исследование охватывает изменение сил в зависимости от свойств различных металлов, углов резания, коэффициента трения, материала инструмента и скорости вращения. Применяя аналитические методы, автор предлагает математические модели для расчета сил резания и разработки эффективных режимов обработки. В статье рассматриваются пути снижения затрат на производство за счёт применения современных станков с ЧПУ, износостойких инструментов и энергоэффективных подходов. Также обсуждается использование автоматизированных систем мониторинга, которые позволяют в режиме реального времени отслеживать силы резания, оптимизировать энергопотребление, продлевать срок службы оборудования и повышать качество продукции. Полученные результаты представляют научно-практическую ценность и могут быть применены в промышленных условиях, научных исследованиях и образовательных учреждениях, специализирующихся на металлообработке.

Ключевые слова: Резание металлов, силы резания, энергоэффективность, аналитический анализ, технологические процессы.

ANNOTATSIYA

Mazkur maqolada metallarni kesish jarayonida yuzaga keladigan kuchlar va ularning kesish quvvatiga ta'siri analitik jihatdan chuqur o'rganiladi. Metallarni mexanik ishlov berishda hosil bo'ladigan kuchlar ishlab chiqarish jarayonining asosiy parametrlaridan biri bo'lib, ularni to'g'ri aniqlash va tahlil qilish texnologik jarayonning samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotda turli metallarga nisbatan kuchlarning o'zgarishi, kesish burchaklari, ishqalanish koeffitsiyenti, asbob materiali va aylanish tezligining ta'siri o'rganiladi. Shuningdek, analitik usullar yordamida kesish kuchlarini matematik modellashtirish va optimal kesish rejimlarini

ishlab chiqish yo‘llari ko‘rib chiqiladi. Zamonaviy CNC stanoklari, kesish asboblarning qattiqligi va bardoshliligi kesish quvvatining kamayishi bilan ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi. Avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari orqali kesish kuchlarini real vaqt rejimida kuzatish, energiyani tejash, ishlab chiqarish sifati va uskuning xizmat muddatini uzaytirish imkonini beradi. Maqolada taqdim etilgan natijalar metallga ishlov berish sohasida amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, ilmiy-tadqiqot, sanoat hamda ta‘lim yo‘nalishlarida foydalanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Metallarni kesish, kesish kuchlari, energiya samaradorligi, analitik tahlil, texnologik jarayonlar.

ABSTRACT

This article presents an analytical study of cutting forces generated during metal machining and their impact on cutting power. Cutting forces are among the most critical parameters in the machining process, directly affecting the efficiency, quality, and energy consumption of production. The research examines how various factors—such as material properties, cutting angles, friction coefficients, tool material, and spindle speed—influence cutting forces. Using analytical methods, mathematical models are developed to calculate forces and identify optimal machining regimes. The paper also explores how modern CNC machines and durable cutting tools contribute to reducing cutting power and operational costs. Furthermore, real-time force monitoring through automated systems is discussed as a means of improving energy efficiency, extending tool life, and ensuring higher product quality. These monitoring systems allow for dynamic adjustments in machining conditions, supporting smarter and more sustainable manufacturing. The findings of this research have practical implications for industrial applications, academic research, and engineering education. They provide valuable insights for improving process control in metal cutting operations and can be integrated into digital manufacturing frameworks.

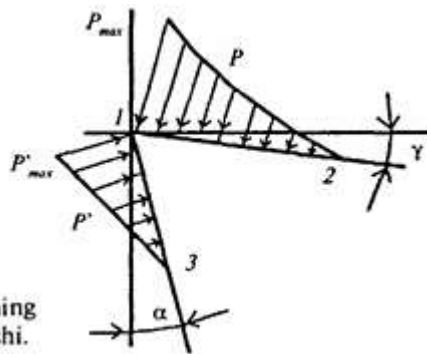
Keywords: Metal cutting, cutting forces, energy efficiency, analytical analysis, technological processes.

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida metallarni mexanik ishlov berish keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, metallarni kesish texnologiyasi mashinasozlik, aviatsiya, avtomobilsozlik va boshqa ko‘plab sohalarda asosiy jarayonlardan biri hisoblanadi. Mazkur jarayonning asosiy ko‘rsatkichlaridan biri bu — kesish kuchlari va ular bilan bog‘liq bo‘lgan kesish quvvatidir. Ushbu parametrlar texnologik rejimlarning tanlanishi, asbobning mustahkamligi, energiya sarfi hamda tayyor mahsulot sifatiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi. So‘nggi yillarda ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya tejash, uskunalarning ishlash muddatini uzaytirish va mahsulot sifatini yaxshilash dolzarb masalaga aylandi. Bunday sharoitda kesish

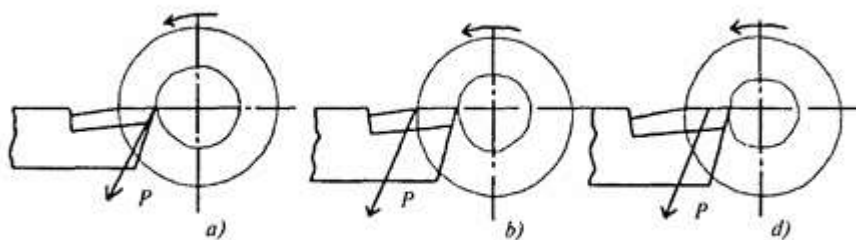
kuchlarini chuqur o'rganish, ularni analitik asosda taxlil qilish va modellashtirish zaruriy bo'lib qolmoqda. Shuningdek, kesish jarayonida hosil bo'ladigan kuchlarni real vaqt rejimida kuzatish imkonini beruvchi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarining joriy etilishi ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qilmoqda.

Ushbu maqolada metallarni kesish kuchlarining hosil bo'lish mexanizmi, ularni aniqlash va tahlil qilish usullari, matematik modellashtirish yo'llari, hamda ularning samarali boshqaruvi bo'yicha takliflar bayon etiladi.

Kesish jarayonida kesuvchi asbobning tig'iga asbobning ishchi harakat yo'nalishida surilishiga qarshilik kuchlari ta'sir e'tadi. Bu kuchlar teng ta'sir etuvchisi kesish kuchi deb ataladi. (P harfi bilan belgilanadi N yoki kN bilan o'lchanadi).



4.1-rasm. Bosim kuchlarining kesichning old va orqa yuzalar bo'yicha taqsimlanishi.



4.2-rasm. Keltirilgan kesish kuchi P_p ning asosiy kesuvchi tig'ga qo'yilish sxemasi.

Kesish kuchini paydo qiluvchi omillar quyidagicha.

1. Ishlanayotgan materiallarning qirindi hosil bo'lishidagi plastik deformatsiyalarga qarshiligi
2. Plastik deformatsiyalangan metallning yangi yuzalar paydo bo'lish joylarida buzilishga qarshiligi
3. Kesilayotgan qirindining qo'shimcha egilishiga va sinishiga qarshiligi va boshqalar bo'lishi mumkin.

METALLARNI KESISH JARAYONIDA YUZAGA KELADIGAN ASOSIY MUOMMOLAR

1. Kesish kuchlarining oshib ketishi

Yuqori kesish kuchlari asbobning tez eskirishiga, uskuna tebranishiga va ortiqcha energiya sarfiga olib keladi.

Kuchlarning notekis taqsimlanishi natijasida kesish aniqligi kamayadi.

2. Asbobning eskirishi va ishdan chiqishi

Uzoq muddatli ishlovda asbob uchining qizib ketishi va yeyilishi kuzatiladi.

Bunga noto'g'ri tanlangan kesish rejimi yoki noqulay material sababi bo'lishi mumkin.

3. Issiqlik ajralishi va sovitish muammolari

Kesish jarayonida katta miqdorda issiqlik hosil bo'ladi.

Agar sovitish yetarli bo'lmasa, bu termik deformatsiyalarga va mahsulot sifatining yomonlashishiga olib keladi.

4. Vibratsiyalar (tebranishlar)

Kesish paytida yuzaga keladigan noxush tebranishlar asbobning uzog'i bilan aloqasiga, yuzaning pürüzlilikiga va aniqlikning yo'qolishiga sabab bo'ladi.

5. Sifat muammolari

Tugallangan buyum sirtining silliqligi yetarli bo'lmasligi.

Chuqurchalar, mikroyoriqlar, qirralarning notekisligi.

6. Materialning notekisligi yoki qattiqligi

Geterojen struktura yoki qattiq aralashmalar asbobga zarar yetkazadi yoki kesish sifatini pasaytiradi.

7. Energiya sarfining yuqoriligi

Noto'g'ri tanlangan kesish rejimlari energiya tejamkorligiga to'sqinlik qiladi

**METALLANI KESISH JARAYONIDA YUZAGA KELADIGAN MUOMMOLARGA
YECHIM SIFATIDA QUYIDAGILARNI KELTIRISHIMIZ MUMKUN**

1. Kesish kuchlarini oshib ketishi

Metallni kesish paytida kesish kuchlarining me'yordan ortib ketishi asbobning erta eskirishiga, energiya sarfini oshishiga va mahsulot sifatining yomonlashishiga olib keladi. Buning oldini olish uchun kesish tezligi, oziqlanish tezligi va kesish chuqurligi kabi parametrlar optimal darajada tanlanishi kerak. Shuningdek, yuqori sifatli va qattiq asbob materiallaridan foydalanish, kesish burchaklarini to'g'ri sozlash ham kuchlarning kamayishiga xizmat qiladi.

2. Asbobning tez eskirishi

Bu muammo asbob materialining chidamsizligi yoki noto'g'ri ishlash rejimlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Uni bartaraf etish uchun qoplamali (titan nitridli) asboblardan foydalanish, muntazam texnik ko'rik o'tkazish, va avtomatik ishlov berish tizimlariga o'tish tavsiya etiladi.

3. Issiqlik ajralishi va sovutish muammolari

Kesish jarayonida ortiqcha issiqlik yuzaga keladi va bu termik deformatsiyalarga sabab bo'ladi. Bunga qarshi sifatli sovutish suyuqliklari (emulsiya, moy) qo'llanishi, sovutish tizimi doimiy ishlash holatida bo'lishi, va asbob issiqlikka chidamli materialdan tanlanishi lozim. Shunga o'xshash yechimlar bo'lishi mumkin

Metallarni kesish kuchlarining hosil bo'lish mexanizmi

Metallarni kesish jarayonida asbob (kesuvchi qism) ish parchasining yuzasiga nisbatan harakatlanar ekan, materialning yuqori qatlamida plastik deformatsiya yuzaga keladi. Bu deformatsiyalangan qatlam o'z ichida kesish zonasi hosil qiladi va natijada kesish kuchlari shakllanadi. Bu kuchlar quyidagi uchta asosiy komponentdan iborat bo'ladi:

- 1. Asosiy (kesish) kuch – F_c : Bu kuch materialni kesishga sarflanadi va asbobning harakat yo'nalishida yo'naltirilgan.*
- 2. Oziqlanish kuchi – F_f : Ishlov berish paytida asbobni oziqlantirish (oldinga harakatlantirish) uchun talab qilinadigan kuch.*
- 3. Tikka kuch – F_n : Asbob yuzasiga perpendikulyar ravishda ta'sir qiladigan bosim kuchi.*

Ushbu kuchlar ishlov jarayonining geometriyasi, materialning qattiqligi, ishqalanish koeffitsiyenti, asbob burchaklari va kesish tezligi kabi omillarga bog'liq.

Kesish kuchlarini aniqlash va tahlil qilish usullari

Kesish kuchlarini o'lchashda bir necha usullardan foydalaniladi:

- 1. Dinamometrik usul – maxsus kuch o'lchov qurilmalari (trio-komponent dinamometrlar) orqali kuchlarning real vaqt rejimida o'lchab olinishi.*

2. **Strain-gauge (deformatsion datchik) usuli** – stanokning yoki asbob tutqichining deformatsiyasi orqali kuchni aniqlash.
3. **Matematik-analitik usul** – oldindan berilgan fizikaviy parametrlar asosida hisob-kitoblar orqali kesish kuchlarini baholash.

Bundan tashqari, yuqori tezlikli kameralar va termografik uskunalar orqali issiqlik zonalarining ta'siri ham o'rganiladi.

Kesish kuchlarini matematik modellashtirish yo'llari

Matematik modellashtirish orqali kesish kuchlarini oldindan aniqlash va boshqarish mumkin. Eng ko'p qo'llaniladigan modellar:

1. **Merchant nazariyasi (Merchant's Circle Diagram):**
 Bu nazariyaga ko'ra, kesish kuchlari kesish zonasi geometriyasi va ishqalanish burchagi asosida quyidagicha ifodalanadi:

$$F_c = \frac{\tau \cdot A_s}{\cos(\varphi - \alpha)} \quad (1)$$

Bu yerda:

- τ — materialning kesish qarshiligi,
- A_s — kesish yuzasi maydoni,
- φ — kesish burchagi,
- α — asbobning oldingi burchagi.

Oxirgi elementlar beruvchi raqamli metod. Bu usul kuchlarning taqsimlanishini, deformatsiya va harorat o'zgarishini aniq ko'rsatadi. **Regressiya va statistic modellar** Tajriba natijalariga asoslangan ko'p omilli regressiya tahlillari orqali kesish kuchlariga ta'sir etuvchi omillar aniqlanadi.

Rus olimi K.A.Zvorikin kesish kuchining nazariy tenglamasini tuzadi. Bu tenglama quyidagi ko'rinishga ega.

$$P = \frac{ab\tau \left[(1 - f_1^2) \cos \gamma + 2 f_1 \sin \gamma \right]}{\sin \theta \left[(1 - f_1 f_2) \cos(\gamma - \theta) + (f_1 + f_2) \sin(\gamma - \theta) \right]}$$

Bu tenglamani biz soddaroq qilib quyidagicha yozsak bo'ladi.

$$\tau_{eff} = \frac{\tau*(\cos\gamma+k*\sin\gamma)}{\cos(\gamma-\theta)} \quad (2)$$

Bu yerda:

γ — oldingi burchak (radian yoki gradus),

θ -kesish burchagi (shear angle),

τ — materialning asl kesish qarshiligi,

k — ishqalanishni aks ettiruvchi empirik koeffitsiyent (odatda $1 \leq k \leq 2$).

(2) ifodaning quyidagicha afzalliklari bor

Sodda va intuitiv: Muammoli fizik tushunchalarni bitta parametr (τ_{eff}) orqali ifodalaydi.

Moslashuvchan: Har xil materiallar, ishqalanishlar va burchaklar uchun moslashtiriladi.

Raqamli tizimlarga mos: Dasturiy modellashtirish va sanoat avtomatlashtirish tizimlari uchun juda qulay.

Eksperimental qo‘llashga yaroqli: Laboratoriya sharoitida aniqlangan qiymatlar osongina joylashtiriladi.

Hulosa qilib shuni aytganda metallarni kesish jarayonida hosil bo‘ladigan kuchlarning fizik-mexanik mohiyatini chuqur tahlil qilish, ularni aniqlash usullari va matematik modellar orqali ifodalash metallga ishlov berish texnologiyasining samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. O‘rganilgan murakkab tenglama (ishqalanish koeffitsiyentlari, kesish burchagi va asbob burchaklari ishtirokida) kesish kuchini aniq modellashtirishga xizmat qiladi, biroq uni amaliy hisob-kitoblar uchun soddalashtirish zarur.

Soddalashtirilgan va yangicha ko‘rinishda taklif etilgan formula — kesish kuchini effektiv qarshilik orqali aniqlash — bu boradagi hisoblarni osonlashtiradi, ayniqsa dasturiy modellashtirish, real vaqt monitoringi va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida qo‘llash uchun juda qulay. Bu model trigonometriyaga asoslangan

an'anaviy formulalarga qaraganda ko'proq moslashuvchanlikka ega bo'lib, tajriba asosidagi empirik koeffitsiyentlar yordamida kesish shart-sharoitlariga tez moslashadi.

Yakuniy xulosa shuki, nazariy va soddalashtirilgan modellarni birgalikda qo'llash orqali kesish kuchlarini ishonchli aniqlash, energiya samaradorligini oshirish va asboblarning xizmat muddatini uzaytirishga erishiladi. Bu esa, o'z navbatida, metallga ishlov berishning ilmiy asoslangan, raqamli va barqaror rivojlanishiga yo'l ochadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Абрамов, В.А. Автомобильные кондиционеры и климатические установки. — Москва: Машиностроение, 2012. — 240 б.
2. Саттаров, Б.Х. Avtomobil klimalash tizimlari. — Toshkent: O'zbekiston Texnika Universiteti nashriyoti, 2019. — 128 б.
3. Халилов, Н.Р. Avtomobil servisida texnik xizmat ko'rsatish va diagnostika. — Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti, 2020. — 154 б.
4. William H. Crouse & Donald L. Anglin. Automotive Air Conditioning. — McGraw-Hill Education, 2000.
5. Карлов, В.В. Режущие инструменты: Расчет и проектирование. — Москва: Машиностроение, 2004.
6. Грановский, Г.Ф. Механика резания металлов. — Москва: Высшая школа, 1987.
7. Назаров, У.А. Metallarga ishlov berish nazariyasi. — Toshkent: "Fan va texnologiya", 2019.
8. Тимошенко, С.П., Гудьер, Д.Х. Механика материалов. — Москва: Наука, 2001.
9. Исаев, А.П. Процессы резания и стойкость инструмента. — Санкт-Петербург: Питер, 2011.

10. Boothroyd, G., Knight, W.A. Fundamentals of Machining and Machine Tools. — CRC Press, 2006.
11. Kalpakjian, S., Schmid, S.R. Manufacturing Engineering and Technology. — Pearson Education, 2013.
12. Давлатов, Ш. Metallarni kesish nazariyasi va asboblari. — Samarqand: SamDTI nashriyoti, 2021.
13. Shaw, M.C. Metal Cutting Principles. — Oxford University Press, 2005.
14. Altintas, Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. — Cambridge University Press, 2012.