

MASHINASOZLIKDA TISHLI G'ILDIRAKLARGA MEXANIK ISHLOV BERISH JARAYONI VA UNI BAJARISH TARTIBI HAMDA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

Abdisaidov Nodirbek Akmal o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti

abdisaidovnodirbek@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются технологические процессы механической обработки зубчатых колёс, широко применяемых в машиностроении. Зубчатые колёса являются ключевыми элементами при передаче движения и изменении крутящего момента, поэтому качество их изготовления напрямую влияет на надёжность и эффективность работы механизмов. Вначале приведена классификация зубчатых колёс, используемые материалы и области применения. Далее подробно анализируются основные методы механической обработки зубчатых колёс: фрезерование, долбление, протягивание, шлифование и хоннингование.

Особое внимание уделяется вопросам точности, качества поверхности и производительности обработки. В статье предложены пути оптимизации производственного процесса, включая использование современных станков с ЧПУ, систем автоматизации, расчёта параметров резания, а также методов имитационного моделирования технологических процессов. Также приведены критерии выбора оптимальной схемы обработки на основе технико-экономического анализа.

Работа будет полезна инженерам, технологам, а также научным сотрудникам, занимающимся разработкой и совершенствованием зубчатых передач и их производства.

Ключевые слова: *Зубчатое колесо, механическая обработка, оптимизация.*

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada mashinasozlik sanoatida keng qo'llaniladigan tishli g'ildiraklarga mexanik ishlov berish jarayoni, uning texnologik bosqichlari hamda bajarilish tartibi yoritilgan. Tishli g'ildiraklar – harakatni uzatish va aylanish momentini o'zgartirishda asosiy rol o'ynovchi muhim elementlardan biri bo'lib, ularning sifati butun mexanizmlar samaradorligiga ta'sir ko'rsatadi. Maqolada avval tishli g'ildiraklarning turlari, materiallari va qo'llanish sohalari haqida umumiy ma'lumot beriladi. So'ngra

tish ochishning asosiy mexanik usullari – frezalash, dolbarlash, broshkalash, silliqdash va honinglash texnologiyalari batafsil tahlil qilinadi.

Tishli g'ildiraklarga ishlov berishda aniqlik, sirt sifati va samaradorlik kabi mezonlar muhim rol o'ynaydi. Shu bois maqolada ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish yo'llari – zamonaviy CNC dastgohlaridan foydalanish, avtomatlashtirish tizimlari, kesish parametrlarini hisoblash va texnologik jarayonlarni simulyatsiya qilish usullari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, texnik-iqtisodiy tahlil orqali optimal ishlov berish sxemasi tanlash mezonlari aniqlanadi.

Mazkur ish, ayniqsa, tishli uzatmali mexanizmlar ishlab chiqarish bilan shug'ullanuvchi muhandislar, texnologlar hamda ilmiy-tadqiqot bilan band bo'lganlar uchun foydalidir.

Kalit so'zlar: *Tishli g'ildirak, mexanik ishlov berish, optimallashtirish.*

ABSTRACT

This article explores the mechanical machining processes of gears, which are essential components in mechanical engineering and widely used in various industrial applications. Gears play a crucial role in transmitting motion and modifying torque, and the quality of their manufacturing directly affects the performance and durability of machinery. The paper begins by providing an overview of different types of gears, their materials, and application areas. It then offers a detailed analysis of the main gear machining methods, including milling, hobbing, broaching, grinding, and honing. The study emphasizes key criteria such as dimensional accuracy, surface quality, and productivity during machining. Furthermore, the paper investigates optimization methods of the machining process—incorporating CNC machine tools, automation systems, calculation of cutting parameters, and simulation of technological operations. Technical and economic evaluations are also discussed to determine the most efficient gear processing strategies.

This research is particularly beneficial for engineers, production technologists, and researchers involved in the design and manufacturing of gear transmission systems.

Keywords: *Gear, mechanical machining, optimization.*

Bugungi kunda mashinasozlik sanoati texnologik rivojlanishning asosiy harakatlantiruvchi kuchlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, murakkab harakatlarni uzatish va aylanish momentini o'zgartirishda muhim o'rin tutuvchi tishli g'ildiraklar – mexanik uzatmalar tizimining ajralmas tarkibiy qismidir. Tishli g'ildiraklarning ishonchliligi va ishlash samaradorligi ularning geometrik aniqligi, sirt sifatining darajasi hamda ishlov berish texnologiyasiga bevosita bog'liq.

Zamonaviy sanoat tarmoqlarida, xususan, avtomobilsozlik, aviatsiya, robototexnika va stanoksozlik sohalarida tishli uzatmalar sifati ishlab chiqarilayotgan mahsulotning umumiy funkcionalligini belgilab beradi. Shu bois, tishli g'ildiraklarga yuqori aniqlikda mexanik ishlov berish, ularni ishlab chiqarish jarayonini takomillashtirish va optimallashtirish zamon talabi hisoblanadi.

Ushbu ilmiy maqolada tishli g'ildiraklarning mexanik ishlov berish jarayoni, asosiy texnologik usullari – frezalash, dolbarlash, broshkalash, silliqdash va honinglash bosqichlari hamda bu jarayonlarni yanada samaraliroq tashkil etish yo'llari o'rganiladi. Maqolaning maqsadi – mexanik ishlov berishda eng maqbul texnologik yechimlarni aniqlash, zamonaviy dastgoh va avtomatlashtirish vositalaridan foydalanish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga qaratilgan takliflar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijalari amaliyotchi texnologlar, loyihalovchilar va ilmiy izlanuvchilar uchun foydali bo'lishi mumkin. Mazkur mavzu tishli g'ildiraklarni ishlab chiqarishdagi dolzarb muammolardan birini yoritadi va uni hal etish bo'yicha ilmiy asoslangan yondashuvni taklif etadi.

Mashina va mexanizmlarda tishli g'ildiraklar eng ko'p uchraydigan detallar hisoblanadi. Tishli g'ildiraklar belgilangan uzatishlar soniga asosan bir valdan ikkinchisiga aylanma harakatni va burovchi momentni uzatish uchun xizmat qiladi. Tishli g'ildiraklar avtomobillar, traktorlar, metall kesish dastgohlarining tezliklar va uzatishlar qutilarida, reduktorlar, ko'tarish tushirish qurilmalari, nazorat asboblari, soatli mexanizmlar ham da shunga o'xshash qurilmalarda keng qo'llaniladi.

Tishli g'ildiraklarni asosiy turlari va tuzilishlari 1-rasmda keltirilgan.

Birinchi tur tishli g'ildiraklar bular gupchakli va gupchaksiz silindrik va konussimon tishli g'ildiraklar. Bu tishli g'ildiraklarning markaziy teshiklarini tuzilishi tekis, shponka uyali va shlitsali ko'rinishida bo'ladi. Tishli g'ildiraklarni o'q bo'yicha yo'nalgan ochiq markaziy teshiklarning uzunligi lining diametriga nisbati $l/d > 1$ ya'ni «vtulka» ko'rinishida bo'ladi.

ikkinchi tur ko'p gardishli tekis shponka uyali va shlitsali markaziy teshikka ega tishli g'ildiraklar.

Uchinchi tur bir gardishli tekis, shponka uyali shlitsali markaziy teshikka ega va $l/d < 1$ «Disk» ko'rinishidagi tishli g'ildiraklar.

To'rtinchi tur mexanik ishlov berilgandan so'ng gupchak bilan yig'iladigan silindrik, konussimon, chervyakli tishli g'ildiraklar yoki «gardishlar». Beshirtchi tur quyruq qismiga ega (tishli val ko'rinishidagi) silindrik va konussimon tishli g'ildiraklar. Ko'rib chiqilgan tishli g'ildiraklarning har bir turi o'zining tipik texnologik jarayonlariga ega va har biri uchun o'rnatish yuzalari mavjud. Tishli g'ildiraklarning xizmat vazifasidan kelib chiqqan holda ularni markaziy teshiklari va tishli yuzalarini

tayyorlash ga alohida e'tibor qaratilishi talab etiladi. Shunday qilib bu yuzalami o'zaro joylashishitining xatoligi 0,01 - 0,1 mm chegarasida bo'lishi kerak. Tishli g'ildiraklarni gardish qismining sirtini markaziy teshik o'qiga nisbatan perpendikulyarligi 0,05-0,1 mm boiishi talab etiladi. Markazi teshik IT6..IT8 kвалitet aniqligida va yuza tozaligi Ra 1,25... Ra 2,5 bo'ladi.



1. **Spur Gear** – Silindrsimon to'g'ri tishli g'ildirak
2. **Straight Gear** – To'g'ri burchakli tishli g'ildirak (yoki "konusli to'g'ri tishli")
3. **Spiral Gear** – Spiral konusli tishli g'ildirak
4. **Worm Gear** – Chervyakli tishli uzatma
5. **Helical Gear** – Spiral (ya'ni qiyshaygan) tishli g'ildirak
6. **Herringbone Gear** – Arra shaklidagi tishli g'ildirak (ikkita qarama-qarshi spiral tishli)
7. **Planetary Gear** – Planetar uzatma g'ildiraklari
8. **Hypoid Gear** – Gipoid tishli g'ildirak
9. **Internal Gear** – Ichki tishli g'ildirak

1-Rasm

Mexanik ishlov berish texnologik

jarayonining ketma ketligi va uni bajarish tartibi

Bir va ikkinchi turdagi «vtulka» ko'rinishidagi bir va bir necha gardishli tishli g'ildiraklarni tayyorlash texnologik jarayonining ketma-ketligi quyidagicha:

- sirt yuzalarini qirqib ishlash va markaziy teshikka qora va toza ishlov berish;
- markaziy teshik bo'yicha o'matilgan holda tish ochiladigan yuzalarga va boshqa yuzalarga qora, yarim toza ishlov berish;

- tishlami ochish (dastlabki va oxirgi marta tishlami qirqish, agarda aniqlik darajasi talab etsa shever yordamida ishlov berish);
termik ishlov berish;

- qirqilgan tishlarga o‘matilgan holda markaziy teshikks loza ishlov berish;
- tishlarga yakunlovchi ishlov berish (bu holda tishli g‘ildirak markaziy teshik bo‘yicha o‘matiladi).

uchinchi turga xos boigan «Disk» ko‘rinishidagi tishli g‘ildiraklarga mexanik ishlov berish ketma-ketligi yuqorida keltirilgan holda saqlanib qolsada, markaziy teshik uzunligining qisqaligini e‘tiborga olib asosiy texnologik yuza vazifasini tishli g‘ildirak gardishining sirti bajaradi.

«Gardish» turidagi tishli g‘ildiraklarda

yig‘ish bazasi vazifasini pog‘onali markaziy teshikning sirti va gardishni gupchak bilan birlashtirish uchun xizmat qiladigan teshiklar bajarganligi uchun ularga va shu kabi yuzalarga ishlov berish ketma-ketligi quyidagicha bo‘lishi maqsadga muvofiq:

- ichki yuza sirtini qirqib ishlash va shu o‘rnatishda mumkin bo‘lgan barcha yuzalarga ishlov berish;

- markaziy teshik va ichki sirt yuza bo‘yicha o‘rnatilgan, holda mahkamlash teshiklariga ishlov berish;

- tishli g‘ildirakni sirt yuzasi va ikkita mahkamlash teshiklari bilan o‘rnatilgan holda tish qirqiladigan gardishga qora va toza ishlov berish:

- tishlarga dastlabki va oxirgi kesib ishlov berish:

- ichki sirt yuzaga toza kesib ishlov berish (tishlar bo‘yicha o‘rnatilgan holda);

- tishlarga yakunlovchi ishlov berish, bu holda tishli g‘ildirak sirt yuzasi va ikkita mahkamlash teshiklari bo‘yicha o‘rnatiladi;

- «Tishli val» ko‘rinishidagi tishli g‘ildiraklarga maxnik ishlov berish jarayoni valla tayyorlash texnologiyasiga mos keladi va quyidagi tartibda bo‘ladi;

- sirt yuzalariga kesib ishlov berish va markaziy teshiklami ochish;

- tashqi aylanish yuzalariga qora va toza ishlov berish;

- tishli g‘ildiraklardamavjud teshiklar, shlitsali yuzalar, shponka uyalari, rezbali yuzalarga ishlov berish;

- tishlami ochish;

- termik ishlov berish;

- yuqori aniqlikka ega bo‘lgan pog‘onalar yakunlovchi ishlov berish:

- tish yuzalariga ishlov berish.

Tishli g‘ildiraklar asosan qo‘llanilish sohalari quyidagilar

1. Avtomobil sanoati

Tezlikni va momentni o'zgartirish (masalan, uzatma qutilarida)

Differensial mexanizmlar

Rul boshqaruv tizimi (rack and pinion)

Starter tizimlari (chervyak uzatma orqali)

2. Aviatsiya va aerokosmik soha

Gaz turbinali dvigatellarda tishli uzatmalar (helical, planetary)

Yo'nalishni o'zgartiruvchi mexanizmlar

Qo'nish mexanizmlari va eshiklarni ochish/yopish tizimlarida

3.Sanoat texnologiyalari

Konveyerlar va transport tizimlari

Mexanik presslar va stanoklar

Robot manipulyatorlarda aylanishni boshqarish

4. Qurilish va yuk ko'tarish texnikasi

Vintli liftlar (worm gear)

Kranu va ekskavatorlardagi aylantirish mexanizmlari

5.Soat va mikromexanika

Soatlar ichidagi aniq harakat uzatish

Optik va tibbiy anjomlardagi mikro uzatmalar

6.Energetika sanoati

Gidroelektrostansiyalarda turbin uzatmalari

Shamol generatorlarida aylanishni boshqarish (planetary va helical gear)

7.Kema va dengiz texnikasi

Dvigatellardagi uzatma tizimlari

Vintni aylantiruvchi val tizimlari (hypoid va spiral gearlar)

Tishli g'ildiraklarga mexanik ishlov berishni optimallashtirish-bu mahsulot sifatini oshirish, vaqt va xarajatni kamaytirish maqsadida ishlov jarayonini takomillashtirishdir.

Quyida 5 ta asosiy usullarni taklif qilamiz.

1. CNC dastgohlaridan foydalanish

Avtomatlashtirilgan aniq ishlov **orqali inson omilini kamaytiradi.**

Sifatni oshiradi, takroriylikni ta'minlaydi.

Qiyin tishli shakllarni (spiral, herringbone) oson bajaradi.

2. ~~Qattqlik asosida mos material tanlash~~

Metallning qattqligi va ishlov beruvchanligini hisobga olish.

Optimal materialni tanlash ishlov vaqtini va asbob eskiruvini kamaytiradi.

3. Tish kesish strategiyalarini takomillashtirish

~~To'g'ri kesish tezligi, chuqurligi va ozuqa tezligini tanlash.~~

Masalan: **hoblash** (shestnerka stanogi), **broshkalash**, **frezlash** usullarini moslab ishlatish.

4. Sirtni mustahkamlovchi ishlov (termik ishlov)

Tishlarning sirt qattqligini oshirish (tsementatsiya, induksion qizdirish).

Bu tishlarning xizmat muddatini uzaytiradi.

5. Kuzatuv va raqamli monitoring tizimlari

Ishlov jarayonini **onlayn nazorat qilish** va nosozliklarni oldindan aniqlash.

Masalan, **sensorlar yordamida vibratsiya yoki kesish kuchlarini kuzatish.**

Xulosa qilib aytganda Tishli g'ildiraklar mashinasozlikda eng muhim mexanik uzatmalar qatoriga kiradi. Ular kuch, moment va harakatni ishonchli uzatish xususiyatiga ega bo'lib, deyarli barcha sohalarda – avtomobilsozlik, aviatsiya, energetika, sanoat mexanizmlari va robototexnika tizimlarida keng qo'llaniladi. Turli shakl va konstruksiyadagi tishli g'ildiraklar ma'lum texnologik talablar asosida tayyorlanadi va ularning ishlov berish jarayoni aniqlik hamda yuqori sifatni ta'minlashga qaratilgan bo'ladi.

Tishli g'ildiraklarni tayyorlash jarayonida zamonaviy ishlov berish usullaridan, xususan CNC dastgohlar, optimallashtirilgan kesish texnologiyalari, sirtni mustahkamlovchi termik ishlovlar va raqamli monitoring tizimlaridan foydalanish samaradorlikni sezilarli oshiradi. Bu esa nafaqat ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi, balki mahsulotning ishlash muddati va ishonchliligini ham orttiradi. Shu bois tishli g'ildiraklarga ishlov berishni optimallashtirish — bugungi kunda mashinasozlikning asosiy strategik yo'nalishlaridan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Raxmatov A.A. – *Mashinasozlik texnologiyasi asoslari*, Toshkent: «O‘qituvchi», 2020.
(Tishli g‘ildiraklarga ishlov berish usullari va texnologik jarayonlar haqida)
2. Karimov S.M. – *Detal va uzelmalarni ishlash texnologiyasi*, Toshkent: TDPU nashriyoti, 2019.
(Mexanik ishlov turlari, ayniqsa frezalash va hoblash haqida)
3. Litvin F.L. – *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press, 2004.
(Xalqaro darajadagi ilmiy asar, tishli uzatmalar geometriyasi va tahlili haqida)
4. Shlyonskiy G.I. – *Zubchatyye peredachi: Raschet i Proyektirovaniye*, Moskva: Mashinostroyeniye, 2015.
(Tishli uzatmalarni hisoblash va loyihalash)
5. Serope Kalpakjian, Steven Schmid – *Manufacturing Engineering and Technology*, 7th Edition, Pearson, 2014.
(Zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari, jumladan, tishli g‘ildiraklarni ishlash bo‘yicha)
6. ISO 1328-1:2013 – *Cylindrical gears — ISO system of accuracy — Part 1: Definitions and allowable values of deviations*
(Tishli g‘ildiraklarga aniqlik talablarini belgilovchi xalqaro standart)
7. Yusupov A.T. – *Mashina detallari. Darslik*, Toshkent: Innovatsiya, 2021.
(Tishli g‘ildirak turlari, tuzilmasi va qo‘llanilishi haqida keng ma‘lumot)
8. AA. Mirzayev, A.E. Sotvoldiyev. - Toshkent: «Go To Print», 2020. - 168 b.

窗体底端