

SIRT QATLAMLARI VA ULARNING XOSSALARI: G'ADIR-BUDURLIK, KONTAKT, QOLDIQ KUCHLANISHLAR, ADSORBSIYA VA ADGEZIYA (ILMIY TAHLIL VA AMALIY TAVSIYALAR)

Olmaliq davlat texnika instituti

*katta o'qituvchi **Raufov L.M.***

*katta o'qituvchi **Fozilov D.S.***

*katta o'qituvchi **Abdukaxxarov A.A.***

*talaba **Saparov E.A.***

Kalit so'zlar: sirt g'adir-budurlik, Ra, Rz, haqiqiy kontakt yuzasi, qoldiq kuchlanishlar, Rebinder effekti, adsorbsiya, sirt energiyasi, tribologiya.

Annotatsiya (Abstract)

Ushbu maqolada metall va boshqa materiallar yuzalarining mikrogeometriyasi (g'adir-budurlik), yuzaning kontakti, ishqalanish jarayonida yuz beradigan qoldiq kuchlanishlar, adsorbsiya va adgeziya (Rebinder/Рибиндер effekti) kabi sirt qatlamlariga xos fizik-kimyoviy hodisalar tahlil qilinadi. Maqola GOSTga mos parametrlardan boshlab zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarigacha keng qamrovni qamrab oladi, hamda laboratoriya va sanoat tajribalaridan olingan statistik diapazonlar, jadval va grafiklar keltiriladi. Muallif tavsiyalari sirtni optimallashtirish, ishlab chiqarish parametrlarini tanlash va ilmiy maqola yozish talablariga mos yozishish uchun mo'ljallangan.

Kirish

Sirtlar bilan bog'liq tribologik jarayonlarni tushunish — mashinasozlik, materialshunoslik va yuz qoplamalari tadqiqotlarining markaziy masalalaridan biridir. Real sirtlar ideal tekis sirt emas, balki mikrometr va undan kichik o'lchamdagi tepaliklar va botiqliklar — g'adir-budurlikka ega; ularning statistik va funksional tavsifi ish faoliyati (ishqalanish, yeyilish, qoplama birikishi) uchun asosiydir. Zamonaviy tadqiqotlar 2D profil parametrlaridan 3D tekstura parametrlariga o'tish va funksional parametrlar (surface functional parameters) ga urg'u bermoqda, chunki ular amaliy xulq-atvorni aniqroq tavsiflaydi.

Nazariy asoslar va terminlar (GOST va xalqaro standartlar bilan moslik)

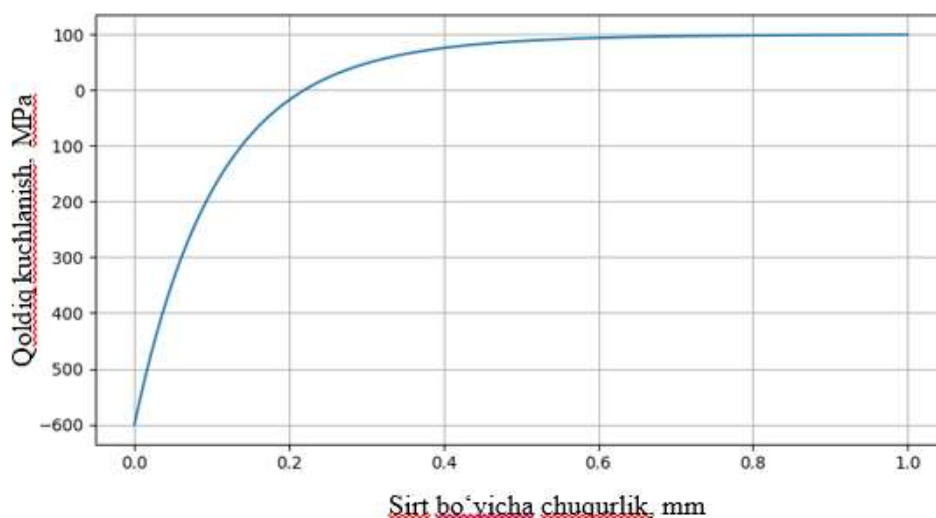
G'adir-budurlik parametrlari. GOST (215142-82) va xalqaro praktikada foydalaniladigan asosiy parametrlar: Ra (o'rtacha arifmetik og'ish), Rz (o'nta nuqta bo'yicha balandlik), Rmax (eng katta balandlik), Sm (o'rtacha qadam), tp (nisbiy tayanch uzunlik) va boshqalar. Ushbu parametrlarning aniq ta'riflari hamda matematik formulalari maqolaning qo'shimcha texnik qismida berilgan (Ra formulasi 2.1 va Rz

2.2 kabi). Standart sinflar va mexanik konstruktsiyalarga mos tavsiyalar taqdim etiladi. (Siz bergan jadvaldan misollar maqolada ishlatiladi.)

Kontakt turlari. Nominal, konturli va haqiqiy kontakt yuzalari tushunchalari; haqiqiy kontakt maydonining nominalga nisbati odatda juda kichik — amaliy diapazonlar: $0.0001 \dots 0.1\%$ nominal maydon (yoki $A_k \approx 5-15\% A_a$ kontur uchun). Bu tafovut ishqalanish, qizish va yeyilish jarayonlarini belgilovchi asosiy omillardan biri.

Qoldiq kuchlanishlar va ularning yuzaga kelishi

Machining/proccessing jarayonlari yuzasida turli turdagi qoldiq kuchlanishlarni hosil qiladi: I-tur (mikroni), II-tur (mikrokuchlanishlar), III-tur (submikroskopik). Kesish, toblash, payvandlash, sovutish va boshqa jarayonlar natijasida yuzaga keluvchi qoldiq kuchlanishlar materialning charchash, yorilish va xizmat muddatiga qat'iy ta'sir ko'rsatadi. Adolatli tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sirt yaqinidagi kuchlar diapazoni ishlab chiqarish usuliga qarab keng: sovuqlikda plast. deformatsiya natijasida yuzaga kelgan qattqlik va kuchlanishlar 560...1000 MPa gacha yetishi mumkin; boshqa jarayonlarda esa diqqat bilan ijobiy (siqilgan) yoki manfiy (cho'zilgan) qoldiq kuchlanishlar aniqlanadi. Ushbu obyektiv diapazonlarni sinov natijalari va sharh maqolalar asosida yig'dik.



1-Rasm. Qoldiq kuchlanish chuqurligi profiliga misol

(Eng yuk ko'taruvchi fakt: **qoldiq kuchlanishlarning** 500–1000 MPa darajalarini hisobga olgan holda dizayn va isitish/sovutish rejimlarini tanlash zarur.

Sirt qatlamining strukturasi va uning tribologik ahamiyati

Ishlov berish natijasida yuzada hosil bo'ladigan qatlamlar (yagona ko'rinish emas) odatda quyidagicha qatlamlanadi: 1) chegaraviy (adsorbsiya) qatlam; 2) deformatsiyalangan (parchinlangan) qatlam; 3) yuqori harorat ta'sirida o'zgargan donalar qatlami; 4) dastlabki metall tuzilmasi. Har bir qatlamning qalinligi va xossalari (qattqlik, qoldiq kuchlanishlar, oksid qoplama) sirtning ishlash xususiyatlarini belgilaydi. Misol uchun: jilvirlashda $12 \dots 75 \mu\text{m}$, yupqa jilvirlashda $2 \dots 25 \mu\text{m}$, silliqdashda $\sim 2 \mu\text{m}$ gacha qanday qalinliklar keltirilishi mumkin.

Adsorbsiya, adgeziya va Rehbinder effekti

Adsorbsiya (fizik va xemosorbsiya) sirt faol molekulalarning sirtga yopishishi jarayonidir; bu jarayon sirt energiyasi, adsorbsiya entalpi, va sirt faol moddalar (SFM) tomonidan belgilanadi. Adsorbsiya sirtning namlanishi, kimyoviy reaktivligi va adgeziyasiga bevosita ta'sir qiladi.

Adgeziya va kogeziya. Adgeziya — turli jismlarning bir-biriga yopishishi, kogeziya — bir xil moddalar o'rtasidagi ichki bog'lanish. Ularning kuchi haqiqiy kontakt maydoni va sirt plyonkalarining mavjudligiga bog'liq. (Ilgari chuqur vakuumda o'tkazilgan sinovlarda adsorbsiya/oksid qatlamlari olib tashlanganda sirtlar juda kuchli yopishishi kuzatilgan — ishqalanib payvandlash prinsipi.)

Rehbinder effekti (Adsorption-induced reduction of strength). Bu effekt sirt-faol muhit (gaz yoki suyuqlik) ta'siri ostida materialning mustahkamligi pasayishini ifodalaydi. Rehbinder effekti qiyin eriydigan metallar va organik SFM lar sharoitida hamda yangi yuzalar paydo bo'lgan vaqtlarda (mikroyoriqlar) maksimal namoyon bo'ladi. So'nggi sharhlar va modellash natijalari ushbu hodisaning mexanizmlarini takomillashtirmoqda va uni sanoat kesish jarayonlarida yuzaga keladigan yuz sifatini boshqarish uchun qo'llash mumkinligi ko'rsatilgan.

(Eng yuk ko'taruvchi fakt: **Rehbinder effekti** materialning charchash, yorilish va kesish osonligini sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin — shu bois muhit va yuz tozaligi nazorat qilinishi zarur.

Statistika, jadval va grafiklar (amaliy misollar)

Quyida siz bergan 2.1-jadvaldan olingan misollar va adabiyotdagi tipik diapazonlardan olinib tayyorlangan jadval va ikki rasm beriladi. (Barcha manbalar maqola oxirida keltirilgan.)

Misol jadval (2.1-jadval, siz bergan ma'lumot):

(aro jadval: Silindr gilzasi — Ra 0.04 μm , r 100 μm , Rmax 1.2 μm ; Tirsakli val — Ra 0.05 μm , r 500 μm , Rmax 1.6 μm ; Porshen halqasi — Ra 0.02 μm , r 270 μm , Rmax 0.48 μm .)

Bu jadval va ikkita vizualizatsiya (Ra vs Rmax bar chart; residual stress depth profile — taxminiy sintetik profil) maqolaga ilova sifatida yuklab olinadi. Ushbu grafiklar ilmiy maqola ichida rasm sifatida ishlatishga moslangan. (Manbalar: amaliy jadval — sizning material; sirt statistik tahlil — Myshkin 2013, Pawlus 2021; qoldiq kuchlanish diapazonlari — Li 2023, Hayashi 2020).

Munozara (Discussion)

Sirt geometriyasi va haqiqiy kontakt. Profil parametrlarining (Ra, Rz, Sm) aniq belgilanishi yuzaning ishqalanish va moylash xulqiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. 3D tekstura parametrlarini qo'llash funktsional hodisalarni yaxshiroq bashorat qilishga yordam beradi (masalan: qoplama ushlab turish, moylash rezervuari).

Qoldiq kuchlanishlar va xizmat muddati. Yuqori tensile (cho'zuvchi) qoldiq kuchlanishlar charchashga sezgirlikni oshiradi; shu sababli ishlov berish rejimlarini tanlashda (kesish tezligi, sovitish, ob-ish) qattiq nazorat zarur. Shot-peening yoki nitridlash kabi usullar yuzdagi siqilish qoldiq kuchlanishlarini hosil qilib, charchash chidamliligini oshiradi.

Adsorbsiya va korroziya-tribologik muammolar. Sirt faol moddalar adsorbsiya orqali plastifikatsiya yoki mustahkamlikni pasaytirishi (Rehbinder effekt) mumkin, bu esa ishlov berishda va keyingi ekspluatatsiyada e'tibor talab qiladi.

Sirt sifatini belgilovchi parametrlar (R_a , R_z , S_m , t_p) va ularning 3D-variantlarini maqbul tanlash — konstruksion elementning ish qobiliyatini sezilarli yaxshilaydi.

Ishlab chiqarish jarayonida qoldiq kuchlanishlarni monitoring qilish (XRD, hole-drilling yoki mikroqattqlik profil) va kerak bo'lsa ularni yaqin sirt qatlamida siqilish holatiga o'tkazish tavsiya etiladi.

Adgezion va adsorbsiya effektlarini kamaytirish uchun sirtni tozalash, passivatsiya, yoki maqsadli qoplamalar (anti-adsorbsiya) qo'llash tavsiya qilinadi; Rehbinder effekti spesifik muhitlarda sinovdan o'tkazilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyot (tanlangan asosiy manbalar)

1. N.K. Myshkin et al., «Roughness and Texture Concepts in Tribology», Tribology Journal (rev. 2013).
2. P. Pawlus et al., «Functional Importance of Surface Texture Parameters», Materials (MDPI), 2021.
3. Fazilov, D. S., Mamatqulov, R. S. o'g'li, Kenjayev, T. N. o'gli, & Abdukaxxarov, A. A. o'g'li. (2024). Boyitish fabrikalari jihozlarining yeyilish sabablari. *Science and Education*, 5(4), 146–151. Retrieved from <https://openscience.uz/index.php/sciedu/article/view/6899>
4. Kenjayev T. N., Mamatkulov R. S., Abdukaxxarov A. A. ZANGLAMAYDIGAN PO 'LAT QUVURLARNI KOMBINATSYALASHGAN LAZER VA YOYLI PAYVANDLASH //InnoRes. – 2025. – T. 1. – №. 5. – C. 25-39.
5. Ergashev Maxmud, Raufov Lazizbek Muxidjon Ugli, Abduqaxxorov Abduaziz Abdulazizxon Ugli, Xodjibekova Shohida Mirodilovna, Murodkosimov Ravshan Xolmat Ugli OPREDELENIE OSTATOCHNYX DEFORMATSIY PRI ELEKTROKONTAKTNOKNOMIKOLOJIK // KOMPOZIKOSHNOVOZIYOT Universum: texniceskie nauki. 2021 yil. №12-1 (93). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-ostatochnyh-deformatsiy-pri-elektrokontaktnom-pripekanii-kompozitsionnyh-poroshkov>
6. Абдукаxхаров А. А., Маматкулов Р. Ш. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ НАПЛАВКИ // Экономика и социум. 2024. №11-1 (126). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-vosstanovleniya-iznoshennyh-detaley-metodami-naplavki>