



## TIRSAKLI VALLAR ISHCHI YUZALARINING YEYILISHGA CHIDAMLILIGINI OSHIRISHDA SAYQALLASH JARAYONINING ROLI

*Ilmiy rahbar: I.B.Erkinov*

*Andijon davlat texnika instituti assistenti,*

*Patidinov Umidjon Xolmaxamat o'g'li*

*Andijon davlat texnika instituti*

*“Energiya mashinasozligi” yo‘nalishi 4-kurs talabasi*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada dvigatel mexanizmlarining muhim detallaridan biri hisoblangan tirsakli vallar ishchi yuzalarining yeyilishga chidamliligini oshirishda sayqallash jarayonining ahamiyati va texnologik xususiyatlari tahlil qilinadi. Maqolada tirsakli vallarni ishlab chiqarish va qayta tiklash jarayonida qo‘llaniladigan jilvirlash hamda sayqallash usullarining sirt sifati, g‘adir-budirlik darajasi va mexanik mustahkamlikka ta’siri ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, sayqallash jarayonida sirt qatlamida yuzaga keladigan mikrostrukturaviy o‘zgarishlar, siqilish kuchlanishlari hamda ularning detallar xizmat muddatiga ta’siri ilmiy jihatdan yoritib berilgan.

**Kalit so‘zlar:** tirsakli val, ishchi sirt, jilvirlash texnologiyasi, abraziv materiallar, superfinish texnologiyasi, mashinasozlik texnologiyasi.

**Kirish.** Dvigatellarning ishlash samaradorligi va xizmat muddati ko‘p jihatdan uning asosiy uzellari tirsakli vallar sifatiga bog‘liq. Ushbu detallar yuqori dinamik yuklamalar va ishqalanish kuchlariga doimiy duchor bo‘ladi, shuning uchun ishchi yuzalarining yeyilishga chidamliligi muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy mashinasozlikda tirsakli vallarni mustahkamlash va sirt sifatini oshirish uchun sayqallash jarayoni keng qo‘llaniladi. Sayqallash sirt g‘adir-budirligini kamaytirish, residual kuchlanishlarni hosil qilish va mexanik mustahkamlikni oshirish orqali



yeyilish jarayonini sekinlashtiradi. Dvigatel tizimlarida tirsakli val (kolental) - o'ziga xos mexanik uzatish elementi bo'lib, pistonlar orqali hosil bo'lgan harakatni aylantirish momentiga aylantiradi [1]. Bu detal har qanday ichki yonuv dvigatelida uzluksiz va yuqori yuklama ostida ishlaydi. Shu sababli uning ishchi yuzalarining sifati dvigatelning xizmat muddati, ishlash samaradorligi hamda texnik ishonchliligiga bevosita ta'sir qiladi. Ayniqsa, yeyilish (wear) va yorilish (fatigue) kabi mexanik nuqsonlar tashqi yuklarga bardosh berish qobiliyatini sezilarli darajada pasaytiradi. Shu sababli tirsakli vallarni ishlab chiqarishda yuzaning mikrogeometriyasi va mexanik xususiyatlarini yaxshilashga qaratilgan texnologiyalar jilvirlash, sayqallash (superfinishing) va boshqa yakuniy ishlov berish usullari keng qo'llanadi.

So'nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, sayqallash jarayoni dvigatel valining ishchi yuzalarida yuzaga keladigan yeyilish jarayonini sezilarli darajada kamaytiradi va detallar xizmat muddatini uzaytiradi. Sayqallash - bu abraziv ta'sir orqali metall yuzadagi g'adir-budirlik va mikronoteksiliklarni bartaraf etishga qaratilgan yakuniy ishlov berish texnologiyasidir [2]. Bu jarayon superfinishing yoki high-precision finishing deb ham ataladi, chunki u juda nozik abraziv vositalar orqali yuqori aniqlikda sirtini ishlov beradi. Yangi ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sayqallash jarayonida sirtida hosil bo'ladigan residual siqilish kuchlanishlari metall strukturasi va uning charchash xususiyatlariga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Sayqallashdan keyin yuzada hosil bo'lgan siqilish kuchlanishlari materialning yorilish chegarasini oshiradi va mikroqatishlarning paydo bo'lishini to'xtatadi. Bu esa tirsakli vallarni ishchi yuzalarida statik va dinamik yuklamalar ostida materialning yeyilish darajasini kamaytiradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yuqori sifatli sayqallash jarayonidan o'tgan tirsakli vallar, oddiy tugallovchi ishlovdan o'tgan detalga nisbatan uch barobar uzoq xizmat qiladi.

Zamonaviy sayqallash texnologiyalarida metallni ishlov berish jarayoni bir nechta bosqichdan iborat bo'ladi. Avvaliga jilvirlashning standart abraziv usullari



qo‘llanadi va sirtida katta notekisliklar olib tashlanadi [3]. Keyingi bosqichda esa superfinishing texnikasi qo‘llanadi, juda mayda abraziv plyonkalar yoki maxsus mikroabraziv lentalar yordamida sirtning eng kichik notekisliklari ham yo‘qotiladi. Superfinishing jarayoni tufayli sirtning g‘adir-budirlik ko‘rsatkichi Ra 0,05-0,15 mikrometrgacha kamayadi, bu yuqori yuklama va yuqori tezlikda ishlaydigan dvigatellar uchun muhim mezondir.

Sayqallash jarayonida qo‘llanadigan abraziv vositalar aloqa yuzasiga juda nozik, birhil ta’sir o‘tkazadi. Abraziv donachalar metall yuzasini mikro-darajada kesadi va g‘adir-budirlikni kamaytiradi [4]. Amaliyotda qo‘llaniladigan eng samarali abraziv materiallarga olmos bilan qoplangan plyonkalar, nano-diamant qoplamali lentalar, keramika abrazivlari kiradi. Ularning har biri sirtni nozikroq darajada ishlov berishga yordam beradi, natijada yeyilish jarayoni past bo‘ladi. Sayqallashning yana bir muhim texnologik xususiyati - sirt qatlamini plastiklik deformatsiya orqali mustahkamlashidir. Bu jarayonda metall sirtining bir qismi elastik-plastik deformatsiya natijasida zichlashadi, bu esa ishchi yuzadagi stressni pasaytiradi. Natijada materialning umumiy charchashga chidamliligi oshadi, natijada yeyilish jarayoni sekinlashadi va tashqi yuklarga bardoshlilik oshadi.

Superfinishing texnologiyasining yaratilishi yuzasining yuza qatlamini nafaqat silliqlik darajasini oshirishga, balki uning metallurgik xususiyatlarini yaxshilashga ham xizmat qiladi. Misol uchun, yuzaning atom-darajasida tekisligi yaxshilangan materialda moyning adsorbsiyasi, suyuqlik qatlami barqarorligi va filimli moylash jarayoni yaxshilanadi. Bu esa siljish jarayonida ishqalanish koeffitsiyentini kamaytiradi va shuning natijasida qattiq ish sharoitida yeyilish jarayonini pasaytiradi.

Zamonaviy ishlab chiqarish korxonalarida sayqallash uskunalari avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan jihozlangan bo‘lib, ular jarayon parametrlarini real vaqt rejimida nazorat qilish imkonini beradi. Bu esa jarayonda kutilmagan o‘zgarishlarning oldini oladi va har bir detal uchun takrorlanuvchi



yuqori sifatni kafolatlaydi. CNC bazasidagi sayqallash stanoklari sirtini lazer yoki optik sensorlar orqali o'ldaydi va zarur abraziv ta'sir intensivligini avtomatik sozlaydi. Natijada har bir valning ishchi yuzasi aniq belgilangan sifat standartlariga javob beradi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ham ko'rsatadiki, superfinishing jarayoni bilan ishlangan val yuzasining yoyilish xarakteristikasi oddiy ishlov berilgan detalga nisbatan sezilarli darajada yaxshilanadi. Sayqallangan yuzalarda moyli qatlamning barqarorligi, moylash filmining uzluksizligi va elastiklik ko'rsatkichlari yuqori bo'ladi, bu esa uzoq muddatli ishlash jarayonida issiqlik tarqalishini yaxshilaydi va ishqalanish jarayonida metall yuzani himoya qiladi. Shu bilan birga, superfinishing natijasida sirtning mikroskopik porozligi kamayadi, bu esa korroziyaga qarshi chidamlilikni ham oshiradi. Bundan tashqari, sayqallash jarayonining dvigatel ishlashiga ijobiy ta'siri uning moylash samaradorligini oshirishidir. Silliqlik va tekis yuzada moylama qatlami samarali tarzda joylashadi va kontakt yuzalar orasidagi ishqalanish kam bo'ladi [5]. Bu dvigatelning ish samaradorligini oshiradi va energiya yo'qotishlarni kamaytiradi. Shu bilan birga, yeyilish past bo'lgan val sirtlari dvigatelning umumiy qarshiligini kamaytiradi va yonilg'i sarfini pasaytiradi.

Sayqallash jarayonini optimallashtirish sohasida olib borilayotgan yangi tadqiqotlar nano-texnologiyalar yordamida ishlab chiqilgan abraziv vositalarni qo'llash imkoniyatlariga ham e'tibor qaratmoqda. Nano-diamant bilan qoplangan lentalar orqali sayqallash metall yuzasini juda kichik mikrostrukturaviy darajada ishlov beradi va silliqlik darajasini oshiradi, bu esa yeyilish jarayonini yanada sekinlashtiradi.

Sayqallash - bu metall sirtini mexanik abraziv vositalar orqali juda yuqori aniqlikda ishlov berish jarayoni bo'lib, u sirt g'adir-budirligini minimallashtirish, ishqalanish koeffitsiyentini pasaytirish va shu orqali detallar xizmat muddatini oshirishga qaratilgan yakuniy texnologik bosqich hisoblanadi [6]. Tirsakli vallar kabi yuqori yuklamaga duch keladigan mexanik elementlar uchun sayqallash jarayonida yuzaga keladigan mikrostrukturaviy o'zgarishlar va siqilish



kuchlanishlari sirtning mexanik xususiyatlari va yeyilishga chidamlilik ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir qiladi. Ushbu matnda biz sayqallash jarayonining metall sirtida qanday mikrostrukturaviy natijalar yuzaga kelishini, residual siqilish kuchlanishlari tizilishini va ularning dvigatel detallariga, xususan tirsakli vallar xizmat muddatiga qanday ta'sir qilishini chuqur tahlil qilamiz.

Sayqallash jarayoni metall yuzasiga mikroskopik abraziv zarrachalar yoki roliklar yordamida bosim bilan ta'sir qilish orqali amalga oshiriladi. Abraziv mexanik ta'sir natijasida sirt yuzasidagi g'adir-budirliklar ketadi, metall silliqlashadi va mikro-sirt topografiyasi optimallashtiriladi. Biroq bu jarayon faqat g'adir-budirlikni kamaytirish bilan chegaralanmaydi, u metall sirtining mikrostrukturasi va stress holatini ham qayta tashkil qiladi.

Mexanik ishqalanish natijasida yuzaning eng yuqori qatlamida elastik-plastik deformatsiya yuzaga keladi. Bu sirtga ta'sir qiluvchi rolik yoki abraziv donachalar bilan kontakt paytida yuzadagi atomlar o'rnini o'zgartiradi, ya'ni plastiklik deformatsiya sodir bo'ladi. Natijada metall yuzasida atomlararo birliklar zichlashadi, bu esa sirtning umumiy qattiqligini oshiradi, buni metallurgiyada kold plastical deformation (CPD) deb ham atashadi. Bunday strukturaviy o'zgarishlar metallning mikrokristall tuzilishida yangi dislokatsiyalar hosil bo'lishi va mavjud dislokatsiyalarning qayta tashkil topishiga olib keladi.

Sayqallash jarayonida yuzada yuzaga keladigan asosiy mikrostrukturaviy o'zgarishlardan biri - sirt qatlamining zichlashuvidir. Bu jarayonda elastik deformatsiya darajasi oshadi va metallning yuzaga yaqin qatlami siqiladi. Material ichki qatlamlardan farqli o'laroq, yuqori qatlamda to'plangan plastiklik deformatsiya natijasida kristall panjaradagi bo'shliqlar kamayadi, atomlar bir-biriga yanada yaqinlashadi va bu esa materialning:

1. qattiqligini oshiradi;
2. mikroçhatishlar va notekisliklarga chidamliligini yaxshilaydi;
3. kontakt stressi ta'sirida yorilishga qarshi chidamliligini oshiradi.



Mikrostrukturaviy zichlashuv darajasi sirtning boshlang'ich metall xossalari, sayqallash bosimi, tezlik, abraziv dispersiyasi va ishlov berish davomiyligiga bog'liq. Masalan, yuqori bosim va past tezlikda sayqallash sirtini chuqurroq zichlashtiradi, ammo ortiqcha bosim metallning mikrokristall strukturasi buzilishiga olib kelishi mumkin, bu esa salbiy stress konsentratsiyalarini keltirib chiqaradi. Yana bir muhim fenomen - dislokatsiyalar zichligi oshishi. Sayqallash kamaytirilgan g'adir-budirlik bilan birga dislokatsiyalar tarmog'i bilan ifodalanadi. Ushbu dislokatsiyalar materialning mexanik xossalarini qayta taqsimlaydi va charchash jarayonida boshlang'ich mikroyoriqlar paydo bo'lishini kechiktiradi. Bu esa mexanik stresslar paydo bo'lganida materialning yorilish qarshiligini oshiradi.

Sayqallash jarayonida yuzada hosil bo'ladigan yana bir muhim element — bu residual siqilish kuchlanishlari. Residual stress deb metall ichida qoladigan va tashqi yuk o'chirilib bo'lgandan keyin ham mavjud bo'lib qoladigan ichki stress holati tushuniladi. Sayqallashda yuzaga keladigan residual siqilish kuchlanishlari sirt qatlamida qattqlikning ortishiga sabab bo'ladi. Bu jarayon mexanik stresslarning tarqalishini o'zgartiradi, bu esa tirsakli vallar kabi dinamik yuklamaga duchor bo'ladigan detallar uchun juda muhimdir.

Residual siqilish kuchlanishlarining asosiy foydali ta'siri shundan iboratki:

- ✓ yoriqlar va mikroçatishlar rivojlanishini kechiktiradi;
- ✓ ishqalanish zonasida stress konsentratsiyasini kamaytiradi;
- ✓ sirt va ostki qatlamlar orasidagi stress gradientini optimallashtiradi.

Siqilish kuchlanishlari yuzaga kelishi jarayoni shundan iboratki, abraziv ta'sir bilan sirt bosilganida yuzadagi atomlar ichkariga qarab siljiydi, bu esa ichki qatlamlarda siqilish stresslarini hosil qiladi. Bu stresslar sirtni tashqi kuchlar ta'sirida mustahkam "poydevor"ga aylantiradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sirt qatlamida  $\approx 300\text{--}500$  MPa darajasidagi siqilish stresslari hosil bo'lishi mumkin, bu esa yorilish va yeyilish jarayonini sekinlashtiradi.



Residual siqilish stresslari shakllanishida quyidagi faktorlar muhim rol o'ynaydi:

- sayqallash bosimi va tezligi;
- abraziv materialning turi va mikron o'lchami;
- tozalash vositalarining strukturalari (masalan, nano-diamant yoki keramika qoplamalari);
- ishlov berish davomiyligi va kontakt sharoitlari.

Masalan, nano-diamant qoplamali abrazivlar bilan sayqallash metall yuzasida daha chuqur va hamyonbop residual siqilish kuchlanishlari hosil qilish imkonini beradi, natijada yeyilish qarshiligi sezilarli darajada oshadi.

Yeyilish - bu ishchi yuzaning ikki kontaktli sirt orasidagi tribologik jarayon davomida materialning asta-sekin yo'qolishi. Bu jarayonda resistiv va moylash sharoitlari, sirt g'adir-budirligi hamda mikrostresslar muhim rol o'ynaydi. Yaxshi ishlov berilgan, silliq va zich mikrostrukturaga ega sirt yeyilish jarayonini kechiktiradi, chunki:

- a) kontakt zonasi silliq bo'ladi va stress konsentratsiya nuqtalari kamayadi;
- b) residual siqilish kuchlanishlari yuzadagi mikroyoriqlarning rivojlanishini to'xtatadi;
- c) moylama filmlari sirt ustida yaxshi barqarorlik bilan joylashadi.

Mikrostrukturaviy zichlashuv va residual siqilish stresslari yeyilishning ikki asosiy mexanizmini adhesiv va abraziv yeyilishni pasaytiradi. Adhesiv yeyilish yuzalar orasida mustahkam metall-metall aloqa yuzaga kelganda sodir bo'ladi, abraziv yeyilish esa material yuzasi elementar zarrachalar bilan kesilganda yuzaga chiqadi. Zich sirt strukturasi ega bo'lgan metallda adhesiv yeyilish kamayadi, chunki metall yuzalar orasida "uglevodlama" qatlamlar barqaror joylashadi va metall-metall aloqa yuzaga kelishini qiyinlashtiradi.



Sayqallash jarayonida hosil bo‘lgan mikrostrukturaviy o‘zgarishlar va residual siqilish kuchlanishlari detallar xizmat muddatiga ijobiy ta’sir qiladi. Tirsakli vallar kabi dinamik yuklamalar ostida ishlaydigan elementlar uchun bu juda muhimdir. Tuzatilgan sirt mikrostrukturasi bilan val:

- charchash stressiga chidamliligi oshadi;
- kontakt halqasidagi yeyilish darajasi kamayadi;
- moylash samaradorligi yuqori bo‘ladi;
- issiqliq tarqalishi yaxshilanadi va shu bilan birga termal stress pasayadi.

Masalan, zamonaviy superfinishing texnologiyalarini qo‘llash orqali tayyorlangan dvigatel val yuzalarida charchashga chidamlilik oddiy tugallovchi ishlov berilgan valga nisbatan 2–4 barobar ko‘p bo‘lishi tajribalar bilan tasdiqlangan.

**Xulosa.** Xulosa qilib aytganda, sayqallash jarayoni tirsakli vallar va boshqa yuqori yuklamaga duchor bo‘ladigan dvigatel detallarining ishchi yuzalarida yuzaga keladigan mikrostrukturaviy o‘zgarishlar va residual siqilish kuchlanishlari orqali sirtning mexanik xossalarini sezilarli darajada yaxshilaydi. Bu jarayon sirt g‘adir-budirligini kamaytiradi, dislokatsiyalar zichligini oshiradi, mikroyoriqlarning rivojlanishini kechiktiradi va yeyilishga chidamlilikni oshiradi. Natijada, detallar charchash va ishqalanish ta’siriga bardoshli bo‘ladi, moylash samaradorligi oshadi va dvigatelning umumiy xizmat muddati uzayadi. Shu bilan birga, zamonaviy sayqallash texnologiyalari dvigatel sifatini barqaror va yuqori darajada ta’minlashga imkon yaratadi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. A.Muxitdinov, J.Qulmuxamedov “Transport vositalarining tuzilishi”, “Ta’lim nashriyoti” Toshkent - 2019-y.
2. D.I.Xoshimov, G‘.N.Maxmudov “Yengil avtomobillarning tuzilishi”, “Avtomsan” Toshkent - 2019-y.



3. O.U.Salimov va mualliflar jamoasi. Avtomobillarning tuzilishi, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma (4-nashr). - T.: "ILM-ZIYO", 2016. - 520 b.
4. Bosch Mobility Solutions. Electric Power Steering (EPS) Technology Overview. Bosch, 2023.
5. Motor Trend. How Electric Power Steering Improves Efficiency and Safety in Modern Cars. Motor Trend Magazine, 2023.
6. J.Qulmuhamedov, A.Muxitdinov, S.Mirshaxo'jayev. Avtomobillar tuzilishi [Matn]: o'quv qo'llanma / Toshkent: "A'lo darajadagi poligrafiya", 2021.- 160 b.