UDK 621.771:669.15

110G13L MARKALI YUQORI MARGANETSLI PO‘LAT DETALLARINING EKSPLUATATSION YEYILISHI VA ISHLASH QOBILIYATINI BAHOLASH

Azimov Sadriddin Juraqulovich.
Bobonorov Alimardon Nurali o‘g‘li
Xo’jahmedova Xolida Saidbaqiyevna
Toshkent davlat transport universiteti, O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri.

Annotatsiya

Maqolada 110G13L markali yuqori marganetsli austenitli po‘latdan tayyorlangan detallarning ekspluatatsiya jarayonida yeyilish xususiyatlari va ishlash qobiliyatini baholash masalalari tadqiq etilgan. Mazkur po‘lat zarba, yuqori kontakt bosimi va abraziv ta’sir bir vaqtda namoyon bo‘ladigan og‘ir ekspluatatsion sharoitlarda ishlaydigan detallarni tayyorlashda qo‘llaniladi. Tadqiqotda 110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilish mexanizmi, sirt qatlamida plastik deformatsiyaning rivojlanishi va deformatsiyaviy mustahkamlanish jarayoni tahlil qilingan. Detallarning ishlash qobiliyatini baholashda massa yo‘qotilishi, yeyilish intensivligi, sirt qatlamining holati, mikrostruktura o‘zgarishi va qoldiq mustahkamlik kabi ko‘rsatkichlarning ahamiyati asoslangan. Aniqlanishicha, 110G13L po‘latining yuqori ekspluatatsion samaradorligi uning austenitli strukturasi, yuqori plastikligi va zarba ta’sirida sirt qatlamining deformatsiyaviy mustahkamlanish qobiliyati bilan belgilanadi. Ekspluatatsiya jarayonida yeyilish intensivligi dastlab moslashish davrida yuqori bo‘lib, keyin deformatsiyaviy mustahkamlanish natijasida nisbatan barqarorlashadi. Keyingi bosqichda mikro yoriqlar va sirt qatlamining parchalanishi hisobiga yeyilish intensivligi yana ortadi. Olingan natijalar 110G13L po‘latidan tayyorlangan detallarning ekspluatatsion ishonchliligini baholash va xizmat muddatini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Аннотация

В статье исследованы особенности эксплуатационного изнашивания и оценки работоспособности деталей, изготовленных из высокомарганцовистой аустенитной стали марки 110G13L. Данный материал применяется для изготовления деталей, работающих в условиях одновременного воздействия ударных нагрузок, высокого контактного давления и абразивного износа. Проанализированы основные механизмы эксплуатационного изнашивания деталей из стали 110G13L, включая пластическую деформацию поверхностного слоя, деформационное упрочнение и образование микротрещин. Обоснована необходимость комплексной оценки работоспособности деталей с учетом потери массы, интенсивности изнашивания, изменения состояния поверхностного слоя, структурных преобразований и сохранения геометрических параметров. Установлено, что высокая эксплуатационная эффективность стали

110G13L обусловлена аустенитной структурой, высокой пластичностью и способностью поверхностного слоя к деформационному упрочнению под воздействием ударных и контактных нагрузок. Показано, что процесс изнашивания условно включает три стадии: приработку, деформационное упрочнение и интенсивное изнашивание. Результаты исследования могут быть использованы при оценке эксплуатационной надежности и повышении срока службы деталей из стали 110G13L, работающих в условиях ударно-абразивного воздействия.

Abstract

The article investigates the characteristics of operational wear and the assessment of the serviceability of components manufactured from high-manganese austenitic steel grade 110G13L. This material is used for components operating under the simultaneous effects of impact loading, high contact pressure, and abrasive wear. The main mechanisms of operational wear of 110G13L steel components, including plastic deformation of the surface layer, strain hardening, and microcrack formation, are analyzed. The necessity of a comprehensive assessment of component serviceability considering mass loss, wear intensity, changes in the surface layer condition, structural transformations, and preservation of geometric parameters is substantiated. It was established that the high operational performance of 110G13L steel is determined by its austenitic structure, high plasticity, and the ability of the surface layer to undergo strain hardening under impact and contact loading. The wear process was shown to consist conditionally of three stages: running-in, strain hardening, and intensive wear. The results of the study can be used to assess the operational reliability and increase the service life of 110G13L steel components operating under impact-abrasive conditions.

Kalit so‘zlar: *110G13L po‘lati, yuqori marganetsli po‘lat, austenitli struktura, ekspluatatsion yeyilish, zarba-abraziv yeyilish, deformatsiyaviy mustahkamlanish, ishlash qobiliyati, xizmat muddati, ekspluatatsion ishonchlilik.*

Ключевые слова: *сталь 110G13L, высокомарганцовистая сталь, аустенитная структура, эксплуатационный износ, ударно-абразивный износ, деформационное упрочнение, работоспособность, срок службы, эксплуатационная надежность.*

Keywords: *110G13L steel, high-manganese steel, austenitic structure, operational wear, impact-abrasive wear, strain hardening, serviceability, service life, operational reliability.*

Kirish

Zamonaviy mashinasozlik, tog‘-kon sanoati va temir yo‘l transportida ishlatiladigan detallar ekspluatatsiya jarayonida murakkab mexanik ta’sirlarga duch keladi. Ayniqsa, zarba, yuqori kontakt bosimi va abraziv muhit birgalikda ta’sir qiladigan sharoitlarda detallarning ishlash qobiliyati, asosan, materialning yeyilishga chidamliligi bilan belgilanadi.

Ekskavator kovshi tishlari, maydalagich detallari, temir yo‘l krestovinalari va boshqa og‘ir ekspluatatsiya sharoitida ishlaydigan detallarda yeyilish jarayoni murakkab xarakterga ega. Bunday detallarda materialning sirt qatlamida plastik deformatsiya, abraziv zarrachalar

ta’sirida tirnalish, kontakt charchog‘i va mikroyoriqlarning shakllanishi bir vaqtning o‘zida sodir bo‘lishi mumkin.

Yuqori marganetsli austenitli po‘latlar bunday sharoitlarda ishlaydigan detallar uchun istiqbolli konstruksion materiallardan biri hisoblanadi. Ular orasida 110G13L markali po‘lat alohida ahamiyatga ega. Ushbu po‘latning asosiy xususiyati zarba va bosim ta’sirida sirt qatlamining deformatsiyaviy mustahkamlanish qobiliyatidir.

Ekspluatatsiya jarayonida austenitli strukturada plastik deformatsiya rivojlanadi, dislokatsiyalar zichligi ortadi va metallning sirt qatlami mustahkamlanadi. Natijada materialning yeyilishga qarshiligi ortadi. Biroq yuqori intensivlikdagi takroriy yuklanishlar ta’sirida sirt qatlamida mikroyoriqlar hosil bo‘lishi va keyinchalik materialning parchalanishi mumkin.

Shu sababli 110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishini o‘rganishda faqat materialning boshlang‘ich mexanik xususiyatlarini emas, balki ekspluatatsiya jarayonida shakllanadigan struktura va sirt qatlami o‘zgarishlarini ham hisobga olish zarur.

Tadqiqotning maqsadi — 110G13L markali yuqori marganetsli po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilish xususiyatlarini tahlil qilish, ishlash qobiliyatini baholash mezonlarini asoslash va detallarning xizmat muddatiga ta’sir qiluvchi asosiy omillarni aniqlashdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari

Tadqiqot obyekti sifatida 110G13L markali yuqori marganetsli austenitli po‘latdan tayyorlangan, zarba va abraziv ta’sir ostida ishlaydigan detallar qabul qilindi.

Ekspluatatsion yeyilishni baholashda quyidagi asosiy omillar hisobga olindi:

- takroriy zarba yuklanishi;
- kontakt bosimi;
- abraziv zarrachalarning qattiqligi;
- abraziv zarrachalarning o‘lchami va shakli;
- detalning konstruktiv shakli;
- ishlash muhiti;
- ekspluatatsiya davomiyligi;
- sirt qatlamidagi plastik deformatsiya darajasi.

Detallarning ekspluatatsion holatini baholashda massa yo‘qotilishi, yeyilish chuqurligi, sirt qatlamining qattiqligi va ekspluatatsiyadan keyingi struktura holati asosiy ko‘rsatkichlar sifatida qabul qilindi.

Yeyilish intensivligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi: $I=\Delta m/t$

bu yerda **(I)** — yeyilish intensivligi; Δm — ekspluatatsiya davridagi massa yo‘qotilishi; **(t)** — ishlash vaqti.

Detalning nisbiy massa yo‘qotilishi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi: $W= m_0-m_1/ m_0$

bu yerda **(m_0)** — detalning ekspluatatsiyadan oldingi massasi; **(m_1)** — detalning ekspluatatsiyadan keyingi massasi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi

1. 110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishi

110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishi murakkab fizik-mexanik jarayon bo‘lib, unda bir nechta yeyilish mexanizmlari bir vaqtning o‘zida ishtirok etadi. Zarba ta’sirida detal sirtida plastik deformatsiya yuzaga keladi, abraziv zarrachalar esa metall sirtida tirnash, kesish va mikroskopik qirqilish jarayonlarini hosil qiladi.

Shu sababli 110G13L po‘latidan tayyorlangan detallarning yeyilishini oddiy abraziv yeyilish sifatida baholash yetarli emas. Amaliyotda, asosan, zarba-abraziv yeyilish mexanizmi ustunlik qiladi.

Ekspluatatsiyaning dastlabki bosqichida detal sirtidagi mikronotekisliklar deformatsiyalanadi va kontakt maydoni shakllanadi. Keyingi bosqichda austenitli matritsada plastik deformatsiya kuchayadi. Natijada sirt qatlamida mustahkamlangan zona shakllanadi.

1-jadval

110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishiga ta’sir qiluvchi asosiy omillar

Ta’sir etuvchi omil	**Materialga ta’siri**	**Ekspluatatsion natija**
Zarba yuklanishi	Plastik deformatsiyani kuchaytiradi	Sirt qatlamining mustahkamlanishi
Yuqori kontakt bosimi	Mahalliy kuchlanishlarni oshiradi	Mahalliy yeyilish
Qattiq abraziv zarrachalar	Sirtni tirnaydi va kesadi	Abraziv yeyilish
Takroriy yuklanish	Charchoq deformatsiyasini kuchaytiradi	Mikroyoriqlar hosil bo‘lishi
Notekis yuklanish	Kuchlanishlarning notekis taqsimlanishiga olib keladi	Mahalliy buzilish
Nam va agressiv muhit	Qo‘shimcha korroziya ta’sirini hosil qiladi	Kompleks yeyilish

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, 110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishiga bir vaqtning o‘zida bir nechta omillar ta’sir qiladi. Shu sababli detalning ishlash qobiliyatini baholashda kompleks yondashuvdan foydalanish maqsadga muvofiq.

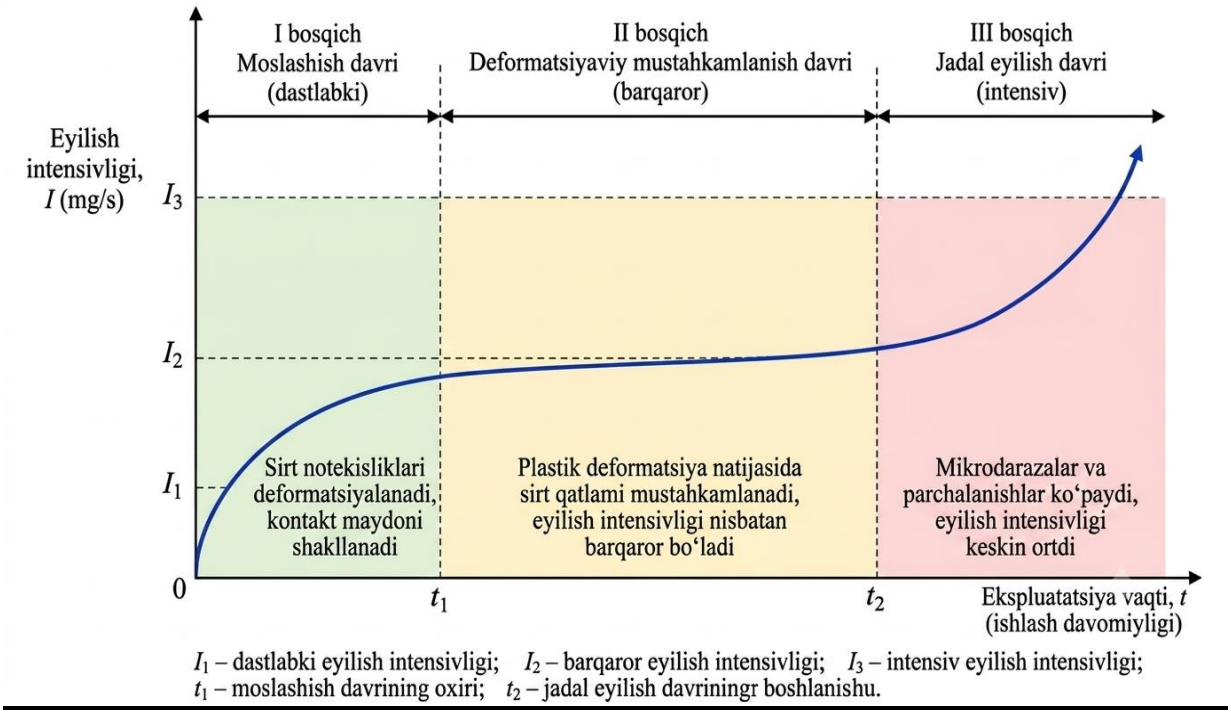
2. Ekspluatatsiya jarayonida yeyilish intensivligining o‘zgarishi

110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishi shartli ravishda uch bosqichda kechadi.

Birinchi bosqich — moslashish davri. Bu davrda detal sirtidagi mikronotekisliklar deformatsiyalanadi va kontakt maydoni shakllanadi. Shu sababli dastlabki davrda yeyilish intensivligi nisbatan yuqori bo‘ladi.

Ikkinchi bosqich — deformatsiyaviy mustahkamlanish davri. Ushbu bosqichda zarba va bosim ta’sirida sirt qatlamida plastik deformatsiya rivojlanadi. Metallning mahalliy qattiqligi ortib, yeyilish intensivligi nisbatan barqarorlashadi.

Uchinchi bosqich — jadal yeyilish davri. Bu bosqichda sirt qatlamida mikroyoriqlar, qirqilishlar va parchalanishlar ko‘payishi mumkin. Natijada detalning geometrik shakli o‘zgaradi va yeyilish intensivligi yana ortadi.



1-rasm. 110G13L po‘lat detalining ekspluatatsiya jarayonida yeyilish intensivligining shartli o‘zgarishi.

Rasmda ko‘rsatilganidek, birinchi bosqichda yeyilish intensivligi tez o‘zgaradi. Ikkinchi bosqichda sirt qatlamining deformatsiyaviy mustahkamlanishi hisobiga yeyilish jarayoni nisbatan barqarorlashadi. Uchinchi bosqichda esa mikroyoriqlar va sirt qatlamining parchalanishi natijasida yeyilish intensivligi keskin ortadi.

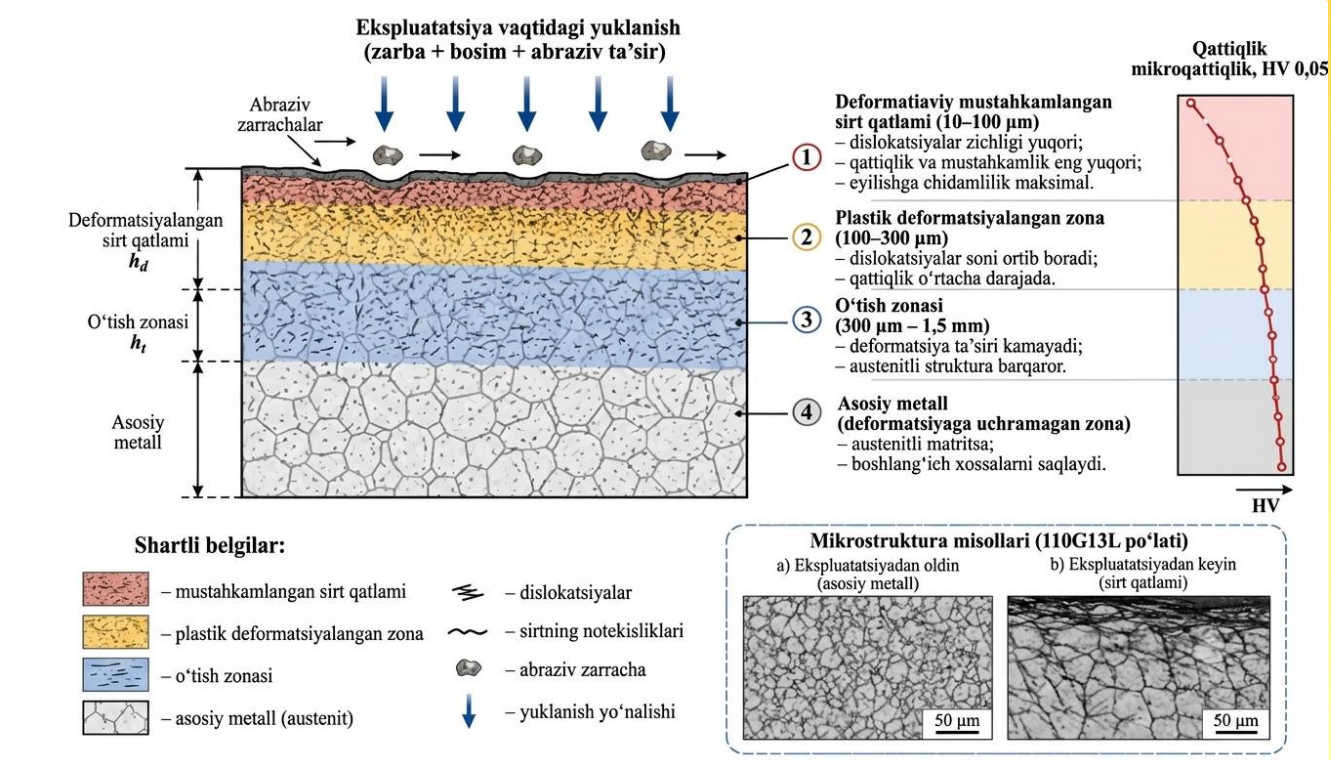
3. Deformatsiyaviy mustahkamlanishning roli

110G13L po‘latining ekspluatatsion xususiyatlarini belgilaydigan eng muhim jarayonlardan biri deformatsiyaviy mustahkamlanishdir.

Austenitli struktura zarba va bosim ta’sirida plastik deformatsiyalanganda, metall kristall panjarasida dislokatsiyalar miqdori ortadi. Dislokatsiyalar harakatining qiyinlashishi materialning mahalliy qarshiligini oshiradi. Shu tariqa ekspluatatsiya natijasida detal sirtida boshlang‘ich materialga nisbatan mustahkamroq qatlam shakllanadi.

Ekspluatatsiyadan keyin detalning ko‘ndalang kesimida quyidagi zonalarni ajratish mumkin:

1. deformatsiyaviy mustahkamlangan sirt qatlami;
2. plastik deformatsiyalangan o‘tish zonasi;
3. o‘tish zonasi;
4. deformatsiyaga uchramagan asosiy austenitli metall.



2-rasm. 110G13L po‘lat detalining ekspluatatsiyadan keyingi sirt qatlamida deformatsiyaviy mustahkamlanish zonalarining shakllanishi.

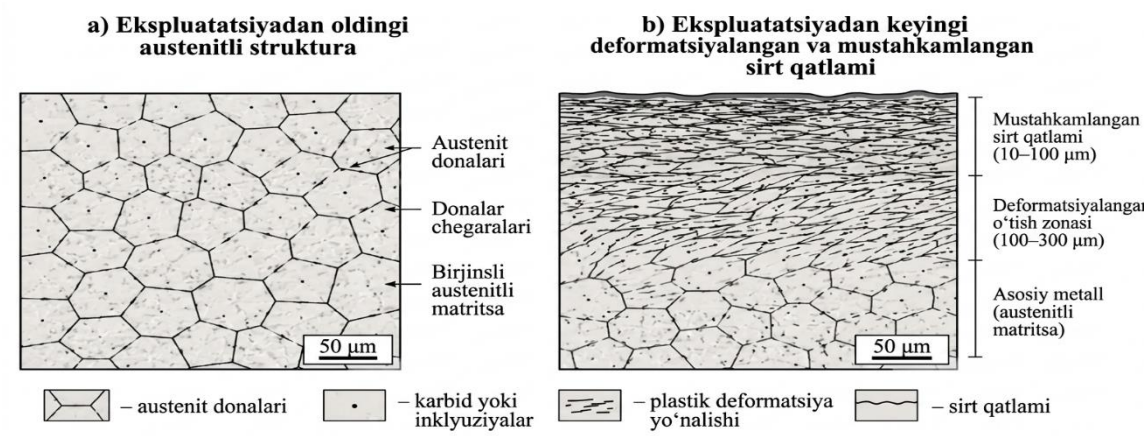
Sirt qatlamining mustahkamlanishi detalning yeyilishga chidamliligini oshiradi. Biroq ushbu jarayon cheksiz davom etmaydi. Ma’lum bir deformatsiya darajasidan keyin sirt qatlamida ichki kuchlanishlar to‘planishi va mikroyoriqlar shakllanishi mumkin.

4. 110G13L po‘latining ekspluatatsiyadan oldingi va keyingi mikrostrukturasi

110G13L po‘latining ekspluatatsiyadan oldingi va keyingi strukturasini taqqoslash materialning ekspluatatsiya jarayonida sezilarli strukturaviy o‘zgarishlarga uchrashini ko‘rsatadi.

Ekspluatatsiyadan oldin po‘lat, asosan, nisbatan bir jinsli austenitli struktura bilan tavsiflanadi. Austenit donalari nisbatan bir tekis joylashgan bo‘lib, strukturada kuchli plastik deformatsiya belgilari kuzatilmaydi.

Zarba va abraziv yuklanishlar ta’sirida sirt qatlamida plastik deformatsiya rivojlanadi. Bu jarayonda austenit donalari deformatsiyalanadi, dislokatsiyalar zichligi ortadi va sirt qatlamida deformatsiyaviy mustahkamlanish zonasi shakllanadi.



3-rasm. 110G13L po‘latining ekspluatatsiyadan oldingi va keyingi mikrostrukturasining sxematik ko‘rinishi: a — ekspluatatsiyadan oldingi austenitli struktura; b — ekspluatatsiyadan keyingi deformatsiyalangan va deformatsiyaviy mustahkamlangan sirt qatlami.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, ekspluatatsiyadan oldingi austenitli strukturada donalar nisbatan bir jinsli va tartibli joylashgan. Ekspluatatsiyadan keyin esa sirt qatlamida plastik deformatsiya ta’sirida donalarning cho‘zilishi va yo‘nalishi kuzatiladi.

Sirtga yaqin qatlamda deformatsiya darajasi yuqori bo‘lib, material chuqurligi ortishi bilan deformatsiya ta’siri kamayadi. Shu sababli detal kesimida sirt qatlamidan asosiy metallgacha bo‘lgan yo‘nalishda strukturaning bosqichma-bosqich o‘zgarishi kuzatiladi.

5. 110G13L po‘latining ishlash qobiliyatini baholash

Detalning ishlash qobiliyati uning berilgan ekspluatatsion sharoitlarda o‘z vazifasini belgilangan darajada bajara olish qobiliyatini anglatadi.

110G13L po‘latidan tayyorlangan detallar uchun ishlash qobiliyatini baholashda quyidagi ko‘rsatkichlarni kompleks tahlil qilish zarur:

- yeyilish miqdori;
- massa yo‘qotilishi;
- yeyilish intensivligi;
- sirt qatlamining qattiqligi;
- mikroyoriqlarning mavjudligi;
- geometrik shaklning o‘zgarishi;
- qoldiq mustahkamlik.

Detalning ishlash qobiliyatini shartli ravishda quyidagi funksiya bilan ifodalash mumkin: P=f(W,H,D,S)

bu yerda **(P)** — detalning ishlash qobiliyati; **(W)** — yeyilish darajasi; **(H)** — sirt qatlamining qattiqligi; **(D)** — deformatsiya darajasi; **(S)** — sirtning konstruktiv yaxlitligi.

Detalning geometrik shakli o‘zgarishi ham muhim ahamiyatga ega. Masalan, ekskavator kovshi tishlarida uch qismining yeyilishi natijasida ularning gruntga kirish qobiliyati pasayadi. Temir yo‘l krestovinalarida esa ishchi sirt geometriyasining o‘zgarishi g‘ildirak bilan kontakt sharoitlarini yomonlashtiradi.

Shu sababli detalning xizmat muddatini faqat umumiy massa yo‘qotilishi bilan emas, balki uning funksional geometriyasi saqlanganligi bilan ham baholash lozim.

6. Ekspluatatsion ishonchlilikni oshirish yo‘llari

110G13L po‘lat detallarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish uchun quyidagi asosiy yo‘nalishlardan foydalanish mumkin:

1. **Po‘latning kimyoviy tarkibini optimallashtirish.** Uglerod va marganets miqdorining maqbul nisbatini ta’minlash austenitli strukturaning barqarorligini oshiradi.
2. **Quyma sifatini yaxshilash.** G‘ovaklik, nobirjins struktura va metallmas qo‘shimchalarni kamaytirish detalning ekspluatatsion ishonchliligini oshiradi.
3. **Termik ishlov berish rejimini optimallashtirish.** Austenitli strukturani shakllantirish va ichki kuchlanishlarni kamaytirish materialning zarbiy xususiyatlarini yaxshilaydi.
4. **Detal konstruksiyasini takomillashtirish.** Kuchlanishlar konsentratsiyasini kamaytirish va yuklanishni bir tekis taqsimlash mahalliy yeyilishni kamaytiradi.
5. **Ekspluatatsion diagnostika.** Detalning yeyilish darajasini muntazam nazorat qilish uning kritik holatga yetib borishining oldini oladi.

Xulosa

1. 110G13L markali yuqori marganetsli po‘lat detallarining ekspluatatsion yeyilishi zarba, kontakt bosimi va abraziv ta’sirlarning birgalikda namoyon bo‘lishi natijasida shakllanadi.
2. 110G13L po‘latining yuqori ekspluatatsion samaradorligi uning austenitli strukturasi va deformatsiyaviy mustahkamlanish qobiliyati bilan bog‘liq.
3. Ekspluatatsiya jarayonida detalning yeyilishi uch asosiy bosqichda kechadi: moslashish, deformatsiyaviy mustahkamlanish va jadal yeyilish bosqichlari.
4. Deformatsiyaviy mustahkamlanish natijasida detal sirtida yuqori qattiqlikka ega bo‘lgan mustahkamlangan qatlam shakllanadi. Bu qatlam materialning yeyilishga qarshiligini oshiradi.
5. Ekspluatatsiyadan keyingi sirt qatlamida austenit donalarining deformatsiyalanishi, ularning yo‘nalishi va dislokatsiyalar zichligining ortishi kuzatiladi.
6. Detalning ishlash qobiliyatini baholashda massa yo‘qotilishi bilan bir qatorda yeyilish chuqurligi, sirt qatlamining qattiqligi, mikroyoriqlar va geometrik shaklning o‘zgarishi ham hisobga olinishi kerak.
7. 110G13L po‘lat detallarining xizmat muddatini oshirish uchun metallurgik sifatni yaxshilash, termik ishlov berish rejimlarini optimallashtirish, konstruktiv yechimlarni takomillashtirish va ekspluatatsion diagnostika tizimini joriy etish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Гуляев А.П. Металловедение. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

3. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСИС, 2005. – 432 с.

4. Бернштейн М.Л. Металловедение и термическая обработка стали: в 3 т. – М.: Металлургия.

5. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов.

6. ГОСТ 21357-87. Отливки из высокомарганцовистой стали. Технические условия. – М.: Издательство стандартов.

7. ASM Handbook. Volume 18: Friction, Lubrication, and Wear Technology. – Materials Park, Ohio: ASM International.

8. ASTM G65. Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. – West Conshohocken, PA: ASTM International.

9. Zum Gahr K.-H. Microstructure and Wear of Materials. – Amsterdam: Elsevier, 1987. – 560 p.

10. Hutchings I.M., Shipway P. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. – 2nd ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017. – 412 p.