



UDK.677.051.179.2

Induksion toblash rejimlarini materiallar qattiqligi va toblangan qatlam chuqurligi bo'yicha nazariy tanlash

Qodirov Nazirjon Ulugbek o'g'li

t.f.f.d. (PhD) Andijon davlat texnika instituti

e-mail: qodirov0104@mail.ru

ANNOTATSIYA

Maqolada tuproqqa ishlov beruvchi mashinalar ishchi organlarining abraziv yeyilishga chidamliligini oshirish maqsadida induksion yuzaki toblash rejimlarini nazariy asoslash masalasi ko'rib chiqilgan. Material va abraziv zarrachalar qattiqliklari nisbatining yeyilish jarayoniga ta'siri, po'latlarni tezkor qizdirish va sovitishda kechadigan strukturaviy-fazaviy o'zgarishlar hamda induksion toblashning asosiy texnologik parametrlari tahlil qilingan. Nazariy tahlil asosida abraziv yeyilish sharoitida ishchi organ materiali uchun talab etiladigan qattiqlik darajasi va toblangan qatlamning maqbul chuqurligi asoslangan hamda toblangan qatlam chuqurligini ta'minlash uchun induksion tok chastotasini tanlash hamda po'latning kimyoviy tarkibi va qizdirish tezligiga bog'liq holda toblash haroratini belgilash mezonlari shakllantirilgan. Natijada material qattiqligi, toblangan qatlam chuqurligi, tok chastotasi va toblash haroratini o'zaro bog'liq holda tanlash imkonini beruvchi nazariy yondashuv ishlab chiqilgan

Kalit so'zlar:

abraziv yeyilish, plug lemexi, induksion toblash, qattiqlik, martensit, toblangan qatlam, tok chastotasi, qizdirish tezligi, sovitish tezligi.

Теоретический выбор режимов индукционной закалки по твердости материала и глубине закаленного слоя

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос теоретического обоснования режимов поверхностной индукционной закалки, направленной на повышение абразивной износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин. Проанализировано влияние соотношения твердости материала рабочего органа и абразивных частиц на процесс изнашивания, структурно-фазовые превращения, происходящие в сталях при скоростном нагреве и охлаждении, а также основные технологические параметры индукционной закалки. На основе теоретического анализа обоснованы требуемый уровень твердости материала рабочего органа и оптимальная глубина закаленного слоя в условиях абразивного изнашивания. Сформулированы критерии выбора частоты индукционного тока, обеспечивающей заданную глубину закаленного слоя, а также определения температуры закалки в зависимости от химического состава стали и скорости нагрева. В результате разработан теоретический подход, позволяющий взаимосвязанно выбирать твердость материала, глубину закаленного слоя, частоту индукционного тока и температуру закалки.

Ключевые слова:

абразивный износ, лемех, индукционная закалка, твердость, мартенсит, глубина закалки, частота тока



Theoretical selection of induction hardening parameters based on material hardness and hardened layer depth

ABSTRACT

The article addresses the theoretical substantiation of induction surface hardening parameters aimed at improving the abrasive wear resistance of soil-engaging working parts of agricultural machinery. The influence of the hardness ratio between the working material and abrasive particles on the wear process, the structural and phase transformations occurring in steels during rapid heating and cooling, as well as the main technological parameters of induction hardening are analyzed. Based on the theoretical analysis, the required hardness level of the working-part material and the optimal depth of the hardened layer under abrasive wear conditions are substantiated. Criteria are formulated for selecting the induction current frequency required to achieve the specified hardened layer depth and for determining the hardening temperature depending on the chemical composition of the steel and the heating rate. As a result, a theoretical approach has been developed that enables the interrelated selection of material hardness, hardened layer depth, induction current frequency, and hardening temperature.

Keywords:

abrasive wear,
ploughshare,
induction
hardening,
hardness,
martensite,
hardened layer,
current frequency

Kirish

Tuproqqa ishlov beruvchi mashinalarning lemex, kultivator panjasi va boshqa kesuvchi ishchi organlari qattiq mineral zarralar bilan uzluksiz kontakt sharoitida ishlaydi. Bunday sharoitda abraziv zarraning kesuvchi va tirnovchi ta'siri ishchi yuzada material ajralishiga, profilning o'zgarishiga va ish qobiliyatining pasayishiga olib keladi. Yeyilish jadalligi tuproqning mexanik tarkibi va namligi bilan bir qatorda abraziv zarra hamda detal materiali qattiqliklari nisbatiga, ishchi yuza strukturasi va kontakt bosimiga sezilarli darajada bog'liq [1, 2].

M.M. Xrushchov va M.A. Babichev tadqiqotlarida texnik toza metallarning abraziv muhitdagi nisbiy yeyilishga chidamliligi qattiqlik bilan to'g'ri proporsional bog'lanishi ko'rsatilgan [1]. Material qattiqligi H_m ning abraziv qattiqligi H_a ga nisbati 0,6 gacha bo'lganda yeyilishga chidamlilikning o'sishi asosan chiziqli, 0,6–1,4 oraliqda parabolik, 1,4 dan yuqori qiymatlarda esa keskin ortuvchi xarakterga ega. Tuproq tarkibidagi kvars zarrachalarining mikroqattiqligi 8000–11000 MPa gacha yetishi sababli toblanmagan uglerodli po'latlarning qattiqligi bu abraziv muhitga nisbatan yetarli emas [1, 3].

Shu nuqtai nazardan, ishchi organing butun kesimini bir xil yuqori qattqlikka keltirishdan ko'ra, yuza qatlamida yuqori qattqlik va yeyilishga chidamlilikni, o'zak qismida esa qovushoqlikni saqlash materialshunoslik va ekspluatatsion ishonchlik jihatidan maqsadga muvofiqdir. Yuqori chastotali tok bilan induksion qizdirish qisqa vaqt ichida yuzada zarur austenitlash haroratini hosil qilish, jarayonni avtomatlashtirish va qizdiriladigan qatlam chuqurligini tok chastotasi orqali boshqarish imkonini beradi [4, 5].

Tadqiqotning maqsadi - tuproqqa ishlov beruvchi ishchi organlar uchun abraziv muhit qattiqligi, po'latning strukturaviy o'zgarishlari va induksion qizdirish qonuniyatlarini birgalikda hisobga olgan holda induksion toblashning asosiy rejim parametrlarini nazariy asoslash.

Materiallar va usullar

Nazariy tahlilda ishchi organ materiali qattiqligi, tuproq tarkibidagi kvars abrazivining mikroqattiqligi, po'latning qizdirish va sovitishdagi fazaviy o'zgarishlari hamda induksion qizdirishning elektromagnit va issiqlik qonuniyatlari asosiy omillar sifatida qabul qilindi. Hisoblash

va tanlash mezonlari dissertatsiyaning nazariy bobida keltirilgan materialshunoslik va yuqori chastotali qizdirish qoidalari asosida shakllantirildi [1, 4–8].

Abraziv yeyilishga nisbiy chidamlilik bilan material qattiqligi orasidagi boshlang'ich bog'lanish quyidagi ko'rinishda qabul qilindi [1]:

$$\varepsilon = b \cdot H \quad (1)$$

bu yerda ε - materialning nisbiy yeyilishga chidamliligi; H - material qattiqligi; b - material va sinov sharoitiga bog'liq proporsionallik koeffitsienti. Mazkur bog'lanish ishchi organning yuzaki qattiqligini oshirish orqali abraziv yeyilishni kamaytirish mumkinligini nazariy jihatdan ifodalaydi.

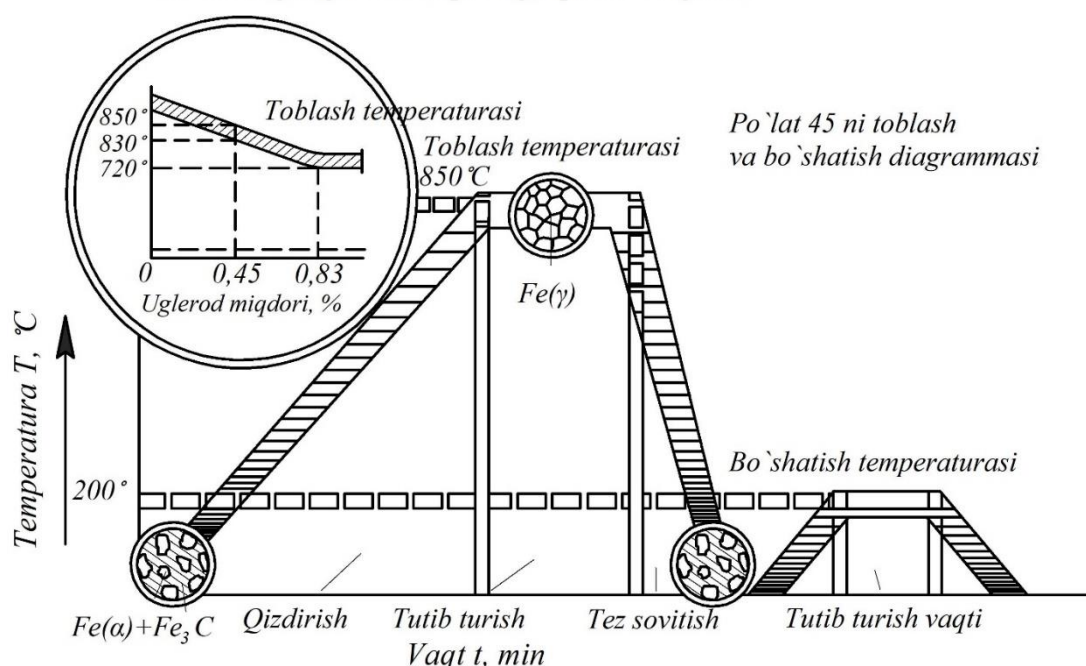
1-jadval.

Ayrim materiallarning mikroqattiqligi va nisbiy yeyilishga chidamliligi

Material	Mikroqattiqligi, MPa	Nisbiy yeyilishga chidamliligi, ε
Kvars qumi	8000–11000	5,0
СТ 10	1600	0,8
СТ 20	1800	0,9
СТ 30	1900	0,95
45 po'lati, toblanmagan	2000	1,0
20XH, toblangan	4500	2,25
IIIX15, toblangan	8000	4,0
X12M, toblangan	5100	2,55
45 po'lati, toblangan	6400	3,2
Xrom karbidi CrC	18000	9,0
Volfram karbidi WC	30000	15,0

Po'latlarning termik holatini baholashda evtektoidgacha bo'lgan uglerodli po'latlar Ac_3 kritik chiziqdan 30–50 °C yuqoriroq haroratgacha qizdirilishi, so'ng kritik sovitish tezligidan yuqori tezlikda sovitilishi mezonni qabul qilindi. Bunda ferrit-perlit boshlang'ich struktura austenitga, tez sovitishdan so'ng esa martensitga o'tadi [3, 6].

Uglerodli po'latni toblash temperaturasi po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab belgilash



1-rasm. Po'latlarni toblash va bo'shatish haroratini uglerod miqdoriga ko'ra belgilash sxemasi



Induksion toblashning asosiy parametrlari sifatida: toblangan qatlam chuqurligi x_k , qizdirish vaqti t_k , toblash harorati T_t , tashqi qatlamning ortiqcha qizishi ΔT , qizdirish tezligi v_q , sovitish tezligi v_s va jarayonning termik foydali ish koeffitsienti η_t qabul qilindi. Yuzaki qizdirishda tokning kirib borish chuqurligi materialning solishtirma elektr qarshiligi ρ , magnit o'tkazuvchanligi μ va tok chastotasi f bilan belgilanadi [5]:

$$\delta = K \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}} \quad (2)$$

bu yerda K - toblanayotgan po'lat uchun o'zgaras koeffitsient. Ifodadan chastota ortishi bilan tokning metallga kirib borish chuqurligi kamayishi kelib chiqadi. Demak, toblangan qatlam chuqurligini boshqarishda tok chastotasi asosiy texnologik omillardan biridir.

Natijalar va muhokama

Nazariy tahlilning birinchi natijasi material qattiqligi va abraziv qattiqligi nisbatini ishchi organ resursini boshqaruvchi mezon sifatida qabul qilish mumkinligidir. Toblanmagan 45 po'latining mikroqattiqligi 2000 MPa va nisbiy yeyilishga chidamliligi 1,0 ni tashkil etsa, toblash natijasida uning mikroqattiqligi 6400 MPa gacha, nisbiy yeyilishga chidamliligi esa 3,2 gacha ortdi. Bu holat material qattiqligining oshishi abraziv zarrachalar ta'sirida sirt qatlamida yuzaga keladigan plastik deformatsiya va mikroqirqilish jarayonlarining jadalligini kamaytirishini ko'rsatdi. Kvarsning mikroqattiqligi 8000–11000 MPa oralig'ida ekanligini hisobga olganda, H_m/H_a nisbatini kamida 0,6 ga yetkazish ishchi organ materialining abraziv yeyilishga qarshiligini sezilarli darajada oshirish uchun muhim mezon hisoblanadi.

Ikkinchi natija — yuza qatlamini toblash uchun qatlam chuqurligini ish sharoitiga muvofiq tanlash zarurligi. Nazariy manbalarga ko'ra, asosan yeyilish ta'sirida ishlaydigan detallar uchun 1,5–3,0 mm, yuqori kontakt yuklanishlarda 4–5 mm, juda katta kontakt yuklanishlarda 10–15 mm chuqurlik yetarli hisoblanadi [5]. Tuproqqa ishlov beruvchi lemex ishchi yuzasi bir vaqtning o'zida abraziv yeyilish va dinamik yuklanishga uchrasa-da, uning butun kesimini yuqori qattiqlikka keltirish mo'rtlik xavfini oshiradi. Shu sababli 1,5–3,0 mm diapazon materialning qattiq yuza qatlami va qovushoq o'zagini birgalikda saqlash uchun konstruktiv-materialshunoslik kompromissi sifatida qabul qilinadi.

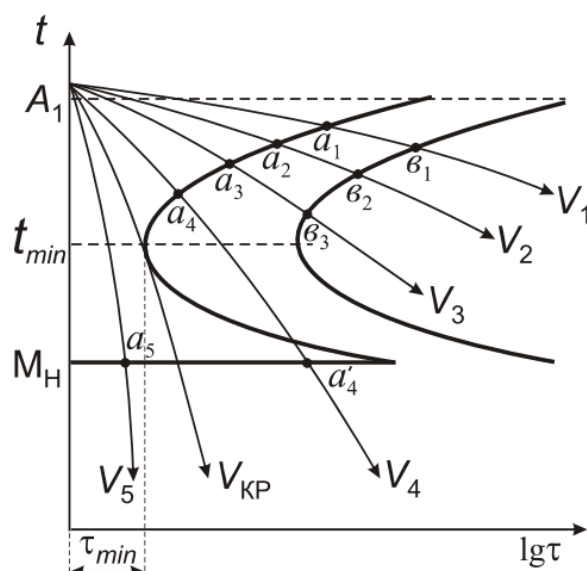
2-jadval.

Tok chastotasiga bog'liq holda toblangan qatlam chuqurligi

Toblangan qatlam	8,0 kHz	2,5 kHz	1,0 kHz	0,05 kHz
Minimal, mm	1,3	2,4	3,6	17
Maksimal, mm	5,5	10,0	16,0	70
Optimal, mm	2,7	5,0	8,0	34

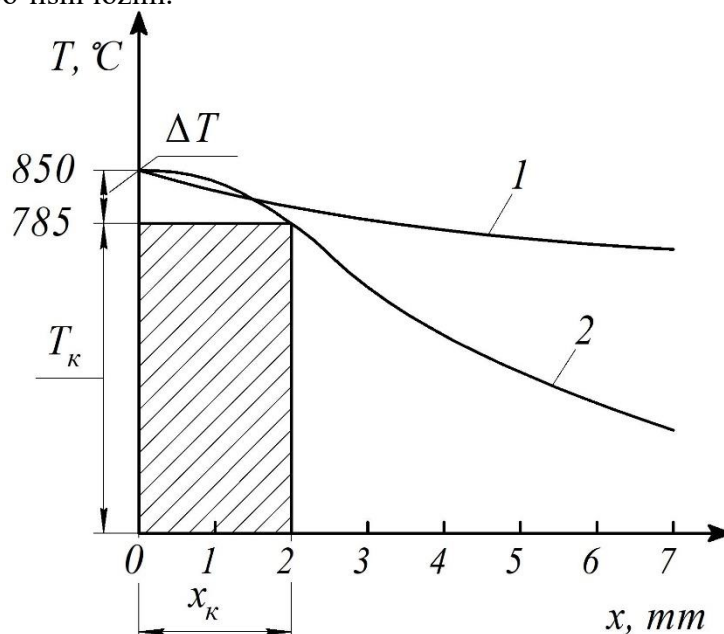
Nazariy ma'lumotlarga ko'ra, 1,0 mm chuqurlikdagi toblangan qatlamni hosil qilish uchun 50–60 kHz, 2,0 mm qatlam uchun taxminan 15 kHz, 4,0 mm qatlam uchun esa taxminan 4 kHz tok chastotasidan foydalanish maqsadga muvofiq. Plug lemexlarining abraziv yeyilish sharoitini hisobga olib, toblangan ishchi qatlam chuqurligi 2 mm atrofida qabul qilinganda, induksion tok chastotasini 12–18 kHz diapazonda tanlash nazariy jihatdan asoslanadi. Ushbu chastota diapazoni talab etilgan toblanish chuqurligini ta'minlash uchun maqbul bo'lib, keyingi eksperimental tadqiqotlarda induksion toblash rejimlarini belgilash uchun asos sifatida qabul qilindi.

Uchinchi natija — qizdirish haroratini po'lat markasi va qizdirish tezligiga moslashtirish zarurati. 45 markali po'lat uchun an'anaviy qizdirishda toblash harorati 830–850 °C oralig'ida qabul qilinadi. Juda tez induksion qizdirishda fazaviy o'zgarishlar yuqoriroq haroratlar tomon siljishi mumkin; masalan, 40 markali po'lat uchun pechda 840–860 °C bo'lgan interval 250 °C/s qizdirish tezligida 880–920 °C gacha, 500 °C/s da esa 980–1020 °C gacha siljishi ko'rsatilgan [5]. Bu holat induksion toblashda faqat nominal kritik nuqtalarga emas, balki qizdirish tezligiga ham tayanish zarurligini ko'rsatadi.



2-rasm. Austenit strukturali evtektoid po‘latni turli tezliklarda sovitish sxemasi

Sovitish bosqichi martensit strukturasi shakllantirishning hal qiluvchi qismi hisoblanadi. Austenit $V \geq V_{kr}$ tezlikda sovitilganda diffuzion parchalanishga ulgurmay martensitga aylanadi. Uglerodli po‘latlar uchun martensit hosil qilishdagi sovitish tezligi odatda 400–500 °C/s, legirlangan po‘latlarda esa 50–200 °C/s diapazonida bo‘lishi mumkin [5]. Shu bilan birga, sovitishni keragidan ortiq tezlashtirish mikro va makroyoriqlar ehtimolini oshiradi. Demak, sovituvchi muhit tanlashda maksimal qattqlik emas, balki martensitlanish sharti va termik kuchlanishlarning maqbul muvozanati mezon bo‘lishi lozim.



3-rasm. Toblash uchun yuzaki va chuqur qizdirish usullarining harorat taqsimoti

Induksion qizdirishning termik samaradorligi yuzada ajralayotgan issiqlikning foydali qismiga bog‘liq. Yuzaki va chuqur qizdirish sxemalarini solishtirish shuni ko‘rsatadiki, zarur x_K qatlamni barqaror austenitlash uchun qizdirish zonasi qatlam chuqurligi bilan muvofiqlashtirilishi kerak. Tok chastotasini haddan tashqari yuqori tanlash issiqlikning juda yupqa sirt qatlamida konsentratsiyalanishiga va ΔT ning ortishiga, juda past chastota esa keraksiz chuqur qizdirishga olib keladi. Shu sababli chastota - qatlam chuqurligi - qizdirish vaqti o‘zaro bog‘langan parametrlar sifatida tanlanishi lozim.

Yuzaki toblashdan keyingi ko‘ndalang kesim strukturasi uchta xarakterli zonaga ajraladi. Birinchi zona to‘la austenitlangan va sovitilgandan keyin asosan martensit hamda oz miqdordagi



qoldiq austenitdan iborat bo'lad. Ikkinchi zona chala austenitlanish natijasida martensit, ferrit va qoldiq austenit aralashmasini hosil qiladi. Uchinchi zona Ac_1 kritik haroratgacha qizimaganligi sababli ferrit-perlit boshlang'ich strukturasini saqlab qoladi. Natijada qattqlik yuza qatlamidan o'zakka tomon gradient tarzda kamayadi. Lemex kabi zarbiy yuklanish ham mavjud bo'lgan detallarda aynan ushbu gradient holat yuqori yeyilishga chidamlilikni qovushoqlik bilan birlashtirish imkonini beradi.

Toblash haroratining past tanlanishi qoldiq ferritning saqlanishiga va qattqlikning yetarli bo'lmasligiga olib keladi. Aksincha, haroratni optimal intervaldan ortiq oshirish austenit donalarining yiriklashishi, yirik ignasimon martensit va qoldiq austenit miqdorining ko'payishi, oksidlanish, uglerodsizlanish hamda ichki termik kuchlanishlarning ortishi bilan bog'liq. Shuning uchun induksion qizdirishning yuqori tezligi texnologik ustunlik bo'lsa-da, harorat-vaqt siklini qat'iy nazorat qilish talab etiladi.

Induksion qizdirishning yana bir xususiyati - skin-effekt tufayli elektr energiyasining asosiy qismi sirtga yaqin qatlamda issiqlikka aylanishidir. Dissertatsiyada qalinligi δ bo'lgan yuza qatlamda issiqlikning qariyb 90 foizi ajralishi qayd etilgan. Bu holat energiyani butun detal hajmini qizdirishga emas, funksional yuklanadigan sirt qatlamiga yo'naltirish imkonini beradi. Biroq tok chastotasi va induktor-detal tirqishi noto'g'ri tanlansa, foydali ish koeffitsienti pasayadi va detal bo'ylab qizish notekisligi yuzaga keladi.

Generator quvvati induktor va elektr zanjirining foydali ish koeffitsientlarini hisobga olgan holda aniqlanadi [4]:

$$P_g = \frac{p_o S}{\eta_{in} \eta_{tr} \eta_k \eta_l} \quad (3)$$

bu yerda p_o - solishtirma quvvat, kW/cm²;

S – toblanadigan yuzaning maydoni, cm²;

$\eta_{in}, \eta_{tr}, \eta_k, \eta_l$ – lar mos ravishda induktorning, transformatorning, kondensatorlar batareyasining va tok uzatish liniyasining foydali ish koeffitsientlari.

Nazariy tavsiyada $\eta_{in} = 0,75$; $\eta_{tr} = 0,87$; $\eta_k = 0,97$; $\eta_l = 0,95$ qiymatlari qabul qilinadi. Uzun yuzali detallarni bir vaqtda to'liq qizdirish katta generator quvvatini talab qilgani uchun lemex kabi uzun ishchi organlar uchun induktor va detalning nisbiy siljishiga asoslangan uzluksiz ketma-ket qizdirish energetik jihatdan maqsadga muvofiq.

Uzluksiz qizdirishda induktor va detalning nisbiy siljish tezligi hamda qizdirish vaqti quyidagi tenglamalar bilan aniqlanadi [8]:

$$v = \frac{l_1}{t_k} \quad (4)$$

$$t_k = \frac{l_2}{v} \quad (5)$$

bu yerda l_1 - induktorning ishchi kengligi; l_2 - qizdiriladigan detal uzunligi; v - induktor va detalning nisbiy siljish tezligi. Mazkur bog'lanishlardan ko'rinadiki, qatlam chuqurligi va qizdirish harorati uchun tanlangan elektromagnit rejim mexanik uzatish tezligi bilan muvofiqlashtirilmasa, detal bo'ylab notekis struktura va qattqlik hosil bo'lishi mumkin.

Induktor konstruksiyasini tanlashda detal bilan induktor orasidagi tirqish odatda 2–3 mm dan kam bo'lmasligi, lekin tirqishning ortishi elektromagnit bog'lanishni va induktorning foydali ish koeffitsientini pasaytirishi hisobga olinadi. Induktor kengligi toblanadigan qatlam kengligidan 10–20 foiz kattaroq olinishi tavsiya etiladi. Uzluksiz ketma-ket toblashda induktor o'tkazgichi suv bilan sovitiladigan to'g'ri to'rtburchak kesimli mis trubkadan tayyorlanishi detaldagi qizdirish maydonini barqarorlashtirish va induktorning o'z qizishini cheklashga xizmat qiladi.

Shunday qilib, nazariy tanlash algoritmi quyidagi ketma-ketlikka ega: avval abraziv muhit va ishchi organ materiali uchun talab etiladigan qattqlik darajasi belgilanadi; so'ng ekspluatatsion yuklanishga ko'ra x_k qatlami tanlanadi; x_k bo'yicha f chastota, po'lat markasi bo'yicha T_1 harorat va kritik vs sovitish tezligi aniqlanadi; keyin induktor kengligi, siljish tezligi va generator quvvati o'zaro muvofiqlashtiriladi. Ushbu ketma-ketlik tajriba rejasini toraytiradi va eksperimental



optimallashtirishda tekshirilishi lozim bo'lgan parametrlar diapazonini oldindan asoslashga imkon beradi.

3-jadval.

Plug lemexini induksion yuzaki toblash uchun nazariy tanlash mezonlari

Parametr	Nazariy mezon	Tavsiya etiladigan yo'nalish	Materialshunoslik mazmuni
H_m/H_a	$\geq 0,6$	Yuza qattiqligini oshirish	Abraziv kesish ta'sirini kamaytirish
Toblangan qatlam x_k	1,5–3,0 mm	Lemex uchun ~2 mm	Qattiq yuza + qovushoq o'zak
Tok chastotasi f	x_k ga teskari bog'liq	2 mm uchun ~15 kHz	Tok kirib borish chuqurligini boshqarish
Toblash harorati T_t	Ac ₃ dan 30–50 °C yuqori	45 po'lat: 830–850 °C	Austenitlash va keyingi martensitlanish
Sovitish tezligi v_s	$V \geq V_{kr}$	Po'lat markasiga mos	Martensit hosil qilish, yoriq xavfini cheklash
Siljish tezligi v	$v = \frac{l_1}{t_k}$	Induktor kengligi va vaqt bilan bog'liq	Detal bo'ylab bir xil qizdirish

Natijalarni umumlashtirganda, induksion toblash parametrlarini alohida-alohida emas, yagona tizim sifatida tanlash zarurligi kelib chiqadi. Birinchidan, ishchi yuzaning qattiqligi kvars abrazivga nisbatan yetarli darajada oshiriladi. Ikkinchidan, qatlam chuqurligi detalning yeyilish va dinamik yuklanish sharoitiga mos tanlanadi. Uchinchidan, chastota va qizdirish tezligi kerakli austenitlash chuqurligini ta'minlaydi. To'rtinchidan, sovitish tezligi martensit hosil bo'lishi uchun kritik qiymatdan yuqori, lekin termik yoriqlarni kuchaytiradigan darajada ortiq bo'lmasligi kerak. Shu ketma-ketlik lemexning yuza qismida yeyilishga chidamli martensitli qatlam, o'zakda esa qovushoq boshlang'ich struktura saqlanishini ta'minlaydigan nazariy modelni shakllantiradi.

Xulosa

O'tkazilgan nazariy tahlillar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Tuproqqa ishlov beruvchi ishchi organlarning abraziv yeyilishga chidamliligini oshirishda material qattiqligining abraziv zarrachalar qattiqligiga nisbati muhim mezonlardan biri ekanligi aniqlandi. H_m/H_a nisbatining 0,6 va undan yuqori qiymatlarga yetkazilishi materialning abraziv yeyilishga qarshiligini sezilarli oshirish uchun zarur sharoit yaratadi.
2. Abraziv yeyilish ustun bo'lgan ish sharoitlarida ishchi organlarning toblangan sirt qatlami chuqurligini 1,5–3,0 mm oralig'ida shakllantirish maqsadga muvofiqligi asoslandi. Plug lemexlari uchun esa 2 mm atrofida toblangan qatlam sirtning yuqori qattiqligi bilan o'zak qismining yetarli qovushoqligini uyg'unlashtirish nuqtai nazaridan maqbul deb baholandi.
3. Toblangan qatlam chuqurligini shakllantirishda induksion tok chastotasi asosiy texnologik parametrlardan biri ekanligi belgilandi. 2 mm atrofida qatlam chuqurligi uchun taxminan 15 kHz tok chastotasidan foydalanish, 45 po'latni induksion toblashda esa qizdirish haroratini 830–850 °C oralig'ida tanlash nazariy jihatdan asoslandi.
4. Olingan natijalar induksion toblash rejimini alohida parametrlar bo'yicha emas, balki material qattiqligi – toblangan qatlam chuqurligi – tok chastotasi – qizdirish harorati va vaqti – induktorning siljish tezligi – sovitish jadalligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik asosida shakllantirish zarurligini ko'rsatdi. Bunday yondashuv tuproqqa ishlov beruvchi ishchi organlar uchun induksion yuzaki toblash rejimlarini tanlashning nazariy asosini tashkil etadi



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. Москва: Наука, 1970. 252 с.
2. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. Москва: Машиностроение, 1976. 270 с.
3. Mirboboev V.A. Konstruktion materiallar texnologiyasi. Toshkent: O'zbekiston, 2004. 544 b.
4. Шамов А.Н., Бодажков В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. 2-е изд. Ленинград: Машиностроение, 1974. 280 с.
5. Ибрагимов Х.М., Филатов В.И., Ильичёв В.Л. Основы технологических процессов термической обработки стали. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. 68 с.
6. Козловский А.Э., Колобов М.Ю. Термическая обработка углеродистых сталей. Иваново: Ивановский гос. хим.-технол. ун-т, 2017. 144 с.
7. Львов П.Н. Основы абразивной износостойкости деталей строительных машин. Москва: Стройиздат, 1970. С. 3–23.
8. Kodirov N. Theoretical foundation of induction quenching parameters of ploughshares. Web of Scientist: International Scientific Research Journal. 2023;4(3):993–1002.
9. Qodirov N.U. Tuproqqa ishlov beradigan ish organlarining abraziv yeyilishga chidamliligini oshirishning nazariy asoslari. Ilm-fan va ta'limning rivojlanish istiqbollari ilmiy anjumani. 2023;35:75–77.
10. Солнцев Ю.И., Пряхин Е.И. Материаловедение. Москва: Химиздат, 2007. 784 с.
11. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. Москва: Машиностроение, 1971. 264 с.
12. Бенезовский Ф., Киффер Р. Твердые сплавы. Москва: Металлургия, 1971. 392 с.
13. Икрамов У., Левитин М.А. Основы трибоники. Ташкент: Ўқитувчи, 1984. С. 3–179.
14. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 560 с.
15. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин). 5-е изд. Москва: МСХА, 2002. 632 с.