



doi <https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2022-1-13>

UDC: 621.791.76: 621.762

ПЛУГ ЛЕМЕХЛАРИНИ КОНТАКТ ПАЙВАНДЛАБ ҚАЙТА ТИКЛАШ КЎРСАТКИЧЛАРИНИ АСОСЛАШ

Худойбердиев Толибжон Солиевич,

Андижон қишлоқ хўжалиги ва агротехнологиялар институти профессори,
техника фанлари доктори,

ORCID: 0000-0003-3329-110X, e-mail: admission@andqxai.uz;

Қосимова Малоҳатхон Каримовна,

Андижон машинасозлик институти катта ўқитувчиси,

ORCID: 0000-0001-9379-9533, e-mail: kosimova.mk.mk@gmail.com

Кириш

Республикамизда йил давомида шудгорланадиган 3 миллион гектардан ортиқ майдон, унда қўлланиладиган лемехлар ресурси пастлиги [1] ва массаси бир неча килограмм келишини ҳисобга олсак, йилига 250000 дондан ортиқ лемех, масса ҳисобида 1000 тоннадан ортиқ металл прокати (10 млрд сўмдан ортиқ) сарфланади. Лемех плугнинг асосий ишчи қисмларидан биридир. Иш жараёнида плуг умумий қаршилигининг 50% қисми лемехларга тўғри келади. Шунинг учун лемехлар бошқа деталларга нисбатан тезроқ ейилади ва алмаштиришни талаб қилади.

Юқоридагилардан келиб чиқиб айтиш мумкинки, лемехлар ресурсини ошириш бугунги кундаги долзарб масалалардан биридир.

Республикамиз ва хорижда К.К. Нуриев, А.Ш. Рабинович, Н.В. Серов, В.С. Новиков, М.Н. Ерохин, И.В. Козорез, А.А. Тюрева, С.И. Будко, В.Н. Ткачев, А.А. Дудников, И.А. Ашурбеков ва бошқалар томонидан плуглар лемехларининг конструкциясини такомиллаштириш ва ресурсини ошириш бўйича тадқиқотлар олиб борилган [2-14].

К.К. Нуриев [3] ўзининг назарий ва экспериментал тадқиқотларида исканали лемех тиғининг параметрлари устида тадқиқотлар ўтказган. Улар асосида ис-

Аннотация. Мақолада плуг лемехларини контакт пайвандлаб қайта тиклаш кўрсаткичларини асослаш бўйича олиб борилган экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган бўлиб, ушбу тадқиқотлар контакт пайвандлаб олинadиган қатламнинг талаб даражасида сифатли бўлишини таъминлайдиган контакт пайвандлаш режими параметрларини асослаш мақсадида олиб борилди. Тадқиқотнинг предмети тупроққа ишлов берувчи ясси юзали деталлар юзасига пайвандлаб қоплаш материаллари таркиби, контакт пайвандлаш режими ва уларнинг ўзаро боғлиқлик кўрсаткичлари ҳисобланади. Юқоридагилар асосида шакллантирилган кукунсимон композицион материални ясси деталнинг ишчи юзасига контакт пайвандлаб қоплаш параметрларини аниқлаш устида олиб борилган тадқиқотлар натижасида пайвандлаб қоплаш режимининг асосий параметрлари аниқланди. Аниқланган параметрлар контакт пайвандлаб олинadиган қатламнинг талаб даражасида сифатли бўлишини таъминлашга асос бўлиб хизмат қилади.

Калит сўзлар: плуг лемехи, ясси деталлар, қайта тиклаш, контакт пайвандлаш, пайванд қатлам, композицион материал, режим параметрлари.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ СПОСОБОМ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Худойбердиев Толибжон Солиевич,
доктор технических наук, профессор
Андижанского института сельского хозяйства и
агротехнологий



Косимова Малохатхон Каримовна,
старший преподаватель Андиганского
машиностроительного института

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований по обоснованию параметров восстановления плужных лемехов способом контактной сварки, обеспечивающих требуемое качество контактного наплавленного слоя. Предметом исследования являются состав сварочных материалов, наплавленных на поверхности плоских деталей, и режим контактной сварки, а также показатели их взаимозависимости. На основании вышеуказанного, по результатам исследований параметров контактной сварки, были определены основные параметры режима сварки и сформированного порошкового композиционного материала на рабочей поверхности плоской детали. Заданные параметры служат основой для обеспечения необходимого уровня качества наплавленного слоя.

Ключевые слова: плужный лемех, плоские детали, восстановление, контактная сварка, наплавленный слой, композиционный материал, параметры режима.

THE RATIONALE OF RESTORATION PARAMETERS OF PLOUGHSHARES BY MEANS OF CONTACT WELDING

Khudoyberdiev Tolibjon Solievich,
DSc, professor, Andijan Institute of Agriculture and
Agricultural Technologies;

Kosimova Malohatxon Karimovna,
Senior Lecturer, Andijan Machine-Building Institute

Abstract. The article presents findings from experimental studies into the rationale of restoring the ploughshares using the contact welding method, carried out to justify parameters of the resistance welding mode, which ensures required quality of the contact deposited layer. The subject of the research is a compound of welding composite materials deposited on the surface of flat parts and the mode of resistance welding, as well as parameters of their interdependence. According to the above, the main parameters of the welding mode were determined based on the outcomes from the studies of parameters of resistance welding of the formed powder composite material on the working surface of a flat part. The specified parameters serve as the basis for ensuring the required quality level of the deposited layer.

Keywords: ploughshares, flat parts, restoration, resistance welding, deposited layer, composite material, parametric mode.

каналы лемех тигининг ўз-ўзидан чархланишини таъминлаш ҳисобига ресурси 2-4 марта оширилиб, энг яхши кўрсаткичлари, энг кам энергия харажатлари ва солиштирма ёнилғи сарфлари, яхши чуқурлашиш ва чуқурлик бўйича бир текис юришини таъминлайдиган параметрлари асосланган.

А.Ш. Рабинович [4] лемехлар тигининг юзасига ейилишга чидамли қатламни пайвандлаб қоплаш усулини таклиф этган. Лемехларнинг ишчи юзасига ейилишга чидамли қатламни пайвандлаб қоплаш унинг узоқ муддат ишлашини таъминлайдиган самарали усул ҳисобланади. Бунда пайвандланган қатлам асосий металлга нисбатан юқароқ бўлади ва секинроқ ейилади. Тупроқни шудгорлашда лемехнинг ейилиши билан бирга профилининг шакли ва тигининг ўткирлиги сақланиб қолади. Шунинг учун бундай пайвандлаб қопланган лемехлар ўз-ўзидан чархланади. Лемехларнинг ўз-ўзидан чархланадиган бўлишини таъминлаш учун тигининг остки қаттиқ қатлами устки юмшоқ қатламидан бир неча марта қаттиқроқ ва юқароқ бўлиши керак. А.Ш. Рабинович томонидан лемехларнинг ўз-ўзидан чархланувчанлик кўрсаткичи асосланган.

Кўпгина тупроқ-иқлим шароити учун ўз-ўзидан чархланадиган лемехларнинг ўртача ейилишга чидамлилиги $\omega = 1,5$ га тенг. Одатда, пайвандлаб қопланган қатламнинг қалинлиги 2,5 мм дан ортмайди, қаттиқлиги эса HRC 50-58 га тенг бўлади.

Серов томонидан металл лентани аморф кавшар орқали электроконтакт кавшарлаб, қишлоқ хўжалик техникаларининг иш органлари ясси юзасининг ресурсини ошириш учун «011-1-10» «Ремдеталь» қурилмаси такомиллаштирилган [15]. Қурилманинг тавсия этилган конструкциясида пайвандлаш ролик-электродлари 90° га бурилган, ясси деталларни керакли вазиятда ушлаб туриш учун мослама ўрнатилган. Бу билан электроконтакт кавшарлаш жараёни бўйлама ҳаракат эвазига содир бўлиши таъминланган. Ишлаб чиқилган технология асо-



сида плуг лемехларининг энг кўп ейилдиган қисми электроконтакт кавшарлаб қопланган.

Лемехлар ресурсини ошириш ва янги пайвандлаб қоплаш материаллари яратиш устида В.С. Новиков, Ф.И. Пантелеенко, А.М. Константинов, М.Ю. Петров, С.И. Будко, А.Н. Шитов, А.И. Сидоров, А.М. Михальченков ва бошқалар тадқиқотлар олиб боришган. Лемехлар ресурсини оширишда замонавий усуллардан бири бўлган роликли контакт пайвандлаб қоплаш усули алоҳида ўрин тутаяди. Бу усулнинг муҳим хусусиятларига материалнинг минимал структура ўзгаришга учраши, деталнинг қизимаслиги, пўлат ва чўян деталларни 0,1-1,0 мм қалинликдаги қатлам билан қоплаш мумкинлиги кабиларни келтириш мумкин. Усул юқори иш унумига ($60 \text{ см}^2/\text{дақ.гача}$) эга бўлиш билан бирга, пўлат лента, сим ва турли таркибли кукунсимон материалларни пайвандлаш имконини беради. Шунинг учун биз қишлоқ хўжалик техникаларининг ясси юзали ишчи органлари қаторига кирувчи лемехларни қайта тиклашда контакт пайвандлаб қоплаш усулини танладик.

Материал ва методлар

Маълумки, роликли контакт пайвандлаш усули саноат корхоналарида кенг қўлланилади. Усул кўплаб тармоқларда бошқа пайвандлаш усулларига қараганда анча самарали ҳисобланади. Шундан келиб чиққан ҳолда, контакт пайвандлаш усулини машиналарнинг ейилган деталларини қайта тиклашда қўллаш йўлга қўйилган. Усул, асосан, валсимон деталларнинг ташқи ейилган юзаларини тиклашда қўлланилади. Усулни ясси юзали деталларнинг ишчи юзаларини тиклашда қўллаш янги йўналиш ҳисобланади. Шу боис усулни ясси юзали деталларни тиклашда қўллаш учун унинг режим параметрларини асослаш керак бўлди.

Саноатда роликли контакт пайвандлаш учун кўп йиллик тажрибалар асосида пайвандлаш режимининг асосий кўрсаткичла-

ри белгилаб олинган. Бу ерда сўз ток кучи $I_{\text{пайв}}$, ток импульси вақти $t_{\text{пайв}}$, салт ишлаш вақти $t_{\text{салт}}$, ролик-электродларга берилган босим кучи P ва чок ҳосил қилишнинг чиқиқли тезлиги v кабилар ҳақида бормоқда.

Юқоридагилардан пайвандлаш режимининг асосий кўрсаткичларига қуйидагилар кириши аниқланди:

- 1) P_c – пайвандлашда босим кучи, МПа ($\text{Н}/\text{м}^2$);
- 2) $I_{\text{пайв}}$ – пайвандлашда ток кучи, А;
- 3) $t_{\text{пайв}}$ – ток импульси вақти, сек.;
- 4) $t_{\text{салт}}$ – ток импульслари орасидаги салт ишлаш вақти, сек.;
- 5) v_n – пайвандлаш тезлиги, м/сек.;
- 6) b – контакт пайвандлаб қоплашда ролик-электроднинг ишчи кенглиги, мм;
- 7) B – пайвандлаш материалининг эни, мм;
- 8) h – пайвандлаш материалининг қалинлиги, мм;
- 9) $T_{\text{асосий}}$ – бир дона лемехни пайвандлаб қоплашдаги асосий вақт, с.

Ушбу кўрсаткичларни асослаш устида олиб борилган тадқиқотлар натижалари қуйида келтирилган.

Шакллантирилган кукунсимон композицион лентани ясси деталнинг юзасига контакт пайвандлаб қоплашда ролик-электродга бериладиган босим кучини асослаш. Деталларни қайта тиклашда кукунсимон композицион материални пайвандлаб олинган пайванд қатламнинг ейилишга чидамлилигини ошириш учун пайвандлаш материали таркибига қўшиладиган пухталовчи фазанинг зарралари ўлчами ва сони ҳам ролик-электродлардаги босим кучи ва матрица зарраларининг ўлчами билан бир қаторда пайванд қатлам сифатига маълум даражада таъсир кўрсатади. Бундай пайванд қатламда пухталовчи фаза сифатида қийин эрийдиган металлларнинг карбид ва боридлари, қиздириб шакллантирилган қаттиқ қотишма кабилар қатнашади. Олинган пайванд қатлам нисбатан юмшоқ матрица таркибида қаттиқ фаза қатнашган структурага эга бўлади.



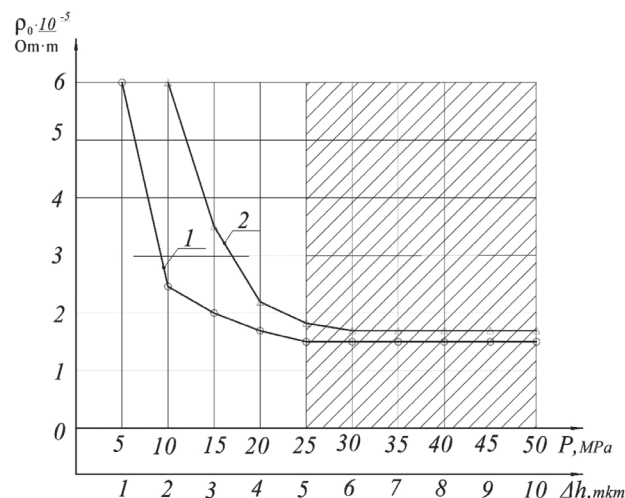
Ўтказилган тажрибалар бундай материалдан сифатли пайванд қатламни унинг бошланғич электр қаршилиги миқдори ни белгилаш орқали олиш мумкинлигини кўрсатди. Натижада босим кучи таъсири остидаги кукунсимон материал бошланғич электр қаршилигининг турғунлигига ролик-электродлардаги ишчи босим кучи, пухталовчи фаза зарраларининг сони ва ўлчамлари таъсир этиши аниқланган [16, 17].

Турли (пўлат лента, сим, кукунсимон материал, кукунсимон полимер материал, қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион материал) пайвандлаш материалларини ейилган деталларнинг ишчи юзаларига контакт пайвандлаб қоплаш жараёнини ўрганиш ва унинг натижаларини таҳлил қилиш пайвандлаб қоплаш жараёнининг сифатли кечишига бошланғич электр қаршилик сезиларли даражада таъсир этишини кўрсатди. Шунга асосан, қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион материалнинг электр ўтказувчанлигига унга ролик-электрод орқали таъсир этадиган босим кучининг таъсири ўрганилди.

Маълумки, контакт пайвандлаш босим остида пайвандлаш турига кириб, пайванд чокнинг сифати ток импульси берилиши олдидан ролик-электрод-пайвандлаб қоплаш материали деталь орасидаги бошланғич электр қаршилигига боғлиқ бўлади. Шунинг учун бошланғич электр қаршиликни ролик-электродга бериладиган босим ва лентанинг абсолют деформациясига боғлиқ равишда ўзгариш қонунияти ўрганилди ҳамда унинг асосида ролик-электродга бериладиган минимал босим кучи аниқланди (1-расм).

Олинган боғланиш шакллантирилган кукунсимон композицион материалнинг электр қаршилиги ролик-электродга берилаётган босимга нисбатан камайиб борувчи боғланишга эга эканлигини кўрсатди. Босимнинг 25 МПа гача ортишида электр қаршиликнинг $6 \cdot 10^{-5}$ Ом·м дан $2 \cdot 10^{-5}$ Ом·м гача камайиши, кейин $1,5 \cdot 10^{-5}$ Ом·м

га етганда, электр қаршилик турғунлашиб қолиши кузатилди (1-расмдаги 1-чирик).



1-расм. Шакллантирилган кукунсимон композицион материалнинг бошланғич электр қаршилиги ρ_0 ни унга ролик-электрод орқали бериладиган босим P (1) ва абсолют деформация Δh га (2) боғлиқлик графиги

Шунга ўхшаш боғланиш электр қаршиликнинг лента абсолют деформациясига боғлиқлигида ҳам аниқланди (1-расмдаги 2-чирик). Бунда деформация 5 мкм дан ортгандан кейин жараённинг турғунлашуви кузатилди.

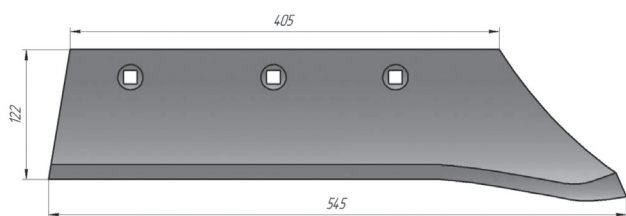
Қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион лента электр қаршилигининг босим таъсирида ўзгариши пайвандлаш зонасига эркин ҳолда узатиладиган кукунсимон материал зарраларини пайвандлаб қоплашдан катта фарқ қилади. Бунда эркин ҳолдаги кукун зарралари кам босим таъсиридаёқ ролик-электрод ва деталь орасидан жадал равишда сиқиб чиқарилади. Натижада улар орасида фақат бир қатламдан иборат юпқа кукун зарралари қолади, холос.

Юқоридаги мулоҳазалар таҳлили шуни кўрсатдики, олинадиган пайванд қатламнинг керакли сифатда бўлиши учун унга қўйиладиган босим миқдори 25 МПа дан кам бўлмаслиги керак экан.

Шакллантирилган кукунсимон композицион лентани ясси деталнинг юзасига



контакт пайвандлаб қоплашда ток кучи, ток зичлиги, ток импульси вақти ва ток импульслари орасидаги салт ишлаш вақти каби параметрларни асослаш. Ясси юзали ишчи органнинг ишчи юзасига шакллантирилган кукунсимон композицион лентани контакт пайвандлаб қоплаш учун лента ўлчамлари пайвандлаб қопланадиган юзанинг ўлчамларига тенг бўлиши керак. Масалан, одатда, лемехлар ресурсини ошириш устида олиб борилган тадқиқотларда лемех тиғига 25-30 мм кенгликда, долота-сига 55-65 мм кенгликда қатлам пайвандлаб қопланган. Шулардан келиб чиққан ҳолда, лемех тиғига 30 мм кенгликда шакллантирилган кукунсимон композицион лентани пайвандлаб қоплашга қарор қилинди.



2-расм. Исканасимон лемехнинг габарит ўлчамлари

Олинган пайванд қатламнинг қалинлиги пайвандлаш юзасидан ток импульси ўтганда ажралиб чиқадиган иссиқлик ва босим кучи таъсирида пайвандлаш материалнинг деформацияланиши натижасида ҳосил бўлади. Ток импульсининг ишчи режимларида шакллантирилган кукунсимон композицион материал қалинлиги 5%дан 30%гача ўзгариши мумкинлиги аниқланди.

Бу кўрсаткич кукунсимон материални пайвандлаш юзасига эркин ҳолда ва кукунсимон полимер лента шаклида узатишга қараганда анча кам. Чунки қиздириб шакллантирилган кукунсимон материал заррачалари аввалдан уларни тайёрлаш жараёнидаёқ прокатланиб жипслаштирилган бўлади. Шунинг учун бунда кукунсимон полимер материалдаги каби контакт пайвандлашда бериладиган бошланғич босим кучи таъсирида шакллантирилган кукун-

симон материал қалинлиги ўзгармайди. Шу сабабли шакллантирилган кукунсимон материал заррачаларининг ўлчамлари ҳам қатлам қалинлигига таъсир этмайди. Пайвандлашда олинадиган қатлам қалинлиги пайвандлаш материалнинг қалинлиги, ток кучи ва ток импульси вақтларига боғлиқ бўлади. Ток кучи ва ток импульси вақтлари пайвандлаш материалнинг суюқланиш даражасига қўйиладиган талабларга қараб белгиланади. Пайвандлашда қатламнинг гетероген структурали бўлиши юзасининг микроқирқилишлар ва пластик деформацияга қаршилигини орттириб, унинг юқори ейилишга чидамлилигини таъминлайди. Бунинг учун пайвандланаётган қатламнинг деталь билан контакт юзаси ва композицион материал таркибидаги осон суюқланувчи ташкил этувчисигина суюқланишига эришиш талаб этилади [18, 19].

Контакт пайвандлашда ток кучини қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин [15]:

$$I = 170 \cdot 10^3 \cdot b / \sqrt{\rho_T} \quad (1)$$

бунда b – ролик-электроднинг эни (ёки ингичка лента шаклидаги пайвандлаш материаллари учун лентанинг эни, см), ($b = 0,4-0,6$ см); ρ_T – чокнинг солиштирма электр қаршилиги, мк Ом·см.

Роликли контакт пайвандлашда шунтланишни ҳисобга олган ҳолда, ток кучининг миқдори нуқтавий контакт пайвандлашга қараганда маълум даражада каттароқ олинади. Ток импульси вақти эса нисбатан қисқароқ қилиб белгиланади.

Агар пайванд нуқталар бир-бирининг тахминан учдан бир қисмга қоплаши ва шунтланиш учун сарф бўладиган қўшимча ток кучини ҳисобга олсак, у ҳолда умумий ток кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$I_{\text{найс}} = I_{\text{асоци}} \left(1 + \frac{1}{2 - 1/3} \right) = (1 + 0,6) I_{\text{асоци}} = 1,6 I_{\text{асоци}} \quad (2)$$



Баъзи материаллар учун $K_{ш}$ – шунтла-
ниш коэффициентининг қийматлари қуй-
идагиларга тенг:

- Ст. 3 пўлати учун – 90-110;
- Коррозиябардош пўлатлар учун – 110-130;
- Титан учун – 100-150;
- Алюминий қотишмалари учун – 90-120;
- Латунлар учун – 90-120.

Ток импульси ва салт ишлаш вақтлари-
ни қуйидаги ифода орқали аниқлаш мум-
кин [15]:

$$K_{ш} = \frac{I^2 \cdot \rho_T \cdot h \cdot \sigma_T}{T_{эп} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c} \cdot \delta \cdot P \cdot v \cdot \sqrt{t_{найв} + t_{салм}}} \quad (3)$$

бунда I – ток кучи, А; h – пайвандлаш мате-
риалининг қалинлиги, мм; σ_T – пўлатнинг
мустаҳкамлик чегараси; $T_{эп}$ – пўлатнинг
сувоқланиш ҳарорати, °С; δ – пайванд қат-
ламнинг қалинлиги, мм; v – пайвандлаш
тезлиги, м/с; P – ролик-электрод орқали
пайвандлаш материалга бериладиган бо-
сим, МПа; b – ролик-электроднинг эни, ($b =$
4-6 мм); ρ_T – чокнинг солиштирма электр
қаршилиги, мкОм·см.

Масалан, агар $I = 11,2$ кА; $\delta = 1$ мм; $b =$
5 мм; $P = 10 \cdot (0,3 \div 0,5) \delta$, кН;

Ст.3 учун $\sigma_T = 250$ МПа; $P = 3$ кН; $K_{ш} = 110$;
 $T_{эп} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c} \cdot \delta = 2130$ ж/(см²·с^{1/2}); $h/\delta = 1$;
 $\rho_T = 140$ Ом·см, бўлса $v \cdot \sqrt{t_{найв} + t_{салм}}$ кўпайт-
мани ҳисоблаб топамиз:

$$v \cdot \sqrt{t_{найв} + t_{салм}} = \frac{I^2 \cdot \rho_T \cdot h \cdot \sigma_T}{K_{ш} \cdot T_{эп} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c} \cdot \delta \cdot P} \quad (4)$$

$$v \cdot \sqrt{t_{найв} + t_{салм}} = \frac{125 \cdot 10^6 \cdot 140 \cdot 10^{-6} \cdot 2500 \cdot 1}{110 \cdot 2130 \cdot 300} = 0,62$$

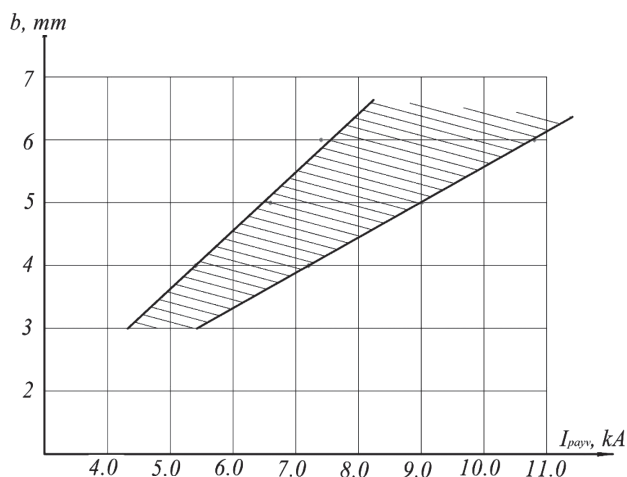
ҳосил бўлади.

Қуйидаги 4-расмда келтирилган гра-
фикдан $v = 1,4$ см/с = 14 мм/с га тенглиги-
ни ҳисобга олсак, у ҳолда вақт цикли
 $t_{найв} + t_{салм} = 0,2$ с ҳосил бўлади. $t_{найв} / t_{салм}$
нисбатни ҳисоблаб топиш қийин, шунинг
учун бу масала пайванд нуқталарнинг
бир-бирини қоплаш коэффициентини k ва
пайвандлаш режимининг бошқа кўрсат-

кичларига қараб танланади. Кўп ҳоллар-
да $t_{найв} / t_{салм} = 1-2$ га, айрим ҳоллардагина
2,5 га тенг қилиб олинади [15]. Масалан,
агар $t_{найв} = 0,06$ с бўлса, $t_{салм} = 0,14$ с бўлади,
агар $t_{найв} = 0,08$ с бўлса, $t_{салм} = 0,12$ с бўлади.

Маълумки, контакт пайвандлаб қоп-
лашда сифатли пайванд чок ҳосил қилиш
учун маълум белгиланган ток импульси
вақтида етарли ток зичлиги таъминла-
ниши керак. Бунда деталларнинг ишчи
юзаларига пайвандлаш материаллари-
ни пайвандлаб қоплашга мўлжалланган
contact пайвандлаб қоплаш қурилма-
сининг 15 кА гача ток билан таъминлаш
имкониятини ҳам ҳисобга олиш керак.
Бундан ташқари, контакт пайвандлаш қу-
рилмасидаги ролик-электроднинг ишчи
кенглиги, одатда, 4-6 мм дан иборат бўла-
ди. Шунга асосан, қурилманинг керакли
ток зичлигини таъминлаш имконияти-
ни қуйидаги графикдан кўриш мумкин
(3-расм). Ушбу мулоҳазалар ва ток кучи,
ток импульси вақти ва зичлигини ўр-
ганиш устида ўтказилган лаборатория
тадқиқотлари натижасида шаклланти-
рилган кукунсмон композицион лен-
тани контакт пайвандлаб қоплашда ток
зичлиги $J_{рауv} = 110-150$ А/мм² га тенглиги
аниқланди.

Аввал ўтказилган тадқиқотларда [17]
ток кучи ва ток импульси вақтларининг
сифатли пайванд қатлам олишни таъ-
минлайдиган чегаравий қийматлари
белгиланган. Унда пайвандлаб қопла-
наётган чокнинг кенглиги 4-6 мм бўл-
ганда, ток кучи 7-10 кА га, ток импульси
вақти 0,08-0,12 секундга тенг бўлиши
кераклиги кўрсатилган. Ушбу чегаралар
олинган пайванд қатламнинг структу-
раси ва қаттиқлигига боғлиқ равишда
қуйидагича асосланган: пайванд қатлам
қаттиқлигига ток кучининг таъсири ўр-
ганилганда, ток кучининг ортиши билан
аввал қаттиқликнинг ортиши, кейин
эса ток кучи маълум миқдорга етгандан
сўнг қаттиқликнинг камайиб бориши
кузатилган.

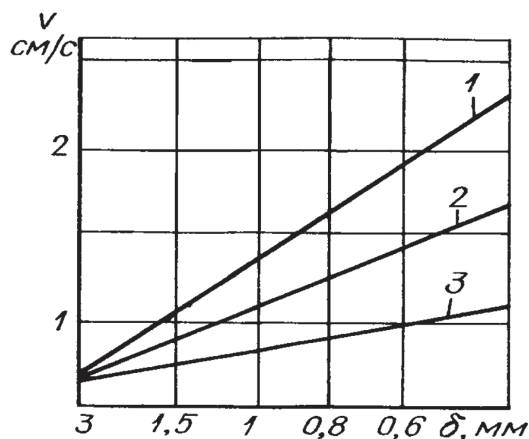


3-расм. Шакллантирилган кукусимон композицион материални контакт пайвандлаб қоплашда ток кучи ва ролик-электрод кенглиги (эни) орасидаги боғланиш графиги

Бунинг сабаби температура ортиши билан аввал матрица пластик ҳолга келади, кейин суюқлана бошлайди. Ундан сўнг пухталовчи қаттиқ қотишма ҳам суюқланиб, матрица билан аралашиб кетади ва структура ўзгариши рўй бериб, пайванд қатлам гетероген структурадан гомоген структурага ўтиб кетади. Шунга ўхшаш боғланиш ток импульси вақти ўзгаришининг пайванд қатлам қаттиқлигига таъсирини ўрганишда ҳам аниқланган. Бунда ҳам ток импульси вақти маълум миқдордан ортгандан сўнг пайванд қатлам қаттиқлигининг пасайиши кузатишган. Бунинг сабабини ҳам юқоридаги каби тушунтириш мумкинлиги айтилган.

Юқорида келтирилган 2-расм ва мулоҳазалар асосида қуйидаги хулосалар шакллантирилди: шакллантирилган кукусимон композицион материални контакт пайвандлаб қоплаш учун ролик-электроднинг кенглиги (эни) $b = 4-6$ мм, ток кучи $I_{payv} = 7-10$ кА, ток зичлиги $J_{payv} = 110-150$ А/мм², ток импульси вақти эса $t_{payv} = 0,06-0,12$ с, импульслар орасидаги пуза вақти $t_{salt} = 0,08-0,14$ с бўлиши кераклиги аниқланди. Бунда ролик-электродга бериладиган босим $P = 25$ МПа дан кам бўлмаслиги керак.

Пайвандлаб қоплаш тезлигини асослаш. Машинасозликда қалинлиги 3 мм гача бўлган юпқа листларни бир-бирига пайвандлаб, бириктириб, маълум турдаги идиш ва панеллар тайёрлашда роликли контакт пайвандлаб қоплаш усули қўлланилади. Унда пайвандланадиган листларнинг материали тури ва унинг қалинлигига қараб маълум пайвандлаш тезлиги белгиланади (4-расм).



1) ст. 3 пўлати учун; 2) коррозиябардош пўлатлар ва титан учун; 3) алюминий ва латун қотишмалари учун.
4-расм. Контакт пайвандлаш тезлигининг пайвандлаш материали қалинлигига боғлиқлик графиги

Бизнинг мисолимизда шакллантирилган кукусимон композицион лентани пайвандлаб қоплаш орқали олинган қатламнинг қалинлиги $\delta = 1$ мм гача бўлиши ва пайвандланган қатлам таркиби юқори легирланган пўлатга яқин бўлишини ҳисобга олсак, 4-расмдаги графикдан пайвандлаш тезлиги $v_{payv} = 1,1-1,6$ см/с бўлиши мумкинлиги келиб чиқади.

Юқоридагилар ва пайвандлаб қоплаш тезлигини аниқлаш учун қуйидаги маълумотлар асосида пайвандлаб қоплаш тезлигини ҳисоблаб топамиз:

а) ток импульси ва импульслар орасидаги пауза вақтлари – $t_{payv} + t_{salt} = 0,2$ с;

б) ролик-электроднинг ишчи кенглиги – $b = 4-6 \cdot 10^{-3}$ м;

в) ролик-электроднинг диаметри – $d = 0,3$ м;



г) курилманинг иш унуми – $w = 60 \text{ см}^2/\text{дақ.} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

Ролик-электроднинг ишчи кенглиги 4, 5 ва 6 мм бўлгандаги пайвандлаб қоплаш тезлигини ҳисоблаб топамиз:

1) $b = 4 \text{ да}$

$$v_{\text{райв}} = \frac{W}{b} = \frac{10^{-4}}{4 \cdot 10^{-3}} = 25^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

2) $b = 5 \text{ да}$

$$v_{\text{райв}} = \frac{W}{b} = \frac{10^{-4}}{5 \cdot 10^{-3}} = 20^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

3) $b = 6 \text{ да}$

$$v_{\text{райв}} = \frac{W}{b} = \frac{10^{-4}}{6 \cdot 10^{-3}} = 17^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Олиб борилган ҳисоблардан кўриниб турибдики, пайвандлаб қоплаш тезлиги $v_{\text{райв}} = 1,0-1,5 \text{ м/дақ. га}$ тенг экан.

Энди бир дона лемехнинг ишчи юзасига пайвандлаб қоплаш учун сарфланадиган асосий вақтни ҳисоблаб топамиз. Агар лемехлар ишчи юзасининг узунлиги $l=550 \text{ мм}$ гача, пайвандлаб қопланадиган қатламнинг эни $B = 30 \text{ мм}$ гача ва ролик-электродлар ишчи юзасини кенглиги $b = 4-6 \text{ мм}$, пайвандлаб қоплаш тезлиги $v_{\text{райв}} = 1,0-1,5 \text{ м/дақ. га}$, ёнма-ён чокларни бир-бирини қоплаш коэффицентининг $k = 1,5$ га тенг бўлишини ҳисобга олсак, у ҳолда пайвандлаб қоплашнинг асосий вақти қуйидагига тенг бўлади:

$b = 4 \text{ да}$

$$T_{\text{асосий}} = \frac{L}{v} = \frac{6,15}{1,5} = 4,1 \text{ мин}$$

бунда

$$L = l \cdot \frac{B}{b} \cdot k = 0,55 \cdot \frac{30}{4} \cdot 1,5 = 6,15 \text{ м}$$

Иш унуми бир хил бўлганлиги учун ҳам ролик-электрод ишчи юзасининг кенглиги бошқа бўлганда ҳам асосий пайвандлаб қоплаш вақти бир хил бўлади.

Қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион материал (лента) таркибини асослаш. Кукунсимон материалларнинг хоссалари ва уларни пайвандлаб қоплаш жараёни параметрларига

таъсирини ўрганиш олинган пайванд қатламнинг сифати пайвандлаб қоплашнинг технологик режимлари ва кукунсимон материал хоссаларига боғлиқ эканлигини кўрсатди.

Пайванд қатламнинг сифати қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион лентанинг бир қатор параметрларига, яъни кукун заррасининг шакли ва ўлчамлари, композиция таркибидаги турли маркали кукунсимон материаллар таркиби ва миқдорига боғлиқ бўлади. Масалан, хром, бор, кремний, марганец каби легирловчи элементлар композиция таркибида углерод билан бирга карбид ва боридлар ҳосил қиладилар. Улар, ўз навбатида, пайванд қатламнинг қаттиқлиги ва ейилишга чидамлилиги каби хоссалари яхшиланиши (ортиши)га олиб келади. Аммо уларнинг миқдори маълум чегаралар орасида бўлиши лозим. Масалан, хромнинг 25,8%, углероднинг 3,6%, борнинг 2,2%, кремнийнинг 2,6%дан ортиқ миқдорда бўлиши қотишмада ёриқлар пайдо бўлиш эҳтимолини оширади ва бу ейилишга чидамли материалнинг деталь юзасидан кўчиб кетишига олиб келади. Келтирилган элементларнинг миқдори пастки чегарадан ҳам кам бўлса, олинган пайванд қатламнинг қаттиқлиги ҳамда ейилишга чидамлилиги ортиши кузатилмайди ва бу олинган пайванд қатламнинг керакли сифатини таъминламайди. Никель пайванд қатламнинг мустаҳкамлиги, пластиклиги ва қовушқоқлигини оширади. Никелнинг пайванд қатлам таркибидаги миқдорининг 13,5% камлиги қотишманинг мўртлигини камайтирмайди. Бу, ўз навбатида, ёриқлар пайдо бўлиш эҳтимолини бартараф этмайди, пайванд қатламнинг асосий металл билан пайвандланиш мустаҳкамлигини пасайтириб юборади. Никелнинг 21,4% дан ортиқ бўлиши пайванд қатламнинг мустаҳкамлик кўрсаткичларини сезиларли даражада орттирмай қўяди ва шу билан бирга, пайванд қатлам таннархининг кескин ортиб кетишига олиб келади.



Пайванд қатлам таркибида марганец миқдорининг 0,8% ортиқ бўлиши қотишма мустаҳкамлиги ва оқувчанлик чегарасини сезиларли даражада орттиради, пайвандланувчанликни яхшилади. Марганец миқдорининг 2,5% дан ортиқ бўлиши қотишманинг зарбий қовушқоқлигини кескин пасайтириб юборади. Темир элементини қўшиш пайванд қатламнинг ички кучланишини йўқотишга хизмат қилади.

Юқорида келтирилган таркибга жавоб берадиган пайвандлаш материални тайёрлаш учун сериялаб ишлаб чиқариладиган кукунсимон материаллардан фойдаланиш мумкин. Бундай усул олинадиган пайванд қатламнинг сифатини пасайтирмаган ҳолда, уни тайёрлашни соддалаштиради ва тайёр аралашманинг таннархини сезиларли даражада камайтиради. Масалан, бизнинг мисолимизда уч хил маркали кукунсимон материалдан фойдаланган ҳолда, уларнинг аралашма таркибидаги массаси бўйича миқдорини ўзгартириш йўли билан олинадиган пайванд қатламнинг керакли таркибини таъминлаш мумкин:

1) Юқори легирланган чўяндан иборат металл кукуни ПГ-ФБХ-6-2. Кукуннинг ГОСТ 21448-75 бўйича фоизлардаги кимёвий таркиби: С-3,5 ÷ 5,0; Cr - 32 ÷ 37; Si - 1,0 ÷ 2,5; Mn - 1,5 ÷ 4,0; В-1,3 ÷ 2,0, қолгани - Fe.

2) Никель-хром қотишмасининг кукуни ПГ-СР4. Кукуннинг ГОСТ 21448-75 бўйича фоизлардаги кимёвий таркиби: С-0,6 ÷ 1,0; Cr- 15 ÷ 18; Si - 3,0 ÷ 4,5; В-2,8 ÷ 3,8; Fe - 5% гача, қолгани - Ni.

3) Темир кукуни ПЖ-4С. Кукуннинг ГОСТ 9849-74 бўйича фоизлардаги кимёвий таркиби: С-0,12; Si-0,25; Mn-0,5, қолгани - Fe.

Тадқиқотлар натижасида ва юқорида келтирилган мулоҳазалар асосида қуйидаги таркибли қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион ленталар тайёрланди: ПГ-ФБХ-6-2 50%, ПГ-СР4 - 30%, ПЖ-3С-20%.

Ушбу таркибли шакллантирилган кукунсимон композицион лента контакт пайвандлаб олинган пайванд қатламлар механик хоссалари, макро ва микроструктуралари бўйича солиштирма синовлардан ўтказилди.

Бунинг учун беш хил намунадан фойдаланилди: 1) 45Г маркали пўлатдан тайёрланган лемех намунаси; 2) 50ХФА маркали пўлат лентаси пайвандлаб қопланган намуна; 3) ЛС-70ХЗНМ (таркибида 7,0% ПГ-ФХ-800 металл кукуни мавжуд) маркали қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион лента пайвандлаб қопланган намуна; 4) ЛС-5Х4В2М2ФС (таркибида 8,0% ПГ-ФХ-800 металл кукуни мавжуд) маркали қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион лента пайвандлаб қопланган намуна; 5) махсус (таркибида ПГ-ФБХ-6-2 - 50%, ПГ-СР4 - 30%, ПЖ-3С - 20% металл кукунлари мавжуд) қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион лента пайвандлаб қопланган намуна.

1-жадвал

Синов ўтказилган намуналарга пайвандлаб қопланган материалларнинг кимёвий таркиблари

№	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Ni	Mo	W	Маркаси
1	0,45	0,19	0,71	0,04	0,03	0,04	0	0,08	0	0	45 (1050-88)
2	0,50	0,27	0,70	0,03	0,03	1,0	0,2	0,4	0	0	50ХФА(ГОСТ 2283-79)
3	1,0	0,70	0,4	0,03	0,03	4,2-4,8	0	0,9-1,2	0,8-1,1	0	ЛС-70ХЗНМА (ГОСТ 22366-93)
4	0,6-0,8	0,50	0,4	0,03	0,03	4,5-5,5	0,6-0,8	0	1,2-2,0	2,5-3,5	ЛС-5Х4В2М2ФС (ГОСТ 22366-93)
5	2,0-3,0	1,4-2,6	0,7-2,0	0,03	0,03	20,5-24,0	0	23,0-24,5	0	0,8-1,2 Бор	ЛС- ПГ-ФБХ6-2 (50%)+ПГ-СР-4 (30%)+ПЖ-4 (20%) ГОСТ 21448-75

Тадқиқот натижалари

Шакллантирилган кукунсимон композицион материални ясси деталнинг ишчи

юзасига контакт пайвандлаб қоплаш параметрларини аниқлаш устида олиб борилган тадқиқотлар натижасида пайвандлаб



қоплаш режимининг қуйидаги асосий параметрлари аниқланди:

- 1) пайвандлашда босим кучи – $P_c \geq 25$ МПа (Н/м^2);
- 2) пайвандлашда ток кучи – $I_{\text{пайв}} = 7-10$ кА;
- 3) ток зичлиги – $J_{\text{пайв}} = 110-150$ А/ мм^2
- 4) ток импульси вақти – $t_{\text{пайв}} = 0,06-0,12$ сек;
- 5) ток импульслари орасидаги салт ишлаш вақти – $t_{\text{салт}} = 0,08-0,14$ сек.;
- 6) пайвандлаб қоплаш тезлиги – $v_n = 1,0-1,5$ см/сек.;
- 7) пайвандлаб қоплашда ролик-электроднинг ишчи кенглиги – $b = 4-6$ мм;
- 8) пайвандлаш материалнинг эни – $B = 30$ мм;
- 9) пайвандлаш материалнинг қалинлиги – $h = 1,0$ мм;
- 10) бир дона лемехни пайвандлаб қоплашдаги асосий вақт – $T_{\text{асосий}} = 4,1$ дақ.

Ейилган деталларни контакт пайвандлаб қоплаш усулида пайванд қатламнинг ҳажм бўйича бир хил таркибли ва хоссали бўлишини таъминлаш мақсадида кукунсимон материаллар аралашмасини қиздириб, 0,5 мм 1,0 мм ва 1,5 мм қалинликда прокатлаб шакллантирилди ва ундан эни ҳамда узунлиги пайвандлаб қопланадиган ясси юзанинг ўлчамларига мос равишдаги ўлчамларда лента қирқиб олинди.

Кукунсимон композицион материалнинг юқорида аниқланган таркиби бўйича саноат усулида қиздириб шакллантирилган кукунсимон композицион материал тайёрланди. Шакллантирилган кукунсимон композицион материалларни маълум таркиб бўйича махсус ишлаб чиқаришнинг йўлга қўйилиши усулни ишлаб чиқаришга кенг жорий қилиш ва такомиллаштириш учун имконият яратиб беради.

Хулосалар

Олинган пайванд қатламнинг қалинлиги пайвандлаш юзасидан ток импульси ўтганда ажралиб чиқадиган иссиқлик ва босим кучи таъсирида пайвандлаш материалнинг деформацияланиши натижасида ҳосил бўлади. Ток импульсининг ишчи режимларида шакллантирилган кукунсимон композицион материалнинг қалинлиги 5% дан 30% гача ўзгариши мумкин.

Бу кўрсаткич кукунсимон материални пайвандлаш юзасига эркин ҳолда ва кукунсимон полимер лента шаклида узатишга қараганда анча кам. Чунки қиздириб шакллантирилган кукунсимон материал заррачалари аввалдан уларни тайёрлаш жараёнидаёқ прокатланиб жипшлаштирилган бўлади. Шунинг учун бунда кукунсимон полимер материалдаги каби контакт пайвандлашда бериладиган бошланғич босим кучи таъсирида шакллантирилган кукунсимон материалнинг қалинлиги ўзгармайди. Шу сабабли шакллантирилган кукунсимон материал заррачаларининг ўлчамлари ҳам қатлам қалинлигига таъсир кўрсатмайди. Пайвандлашда олинадиган қатламнинг қалинлиги пайвандлаш материалнинг қалинлиги, ток кучи ва ток импульси вақтларига боғлиқ бўлади. Ток кучи ва ток импульси вақтлари пайвандлаш материалнинг суюқланиш даражасига қўйиладиган талабларга қараб белгиланади. Пайвандлашда қатламнинг гетероген структурали бўлиши юзасининг микроқирқилишлар ва пластик деформацияга қаршилигини орттириб, унинг юқори ейилишга чидамлилигини таъминлайди. Бунинг учун пайвандланаётган қатламнинг деталь билан контакт юзаси ва композицион материал таркибидаги осон суюқланувчи ташкил этувчисигина суюқланишига эришиш талаб этилади. Ток кучи ва импульс вақтининг керагидан ортиб кетиши пайванд қатламни ташкил этувчи композицион материал таркибига кирувчи қаттиқ қотишмаларнинг ҳам суюқланиб кетишига олиб келади ва натижада қатламнинг тузилиши гомоген структурага ўтиб кетади. Бу эса пайванд қатламнинг керакли хоссаларини таъминламайди ҳамда олинадиган қатлам қалинлигининг кескин камайишига сабаб бўлади.

Олинган натижалар шакллантирилган кукунсимон композицион материалнинг кенглиги 4-6 мм бўлганда, ток кучи 8-10 кА, ток импульси вақти эса 0,08-0,12 с бўлиши кераклигини кўрсатди. Бунда ролик-электродга бериладиган босим 25 МПа дан кам бўлмаслиги керак.



REFERENCES

1. Farhshatov M.N. Perspektivy sotrudnichestva s Respublikoj Uzbekistan v oblasti vosstanovlenija iznoshennyh detalej selskoxozjajstvennyh mashin [Prospects for cooperation with the Republic of Uzbekistan in the field of restoration of worn parts of agricultural machines]. Proceedings of GOSNITI, vol. 130. Moscow, 2018, pp. 163-167.
2. Serov N.V. Uprochnenie ploskih rabochih organov selskoxozjajstvennoj tehniki jelektrokontaktnoj pajkoj metallicheskoj lenty. Diss. kand. teh. nauk [Hardening of flat working bodies of agricultural machinery by electrocontact soldering of a metal tape]. Moscow, 2017, 170 p.
3. Nuriev K.K. Povyshenie jekspluatacionno-tehnologicheskix pokazatelej pochvoobrabatyvajushhih mashin hlopkovodcheskogo kompleksa. Diss. dok. teh. nauk [Improving the operational and technological performance of soil-cultivating machines of the cotton-growing complex]. Uzbekistan, Jangiyul, 2005, 540 p.
4. Rabinovich A.Sh. Samozatachivajushiesja pluzhnye lemeha i dr. pochvovrezhushie detali mashin [Self-sharpening plow shares and other soil-cutting machine parts]. Moscow, BTI GOSNITI, 1962, 106 p.
5. Ashirbekov I.A. Mashina detallarini sovituvchi ajerozol muhitda jeritib qoplashning tehnologik asoslari [Technological fundamentals of reflow and coating of machine parts in a cooling aerosol medium]. Tashkent, Fan, 2004, 136 p.
6. Novikov V.S. Obespechenie dolgovechnosti rabochih organov pochvoobrabatyvajushhih mashin. Avtoref. diss. dok. teh. nauk [Ensuring the durability of the working bodies of tillage machines]. Moscow, FGOU VPO MGAU, 2008, 39 p.
7. Erohin M.N., Novikov V.S. Povyshenie prochnosti i iznosostojkosti lemeha pluga [Increasing the strength and wear resistance of the plow share]. Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkina, 2008, no. 3, pp. 100-107.
8. Kozarez I.V. Uprochnjajushhee vosstanovlenie pluzhnyh lemehov dvuhslonnoj naplavkoj. Avtoref. diss. kon. teh. nauk [Hardening restoration of plow shares with two-layer cladding]. Moscow, 2008, 19 p.
9. Tjureva A.A. Povyshenie dolgovechnosti pluzhnyh lemehov naplavochnym armirovaniem v uslovijah peschanyh i supeschanyh pochv. Avtoref. diss. kon. teh. nauk [Increasing the durability of plow shares by surfacing reinforcement in conditions of sandy and sandy loamy soils]. Moscow, 2008, 19 p.
10. Budko S.I. Metody povyshenija jeffektivnosti uprochnenija detalej lemeshno-otvalnyh plugov dugovoj naplavkoj tverdymi splavami. Avtoref. diss. kon. teh. nauk [Methods for improving the efficiency of hardening parts of share-dump plows by arc surfacing with hard alloys]. Saint Petersburg, Pushkin, 2009, 20 p.
11. Tkachev V.N. Iznos i povyshenie dolgovechnosti detalej sel'skoxozjajstvennyh mashin [Wear and increase the durability of parts of agricultural machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1971, 264 p.
12. Dudnikov A.A., Belovod A.I., Pasjuta A.G., Kelemesh A.A., Gorbenko A.V. Tehnologicheskie sposoby povyshenija dolgovechnosti i resursa rabochih organov pochvoobrabatyvajushhih mashin [Technological ways to increase the durability and resource of the working bodies of tillage machines]. Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva – Technological audit and production reserves, 2015, no. 5/1 (25), pp. 4-7.
13. Hrushh'jov M.M., Babichev M.A. Abrazivnoe iznashivanie [Abrasive wear]. Moscow, Nauka, 1970, 252 p.
14. Chernoiivanov V.I., Golubev I.G. Vosstanovlenie detalej mashin (Sostojanie i perspektivy) [Restoration of machine parts (Status and prospects)]. Moscow, Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Research Institute of Information and Feasibility Studies for Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex», 2010, 376 p.
15. Kochergin K.A. Kontaktnaja svarka [Contact welding]. Moscow, Mashinostroenie, 1987, pp. 240, 110-113, 208-212.
16. Qosimov K. Ejilgan detallarni qajta tiklashda qo'llaniladigan qattiq qotishmalarning ejilish mehanizmi [The mechanism of erosion of hard alloys used in the restoration of worn parts]. Farg'ona politehnika institutining ilmiy-tehnikavij zhurnali – Scientific and technical journal of Fergana Polytechnic Institute, Uzbekistan, Fergana, 2009, no. 3, pp. 12-16.



17. Hudojberdiev T.S., Qosimov K.Z. Mashina detallari resursini oshirishning ilmiy asoslari. Monografija [The scientific basis for increasing the resource of machine parts. Monograph]. Andizhan, 2020, 164 p.
18. Lahtin Ju.N. Osnovy metallovedeniya [Basics of Metallurgy]. Moscow, Metallurgija, 1988, pp. 298-307.
19. Abdullaev Y. Statistika nazariyasi. To'plam [Statistical theory. Collection]. Tashkent, Mehnat Publ., 2000, 448 p.
20. Kosimov K., Jusupov H., Kosimova M. Kompozicionnye materialy dlja vosstanovleniya detalej mashin [Composite materials for the restoration of machine parts]. Tehnika v sel'skom hozjajstve – Agricultural machinery, Moscow, 2006, no. 6, pp. 36-37.

Тақризчи: Мадраҳимов У.А., и.ф.д., профессор, Андижон машинасозлик институти.