

Көміртекті болаттан кірістірме қою арқылы жұмыс бөлігі қалпына келтірілген шинатескіш құралдың құрылымын зерттеу

¹*МУСАЕВ Медгат Муратович, PhD, доцент, m.mussayev@ktu.edu.kz,

¹КАСЫМБАБИНА Дана Сайляувна, докторант, d.kasymbabina@ktu.edu.kz,

²ШЕРОВ Карибек Тагаевич, т.ғ.д., профессор, shkt1965@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

²«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – қалпына келтірілген шинатескіш құралдың кернеулі-деформациялық күйін салыстырмалы талдау. Пуансондар мен матрицаларды қалпына келтірудің бар әдістеріне шолу жүргізілді. Талдау нәтижесінде әрбір әдістің өзіне тән артықшылықтары мен кемшіліктері бар екені анықталды. Аталған мәселені шешу үшін шинатескіш құралды қалпына келтіру әдісі ретінде көміртекті болаттан жасалған кірістірме қойып, жұмыс бөлігін ауыстыру ұсынылады. ANSYS бағдарламалық кешені арқылы ұсынылған әдіспен қалпына келтірілген құралдың кернеулі-деформациялық күйін сандық модельдеу жүргізілді. Модельдеу жұмысы құралдың жұмыс аймақтарындағы кернеулерді, деформацияларды және жанасу күштерінің таралуын анықтауға бағытталды. Алынған нәтижелер құрал конструкциясының ең көп жүктелетін аймақтарын анықтап, ұсынылған қалпына келтіру және жаңғырту әдісінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді. Осы мақалада ұсынылған зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылатын жоба аясында орындалды (грант № AP19578884).

Кілт сөздер: шинатескіш құрал, пуансон, қалпына келтіру, тозуға төзімділік, кернеу, матрица.

Кіріспе

Қазіргі заманғы машина жасау саласында бөлшектердің 70-80 %-ға жуығы бөлуші операцияларды қолдану арқылы жасалады. Бұл дайын өнімдердің өзіндік құнының салыстырмалы түрде төмен болуына қарамастан, өндіріс өнімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Технологиялық үдерістер мен штамптық жабдықтарды жобалау кезінде жұмысшы құралдың тозуға төзімділігі, әсіресе жоғары жанасу жүктемелері мен соққы күштеріне ұшырайтын шинатескіш құралдар үшін аса маңызды мәнге ие [1].

Тесу операцияларының қолданылу мүмкіндігін, тозу көлемі мен сипатын, сондай-ақ құралдың шығынын анықтауға бағытталған зерттеулер Қазақстанның бірқатар өнеркәсіптік кәсіпорындарында жүргізілді. Атап айтқанда, «Қарағанды Жарық» ЖШС, «Астана электротехникалық зауыты» ЖШС, «Asia Trafo» ЖШС және «Кентау трансформатор

зауыты» АҚ сияқты өндірістік мекемелерде тәжірибелік талдау мен деректерді жинау жүзеге асырылды [1, 2].

Кәсіпорындардың өндірістік жағдайында жүргізілген зерттеу нәтижелері шинатескіш құралдың пайдаланылу барысында айтарлықтай дәрежеде тозуға ұшырайтынын көрсетті. Анықталғандай, бұл құралдың құрамына кіретін пуансондар мен матрицалар қарқынды абразивтік тозуға, жиегінің мүжіліп, үгітілуіне және сынықтарға бейім келеді.

Эксплуатациялық жағдайлар престеу күштерінің біркелкі бөлінбеуі нәтижесінде пайда болатын үлкен динамикалық жүктемелермен сипатталады. Мұндай соққылы жүктемелер құралдың жоғары қаттылығымен қатар, оның жеткілікті соққыға тұтқырлығын талап етеді, ал бұл дәстүрлі аспаптық болаттар мен қорытпаларды қолдануда қиындық туғызады. Көп жағдайда қаттылық пен тұтқырлық арасындағы қарама-қайшы-

лық жүктеменің жиі өзгерістері кезінде құралдың тозуы мен сынуына негізгі себеп болады.

1-суретте тозуға ұшыраған және сынған шинатескіш құралдардың суреттері келтірілген. Бұл құралдар зерттеулерді орындау үшін жоғарыда аталған кәсіпорындардан алынды.

Шинатескіш құралдың тозу қарқындылығының жоғары екенін ескере отырып, ол көп жағдайда ауыстырмалы етіп жобаланады. Бұл оның тұрақты түрде ауыстырылуын немесе қалпына келтірілуін қажет етеді. Осыған байланысты аталған құралдардың пайдалану төзімділігін арттыруға, ауыстыру мен қызмет көрсету шығындарын азайтуға, сондай-ақ тесу операцияларының жалпы өнімділігін арттыруға бағытталған конструкциялық және технологиялық зерттеулер мәселесі өзекті болып табылады.

Жаңа конструкциялық шешімдерді әзірлеу, заманауи тозуға төзімді материалдар мен жабындарды қолдану, сондай-ақ жабдықтың жұмыс режимдерін оңтайландыру – шинатескіш құралдың сенімділігі мен ұзақ қызмет етуін қамтамасыз етудегі негізгі бағыттар болып табылады.

Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, құралдар мен технологиялық жабдықтарды қалпына келтіру үшін әртүрлі әдістер мен тәсілдер қолданылады. Қалпына келтірудің ең тиімді бағыты – жұмыс бетіне тозуға төзімді материалды балқымалау әдісімен түсіру болып табылады.

Әдебиеттерде [3] штамптық құрал-саймандардың жиі істен шығатын жұмыс беттерін қалпына келтіру және тозуға төзімділігін арттырудың тиімді әдісі ретінде плазмалық балқымалау әдісі сипатталады. Авторлар материал таңдауына, жабындау технологиясына және балқымалау режимдерін оңтайландыруға ерекше назар аударады. Са-

палы жабынды алу үшін келесі оңтайлы параметрлер келтіріледі: ток күші – 55-60 А, қашықтық – 10-12 мм, салқындату 3-4 рет және әр қабаттан кейін суыту, сондай-ақ ұнтақты алдын ала кептіру және електен өткізу қажеттілігі. Аталған әдістің негізгі кемшілігі – жоғары параметрлік сезімталдық пен ұнтақ материалын мұқият дайындау қажеттілігі, себебі технология талаптарының сақталмауы жабын ақауларына және бөлшекке зақым келтіруі мүмкін.

Дереккөздерде [4] кронштейндерді жасау барысында тозуға ұшырайтын майыстырғыш штамптарды қалпына келтіру әдістеріне баса назар аударылған. Зерттеуде авторлар тозу сипаты мен материал қасиеттерін талдай отырып, үш әдісті ұсынған және сынақтан өткізген: қатты қорытпалы пластиналарды дәнекерлеу арқылы бекіту, дәнекерлік электродпен (ОЗИ-3) балқыма жасау және ұнтақ материалымен лазерлік балқыма жасау.

У10А және Х12М болаттарынан жасалған үлгілерде жүргізілген микроструктуралық талдау мен қаттылықты өлшеу нәтижелері ең тиімді қалпына келтіру әдістері ретінде дәнекерлік электродпен және лазерлік ұнтақтық балқымалауды көрсетті.

Осылайша, қалпына келтірудің бар әдістерін талдау әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар екенін көрсетеді. Әдістің тиімділігі көбіне зақымдану сипатына, дәлдікке қойылатын талаптарға және қолда бар ресурстарға байланысты. Дәстүрлі әдістер көлемді аймақтарды қалпына келтіруде өзектілігін сақтап отыр, алайда олар мұқият бақылауды және кейінгі өңдеуді талап етеді.

Осы міндеттер аясында «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасында ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің ҒК қаржыландыратын



а)



б)



в)

1-сурет – Тозуға ұшыраған және сынған шинатескіш құралдар

ғылыми жоба (грант АР19578884) жүзеге асырылуда. Жоба шинатескіш құралдарды қалпына келтіру және олардың тозуға төзімділігін арттыру мәселелеріне арналған. Зерттеулер аясында әдебиеттік шолуда көрсетілген кемшіліктерді жоюға мүмкіндік беретін конструкциялық және технологиялық шешімдерді іздеуге ерекше назар аударылған.

Әдістер мен материалдар

Ғылыми зерттеулер нәтижесінде беріктігі, жөндеуге жарамдылығы және пайдаланудағы төзімділігі жақсартылған жаңа құрал конструкциясы ұсынылды.

2,а-суретте құралдың құрастырмалы конструкциясындағы жұмыс бөлігінің сұлбасы көрсетілген.

Бұл зерттеулер «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының және Халықаралық дәнекерлеу институтының зертханаларында орындалды және жұмыстар құрал-сайман жабдықтарының ұзақ қызмет ету мерзімін арттыруға бағытталған алдыңғы жұмыстардың жалғасы болып табылады. Зерттеу аясында тозған құралдармен қатар құрама құралдарға арналған жаңа элементтерді жасау жұмыстары жүргізілді.

Бастапқы кезеңде құралдың тозған жұмыс бөлігінің нақты жағдайына талдау жасалды (1-сурет). Алдыңғы зерттеулерге сәйкес, бұл бөлік жылулық және механикалық жүктемелердің әсерінен қарқынды тозуға, үгітілуге және сынуға ұшырайды. Бұл кезең тозу деңгейін бағалауға және қалпына келтіру қажеттілігін анықтауға мүмкіндік берді.

Дайындық кезеңінде құралдың тозған жұмыс бөлігі механикалық өңдеу арқылы алынып тасталды (2,б-сурет). Сонымен қатар, зерттеу мақсатында әртүрлі диаметрдегі жұмыс бөліктерінің жаңа нұсқалары дайын-

далды (2,в-сурет). Жұмыс бөліктерін дайындауға У10А маркалы көміртекті аспаптық болат қолданылды, нақты бұл материалды таңдау зерттеудің алдыңғы кезеңдерінде негізделген болатын [5].

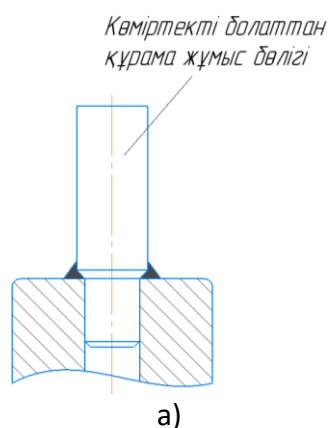
У10А болатынан жасалған жұмыс бөліктері Халықаралық материалтану орталығының зертханаларындағы SNOL 3/1100 мұфельді пешінде термиялық өңдеуден өткізілді (3,а-сурет). Бұл операция құралдың ұзақ мерзімділігін анықтайтын қажетті микроструктура мен физика-механикалық қасиеттерді қалыптастыру үшін аса маңызды кезең болып табылады.

Көміртекті болаттар үшін термиялық өңдеудің типтік режимдеріне келесілер жатады: нормализациялау – болатты критикалық нүктеден жоғары (шамамен 800-850°C) температураға дейін қыздырып, белгілі бір уақыт ұстағаннан кейін ауада баяу суыту; шынықтыру – критикалық температурадан жоғары қыздыру, ұстап тұру және кейін жылдам суыту (суда, майда немесе тұз ерітінділерінде); босату – суытылған болатты критикалық температурадан төмен белгілі бір температураға дейін қыздырып, ұстап тұрып, кейін суыту.

Термиялық өңдеуден кейін құралдың құрастырмалы бөліктерін жинау процесі жүргізілді: жұмыс бөлігі бағыттаушы бөлікке енгізіліп, келесі кезеңде ажырамайтын етіп біріктірілді (3,б-сурет).

Шинатескіш құралдың жұмыс бетінің тозуы деформация аймағындағы оның кернеулі-деформацияланған күйіне тығыз байланысты. Тесу процесін эксперименттік зерттеу үшін еңбек шығынын барынша үнемдейтін, шексіз виртуалды эксперименттер жүргізуге мүмкіндік беретін математикалық модельдеуді қолдану орынды [6].

Шинатескіш құралдың кернеулі-дефор-



а)



б)



в)

2-сурет – Құралдың құрама конструкциясының эскизі (а), тазаланып дайындалған шинатескіш құралдың бағыттаушы бөлігі (б) әртүрлі диаметрдегі жұмыс бөліктері (в)

мацияланған күйін зерттеу үшін ANSYS бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, сандық модельдеу әдістемесі қолданылды. Атап айтқанда, Explicit Dynamics модулі соңғы толқындарының таралуын тиімді бақылау, үлкен деформацияларды талдау және материалдың бұзылуын болжау үшін пайдаланылды.

Зерттелетін нысанның соңғы элементтік моделі арнайы ортада құрастырылды. Есептеу тиімділігін арттыру және уақыт шығынын азайту мақсатында толық модельдің симметриялы төрттен бір бөлігі негізінде модельдеу жүргізілді (4,а-сурет).

Әрбір модельдеу кезеңінде құралдың

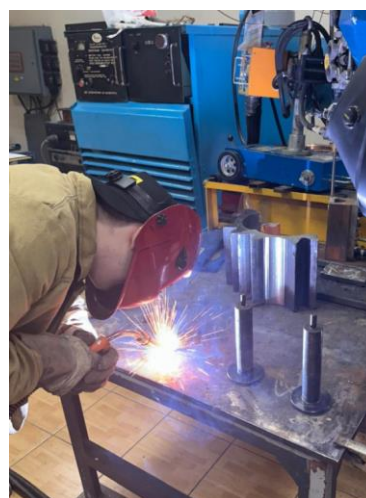
жұмыс аймақтарындағы кернеулер, деформациялар және түйісу күштерінің таралуы анықталып отырды. Алынған нәтижелер конструкциядағы ең көп жүктелетін аймақтарды анықтауға және ұсынылған қалпына келтіру мен жетілдіру әдістерінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді.

Түстік шкалада қызыл түспен белгіленген ең жоғары кернеулер тек құралдың жұмыс жиегінде шоғырланған. Жұмыс жиегінен құралдың ішкі бөлігіне қарай қашықтаған сайын кернеулер күрт төмендеп, ең жоғары мәндерден әлдеқайда аз шамаларға ауыс-ды.

Көміртекті болаттан жасалған құралдың

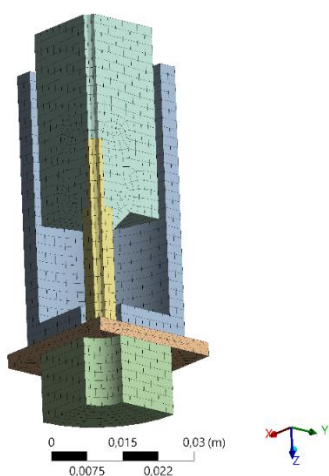


а)

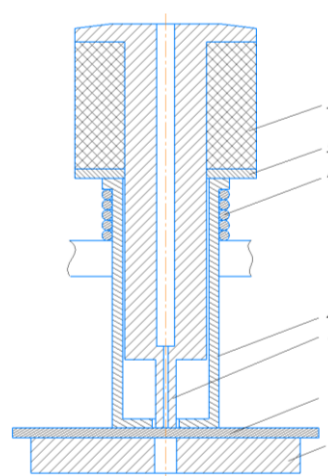


б)

3-сурет – SNOL 3/1100 муфельді пешінде термиялық өңдеу (а) және құралды құрастыру процесі (б)



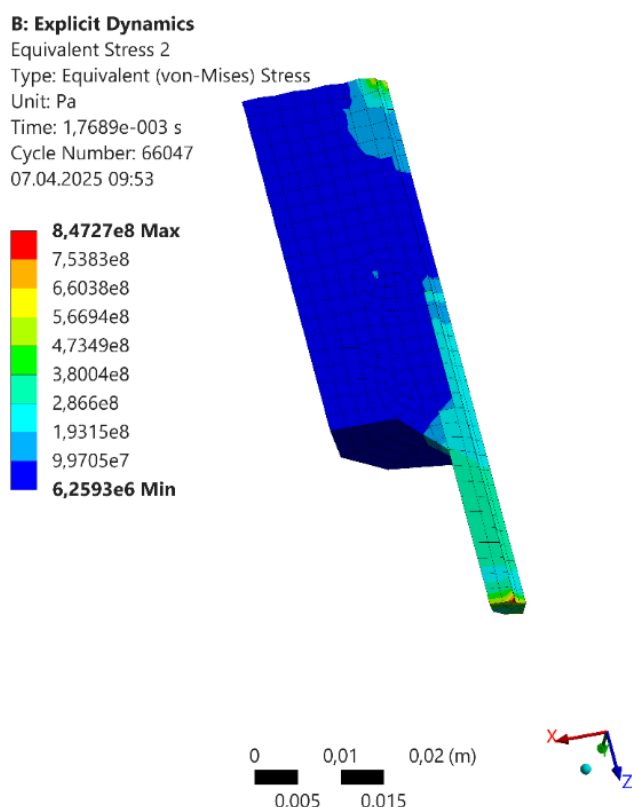
а)



б)

1 – пуансон; 2 – пуансон ұстағыш; 3 – буфер; 4 – серіппе; 5 – шайба; 6 – дайындама; 7 – матрица

4-сурет – Құралдың соңғы элементтік моделі (а) және тесу процесінің сұлбасы (б)



5-сурет – Құрама құралдың кернеулі-деформацияланған күйі

жұмыс бөлігі үшін 847,27 МПа мәні айтарлықтай жоғары болып саналады. Құралдық көміртекті болаттар (мысалы, У8, У10, У12) тиісті термиялық өңдеуден кейін 600–1000 МПа аралығында аққыштық шегіне және 1000–1200 МПа және одан жоғары төзімділік шегіне ие бола алады. Осылайша, алынған максималды кернеу жоғары беріктікке ие құралдық көміртекті болат үшін рұқсат етіл-

ген шектерде болуы мүмкін. Бұл дегеніміз, осындай жүктеме деңгейінде құралдың жұмыс жиегі бірден бұзылмай, мұндай кернеулерге жаппай пластикалық деформациясыз немесе морт сынусыз төтеп бере алады деген сөз.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде тесу құралдарының мерзімінен бұрын тозу мәселесі және оларды қалпына келтіру барысында технологиялық жөндеу және қалпына келтіру процесінің жолға қойылмауы салдарынан туындайтын қиындықтар анықталды. Бұл мәселені шешу үшін құралдың жұмыс бөлігін көміртекті болаттан жасалған кірістірме арқылы ауыстыру жолымен қалпына келтіру тәсілі ұсынылды.

Кафедраның зертханалық базасында қалпына келтірілген құралдың тәжірибелік үлгісі дайындалды. ANSYS бағдарламалық кешенін қолдану арқылы сандық модельдеу әдісімен шинатескіш құралдарының кернеулі-деформацияланған күйі зерттеліп, құралдың жұмыс аймақтарында пайда болатын кернеулер, деформациялар және түйісу күштерінің таралуы анықталды.

Көміртекті болаттан жасалған кірістірме қойып, жұмыс бөлігін ауыстыруды модельдеу нәтижесінде жұмыс бөлігіндегі максималды кернеу мәні 847,27 МПа-ға жететіні анықталды. Бұл мән жоғары беріктікке ие құралдық көміртекті болат үшін рұқсат етілген шектерде болады.

Компьютерлік модельдеу нәтижелері ұсынылған әдістермен қалпына келтірілген шинатескіш құралдарының қолдануға жарамды екенін көрсетті. Алдағы уақытта бұл құралдарды қалпына келтірудің осы әдісін пайдаланып, зертханалық және өндірістік жағдайда сынақтан өткізу қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Mussayev, M., Sherov, K., Kassymbabina, D., Abdugaliyeva, G., Donenbayev, B., Kardassinov, S., Karsakova, N., Tussupova, S. (2024). Research of wear and increasing wear resistance of the working part of busbar punching tools by surfacing method. Journal of Applied Engineering Science, vol. 3, 654-664. DOI: 10.5937/jaes0-51175
2. Мусаев М.М., Доненбаев Б.С., Шеров К.Т., Касымбабина Д.С., Аман И.М. Шинатескіш білдектердің құралдарының тозу сипатын зерттеу және талдау // Наука и техника Казахстана. – Павлодар: Изд-во «Toraighyrov University», 2023. – № 2. – С. 48-56. DOI: 10.48081/RJUO1188
3. Штемпель, О.П. Восстановление штамповой оснастки плазменной наплавкой / О.П. Штемпель, С.В. Пилипенко, В.А. Фруцкий // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: Материалы Международной научно-технической конференции. Минск, 19-20 декабря 2019 г.

– Минск: БГАТУ, 2019. – С. 195-198.

4. Галимов Э.Р., Абдуллин И.А., Беляев А.В., Сироткина Л.В. Методы восстановления изношенных элементов штампов // Вестник Казанского технологического университета. № 23 (17). 2014. С. 68-69.
5. Мусаев М.М., Касымбабина Д.С., Абдугалиева Г.Б., Бобеев А.Б. Металлографическое исследование образцов из материала шинопробивного инструмента, наплавленных проволокой ESAB OK Tubrodur 35gm // Наука и техника Казахстана. – Павлодар: Изд-во «Toraighyrov University», 2024. – № 3. – С. 52-65. DOI: 10.48081/IYVG6419
6. Кокорин В.Н., Подмарев Д.Р., Хромов М.А., Мишов Н.В., Шиллер Н.В. Исследование напряженно-деформированного состояния материала заготовки при нагружении клиновидным инструментом // Упрочняющие технологии и покрытия. 2020. № 7. С. 13.

Исследование конструкции шинопробивного инструмента, восстановленного путем замены рабочей части вставкой из углеродистой стали

¹*МУСАЕВ Медгат Муратович, PhD, доцент, m.mussayev@ktu.edu.kz,

¹КАСЫМБАБИНА Дана Сайляувна, докторант, d.kasymbabina@ktu.edu.kz,

²ШЕРОВ Карибек Тагаевич, д.т.н., профессор, shkt1965@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

²НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью данного исследования является сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния восстановленного шинопробивного инструмента. Проведен обзор существующих методов восстановления пуансонов и матриц. В результате анализа было установлено, что каждый метод обладает своими преимуществами и недостатками. В качестве способа решения данной проблемы предлагается восстановление шинопробивного инструмента путем замены рабочей части вставкой из углеродистой стали. С использованием программного комплекса ANSYS проведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния инструмента, восстановленного предложенным методом. Моделирование было направлено на определение распределения напряжений, деформаций и контактных усилий в рабочих зонах инструмента. Полученные результаты позволили выявить наиболее нагруженные участки конструкции и оценить эффективность предложенного метода восстановления и модернизации. Исследование, представленное в данной статье, выполнено в рамках проекта, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19578884).

Ключевые слова: шинопробивной инструмент, пуансон, восстановление, износостойкость, напряжение, матрица.

Study of the Design of a Busbar Punching Tool Restored by Replacing the Working Part with a Carbon Steel Insert

¹*MUSSAYEV Medgat, PhD, Associate Professor, m.mussayev@ktu.edu.kz,

¹KASSYMBABINA Dana, Doctoral Student, d.kasymbabina@ktu.edu.kz,

²SHEROV Karibek, Dr. of Tech. Sc., Professor, shkt1965@mail.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», 56 N. Nazarbayev Avenue, Karaganda, Kazakhstan,

²NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», 62 Zhenis Avenue, Astana, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. *The aim of this study is a comparative analysis of the stress-strain state of a restored busbar punching tool. A review of existing methods for restoring punches and dies was conducted. The analysis revealed that each method has its own advantages and disadvantages. To address this issue, a restoration method is proposed that involves replacing the working part of the busbar punching tool with an insert made of carbon steel. Numerical modeling of the stress-strain state of the tool restored using the proposed method was carried out using the ANSYS software package. The modeling focused on identifying the distribution of stresses, deformations, and contact forces in the working areas of the tool. The obtained results made it possible to determine the most heavily loaded areas of the structure and evaluate the effectiveness of the proposed restoration and modernization method. The research presented in this article was carried out within the framework of a project funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant No. AP19578884).*

Keywords: *busbar punching tool, punch, restoration, wear resistance, stress, die.*

REFERENCES

1. Mussayev, M., Sherov, K., Kassymbabina, D., Abdugaliyeva, G., Donenbayev, B., Kardassinov, S., Karsakova, N., Tussupova, S. (2024). Research of wear and increasing wear resistance of the working part of busbar punching tools by surfacing method. *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 3, 654-664. DOI: 10.5937/jaes0-51175
2. Musaev M.M., Donenbaev B.S., Sherov K.T., Kasymbabina D.S., Aman I.M. *Shinateskish bildekterdin quraldary'ny'n tozu sipaty'n zertteu zhane taldau // Nauka i texnika Kazahstana. – Pavlodar: Izd-vo «Toraighyrov University», 2023. – №2. – Pp. 48-56. DOI: 10.48081/RJUO1188*
3. Shtempel', O.P. *Vosstanovlenie shtampovoj osnastki plazmennoj naplavkoj / O.P. Shtempel', S.V. Pilipenko, V.A. Fruczkij // E'nergoberezhenie – vazhneyshee uslovie innovacionnogo razvitiya APK: Materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Minsk, 19-20 dekabrya 2019 g. – Minsk: BGATU, 2019. – Pp. 195-198.*
4. Galimov E'.R., Abdullin I.A., Belyaev A.V., Sirotkina L.V. *Metody' vosstanovleniya iznoshenny'x e'lementov shtampov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. № 23 (17). 2014. Pp. 68-69.*
5. Musaev M.M., Kasy'mbabina D.S., Abdugaliyeva G.B., Bobeev A.B. *Metallograficheskoe issledovanie obrazczov iz materiala shinoprobivnogo instrumenta, naplavlenny'x provolokoj ESAB OK Tubrodur 35gm // Nauka i texnika Kazahstana. – Pavlodar: Izd-vo «Toraighyrov University», 2024. – № 3. – Pp. 52-65. DOI: 10.48081/IYVG6419*
6. Kokorin V.N., Podmarev D.R., Xromov M.A., Mishov N.V., Shiller N.V. *Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya materiala zagotovki pri nagruzhении klinovidny'm instrumentom // Uprochnyayushhie tekhnologii i pokry'tiya. 2020. № 7. P. 13.*