



ХҒТАР 55.31.29
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-153-4-247-256>

Аустениттік 110Г13Л болаттан жасалған тетіктерді механикалық өңдеу мәселелері

М.М. Мұсаев¹ , К.Т. Шеров^{2*} , Г.Б. Абдуғалиева¹ ,
Ж. Толғанай¹ , Г. Таттимбек¹ 

¹Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

E mail: mussayev.medgat@gmail.com, shkt1965@mail.ru, gulnura84@mail.ru, zhanibek_2301@inbox.ru, tattimbekova91@mail.ru

Аңдатпа. Бұл мақалада 110Г13Л болатты өңдеу бойынша жүргізілген ғылыми зерттеулерге талдау жасалды. 110Г13Л болатын механикалық өңдеу әдістерін зерттеу мен әзірлеуге арналған ғылыми еңбектердің іс жүзінде жоқ екені анықталды. Өндірісте 110Г13Л болатты өңдеу кезінде негізінен шетелдік өндірушілердің тілімдері қолданылады. Осыған қарамастан, кесетін құралдың тез тозуына, жарықшақтануына және сынуына байланысты шамадан тыс тұтыну мәселесі сақталады және 110Г13Л болаттан бөлшектерді өндіру құнын арттырады. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері импульсті салқындатылған термиялық үйкелісті жонғылауды қолдану арқылы Гадфилд болатын жақсы кесуге болатынын көрсетті. Оңтайлы кесу режимдерінде өңдеу кезінде өңделген беттің кедір-бұдырлығына тек $Rz \leq 10$ мкм дейін қол жеткізілді. Дегенмен, өңдеу кезінде өңделген беттің сапасын қамтамасыз етуге және жоңқаларды ұсақтауға байланысты мәселе бар екені анықталды. Кесу механизмі термофрикциялық үйкелісті және дәстүрлі кесуге негізделген, қиын өңделуші материалдарды жонғылаудың құрамалы әдісін әзірлеу ұсынылады. Осы зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан № АР26199283 « Қиын өңделетін материалдарды өңдеудің аралас тәсілін әзірлеу» гранты аясында қаржыландырылды.

Түйін сөздер: Өңделуі қиын материал, Гадфильд (110Г13Л) болаты, тозу, сыну, қаттылық, кедір-бұдырлық, фрезерлеудің оңтайлы режимдері, өзіндік құны.

Кіріспе.

Тау-кен, геологиялық барлау, мұнай-газ және басқа салалардың технологиялық жабдықтары өте қиын пайдаланушылық жағдайындағы жұмыстарды ескере отырып жасалады. Бұл жағдайлар жоғары температура мен қысымды, сирек кездесетін химиялық заттардың және қатты абразивті бөлшектердің әсерінен және т.б. орын алады [1].

Осы жабдықтардың бөлшектерін жасау үшін машиналар мен өндірістік қондырғылардың қажетті жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ететін, арнайы қасиеттері бар, қиын өңделуші материалдар қолданылады. Мұндай материалдардың қатарына ыстыққа төзімді қорытпалар, беріктігі жоғары болаттар мен қорытпалар, коррозияға төзімді және жоғары легіріленген болаттар, сонымен қатар аустениттік Гадфильд (110Г13Л) болатын жатқызуға болады [2].

110Г13Л болат жоғары иілгіштікке және тозу дәрежесіне ие, кесу процесінде қатты беріктенуге ұшырайды, беріктенген қабаттың қаттылығы құралдың қаттылығымен сәйкес келеді.

110Г13Л болаттан тракторларға арналған шынжыр табанды жолдар, қазғыш машиналардың тәждері, аралар, ұсатқыштардың беттері, тау-кен және шахта жабдықтарының сауыт-саймандары, рельс кресттері мен бағыттауыштары, диірмендердің шарлары мен табақшалары, әртүрлі торлар, түйреуіштер мен төлкелер және т.б. осылар сияқты бөлшектер жасалады.

Зауыт мамандарының алдында 110Г13Л болаттан жасалған дайындамаларды механикалық өңдеу кезінде, құралдың кескіш бөлігінің материалын таңдаумен байланысты бірқатар қиындықтар пайда болады. Шынықтырудан кейінгі бастапқы күйінде болат 110Г13Л (Гадфильд болаты) бар аустениттік қаттылығы HB 260-300 және тұтқырлығы жоғары құрылымға ие болады. Динамикалық жүктемелердің әсерінен, суық деформацияның әсерінен 110Г13Л болатта HB 600 дейін өздігінен беріктендіру пайда болады және кесу арқылы өңдеу өте қиын немесе мүлдем мүмкін емес [2].



а.



б.



в.



г)



д)

1-сурет - 110Г13Л болаттан жасалған дайындаманы өңдеу кезінде әр түрлі өндірушілердің тозған тақтайшалары

а,б,в - SANDVIK Coromant компаниясы шығарған пластиналар: жаңа пластина (а) және өңдеудің бірінші өтуінен кейін (б), тозған пластиналар (в); г - тозған пластиналар Korloy (Оңтүстік Корея) компаниясының өндірісі; д - ауыстырылатын көп қырлы фрезерлік пластиналар ONMU080612-YG613 Кореялық компанияға YG-1

110Г13Л болатты өңдеу үшін заманауи өндірісте негізінен әлемдік өндірушілерден алынған пластиналар қолданылады мысалы, SANDVIK Coromant (Швеция), ARNO (Германия), EWS (Германия), Garant (Германия) және Dormer (Германия). Дегенмен, кескіш

құралдардың тез тозуына және сынуына байланысты мерзімінен бұрын тұтыну мәселесі механикалық жұмыстың өзіндік құнын арттырады.

1-суретте 110Г13Л болаттан жасалған дайындаманы өңдеу кезінде әр түрлі өндірушілердің мерзімінен бұрын тозған тақтайшалары көрсетілген [3].

Дайындаманы 110Г13Л болаттан құю кезінде бетінде қатты қабат пайда болады, оны механикалық өңдеу өте қиын болып келеді [4]. Дайындаманың бетінің қаттылығына байланысты кескіш құрал бірінші өтуден көз алдында тозады, сонымен қатар ақаулардың болуы (шұңқырлар мен ойықтар) пластинаның сынуына және тозуына әкеледі (1-суретті қараңыз).

Өңделуі қиын материалдарды, атап айтқанда 110 Г13Л болатты механикалық өңдеуді жақсарту бойынша жүргізілген ғылыми зерттеулерге талдау жүргізілді.

Жұмыста [5] 110Г13Л болаттан жасалған бөлшектерді пышақпен өңдеу үшін текше бор нитридіне негізделген поликристалды ультра қатты материалдармен (PSTM) жабдықталған кескіштерді қолдану және плазмамен жылытылатын карбидті құралмен өңдеу ұсынылады. Жер қыртысын құюдан кейін дайындаманы қайрау үшін pstm киборитінен жасалған дөңгелек тақтайшалар ұсынылады, олардың беріктігі 60-180 мин.

Жұмыста [6] 110Г13Л болатты өңдеудің электроконтактілі әдісі ұсынылды. Электроконтактілі әдіспен өңделген 110Г13Л Болат үлгілерінің микроқаттылығы зерттелді. Электроконтактілі өңдеуден кейін беткі қабаттың микроқаттылығы жоғарылайтыны анықталды, бұл өңделген беттің тозуға төзімділігін арттыруға көмектеседі.

Жұмыста [7] Р6М5 жоғары жылдамдықты болаттан жасалған бұрғылармен Гадфилд болаттан жасалған бұрғы крестіндегі тесіктерді бұрғылау процесі зерттелді. Артқы жағындағы тозудың, секіргіштің және осьтік күштің кесу уақытына эмпирикалық тәуелділігі анықталды. Артқы бет пен секіргіште рұқсат етілген тозудың практикалық мәндері анықталды. Нәтижесінде, экономикалық тиімсіздікке байланысты гадфилд болатымен жұмыс істеу үшін жоғары жылдамдықты болат құралын қолдану ұсынылмайды (1.5 минуттық жұмыс үшін 1 құрал).

[7,8] сондай-ақ, өндірістерде 110Г13Л Болатты өңдеу кезінде кесу режимдері, кесу құралының маркасы, геометриясы және т.б. эмпирикалық түрде анықталатыны атап өтіледі, бұл өнімділікті айтарлықтай төмендетеді. Ғылыми жұмыстарға жүргізілген талдау 110Г13Л болаттың механикалық кесу әдістерімен өңделуі жеткіліксіз зерттелгенін, техника жасалмағанын және кесу режимдерін таңдау бойынша ұсыныстар жоқ екенін көрсетті.

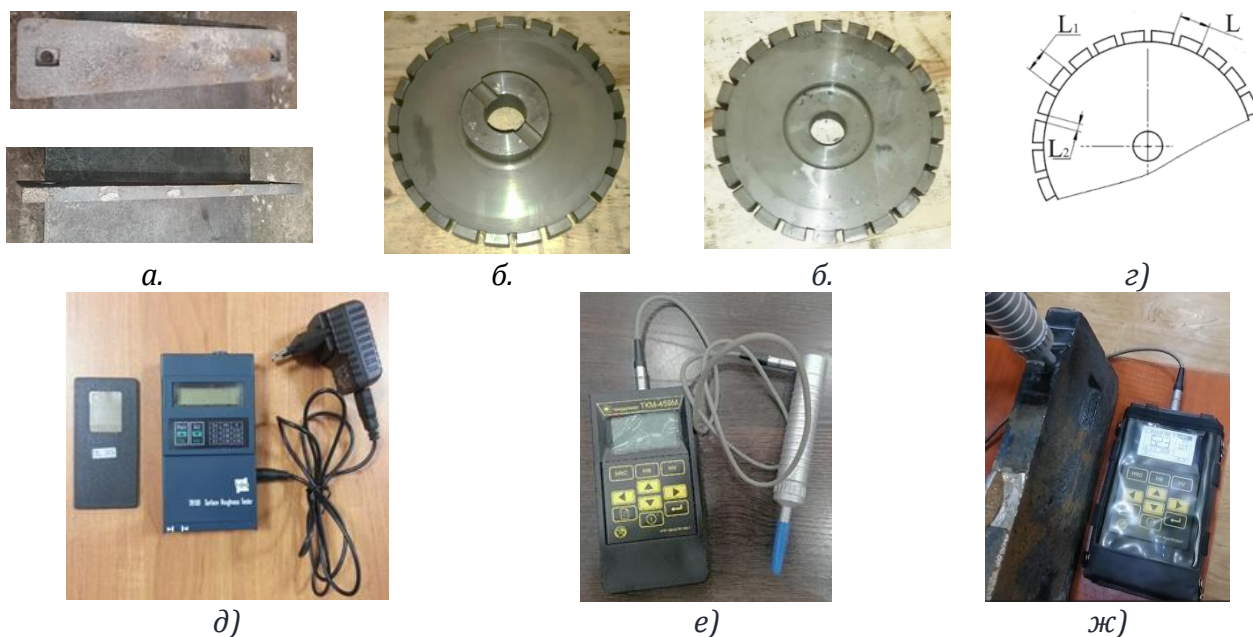
Сондай-ақ қымбат кескіш құралдарды жоғары тұтыну кезінде пайдалану 110Г13Л болаттан жасалған бөлшектерді өндірудің өзіндік құнын арттырады. мәселенің бұл күйі отандық машина жасау кәсіпорындарының жағдайлары үшін 110Г13Л болатты механикалық өңдеудің ресурс үнемдеу әдісін жасау қажеттілігін талап етеді.

Осыған байланысты импульстік салқындатылған термофрикциялық фрезерлеу әдісін қолдану мүмкіндігін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді [9]. 110Г13Л болатты өңдеу кезінде импульстік салқындатылған термофрикциялық фрезерлеу процесін эксперименттік зерттеу ВМ-127М моделінің тік консоль-фрезерлік станогында жүргізілді [10]. Келесі геометриялық параметрлерге ие болған болат 45 материалынан жасалған арнайы конструкцияға ие үйкеліс фрезасының сынақ үлгісі жасалды (2б,в,г суретті

қараңыз): Ø250 мм; қыздыру аймағы $L_1 = 24$ мм; салқындату аймағы $L_2 = 8$ мм, сәйкесінше қадам $L = 32$ мм. Үйкеліс фрезасының геометриясы нұсқауларға сәйкес таңдалды [11,12].

Әдіснама

Импульстік салқындатылған термофрикциялық фрезерлеудің үлгісі ретінде кен қабылдайтын бункердің "бронды тақтайшасының" дайындамасы таңдалды (суретті қараңыз.2 а). Дайындаманың қаттылығы HB 260...300 (HRC 27-33). Термофрикциялық фрезерлеу кесу режимі элементтерінің келесі диапазондарында жүргізілді: $n_{ун} = 500 \div 2000$ айн/мин; $S = 40 \div 600$ мм / мин; $t = 1 \div 5$ мм. Өңделген беттердің сапа көрсеткіштерін өлшеу кезінде TR100 және ТКМ 459М автоматты құрылғыларының көмегімен заманауи өлшеу әдістері қолданылды. 2-суретте өңделген беттің сапа көрсеткіштерін өлшеуге арналған дайындаманың, үйкеліс фрезасының және аспаптардың фотосуреттері көрсетілген.



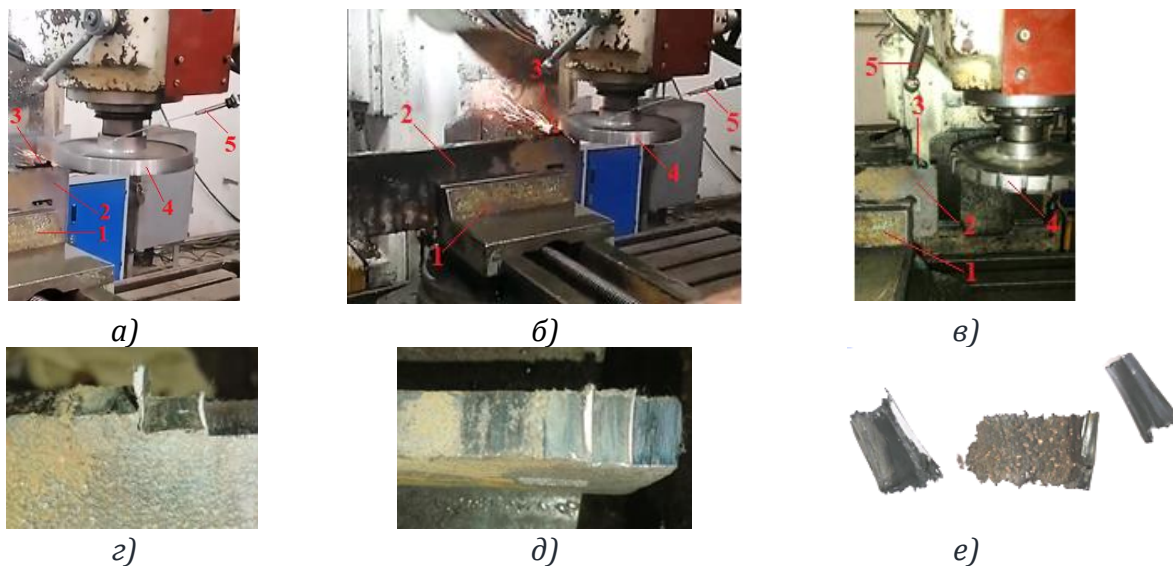
2 – сурет. Өңделген беттің сапа көрсеткіштерін өлшеуге арналған аспаптардың, дайындаманың, үйкеліс фрезасының фотосуреттері

а-110Г13Л болаттан жасалған үлгілер; б, в-үйкеліс фрезасы, жоғарыдан (а), төменнен (б) көрініс; г-геометрияны көрсететін үйкеліс фрезасының эскизі; д-кедір-бұдырды өлшеуге арналған TR100 құрылғысы; е, ж - ультрадыбыстық ТКМ 459М қатты өлшегіш; L_1 -қыздыру аймағы; L_2 -аймақ салқындату; L -аймақ қадамы.

Нәтижелер мен талқылаулар

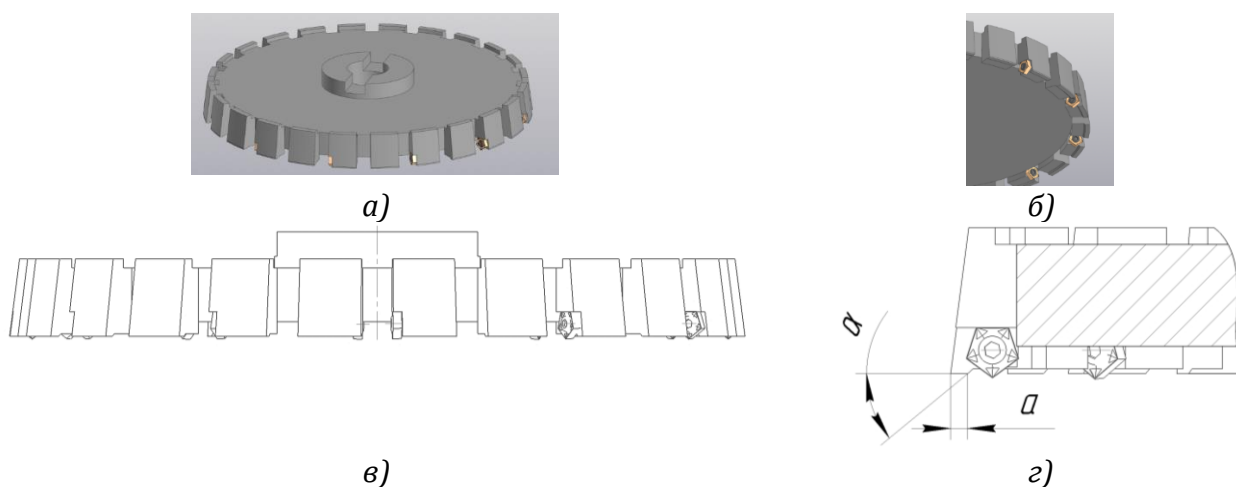
3-суретте импульстік салқындатылған термофрикциялық фрезерлеу процестері, кейбір өңделген үлгілер мен жоңқалар көрсетілген. Эксперименттік зерттеудің нәтижелері 110Г13Л болатты өңдеу үшін импульстік салқындатылған термофрикциялық фрезерлеу әдісін қолдану мүмкіндігін көрсетті. Дегенмен, өңделген беттің сапасын қамтамасыз етуге және өңдеу процесінде жоңқаларды ұсақтауға байланысты мәселе бар екендігі анықталды.

Оңтайлы кесу режимдерімен өңдеу кезінде өңделген беттің кедір-бұдырлығына тек $R_z \leq 10$ мкм дейін қол жеткізілді. 110Г13Л болаттың өңделуін одан әрі зерттеу AP26199283 - «Өңдеу қиын материалдарды өңдеудің аралас әдісін әзірлеу» гранттық жобасы аясында жүзеге асырылады.



3-сурет-Импульсті салқындатумен термофрикциялық фрезерлеу процестері, кейбір өңделген үлгілер мен жоңқалар

а,б - импульсті салқындатуға ие термофрикциялық фрезерлеу процестері; в – өңдеу процесі тоқтағаннан кейін; г,д - кейбір өңделген үлгілері; е – жоңқа; 1 – дайындаманы бекіту айлабұйымы; 2 – 110Г13Л болаттан жасалған дайындама; 3 – жоңқаның пайда болу процесі; 4 – үйкеліс фрезасы; 5 – суыту сұйығын беруші түтік



4-сурет. Арнайы құрамалы құралдың құрылымының үлгісі мен эскизі

а,б – құрал моделі; в,г - құралдың нобайлары

Қиын өңделуші материалдарды фрезерлеудің құрамалы әдісін әзірлеу ұсынылады,

оның кесу механизмі термофрикциялық және дәстүрлі кесу механизмдеріне негізделген. 4-суретте арнайы біріктірілген құралдың құрылымының үлгісі мен эскизі көрсетілген

Қорытынды.

Жүргізілген эксперименттік зерттеу нәтижелері 110Г13Л болатты өңдеу үшін импульстік салқындатуға ие термофрикциялық фрезерлеу әдісін қолдану мүмкіндігін көрсетті, бірақ, өңделген беттің сапасын қамтамасыз етуге және өңдеу процесінде жоңқаларды ұсақтауға байланысты мәселе бар екендігі мәлім болды. Осы мәселені шешу бойынша әрі қарай келесі зерттеу жұмыстарын орындау белгіленді:

- арнайы құрамалы құралдың тәжірибелік үлгісін дайындау және қиын өңделуші материалдардан, атап айтқанда Гадфильд болатынан жасалған бөлшектерді механикалық өңдеу бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізу;

- арнайы құрамалы құралдың геометриясы және параметрлерінің сапа көрсеткіштеріне әсер ету заңдылықтарын анықтау;

- қиын өңделуші материалдарды, оның ішінде Гадфильд болатын өңдеуде жаратылған құрамалы өңдеу технологиясын қолдану бойынша анықтамалық базаны даярлау;

- кесу аймағындағы температураның қиын өңделуші материалдарды, атап айтқанда 110Г13Л болаттының өңдеу сапасының көрсеткіштеріне әсер ету заңдылықтарын белгілеу.

Ұсынылып отырған қиын өңделуші материалдарды, атап айтқанда 110Г13Л болатты өңдеудің құрамалы технологиясын жүзеге асыру неғұрлым қарқынды кесу режимдерінде өңдеуге, сондай-ақ қолданыстағы механикалық кесу әдістеріне қатысты өнімділікті 2-3 есе және құралдың тұрақтылығын 10 еседен астам арттыруға мүмкіндік береді.

Авторлардың қосқан үлесі:

Мусаев М.М. – эксперименттік зерттеулер жасау, ұйымдастыру және жүргізу.

Шеров К.Т. – тұжырымдама, әдістеме, редакциялау.

Абдуғалиева Г.Б. - ресурстар, дайындаманы таңдау, қаржыландыруды алу.

Толғанай Ж. - талдау, мәліметтер жинау, эксперименттік зерттеулер.

Таттимбек Г. - шолу, нәтижелерді өңдеу, ағылшын тіліне аудару.

Әдебиеттер тізімі

1. Новоселов Ю.К., Братан С.М., Покинтелица Н.И. Динамическая модель процесса обработки вращающимися дисковыми инструментами / Вестник двигателестроения № 1/2008 – С.115-117.
2. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
3. Ходжибергенов Д.Т., Шеров К.Т., Касенов А.Ж., Хожибергенова У.Д. Проблемы выбора технологии обработки ново внедренных материалов в производство / Наука и техника Казахстана. – Павлодар: Изд-во «КЕРЕКУ» ПГУ им. С. Торайгырова, 2018.- №2- С. 111-117.
4. Давыдов Н.Г. Свойства, производство и применение высокомарганцевой стали / Н.Г. Давыдов, В.В. Ситнов. - М.: Машиностроение, 1996. - 232 с.
5. Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Мановицкий А.С., Мельнийчук Ю.А., Манохин А.С. Точение деталей из труднообрабатываемых конструкционных материалов инструментом, оснащенным ПСТМ // Тезисы докладов «Инновационные технологии в машиностроении» - Запорожье, 2011 – С.16-21

6. Пивень Г.Г., Швоев В.Ф., Муравьев О.П., Байжабагинова Г.А. Исследование наклепа стали 110Г13Л после электроконтактной обработки / Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2004.- №3(16)- С.20-22.
7. Адмакин М.А., Семенюк Н.А., Пичужников А.В. Исследование обрабатываемости резанием стали Гадфильда // Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы II международной научно - практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. – С.34-37. <https://doi.org/10.26160/2618-7493-2019-2-34-37>
8. Адмакин М.А., Семенюк Н.А. Исследование операций сверления и нарезания резьбы при обработке маломангнитной высокомарганцовистой аустенитной стали // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19-24 ноября 2018г. Институт металлургии, машиностроения и транспорта. Ч. 2. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 313-316.
9. Шеров К.Т., Мардонов Б.Т., Махмудов Л.Н., Мусаев М.М. и др. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения // Патент №7579 РК на полезную модель. Опубликовано 11.11.2022. Бюл. №45.
10. Махмудов Л.Н., Шеров К.Т., Мардонов Б.Т., Толганай Ж. Экспериментальное исследование процесса термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением стали 110Г13Л. / «Горный вестник» Узбекистана. – Ташкент: Изд-во «SАННОF», 2024, №3 (98).- С.43-46.
11. Айнабекова С.С., Шеров К.Т., Мусаев М.М., Габдысалык Р., Иманбаев Е.Б. Исследование и определение оптимальной геометрии дисковой пилы для термофрикционной отрезки малоуглеродистой стали / Вестник КазНУ. – Алматы: Изд-во КазНУ им. К. Сатпаева, 2020.- №5(141)- С.440-446.
12. Sherov, K.T., Ainabekova S.S. Tusupova S.O. Sagitov A.A. Imanbaev E.B. Thermofrictional Cutting with Pulsed Cooling / Russian Engineering Research. Vol. 40, pp. 926–929 (2020). <https://doi.org/10.3103/S1068798X20110179>

**М.М. Мусаев¹, К.Т. Шеров^{*2}, Г.Б. Абдугалиева¹,
Ж. Толганай¹, Г. Таттимбек¹**

¹ *Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, Караганда, Казахстан*

² *Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан*

Проблемы механической обработки деталей из аустенитной стали 110Г13Л

Аннотация. В данной статье проведен анализ научных исследований, выполненных по обработке, стали 110Г13Л. Было выявлено, что научные работы, посвященные исследованию и разработке способов механической обработки, стали 110Г13Л практически отсутствуют. На производстве при обработке стали 110Г13Л в основном применяются пластины зарубежных производителей. Несмотря на это, проблема чрезмерного расхода режущего инструмента из-за быстрого их износа, скола и поломки остается и повышает себестоимость изготовления деталей из стали 110Г13Л. При этом влияние режимов резания на твердость обработанной поверхности имеет монотонный характер и с увеличением значения скорости подачи и частоты вращения шпинделя наблюдается повышение твердости обработанной поверхности. Результаты экспериментального

исследования показали возможность применения способа термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением для обработки стали 110Г13Л. При обработке на оптимальных режимах резания удалось достигнуть шероховатость обработанной поверхности только до $R_z \leq 10$ мкм. Однако выявлено, что существует проблема, связанная с обеспечением качества обработанной поверхности и дроблением стружки в процессе обработки. Предлагается разработка комбинированного способа фрезерования труднообрабатываемых материалов, механизм резания которого основана на термофрикционного и традиционного резания. Данное исследование было выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта № AP26199283 «Разработка комбинированного способа обработки труднообрабатываемых материалов».

Ключевые слова. Труднообрабатываемый материал, сталь Гадфильда, пластины, износ, сколы, твердость, шероховатость, оптимальные режимы фрезерования, себестоимость.

**M.M. Mussaev¹, K.T. Sherov^{*2}, G.B. Abdugalieva¹,
Zh. Tolganay¹, G. Tattimbek¹**

¹ *Karaganda Technical University named after A. Saginov, Karaganda, Kazakhstan*

² *Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan*

Problems of mechanical processing of parts from austenitic steel 110g13l

Abstract. This article presents an analysis of scientific studies devoted to the machining of 110G13L steel. It was identified that research focused on investigating and developing machining methods for 110G13L steel is practically absent. In industrial practice, cutting inserts from foreign manufacturers are predominantly used for machining this steel. Nevertheless, the problem of excessive cutting tool consumption due to rapid wear, chipping, and breakage remains unresolved and increases the production cost of components made from 110G13L steel. The results of the experimental study confirmed the feasibility of applying thermo-friction milling with pulsed cooling for machining 110G13L steel. When machining under optimal cutting conditions, the achieved surface roughness reached only $R_z \leq 10$ μ m. However, it was revealed that there is an issue related to ensuring the required surface quality and chip breaking during machining. It is proposed to develop a combined milling method for difficult-to-machine materials, where the cutting mechanism is based on both thermo-friction and conventional cutting. This research was funded by the Committee on Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under grant № AP26199283, "Development of a combined method for processing hard-to-machine materials".

Keywords. Hard-to-machine material, Hadfield steel, thermal friction milling, optimal milling conditions, cost.

References

1. Novoselov YU.K., Bratan S.M., Pokintelitsa N.I. Dinamicheskaya model' protsessa obrabotki vrashchayushchimisya diskovymi instrumentami / Vestnik dvigatelestroyeniya № 1/2008 – S.115-117.

2. Mogilev V.K., Lev O.I. Spravochnik liteyshchika. - M.: Mashinostroyeniye, 1988. - 272 s.
3. Khodzhibergerenov D.T., Sherov K.T., Kasenov A.ZH., Khozhibergerenova U.D. Problemy vybora tekhnologii obrabotki novo vnedrennykh materialov v proizvodstvo / Nauka i tekhnika Kazakhstana. – Pavlodar: Izd-vo «KEREKU» PGU im. S. Toraygyrova, 2018.- №2- S. 111-117.
4. Davydov N.G. Svoystva, proizvodstvo i primeneniye vysokomargantsevoy stali / N.G. Davydov, V.V. Sitnov. - M.: Mashinostroyeniye, 1996. - 232 s.
5. Klimenko S.A., Kopeykina M.YU., Manovitskiy A.S., Mel'niychuk YU.A., Manokhin A.S. Tocheniye detaley iz trudnoobrabatyvayemykh konstruksionnykh materialov instrumentom, osnashchennym PSTM // Tezisy dokladov «Innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii» - Zaporozh'ye, 2011 – S.16-21
6. Piven' G.G., Shvoyev V.F., Murav'yev O.P., Bayzhabaginova G.A. Issledovaniye naklepa stali 110G13L posle elektrokontaktnoy obrabotki / Trudy universiteta. – Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2004.- №3(16)- S.20-22.
7. Admakina M.A., Semenyuk N.A., Pichuzhnikov A.V. Issledovaniye obrabatyvayemosti rezaniyem stali Gadfil'da // Nauchnyy potentsial molodezhi i tekhnicheskii progress: Materialy II mezhdunarodnoy nauchno - prakticheskoy konferentsii. – Sankt-Peterburg: SPbF NITS MS, 2019. – S.34-37. <https://doi.org/10.26160/2618-7493-2019-2-34-37>
8. Admakina M.A., Semenyuk N.A. Issledovaniye operatsiy sverleniya i narezaniya rez'by pri obrabotke malomagnitnoy vysokomargantsovoy austenitnoy stali // Nedelya nauki SPbPU: materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, 19-24 noyabrya 2018g. Institut metallurgii, mashinostroyeniya i transporta. CH. 2. – SPb.: POLITEKH-PRESS, 2018. – S. 313-316.
9. Sherov K.T., Mardonov B.T., Makhmudov L.N., Musayev M.M. i dr. Sposob termofriktsionnoy obrabotki ploskosti i konstruksiya diska treniya // Patent №7579 RK na poleznuyu model'. Opublikovano 11.11.2022. Byul. №45.
10. Makhmudov L.N., Sherov K.T., Mardonov B.T., Tolganay ZH. Eksperimental'noye issledovaniye protsessa termofriktsionnogo frezerovaniya s impul'snym okhlazhdeniyem stali 110G13L. / «Gornyy vestnik» Uzbekistana. – Tashkent: Izd-vo «SAHHOF», 2024, №3 (98).- S.43-46.
12. Sherov, K.T., Ainabekova S.S. Tusupova S.O. Sagitov A.A. Imanbaev E.B. Thermofrictional Cutting with Pulsed Cooling / Russian Engineering Research. Vol. 40, pp. 926–929 (2020). <https://doi.org/10.3103/S1068798X20110179>

Авторлар туралы мәлімет

Мусаев М. М. - PhD, қауымдастырылған профессор, «технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының меңгерушісі, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даңғылы, 56, 100012, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы.

Шеров Кәрібек Тағайұлы - техника ғылымдары докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғылы 62, 010000, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Абдугалиева Гулнур Баймурзаевна - техника ғылымдары кандидаты, қауымдастырылған профессор, «технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының профессоры, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даңғылы, 56, 100012, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы.

Толғанай Ж. - «Машина жасау» мамандығының 3-курс докторанты, Абылқас Сағынов

атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даңғылы, 56, 100012, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы.

Таттимбек Гулерке - аға оқытушы, «технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының аға оқытушысы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даңғылы, 56, 100012, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы.

Мусаев М. М. - PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, 100012, г. Караганда, Республика Казахстан.

Шеров К.Т.- доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис 62, г. Астана,

Абдугалиева Г.Б.- кандидат технических наук, ассоциированный профессор, профессор кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, 100012, г. Караганда, Республика Казахстан.

Толғанай Ж. - докторант 3-го курса специальности «Машиностроение» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, 100012, г. Караганда, Республика Казахстан.

Таттимбек Г - старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, 100012, г. Караганда, Республика Казахстан.

Mussayev M. M. - PhD, Associate Professor, Head of the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev Avenue, 100012, Karaganda, Republic of Kazakhstan.

Sherov Karibek Tagaevich - Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Zhenis Ave. 62, Astana, Republic of Kazakhstan

Abdugalieva Gulnur Baimurzaevna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization of the Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Nursultan Nazarbayev Ave., 56, 100012, Karaganda, Republic of Kazakhstan.

Tolganay Zh.- 3rd-year PhD student in Mechanical Engineering, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev Avenue, 100012, Karaganda.

Tattimbek Gulerke - Senior Lecturer, Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, 56 Nursultan Nazarbayev Ave., 100012, Karaganda, Republic of Kazakhstan.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).