

Сведения об авторах

Раил Аянович Советбаев * – Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: rsovetbayev93@gmail.com.

Ерик Зеинелович Нугман – PhD, Satbayev University, Республика Казахстан, e-mail: e.nugman@satbayev.university.

Ержан Ярнарович Шаяхметов – PhD, Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан, e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru.

Anna Kawalek – Czestochowa University of Technology Czestochowa University of Technology, Факультет технологии производства и материаловедения, г. Ченстохова, Польша, e-mail: kawalek.anna@wip.pcz.pl.

Received 28.01.2024

Accepted 04.03.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-1(13)-9

МРНТИ: 55.19.01



А.Б. Советканов*, Е.Я. Шаяхметов, Р.Б. Мейрбеков

Университет имени Шакарима города Семей
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: sovetkanov706@gmail.com

МСТО МЕН КЕСУДІҢ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ КЕСУ ПРОЦЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІНЕ ӨСЕРІ

Аңдатпа: Мақалада МСТО (майлау-салқындату технологиялық ортасы) және температуралық кесу режимінің кесу процесінің тиімділігіне әсері қарастырылады. Мақалада оңтайлы МСТО қолдану және кесудің температуралық режимін реттеу кесу процесінің тиімділігін келесі бағыттарда арттыруға мүмкіндік беретіндігін көрсеткен эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген:

– Құралдың беріктігін арттыру. МСТО қолдану Кесу аймағындағы температураны төмендетуге мүмкіндік береді, бұл құралдың тозуын азайтады.

– Өңделген беттің кедір-бұдырлығын азайту. МСТО қолдану Кесу аймағындағы температураны төмендетуге мүмкіндік береді, бұл өңделетін материалдың деформациясының төмендеуіне және нәтижесінде өңделген беттің сапасының жақсаруына әкеледі.

– Кесу күштерінің төмендеуі. МСТО қолдану Кесу аймағындағы температураны төмендетуге мүмкіндік береді, бұл құрал мен өңделетін материал арасындағы үйкелістің төмендеуіне және нәтижесінде кесу күштерінің төмендеуіне әкеледі.

Нәтижелер оңтайлы МСТО қолдану және кесу температурасын реттеу кесу процесінің тиімділігін арттырудың тиімді әдістері екенін көрсетеді.

Машина бөлшектерінің беткі қабатының дәлдігін арттыру үшін МСС (майлау-салқындатқыш сұйықтықтар) және МСС түрлері; экологиялық таза МСТО-ның жаңа түрлерін жасау бойынша ұсыныстар берілген.

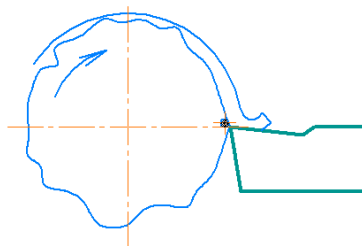
МСТО жаңа құрамдарын таңдаудың көп қырлы әдістемесі ұсынылды. Техника сәтс таңдау кезінде бөліктің материалы мен құралының химиялық құрамы, өңдеу әдістері, кесу режимдері, бөліктің беткі қабатының дәлдігі мен сапасына қойылатын талаптар ескерілетіндігіне негізделген.

Түйін сөздер: МСТО-майлау-салқындату технологиялық ортасы, температура режимі, кесу процесінің тиімділігі, құралдың беріктігі, өңделген беттің кедір-бұдырлығы.

Кіріспе

Кесу арқылы өңдеу кезінде беткі қабаттың қажетті сапа параметрлерін алу кейбір қиындықтар туғызады. Өйткені беттік қабат сапасының көптеген факторларының бөлшектің осындай қасиетіне әсері осы уақытта онша жақсы зерттелмеген.

МСТО металдарды кесуге әсер ету тетігін зерделеу кезінде аспап пен бөлшектің жанасуы кезінде беткі қабатта болатын физикалық-механикалық құбылыстар туралы көбірек білу маңызды. Жұмыста [1] майлау-салқындату сұйықтықтарынсыз (ауада) өңдеу кезінде құрал-беттік жүйедегі тұрақты байланыс кезінде өзінің физикалық-механикалық қасиеттерімен өңделетін бет пен құрал-сайманның қасиеттерінен ерекшеленетін қосымша үшінші дене құрылады деген болжам жасалған. Ол өңделетін бөлшектің үстіңгі қабатында құрал жиегінің бөлшектің үстіңгі қабатына оның микрожабының өзгеруімен кешенді деформациялық, жылулық және күштік әсер етуі кезінде пайда болады (1 сурет).



1 сурет – Кесу құралының «үшінші дене» деп аталатын бөлшектің үстіңгі қабатына өзара әрекеттесу схемасы

Бұдан басқа, МСТО құрамы және құрал-бөлшек жүйесіндегі физикалық және химиялық процестер ондағы механикалық ауытқулардың сипаттамасына жиі әсер етеді. МСТО жүйесіндегі кесу кезіндегі ауытқу мәселелері көптеген жұмыстарда зерттелген [2-3], өйткені олар кесу процесінде беткі қабаттың сапасы мен дәлдігіне әсер етеді. Жұмыстардың көпшілігінде кесу процесінде автоауытқу мүмкіндігі мейлінше аз екендігі айтылған, өйткені тәжірибелік жолмен өңделген беттің геометриялық дәлдігіне, оның кедір-бұдырлығына, аспаптың беріктігіне және т.б. әсер ететін негізгі параметрлер белгіленген.

Зерттеу әдістері

МСТО әсер ету тетігін станоктардағы эксперименттердің көмегімен зерделейді. Металл кесетін станоктардағы сынақтар беттің параметрлеріне және кесу режимдеріне МСТО әсерін талдайды. Мұндай сынақтар үшін МСТО үлкен көлемі мен білікті мамандар қажет.

Сынақтар ресурстар мен уақытты талап етеді. Жаңа МСТО әзірлеу және беткі қабаттың қасиеттеріне әсер ету және жылу алмасу саласында мамандарды тарту маңызды. Кездейсоқ факторлардың, деформациялардың, жоғары температуралардың және өңдеу кезіндегі қабат қалыңдығының аздығынан МСТО әсерінің күрделі тетігін түсіндіретін бір мәнді теория жоқ.

Қолда бар [1] сыныптама бойынша МСТО қасиеттерін экологиялық, санитарлық, технологиялық, пайдалану және функционалдық болып бөлуге болады.

– Санитарлық – бұл қасиеттерді бағалау жекелеген компоненттердің және МСТО барлық кешенінің адам ағзасына әсері, оның уыттылығы, тері жамылғысына, тыныс алу жүйесі органдарына әсері бойынша жүргізіледі;

– Технологиялық – бағалау келесі критерийлер бойынша жүргізіледі, бұл өңдеуден кейінгі беттің кедір-бұдырлығы; аспаптың тозуы және т.б.;

– Экологиялық – бұл МСТО қоршаған ортаның экологиясына әсері, оны қауіпсіз кәдеге жарату және қайта пайдалану мүмкіндігі;

– Пайдалану – экологиялық, санитарлық-гигиеналық нормалар және т.б. талаптарды ескере отырып, қандай да бір өндіріс жағдайында МСТО пайдалану мүмкіндігі бойынша бағалайды;

– Функционалдық – кесу процесінде құрал мен бөлшектің бетінің өзара әрекеттесуі кезіндегі КҚЖҚ қасиеттері: салқындату, майлау, кесу, сіңіру, сулау, коррозияға қарсы, жуу.

МСТО функционалдық қасиеттерін динамикада да (тікелей кесу процесінде), кесу процесін модельдеуге мүмкіндік беретін әртүрлі аспаптарда да бағалау оңай екенін көріп отырмыз. Сондықтан одан әрі МСТО-ның функционалдық қасиеттерінің әсерін егжей-тегжейлі қарастырамыз.

МСТО майлау әсері. МСТО-ның майлау әсерін арттыру жоңқаның аспаптың алдыңғы бетіне және бөлшектің аспаптың артқы бетіне үйкелу күшін төмендетеді, осылайша кесу кезінде бөлінетін жылу мөлшерін азайтады. Бұл қасиет аспапта өсу мүмкіндігін бермейді, бұл

өңдеудің дәлдігін арттыра отырып, кедір-бұдырлықты төмендетеді. Жұмыста [4] МСТО кешенді зерттеу кезінде, атап айтқанда МСТО майлау қасиеттерін қарау кезінде "үйкеліс коэффициентінің майлау пленкасының қалыңдығына тәуелділігінде майлау пленкасының қалыңдығынан үйкеліс коэффициентінің өзгеру диапазонын көрсететін шектеулі аумақ көрсетілген.

МСТО майлау әсерінің тетігі байланыс беттері арасындағы адгезиялық байланыстарды сандық және беріктік жағынан азайтудан тұрады; құрал-сайманның алдыңғы бетінің жоңқамен жанасу ұзындығының (ауданының) төмендеуі; құрал-саймандық және өңделетін материалдың жанасу аймағының бетін өңделетін және құрал-саймандық материалдардың механикалық, физикалық-химиялық жанасуынан физикалық-химиялық және механикалық тозудан қорғайтын түзілетін пленкада [10, 11].

Кесу процесінде құрал-сайман материалдары мен бөлшектердің үлкен пластикалық деформациясы кезінде әдетте бөлшек материалы беріктігі аз ретінде ұшырайды, бұл олардың алынуына және түпкі нәтижесінде бөлшектің үстіңгі қабатының едәуір кедір-бұдырлығына әкелуі мүмкін. Проблеманы шешу үшін әдетте антифрикциялық қоспалар ұсынылады, олардың міндеті МСТО пайдалану жағдайында үйкеліс коэффициентін азайту.

Бұл ретте МСТО майлау қасиеттерін жақсартудың өзінің плюстері мен минустары бар, плюстер мыналар:

- Өңделетін беттің кедір-бұдырлығы мен микротезектілігін азайту;
- Кесу құралымен ілінісу күшін, беріктігін және өсуін азайту;
- Кесу аймағындағы үйкелістен температура азаяды;
- Үйкелісті азайту салдары ретінде құралдың беріктігін арттыру; МСТО майлау қасиеттерінің ұлғаюының кемшіліктері де бар:
- Кейбір жағдайларда қоспалар коррозиялық тозуды ұлғайтуы мүмкін;
- құрал-бөлік жүйесінде жанасу кезінде шекаралық пленкалар пайда болуы мүмкін, олардың беріктігі бөлік материалының беріктігінен жоғары болуы мүмкін, бұл кесу күштерінің артуына мүмкіндік береді;
- майлау қасиеттерінің ұлғаюы өңдеу процесіне қатыспайтын дәндер санының азаюы салдарынан абразивтік өңдеуге теріс әсер етеді.

Кесу кезіндегі құрал-бөлшек жүйесіндегі үйкеліс күші Боуден - Тейбор формуласы бойынша есептеледі:

$$F_t = F_m \alpha + F_c (1 - \alpha)$$

мұнда: F_m – құрал-бөлшек жүйесіндегі үйкеліс күші;

α – байланыс бетінің үлесі;

F_c – аспап-бөлшек жүйесіндегі шекті пленкалы аспаптың үйкелісі кезіндегі үйкеліс күші.

МСТО жүйесіне әртүрлі қоспалар мен модификаторлар қосу, біз анықтағандай, МСТО-ның функционалдық қасиеттерінің әсерін өзгертеді.

МСТО қолданғанда үйкеліс күшін теңдеуімен сипаттауға болады [6]:

$$f_{TP} = S_n \tau_n + S_y \tau_y + S_{pp} \tau_{pp}$$

мұнда: S_n – шекаралық пленкасы бар құрал-бөлшек жүйесіндегі байланыс алаңы;

τ_n – шекаралық пленканың жылжуы кернеуінің орташа мәні;

S_y – шекаралық пленкасыз, құрал-бөлшек жүйесіндегі байланыс алаңы;

τ_y – жылжытуға арналған бөлшек материалының ағымдылық шегінің мәні (нығайтуды ескере отырып);

S_{pp} – бөлшек материалына кесу құралының жұмыс жиегінде пайда болған микроқақпалар мен өсінділер енгізілген учаскелердің ауданы;

τ_{pp} – бөлік бетінің "сыдырылуына" кедергінің мәні.

Үйкеліс күштерін азайту және қызмет ету мерзімін ұлғайту үшін антифрикциялық, тозуға қарсы қоспалар кеңінен пайдаланылады. Нақ осы трибологиялық сипаттамалар бойынша МСТО майлау қасиеттерін бағалайды, бұл майлаудың тозуға қарсы, тозуға қарсы, антифрикциялық қасиеттері. Кесу күші, айналу сәтінің шамасы және қуаты бойынша бағаланады. Егер майлау қасиеттерін неғұрлым терең зерттеу талап етілсе, онда құрал-сайманның тозуын, жоңқаның шөгуін және т.б. өлшеуді жүргізеді.

Сондай-ақ олардың құрамына енгізілетін беттік-белсенді заттардың (ББЗ) МСТО майлау қасиеттерін жақсартады, олар абсорбция жылуын арттырады және МСТО молекулалары мен дайындама мен құрал-сайман материалы арасындағы байланыстардың беріктігіне жауап береді. МСТО құрамындағы ББЗ тиімділігі (2-5%) жұмыстардағы эксперименттермен дәлелденеді [3, 5].

Қазіргі уақытта Қазақстанда тиімді МСТО әзірлеу қазіргі заманғы отандық қоспалардың (жуу, майлау және т.б.) болмауын мейлінше аз, сондай-ақ қатты тежейді. Сондай-ақ қазіргі заманғы МСТО-ны әзірлеуді тиімді тәсілдердің жоғары құны тежейді.

МСТО суландыру қасиеттері. МСТО өзінің қасиеттерін толық көрсетуі үшін (майлау, жуу, салқындату) бөлшектер мен құралдардың материалдарын жақсы суландыру қажет. Толық емес сулау МСТО-ның кесу аймағына әсерін іс жүзінде жояды. Қатты дененің бетін сулау дәрежесін тәуелділіктен анықтауға болады:

$$\cos\theta_c = \frac{\sigma_{\text{т.г.}} - \sigma_{\text{т.ж.}}}{\sigma_{\text{ж.г.}}}$$

мұндағы $\sigma_{\text{т.г.}}$ – жүйенің (фазаларды бөлудің) шекарасындағы беттік керілулер қатты дене – газ;

$\sigma_{\text{ж.г.}}$ – сұйықтық-газ жүйесінің шекарасындағы беттік керілулер;

$\sigma_{\text{т.ж.}}$ – жүйе шекарасындағы беттік керілулер қатты дене – сұйықтық;

$\cos\theta_c$ – суланудың шеткі бұрышы.

Кесу процесінде аспаптың және бөлшектің бетінің сулануы жоғары жылдамдықпен өтуі тиіс, оның жылдамдығын әдетте көлденең жазықтықта сұйықтық тамшысының ағуы бойынша бағалауға болады. Сұйықтықтың таралу жылдамдығы өңдеу бетінің кедір-бұдырлығына және құрал бетіне (оның геометриясына), сұйықтықтың беттік керілуіне және тұтқырлығына байланысты [11].

МСТО жазу әрекеті құрал мен бөлшектің жанасу аймағындағы Т температурасына, МСТО-ның микрожарықтағы молярлық көлеміне және жоғары температура салдарынан пайда болатын бу қысымына байланысты болады [53], оны мынадай формула бойынша есептеуге болады:

$$P_{\text{ПАС}} = \frac{RT}{V_M} \ln \frac{P_s}{P_{\Pi}}$$

где R – тұрақты газ;

V_M – молярлық көлем;

P_s – сұйықтық бетімен тепе-теңдікте болатын бу қысымы;

P_{Π} – осы қалыңдықтағы пленкамен тепе-теңдікте болатын бу қысымы.

МСТО кесу қасиеттері. МСТО кесу қасиеттері бұл сұйық ортаның әсерінен өңделетін бөлшектің ең жұқа бетінің беріктік қасиеттерінің азаюы. Сұйық ортаның әсерінен өңделетін беттің үстіңгі энергиясы төмендейді, материалдың ағымдылық шегі азаяды, жылжуға кедергі және кесу күші азаяды.

МСТО салқындату қасиеттері. МСТО салқындату қасиеттері кесу аймағында жылу алмасуды бақылауға әсер етеді, бұл құралдың тозу қарқындылығына, геометриялық өлшемдердің дәлдігіне, өңделген беттің кедір-бұдырлығына және т.б. әсер етуге мүмкіндік береді. Осы параметрлердің барлығы МСТО құрамына, жекелеген компоненттердің қасиеттеріне байланысты. МСТО салқындату қабілеті тұтқырлығына, жылу өткізгіштігіне, меншікті жылу сыйымдылығының шамасына, МСТО компоненттерінің булану жылуына байланысты болады.

Судың салқындату қабілеті майларға қарағанда жоғары болғандықтан, тозуға қарсы, антифрикциялық және басқа да қасиеттерге әсер ететін белгілі бір ББЗ қоспалары бар су негізінде МСТО құру неғұрлым тиімді болып табылады [1].

Аспаптың бөлшекпен жанасу аймағындағы температурамен аспаптың беріктігінің дәрежелі тәуелділігі бар:

$$T = \frac{C}{t^n}$$

мұнда: C – коэффициент;

t – құрал мен бөлшектердің жанасу аймағындағы температура;

n – дәреже көрсеткіші.

Бөлінетін жылу МСТО дұрыс таңдау кезінде төмендейді, өйткені бұл байланыс аймағындағы үйкелісті және кесу күшін азайтады. Жылу бөлу кесу жылдамдығы ұлғайған кезде өседі, жылу бөлуге беру мен кесу тереңдігінің ұлғаюы аз әсер етеді, сондай-ақ пластикалық металдарды өңдеу кезінде жылу бөлу морт металдарға қарағанда көбірек екені белгілі.

Әрбір материал үшін оның беріктігін қамтамасыз ететін оңтайлы температура болады, сондықтан МСТО кесу режимін таңдау кезінде ескеру қажет.

МСТО жуу қабілеті. МСТО-ның жуу қабілеті – бұл құрал мен бөлшектердің бетіндегі ластануларды жою қабілеті.

МСТО жуу қасиеттерін анықтаудың сандық тәуелділігі жеткілікті түрде дәл мүмкін емес, өйткені МСТО жуу қасиеттеріне әсер ететін көптеген кездейсоқ факторлар бар, мысалы, жуылатын шламның құрамы, беттің кедір-бұдырлығы, өңдеу түрі, бөлшектер мен құрал-сайман материалы, МСТО беру тәсілі және т.б. Алайда физикалық және механикалық қасиеттері бойынша МСТО-ның жуу қасиеттерін жанама айқындау мүмкіндігі бар, бұл беттік керілу, эмульгирлеу қабілеті, диспергирлеу қабілеті; немесе белгілі бір уақыт кезеңінде ластану мөлшерін өлшеудің тікелей тәсілдері бар.

МСТО жуу қабілетін физикалық-химиялық қасиеттерімен, беттік керілу және беттік бойынша таралу жылдамдығы сияқты бағалауға болады. Сондай-ақ, мысалы, белгілі бір уақыт аралығында немесе өңделетін бетті тазалау дәрежесі бойынша алып тасталған ластанудың жиынтық мөлшерін өлшеуге негізделген тікелей әдістерді пайдалануға болады. Фотометрикалық әдісті де қолдануға болады.

Зерттеу нәтижелері.

МСТО таңдау қазіргі уақыттағы көптеген факторларды, оның ішінде бөлшек материалының қасиеттері мен құрамын, өңдеу түрін, кесу режимін, бөлшектің үстіңгі қабатының дәлдігі мен кедір-бұдырлығының қажетті параметрлерін, сондай-ақ МСТО-ның экологиялық, пайдалану, гигиеналық және қосымша қасиеттерін ескеруі тиіс.

МСТО-ны таңдау өңдеу түріне де байланысты. Мысалы, таза операциялар кезінде жақсы майлау қабілетінің есебінен бөлшек бетінің кедір-бұдырлығын қамтамасыз ете алатын майлы МСТО қолданған жақсы.

Өңделетін материалдардың өзінде де МСТО пайдалану бойынша шектеулер бар. Мысалы, мыс пен оның қорытпаларын белсенді күкірті бар МСТО пайдалана отырып өңдеуге болмайды, ал титан үшін құрамында хлоры бар компоненттерді пайдалану ұсынылмайды.

Минералды май, эмульгаторлар, коррозия ингибиторлары қосылған судың базалық негізі бар МСТО эмульсиялар деп аталады. Эмульсиялардағы май тамшыларының эмульгаторлар деп аталатын ББЗ молекулаларының қабықшасы болады. Май-су фазаларының шекарасындағы ББЗ молекулалары фазалардың шекарасында теріс зарядтар қабатын түзетіндей бағытталған, сондықтан тұрақты эмульсияда тамшыларға зарядталған қабықтардың элетростатикалық итерілуінің қосылуына жол бермейді.

МСТО-да синтетикалық және жартылай синтетикалық негізде жақсы көрсеткіштер бар. Олар жоғары температурада кесу кезінде жоғары біртектілік пен жақсы тұтқырлық беретін химиялық синтезден алынған. Синтетикалық МСТО негізінен ББЗ мен суда еритін полимерлерден (минералды майсыз) тұрады. Жартылай синтетикалық МСТО керісінше құрамында 15-30% минералды май бар. Синтетикалық және жартылай синтетикалық МСТО пайдалану тұйық циклда ауыстырмастан және іс жүзінде қымбат болғанымен, экологиялық тазалық есебінен олардың қызмет ету мерзімі ұзартылған жағдайда ғана өзін ақтайды.

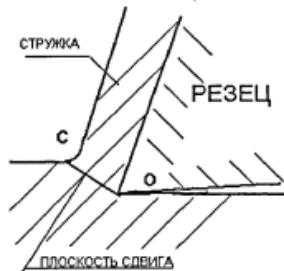
Әлемде жаңа МСТО әзірлеу кезінде олардың құнының төмендеуі функционалдық телімдерді пакеттеу қағидатын пайдалану есебінен болады. Базалық негізге (әдетте май) өздерін жақсы жағынан көрсеткен және функционалдық мақсаты оңтайлы болып табылатын телімдер пакетін (немесе кешенін) қосады.

Қазіргі уақытта жаңа телімдерді жасау кезінде станоктарда сынамай олардың МСТО құрамындағы тиімділігін анықтау мүмкін емес. Сондықтан осы құрамды кесу барысында бұл ретте МСТО ең аз санын пайдалана отырып, алдын ала бағалауға мүмкіндік беретін тиімді стендтерде қажеттілік бар.

Үйкеліс машиналарындағы сынақтармен алынатын олардың трибологиялық сипаттамаларын назарға ала отырып, МСТО таңдау МСТО-ның жаңа құрамдары үшін бұрын тек мотор майлары үшін пайдаланылған телімдерді табуға және пайдалануға көмектеседі.

МСТО аспап материалы мен бөлшектердің, аспаптық және өңделетін материалдардың химиялық құрамына әсер етеді. Үйкеліс машиналарында құрал материалдары мен бөлшектердің әртүрлі нұсқаларының үйкелісін модельдеу кезінде МСТО майлау қасиеттерін байқау кезінде «айналмалы диск - қозғалмайтын саусақ» схемасы жиі пайдаланылады, схема шариктерді дайындаумен салыстырғанда дайындау қарапайымдылығына байланысты таңдалған.

МСТО салқындату қабілетін есептеу. Кесу кезінде энергияның көп бөлігі жылу энергиясына айналады [7-8]. Кесу кезінде жылу шығарудың негізгі көздері-жоңқалардың пайда болу аймағы және кескіштің алдыңғы және артқы бетінің бөлшектермен және жоңқалармен тікелей байланыста болатын бөліктері (2-сурет).

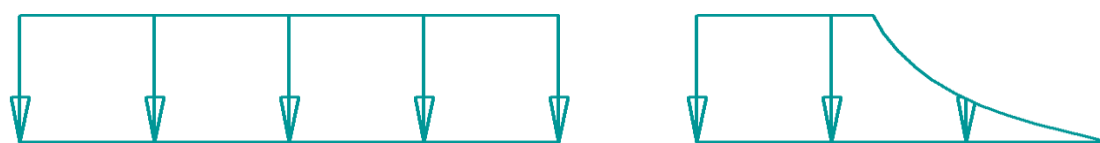


2 сурет – Кесу процесінде құрал мен өңделетін беттің жанасу аймағы

Кесу кезіндегі ең жоғары температура құрал-бөлшектің байланыс аймағында байқалады, онда ол пластикалық деформация аймағынан жоғары, жоғары температура кесу процесіне теріс де, оң да әсер етеді [9]. Кемшіліктерге аспаптың диффузиялық және шаршау тозу жылдамдығының ұлғаюын жатқызуға болады, артықшылықтары – үстіңгі қабаттың қыздырылуы, Іске асырудың оң әсері үстіңгі қабаттың жоғары температураға дейін қыздырылуында, олар материалдың металдың пластикалық ағымын жеңілдету салдарынан жылжуға кедергісін азайтады.

Өңдеудің әртүрлі түрлері кезінде кесу аймағындағы жылу көздері үшін $f(x_n, y_n, z_n, \tau)$ тәуелділік түрі күрделі және көбінесе белгісіз.

Эксперименттік жолмен құрал мен бөлшектердің түйісу аймағында үйкелістің екі түрі бар екені анықталды. Егер тікелей кесу жиегінің жанында, жоғары қысым аймағында ішкі үйкеліс орын алса, төменгі қысым аймағында жоңқа мен құрал арасында сыртқы үйкеліс болады. Сондықтан графикалық түрде жылу бөлу аймағын екі учаске түрінде көрсетуге болады, онда кескіш жиек аймағында жылу бөлу тығыздығын біркелкі бөлу заңы, ал қалғандарында - экспоненциалдық бөлу заңы қолданылады (3-сурет).



3 сурет – Жылу бөлу тығыздығы мен бөлу заңын графикалық түсіндіру

$f(x_n, y_n, z_n, \tau)$ функциясының түріне сүйене отырып, МСТО-ның осы функцияға әсері туралы біліп, кесу аймағындағы жылу мөлшерінің есебін жасауға болады. Алайда, жылу процестерін талдауды іс жүзінде жүргізе отырып, әдетте кері мәселені шешеді, яғни эксперименттік түрде Q жылу мөлшері немесе W жылу бөлудің орташа қуаты анықталады, t уақытында және одан әрі белгілі бөлу заңы кезінде q_0 жылу ағынының ең үлкен тығыздығын табады [1].

Егер жоңқаның пайда болу аймағында жылуды бөлу заңы t уақытына байланысты емес, яғни уақыт бойынша тұрақты болады деп қабылдасақ, онда тәуелділікті аламыз [1]:

$$q_0 = \frac{Q}{\tau} I = \frac{W}{I}$$

мұнда

$$I = \iiint_V f(x_{и}, y_{и}, z_{и}) dx_{и}, dy_{и}, dz_{и}$$

Бұл тәуелділік үш, екі, бір өлшемді көздерге қатысты жұмыс істейді. Көрінетін екі өлшемді көз үшін тек I интеграл ғана ерекшеленеді

$$I = \iint_F f(x_{и}, y_{и}) dx_{и}, dy_{и}$$

бір өлшемді үшін

$$I = \int_I f(x_{и}) dx_{и}$$

Екі өлшемді біркелкі таратылған көз жағдайында

$$f(x_{и}) = f(y_{и}) = 1$$

Кесу температурасын МСТО көмегімен негізінен кесу аймағына жанасатын жоңқамен толтырылмаған кескіш беттерінен жылуды бұру себебінен төмендетеді. МСТО көмегімен жоңқа арқылы жылуды бұру жоңқа мен кескіштің өте аз уақыт жанасу салдарынан кесу аймағындағы температураға қатты әсер етпейді.

Егер құрал-сайманның бөлшек материалымен жанасу аймағының жанында dV қарапайым көлемін бөліп көрсетсек, кескіштің $x_{и}$, $y_{и}$, $z_{и}$ бөлшек материалымен жанасу нүктесінің координаталарына белгі берсек, онда dx уақытында dV көлемінде dQ мөлшерінде жылу бөлінеді.

$$q(x_{и}, y_{и}, z_{и}, \tau) = dQ / (d\tau \cdot dV)$$

Алынған тәуелділік уақыт сәтінде M нүктесінде жылу бөлудің тығыздығын анықтайды τ . τ уақытында J саласында Q жылу мөлшерін табу үшін жоғарыда көрсетілген формуланы біріктіреміз

$$Q = \int_0^r d\tau \int_V q(x_{и}, y_{и}, z_{и}, \tau) dV$$

$$q(x_{и}, y_{и}, z_{и}, \tau) = q_0 f(x_{и}, y_{и}, z_{и}, \tau)$$

мұнда q_0 – бөлу тығыздығы (ең жоғары), Вт/м²

Өлшемсіз $f(x_{и}, y_{и}, z_{и}, \tau)$ функциясы J аумағының уақыт пен көлемде жылу бөлу тығыздығының бөлу заңын сипаттайды [1]. Кері (теріс) жылу ағыны (жылу ағыны) кескіш пен МСТО арасындағы α жылу беру коэффициентіне тура пропорционалды болады. МСТО салқындату әсерінің нәтижесі ретінде жоңқа мен құрал бетінің жанасу орнындағы температураның төмендеуін Релей формуласы бойынша есептеуге болады:

$$T(x, y) = -\frac{\alpha}{2\pi\lambda_p} \iint \frac{T(x_1 y_1) dx_1 dy_1}{((x - x_1)^2 + (z - z_1)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

мұнда $T(x, y)$ – аспаптың осы нүктесіндегі температура;

α - МСТО мен құрал арасындағы жылу беру коэффициенті.

Интеграциялау МСТО салқындатылатын барлық беті үшін жүргізілуі тиіс, МСТО өңделетін ауданы кескіш пен жоңқаның түйісу ауданынан әлдеқайда үлкен екені анық.

МСТО мен құрал-сайман үшін жылу беру коэффициенті кескіш пен МСТО беттері арасындағы конвективті жылу алмасуды анықтайтын формуладан Нуссельт саны бойынша есептеледі.

$$Nu = \frac{\alpha D_{\text{ЭКВ}}}{\lambda}$$

мұнда λ – МСТО жылу өткізгіштігі, Вт/(м*К);

K – Кельвин градустары.

Су және май негізінде МСТО салқындату қабілетін есептей отырып, су негізінде МСТО жылу өткізгіштігі майлы негізде МСТО-дан бірнеше есе жоғары екенін ескеру қажет. Мұндай айырмашылықтың мысалы 1-кестеде келтірілген.

1 кесте – Бөлме температурасында су және май негізіндегі КҚЖ жылу өткізгіштігінің шамалары [10]

Су МСТО	λ Вт/(м*К)	Майлы МСТО	λ Вт/(м*К)
5% эмульсия Укринол-1М	0,56	МР-1у	0,15
5% эмульсия НГЛ-205	0,58	МР-3	0,13
5% эмульсия Аквол-2	0,58	МР-6	0,14

Қорытынды

1. МСТО тиімді құрамдарын таңдау функционалдық қасиеттерін сынау нәтижелері бойынша тиімді жүзеге асыру: салқындату, майлау, кесу және т.б.;

2. МСТО жаңа құрамдарын іріктеудің көпжоспарлы әдістемесі ұсынылды. Әдістеме МСТО таңдау кезінде бөлшек материалы мен құрал-сайманның химиялық құрамы, өңдеу әдістері, кесу режимдері, бөлшектің үстіңгі қабатының дәлдігі мен сапасына қойылатын талаптар ескерілетініне негізделген;

3. Ашық дереккөздерде бар эксперименттік деректердің негізінде талдау жүргізілді және су және май негізінде МСТО салқындату қабілетін есептеу үшін әдістеме ұсынылды.

Әдебиеттер тізімі

1. Шашин А.Д. Исследование влияния СОЖ на процесс взаимодействия инструмента и заготовки при обработке металлов резанием: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Шашин Андрей Дмитриевич; ГОУ МГИУ; науч. рук. Э.М. Берлинер. – Москва, 2003. – 118 с.
2. Определение влияния колебаний режущих инструментов на точность механической обработки / Д.Т. Жайлаубаев, Е.М. Габбасов, А.М. Алимуратов, А.Г. Галимов // Молодой ученый. – 2022. – № 12(407).
3. Леонов С.Л. Влияние деформаций, износа инструментов и вибраций на шероховатость при растачивании / С.Л. Леонов, Е.Я. Шаяхметов // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по материалам LXI междунар. науч.-практ. конф. / Новосибирск: Изд. АНС «СИБАК», 2016. – №8(56). – 144 с.
4. Shokrani V. Dhaka Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids / S. Shokrani Newman // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2008. – vol. 57. – P. 83-101.
5. Influence of Cutting Fluid on Machining Processes: A Review / A.O. Araoyinboa, M.B. Eduna, A.U. Samuela et al // Jurnal Kejuruteraan. – 2022 – № 34(3). – P. 365-373.
6. Rothwell B. Kuhlchmieren C. Chlorfrei altol der problemlosung / B. Rothwell // Maschine und Wergsend, Fertiqstechnik. – 1986. – N.19, Vol. 87. – P. 56-58.
7. Лазюк Ю.Н. Влияние поверхностно-активных смазочно-охлаждающих технологических средств на механическую обработку кремния и арсенида галлия: автореферат дис. ... кандидата химических наук : 02.00.11 / МГУ им. М. В. Ломоносова. Хим. фак. – Москва, 1989. – 18 с.
8. Берлинер Э.М. Эффективность смазочно-охлаждающих жидкостей с химически активными элементами / Э.М. Берлинер // Станки и инструменты. – 2000. – № 3. – С.33-35.
9. Analysis of the surface roughness and cutting tool wear using a vapor compression assisted cooling system to cool the cutting fluid in turning operation / Araújo R.P., Rolim T.L., Oliveira C.A. et al // Journal of Manufacturing Processes. – 2019. – 44(May). – P. 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.05.040>.
10. Бердичевский У.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов: Справочник / У.Г. Бердичевский. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
11. Ищук Ю.Л. Технология пластчных смазок / Ю.Л. Ищук; АН УССР, Ин-т физ.-орг. химии и углехимии, Отд-ние нефтехимии, Всесоюз. н.-и. нефтеперераб. и нефтехим. пром-сти. – Киев : Наук. думка, 1986. – 146 с.
12. Nazma Sultana A Review on Different Cooling/Lubrication Techniques in Metal Cutting / Nazma Sultana, Nikhil Ranjan Dhar, Prianka Binte Zaman // American Journal of Mechanics and Applications. – 2019. № 7(4). P. – 71-87.

References

1. Shashin A.D. Issledovanie vliyaniya SOZH na protsess vzaimodeistviya instrumenta i zagotovki pri obrabotke metallov rezaniem: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.03.01 / Shashin Andrei Dmitrievich; GOU MGIU; nauch. ruk. E.H.M. Berliner. – Moskva, 2003. – 118 c. (In Russian).
2. Opredelenie vliyaniya kolebaniy rezhushchikh instrumentov na tochnost' mekhanicheskoi obrabotki / D.T. Zhailaubaev, E.M. Gabbasov, A.M. Alimuratov, A.G. Galimov // Molodoi uchenyi. – 2022. – № 12(407). (In Russian).
3. Leonov S.L. Vliyanie deformatsii, iznosa instrumentov i vibratsii na sherokhovatost' pri rastachivanii / S.L. Leonov, E.YA. Shayakhmetov // Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike: sb. st. po materialam LXI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / Novosibirsk: Izd. ANS «SiBAK», 2016. – №8(56). – 144 s. (In Russian).
4. Shokrani V. Dhaka Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids / S. Shokrani Newman // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2008. – vol. 57. – P. 83-101. (In English).
5. Influence of Cutting Fluid on Machining Processes: A Review / A.O. Araoyinboa, M.B. Eduna, A.U. Samuela et al // Jurnal Kejuruteraan. – 2022 – № 34(3). – R. 365-373. (In English).
6. Rothwell V. Kuhlchmieren C.Chlorfrei altol der problemlosung / V. Rothwell II Maschine und Wergsend, Fertigstechnik. – 1986. – N.19, Vol. 87. – P. 56-58. (In English).
7. Lazyuk YU.N. Vliyanie poverkhnostno-aktivnykh smazочно-okhlazhdayushchikh tekhnologicheskikh sredstv na mekhanicheskuyu obrabotku kremniya i arsenida galliya : avtoreferat dis. ... kandidata khimicheskikh nauk : 02.00.11 / MGU im. M. V. Lomonosova. Khim. fak. – Moskva, 1989. – 18 s. (In Russian).
8. Berliner E.H.M. Ehffektivnost' smazочно-okhlazhdayushchikh zhidkostei s khimicheskimi aktivnymi ehlementami / E.H.M. Berliner // Stanki i instrumenty. – 2000. – № 3. – S.33-35. (In Russian).
9. Analysis of the surface roughness and cutting tool wear using a vapor compression assisted cooling system to cool the cutting fluid in turning operation / Araújo R.P., Rolim T.L., Oliveira C.A. et al // Journal of Manufacturing Processes. – 2019. – 44(May). – R. 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.05.040>. (In English).
10. Berdichevskii U.G. Smazочно-okhlazhdayushchie sredstva dlya obrabotki materialov: Spravochnik / U.G. Berdicheskii. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 224 s. (In Russian).
11. Ishchuk YU.L. Tekhnologiya plastchnykh smazok / YU.L. Ishchuk; AN USSR, In-t fiz.-organ. khimii i uglekhimii, Otd-nie neftekhimii, Vsesoyuz. n.-i. neftepererab. i neftekhim. prom-sti. – Kiev : Nauk. dumka, 1986. – 146 s. (In Russian).
12. Nazma Sultana A Review on Different Cooling/Lubrication Techniques in Metal Cutting / Nazma Sultana, Nikhil Ranjan Dhar, Prianka Binte Zaman // American Journal of Mechanics and Applications. – 2019. № 7(4). R. – 71-87. (In English).

А.Б. Советканов*, Е.Я.Шаяхметов, Р.Б. Мейрбеков

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: sovetkanov706@gmail.com

ВЛИЯНИЕ СОТС И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

В статье рассматривается влияние СОТС (Смазочно-охлаждающая технологическая среда) и температурного режима резания на эффективность процесса резания. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, которые показали, что применение оптимальной СОТС и регулирование температурного режима резания позволяют повысить эффективность процесса резания в следующих направлениях:

– Повышение стойкости инструмента. Применение СОТС позволяет снизить температуру в зоне резания, что приводит к уменьшению износа инструмента.

– Уменьшение шероховатости обработанной поверхности. Применение СОТС позволяет снизить температуру в зоне резания, что приводит к уменьшению деформации

обрабатываемого материала и, как следствие, к улучшению качества обработанной поверхности.

– Снижение сил резания. Применение СОТС позволяет снизить температуру в зоне резания, что приводит к уменьшению трения между инструментом и обрабатываемым материалом и, как следствие, к снижению сил резания.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение оптимальной СОТС и регулирование температурного режима резания являются эффективными способами повышения эффективности процесса резания.

Даны рекомендации по использованию СОЖ (Смазочно-охлаждающие жидкости) и виды СОЖ для повышения точности поверхностного слоя деталей машин; Рекомендации по созданию новых видов экологических СОТС.

Предложена многоплановая методика подбора новых составов СОТС. Методика основана на том, что при выборе СОТС учитывается химический состав материала детали и инструмента, методы обработки, режимы резания, требования к точности и качеству поверхностного слоя детали.

Ключевые слова: СОТС – смазочно-охлаждающая технологическая среда, температурный режим, эффективность процесса резания, стойкость инструмента, шероховатость обработанной поверхности.

A. Sovetkanov*, Ye. Shayakhmetov, R. Meirbekov.

University named after Shakarim, Semey city,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20A, Glinka str.

*e-mail: sovetkanov706@gmail.com

REFINEMENT OF THE PARAMETRIC MODEL OF ROUGHNESS FORMATION BY CONDUCTING AN EXPERIMENT

The article deals with the influence of lubricating and cooling technological medium and cutting temperature regime on the efficiency of the cutting process. The article presents the results of experimental studies, which showed that the use of optimal lubricant and cutting temperature control allows to increase the efficiency of the cutting process in the following directions:

– Increase of tool durability. The application of coolant allows to reduce the temperature in the cutting zone, which leads to a decrease in tool wear.

– Reduction of roughness of the machined surface. The use of coolants allows to reduce the temperature in the cutting zone, which leads to a decrease in the deformation of the machined material and, as a consequence, to an improvement in the quality of the machined surface.

– Reduction of cutting forces. The application of coolants allows to reduce the temperature in the cutting zone, which leads to a decrease in friction between the tool and the processed material and, as a consequence, to a decrease in cutting forces.

The obtained results indicate that the use of optimal coolant and cutting temperature control are effective ways to improve the efficiency of the cutting process.

Recommendations on the use of coolants (lubricating and cooling liquids) and types of coolants to improve the accuracy of the surface layer of machine parts; Recommendations on the creation of new types of environmentally friendly coolants are given.

A multifaceted method of selecting new compositions of coolants is proposed. The method is based on the fact that the chemical composition of the part and tool material, machining methods, cutting modes, requirements to accuracy and quality of the surface layer of the part are taken into account when selecting coolants.

Key words: coolant – lubricating and cooling technological medium, temperature mode, efficiency of cutting process, tool durability, roughness of machined surface.

Сведения об авторах

Ержан Ярнарович Шаяхметов – PhD, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

Аслан Бекжанович Советканов – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Руслан Байронович Мейрбеков – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; r.meyrbekov@bk.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Ержан Ярнарлович Шаяхметов – PhD, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>

Аслан Бекжанович Советканов – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Руслан Байронович Мейрбеков – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: r.meyrbekov@bk.ru.

Information about the authors

Yerzhan Shayakhmetov – PhD, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

Aslan Sovetkanov – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Ruslan Meirbekov – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: r.meyrbekov@bk.ru.

Редакцияға енуі 29.01.2024

Жариялауға қабылданды 29.02.2024