

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Якубов Чінгіз Февзійович

УДК 621.9.048

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ
ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ
ШЛЯХОМ СПРЯМОВАНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЇХ
ПОЧАТКОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ**

Спеціальність 05.03.01 – процеси
механічної
обробки,
верстати та
інструменти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Різання матеріалів та різальні інструменти” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

Доктор технічних наук,
професор
**Грабченко Анатолій
Іванович,**
Національний технічний
університет
“Харківський
політехнічний інститут”,
завідувач кафедри
“Різання матеріалів
та різальні інструменти”.

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук,
професор
**Кондусова Олена
Борисівна,**
Українська державна
академія
залізничного транспорту,
м. Харків,

професор кафедри
“Матеріали і
технологія виготовлення
виробів
транспортного
призначення”

кандидат технічних наук,
доцент

**Краснощок Юрій
Степанович,**
Харківський державний
технічний університет
сільського господарства,
доцент кафедри
“Технологія матеріалів”

Провідна установа:

Запорізький
національний технічний
університет
Міністерства освіти і
науки України,
м. Запоріжжя

Захист відбудеться 01.07. 2004 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий 29.05 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12

Пе

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток машинобудування нерозривно пов’язаний з інтенсифікацією процесу обробки матеріалів різанням, частка якого складає не менше 30 – 40% трудомісткості виготовлення машин. До того ж обсяг розмірної обробки у світовому виробництві безперервно зростає. За даними фірми LMSC вартість обробки зі зняттям металу кожні 7 років подвоюється.

Таким чином, інтенсифікація процесу різання продовжує залишатися однією з найважливіших проблем машинобудування, а її ключовою складовою є підвищення стійкості різального інструменту. Високоєфективним та універсальним засобом вирішення цієї проблеми є ЗОТС, про що свідчать великі об’єми їх застосування: США – 230 млн. л/рік, країни СНД (до 1991 р.) – 205 млн. л/рік, Франція – 70 млн. л/рік, Німеччина – 110 млн. л/рік.

Проте екологічна спрямованість сучасного виробництва висуває проблему відмови від ЗОТС на мінеральній основі, або різкого скорочення їх використання. За відомими недоліками „сухого” різання повна відмова від ЗОТС практично неможлива. Проте, мінімізація ж їх витрат – завдання реальне, і, в першу чергу, за рахунок можливості застосування екологічно чистих мастил рослинного походження. Однак висока адсорбційна активність даних мастил за рахунок впливу на адгезійні явища, зокрема, зменшення площі контакту інструменту зі стружкою, обумовлює зростання питомих контактних навантажень, що в загальному випадку повинно інтенсифікувати знос різального інструменту. Але, що при певних температурах (для швидкорізальних інструментів 200–350 °С) зростання контактного тиску понад 500 МПа,

посилюючи пластичну деформацію контактних шарів, обумовлює їх зміцнення і збільшення зносостійкості.

Виходячи з даного положення роль ЗОТС в протіканні контактних процесів слід розуміти не тільки у зменшенні сил тертя, температури різання і утворенні хімічних сполук, але й у структурній трансформації контактних шарів інструменту і в певному їх зміцненні.

Мастила рослинного походження, що у значній кількості містять у собі поверхнево-активні речовини (ПАР) і мають високу проникаючу здатність, повинні бути в цьому плані найбільш ефективними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконання дисертаційної роботи пов'язано з держбюджетною і міжнародною науковими тематиками кафедри "Різання матеріалів і різальні інструменти" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" за наступними темами: M2223 "Розробка концепції способів формування високоточних поверхонь виробів машинобудівного та медичного призначення з заданими функціональними властивостями на основі комплексного застосування нових видів покриттів та управління трансформацією стану ріжучих поверхонь алмазно-абразивних інструментів", 1999 – 2001 р. і M2226 "Розробка системи високої технології обробки композиційних матеріалів, що включає об'єктно-орієнтоване статистичне моделювання алмазно-абразивних інструментів, керування формуванням обробленої поверхні з врахуванням властивостей анізотропії, нанесення ефективних функціональних покриттів, у тому числі біоінженерних, і створення експертної системи якості", 2002 – 2004 р.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення зносостійкості швидкохідного інструменту за рахунок направленої трансформації його вихідних властивостей в процесі припрацювання різанням в умовах мінімізації подачі ЗОТС.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

– розробити методику досліджень, яка передбачає цілеспрямований вибір ЗОТС, різальних інструментів і оброблюваних матеріалів, а також засобів вимірювання, що включає використання стандартних і розробку оригінальних методик;

– дослідити вплив ЗОТС на характеристики контактних процесів: площу контакту, наростоутворення, адгезію, усадку стружки, сили і температуру різання, що дозволяють експериментально уточнити особливості впливу ЗОТС рослинного походження на ці характеристики;

– встановити механізм впливу ЗОТС на трансформацію властивостей контактних шарів інструменту. Визначити оптимальні умови реалізації цього механізму в процесах зміцнення;

– теоретично обґрунтувати вклад трансформації властивостей у зношуванні трибооб'єкта. Експериментально оцінити вплив ЗОТС на знос інструменту через супроводжуючий механізм зміцнення його контактних шарів;

– запропонувати економічно ефективні і екологічно безпечні методи підвищення стійкості інструменту, пов'язані з впливом ЗОТС рослинного походження на зміцнення його робочих поверхонь.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки і зношування при мінімізації застосування ЗОТС.

Предмет дослідження. Направлена трансформація властивостей поверхневого шару швидкорізального інструменту та його зносостійкість.

Методи дослідження. Досягнення поставленої мети здійснювалося комплексними теоретико-експериментальними дослідженнями. Енергетичний (теоретичний) аналіз був представлений оцінкою вкладу трансформованої структури в зношування. Теплофізична модель мала на меті уточнення ролі термодеструкції в контактних процесах при застосуванні ЗОТС рослинного походження. Експериментальна частина виконана за комплексною методикою, що включає стійкісні, теплофізичні, міцнісні, металографічні, мікроскопічні і традиційні при вивченні процесів різання дослідження з використанням мікроскопа MİTUTOYO, профілометричного стенда фірми HOMMEL, динамометрів KISTLER, спеціальної камери інфрачервоного випромінювання, субмікротвердовиміра „Nanotest TM” та ряду оригінальних розробок і приладів. Методика передбачала також цілеспрямований вибір оброблюваних матеріалів і ЗОТС.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлений новий механізм дії ЗОТС. Змашувально-охолоджуючі середовища обумовлюють підвищення рівня нормальних напружень, підсилюють деформаційні процеси на робочих поверхнях інструменту, забезпечуючи в оптимальних умовах формування контактних шарів

зміцненої зносостійкої структури. Показано, що в оптимальних умовах формування зносостійких структур (200 °С – 400 °С), ефект зміцнення корелює з рівнем контактних напруг і рослинні мастила, маючи високу змащувальну здатність і, як наслідок, більше зростання питомих контактних навантажень, кращі за ЗОТС на основі мінеральних мастил та емульсій. За принципом енергетичного аналізу оцінено вплив структури, що трансформується, на інтенсивність об'ємного зношування, яке помітно (до 4-х разів) знижується при зміцненні контактних шарів інструменту в середовищі рослинного мастила.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі оцінки змащувальної дії ЗОТС як фактору, що обумовлює зміцнення контактних шарів інструменту, встановлені принципово нові шляхи їх ефективного використання: з одного боку, це розширення областей впровадження в промисловість мастил рослинного походження з урахуванням застосування техніки мінімального змащування в зміцнюючому режимі попереднього припрацювання, з іншого – створення основи для синтезу припрацьованих мастил стосовно до процесу різання. Практична цінність результатів цієї роботи визначається також тим, що розроблений спосіб пов'язаний з використанням внутрішніх ресурсів самого процесу – зміцнення інструменту припрацюванням в середовищі заданої ЗОТС здійснюється в ході технологічної операції і тому не потребує при впровадженні особливих матеріально-технічних витрат.

Особистий внесок здобувача полягає в тому, що ним сформульовані мета і задачі дослідження, направлені на встановлення механізму дії ЗОТС, пов'язаного з стимулюванням процесів зміцнення контактних шарів інструменту. Теоретично оцінений внесок трансформацій структури в знос інструменту. Складений план експериментальних досліджень, до якого входить використання стандартних і розробка оригінальних методик, що в комплексі забезпечують отримання достовірних даних. Здобувачем особисто проведено весь обсяг досліджень, сформульовані висновки і рекомендації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися на 8 міжнародних науково-технічних семінарах „Високі технології в машинобудуванні – Інтерпартнер” (м. Алушта), міжнародних конференціях „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я” (м. Харків), науково-технічній конференції в м. Суми, на семінарах кафедри „Різання матеріалів і

різальні інструменти” Національного технічного університету „ХПІ” і кафедри „Технологія машинобудування” Кримського державного інженерно-педагогічного університету (м. Сімферополь).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 12 праць, з них 10 – в фахових виданнях, 5 – одноосібних.

Структура і об’єм дисертації. Дисертація складається з вступу, п’яти розділів, загальних висновків і додатків, містить 153 сторінок машинописного тексту, 50 ілюстрацій на 47 сторінках, 9 таблиць за текстом і 104 використаних літературних джерела на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційного дослідження, її наукова новизна, викладена структура роботи.

Розділ 1. Представлен огляд фундаментальних і сучасних досліджень вітчизняних і закордонних вчених, які вивчали природу впливу ЗОТС на процес різання і суть явищ, що протікають на контактних поверхнях і обумовлюють зношування і руйнування інструменту. Показані сучасні тенденції розвитку техніки мінімального змащування в поєднанні з використанням екологічно чистих мастил рослинного походження, що у сукупності визначає зниження як загальних витрат на використання ЗОТС, так і рівень їх негативного впливу на оточуюче середовище.

Роль ЗОТС в протіканні процесів різання суттєва і складна. З одного боку за рахунок змащувальної і охолоджуючої дії вона знижує рівень енергії, яка розвивається процесом, з іншого – шляхом створення високих градієнтів температур стимулює подібно до завалочного середовища структурні перетворення, з третього, – сприяє утворенню вторинних структур в поверхневому шарі, вносить зміни у механізм зносу інструменту.

Оптимальним з точки зору екологічної орієнтації процесу механічної обробки є застосування як ЗОТС речовин, що не містять у собі шкідливих компонентів. В цьому плані найбільш перспективними є мастила рослинного походження (особливо модифіковані) в поєднанні з використанням техніки мінімального змащування.

Рослинні мастила характеризуються хорошою змащувальною властивістю. Хімічна структура гліцерину визначає властивість ефективного захисту від зношування, тому що молекулярні зв’язки між поверхнею металу і натуральних ефірів значно сильніші, ніж сили адгезії, що діють між мінеральним мастилом і поверхнею металу. При цьому зносостійка плівка при підвищених навантаженнях зберігається.

Висока змащувальна властивість мастил на рослинній основі пояснюється також тим, що на відміну від мінеральних вони побудовані на молекулах, які ведуть себе як мікромагніти: адсорбуючись одним полюсом на поверхні інструменту, вони утворюють контактну щільну змащувальну плівку.

При всій різноманітності ці мастила створюються у відповідності до єдиної у основі вимоги – за рахунок зниження роботи і температури різання (тертя) зменшити рівень падіння міцності контактних шарів інструменту або хоча б підтримувати властивості матеріалу близькими до вихідних.

Останнє відображає традиційний підхід до проблеми стійкості, який формувався на припущенні про виключне падіння міцності контактних шарів інструменту в процесі різання. Проте, як показали дослідження, виконані у Ташкентському політехнічному інституті, робочі поверхні інструменту у процесі різання можуть також і зміцнюватися. Цей ефект проявляється на початковому етапі процесу різання – етапі припрацювання інструменту в результаті пристосування його робочих поверхонь до зовнішніх умов навантаження. Він характерний для певних умов різання. За аналогією з припрацюванням пар, що труться, інструмент, зміцнений шляхом його припрацювання в цих умовах, виявляє суттєве підвищення стійкості при його експлуатації в інших. Саме умови припрацювання вирішальним чином впливають на стійкість інструменту, виступаючи своєрідним її регулятором. Основним механізмом в цьому процесі є деформаційне зміцнення, яке і визначило можливість підвищення стійкості інструменту із збільшенням контактних навантажень (понад 500 МПа) при температурах 200 °С – 350 °С.

Але підвищення питомих навантажень має місце і при застосуванні ЗОТС, коли рівень зниження сил відстає від зменшення площі контакту, і тим більшою мірою, чим більше переважає змащувальна дія. Цьому положенню відповідають рослинні мастила, які мають високу проникну здатність при подачі їх у варіанті техніки мінімального екологічно безпечного змащування. Отже при застосуванні ЗОТС у відмічених вище умовах (тиск більше 500 МПа і температурах 200 – 350 °С) виправдано очікувати зміцнення контактних шарів інструменту.

На основі проведеного аналізу були сформульовані мета і задачі дослідження.

Розділ 2. В даній роботі дослідження проводилися в основному на операціях точіння і свердління. Перший процес був вибраний як „класичний” – методично зручний і найбільш інформативний, на базі якого будуються основні моделі, що використовуються при інших видах обробки. Другий – як той, що виконується переважно швидкорізальним інструментом і потребує обов’язкового використання ЗОТС.

В дослідженнях використовувалися інструменти (суцільні і зі змінними пластинами) із Р6М5 та Р6М5К6, геометричні параметри яких залишалися постійними, забезпечуючи можливість порівняльного аналізу.

Стійкісні експерименти виконувалися стандартним методом поздовжнього точіння на токарно-гвинторізних верстатах 1К62 і Golchester TRIUMF 2500 (Англія), обладнаних безступінчатим приводом. Режими різання відповідали умовам чистового і напівчистового точіння.

Оброблялись хімічно інертна нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, хімічно активний титановий сплав ВТ 22 і конструкційна (для порівняння) сталь 45, на операціях свердління важкооброблюваний порошковий сплав Sint-C-40 (ENW Thale Sintermetall GmbH).

Вимірювання зносу здійснювалось на мікроскопі МІТУТІУІ з точністю цифрового лунету до 3-го знаку після коми при 64-кратному збільшенні. Шорсткість і профілограми зношеної лунки досліджувалися на профілометричному центрі HOMMEL TESTER T 8000 (Німеччина).

Для досліджень на операціях обробки отворів були вибрані свердла стандарту DIN 338 від трьох різних виробників (FETTE, Guhring, GARANT) з позиції співвідношення ціни і якості запропонованого інструменту.

Як ЗОТС застосовувалися емульсії 5-ти і 10%-ної концентрації, мінеральне мастило “Індустріальне-20” (ГОСТ 20799-75), різні види рослинних мастил і модифікована спеціальними присадками рапсова олія VP 231, спрямовані на використання в режимі техніки мінімального змащування (ТМЗ). Для мінімізації витрат масляних ЗОТС застосовувалися спеціальні дозуючі пристрої низького тиску фірми STEIDLE®, “Minicool-2” і MMS-12-T.

Температура при різанні визначалася методом природної термопари. З урахуванням похибок, що з’являлися при відомому методі тарування у ваннах з розплавом, на базі верстата 1К620 була

розроблена спеціальна схема і зібраний прилад для тарування. Вимірювання температури різання на операції свердління здійснювалося радіаційним методом спеціальною камерою інфрачервоного випромінювання, адаптованою до верстата з ЧПУ марки МАНО МН 600 Е.

Вимірювання мікротвердості контактної поверхні інструменту виконувалися на універсальному вимірювальному центрі “Micro Materials NanoTest”, призначеному для тестування механічних властивостей матеріалів на мікро- і нанорівнях.

Силові параметри процесу різання вимірювалися динамометрами УДМ-600, KISTLER 9257 В (Швейцарія), при свердлінні – KISTLER 9123 В. Результати експериментів оброблялись за допомогою відомих методів теорії ймовірності і математичної статистики.

Розділ 3. У відповідності до задач, що вирішувалися у цій роботі, розглянуті особливості впливу ЗОТС рослинного походження на основні показники контактних процесів. Для забезпечення порівняльного аналізу у досліджах застосовувались також ЗОТС на мінеральній і водній основах. З цією ж метою оброблялись матеріали різної деформованості і хімічної активності.

Як відомо, першопричиною впливу середовищ на процес різання є зміна довжини (площі) контакту стружки з передньою поверхнею інструменту. Отримані дані підтверджують це положення. Застосування всіх видів мастил обумовлює зниження площі контакту стружки з передньою поверхнею інструменту. Найбільш сильно цей ефект проявляється при застосуванні мастил рослинного походження – в середовищі соняшникового та льняного – майже у 2 рази, тоді як при використанні веретенного (мінерального) мастила площа контакту зменшується всього на 15%. У першому випадку нарост або відсутній, або (у всіх інших досліджених середовищах) утворюються нарости різної форми, висота яких у 1,5 рази менше, ніж при різанні на повітрі (табл.1).

Таблиця 1

Зміна площі контакту і висоти наросту при точінні сталі 45 в різних середовищах

Масла, що використовуються	Площа контакту, 10^{-6} м^2	Висота наросту H , 10^{-3} м .
Повітря	0,77	0,42

Льняне	0,385	–
Соняшникове	0,42	–
Соєве	0,56	0,3
Сафлорове	0,49	0,3
Рапсове	0,595	0,27
Веретенне	0,665	0,31

Для уточнення отриманих результатів були зняті профілограми контактних поверхонь різців із Р6М5К5 при точінні різних по деформованості і хімічній активності матеріалів у різноманітних ЗОТС.

При різанні хімічно активного титанового сплаву ВТ-22 контактні процеси супроводжуються інтенсивними явищами схоплюєності у всіх середовищах. Ділянки контактних поверхонь, що примикають до різальної крайки, покриті загальмованим (застійним) шаром оброблюваного матеріалу, витягнутим у напрямку сходу стружки, і закінчується окремими плямами налипання. Отже, з переходом від різання на повітрі до мінерального мастила „I-20” площі ділянок, покритих загальмованим шаром і налипаннями, знижуються. При цьому адгезійні процеси в середовищі VP 231, синтезованому на базі рослинної (рапсової) олії, менш виявлені – налиплі частинки (і шар у цілому) стають крихкими, легко відриваються і виносяться.

В аналогічних умовах картина адгезійних процесів різко змінюється при обробці хімічно інертної нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Інтенсивні процеси схоплювання на повітрі змінюються рідкісними фрагментами налипань при різанні в середовищі мінерального мастила I-20 і крапковим адгезійними плямами в середовищі VP 231. Профілограми контактних поверхонь, зняті по трьом перпендикулярним до головної різальної крайки перетинам, показали наступне. Після різання титанового сплаву ВТ-22 „всуху” значення максимальної товщини загальмованого шару становили 9,1; 8,1; 6,99 мкм, в мінеральному мастилі – 10,5; 9,3; 8,2 мкм; тоді як у VP 231 – 3,5; 3,6; 0,8 мкм, тобто майже у 3 рази менше.

При різання нержавіючої сталі на повітрі спостерігається високе значення товщини загальмованого шару – 27,4; 21,8; 24,7 мкм і різке зниження їх при різання в мінеральному мастилі – 3,0; 2,5; 5,4 мкм і особливо у рослинному VP 231: 1,5; 1,7; 1,5 мкм, тобто на порядок

менше, ніж при різанні “всуху” і у 2 рази відносно різання в мінеральному мастилі.

Таким чином, ЗОТС на рослинній основі, що має високі змащувальні властивості, суттєво змінює зміст контактних процесів, знижуючи роль адгезійних явищ і, як наслідок, зменшення площі контакту (довжини l_k) стружки з поверхнею інструменту (рис. 1).

Рис. 1. Вплив ЗОТС на загальну довжину контакту l_k із зміною часу різання ($t = 0,5$ мм; $S = 0,2$ мм): а - Сталь 45; б - сталь 12Х18Н10Т.

Експерименти показують, що застосування ЗОТС практично не впливає на силу P_z (не більше 20% у діапазоні низьких швидкостей). Помітне (до 50%) зниження зусиль різання зафіксовано при обробці сталі 45 і найбільше падіння сил (як P_y , так і P_x) спостерігається у діапазоні швидкостей до 50 м/хв. При цьому дія середовища на мінеральній і рослинній основах виявляються приблизно однаково. В меншій мірі впливають на P_y і P_x середовища, які використовуються, при різанні нержавіючої сталі 12Х18Н10Т і практично непомітна їх роль при обробці титанового сплаву ВТ-22. Ці результати логічно пов'язуються з описаними вище особливостями контактних процесів у присутності різноманітних за походженням ЗОТС.

Звичайно, важко отримати повну інформацію про вплив ЗОТС на силові параметри процесу свердління. Тем не менш, дані, отриманні у широкому (до температури теплостійкості) діапазоні режимів різання дозволяють відзначити обставини, важливі з точки зору застосування ЗОТС на рослинній основі.

По-перше, практично при всіх умовах різання масло на рослинній основі VP 231 обумовлює зниження осьової сили P_o і крутного моменту $M_{кр}$ відносно свердління “всуху”. По-друге, по впливу на вказані параметри його дія рівноцінна індустріальному І-20. По-третє, по ефекту, який оцінюється, воно несуттєво поступається найбільш широко застосовуваному на операціях свердління ЗОТС на водній основі – 10%-вій емульсії.

При оцінюванні ефективності ЗОТС одним з найбільш важливих показників є зміна температури.

Як і належало очікувати, найбільший вплив на температуру різання справляє емульсія, забезпечуючи її зниження до 20–30%. Вплив модифікованої рапсової олії VP 231 невеликий, переважно на низьких швидкостях різання (до 350 °С), що відтіняє механізм його дії,

пов'язаний виключно зі зміною роботи тертя. Ця обставина обмежує використання даного середовища, вказуючи на необхідність пошуку умов його використання. До цього можуть відноситись інструменти, що працюють на занижених режимах, ЗОТС з підвищеною змащувальною властивістю (перед усім рослинні мастила). Відкривається можливість використовувати їх як припрацьовочні мастила, якщо виконується попереднє припрацьовання інструменту.

При свердлінні вплив VP 231 фіксується і на більш високих температурах, які сягають 400 °С, що відповідно до прийнятої схеми вимірювання відображає її максимальне значення. При свердлінні легованого порошкового сплаву Sint 40-S, який важко обробляється, середовище на основі рапсової олії VP 231 практично не впливає на температуру різання.

Розділ 4. Вплив ЗОТС в процесі різання позначається не тільки на зменшенні роботи деформації і сил тертя, зниженні температури і утворенні хімічних сполук. Одночасно вони обумовлюють структурну трансформацію властивостей контактних шарів інструменту і в певних умовах їх зміцнення. Останнє може бути результатом підвищення тиску на передній поверхні внаслідок зменшення площі контакту інструменту зі стружкою (при змащувальній і хімічній дії за рахунок зміни адгезійних явищ, при охолоджуючому – за рахунок зниження пластичності стружки), що інтенсифікує пластичну деформацію шарів матеріалу інструменту, які примикають до контактних поверхонь.

Ефективність цих процесів може бути значно підвищена при застосуванні мастил рослинного походження, які, маючи високу проникаючу здатність і знижуючи площу контакту, сприяють збільшенню питомих контактних навантажень. І, як показали наші розрахунки на основі теплофізичної моделі, ці процеси підсилюються проявами термодеструкції.

В поясненні ефективності ЗОТС з позиції зниження площі контакту, ролі адгезійних процесів і відповідно зношування є певне протиріччя. Воно пов'язане з ростом питомих навантажень, що витікають із неадекватної зміни контактної зони і зусиль різання при застосуванні ЗОТС. Збільшення контактного тиску повинно підсилювати зношування. Проте такий процес не завжди відбувається. При певних умовах з ростом питомих навантажень зношування зменшується.

Дійсно, відриву часток передуює пластична деформація у складових її мікрооб'ємів; після вичерпання запасу їх пластичності частинка може

відірватися, залишивши після себе частку (начебто слід) зміцнених шарів. В результаті до контактної поверхні примикають охоплені деформуванням (зміцненням) мікроділянки, які разом з деформованими, але ще не зношеними об'ємами, складають зміцнений шар зі зміненими порівняно з початковою структурою властивостями. Це відбувається в умовах, коли процеси падіння міцності не домінують і, супроводжуючи перехід зовнішнього тертя до внутрішнього в приконтактних шарах інструменту, він стає тим значнішим (в об'ємах і ступені деформації), чим вищий рівень питомих контактних навантажень.

Таким чином, контактні навантаження на робочих поверхнях інструменту створюють складний напружений стан, який сприяє пластичній деформації. Ця деформація з її зміцнюючим фактором (при певних теплових і силових навантаженнях) є основним первинним процесом, що передує зношуванню.

Основою для протікання процесів зміцнення є те, що межа текучості контактних шарів інструментального матеріалу в результаті нагрівання значно падає і діючі напруження виявляються достатніми для пластичної деформації цих шарів.

Величина деформаційного зміцнення визначається щільністю дислокацій і може бути описана залежністю:

$$\Delta\sigma_g = 0,5 \cdot G \cdot b \cdot \sqrt{\rho}, \quad (1)$$

де $\Delta\sigma_g$ – приріст міцності при деформаційному зміцненні;

G – модуль пружності;

b – вектор Бюргера;

ρ – щільність дислокацій.

У дослідженнях Ш.А. Каримова зміцненням інструментів припрацюванням в процесі різання при різних тисках отримано ефект підвищення стійкості в 5 – 6 разів. На основі цих і комплексу інших даних встановлені оптимальні умови припрацювання швидкорізального інструменту. Вони відповідають температурному діапазону 200–350 °С і обмежуються на нижній межі рівнем тиску біля 0,5 МПа, а на верхній – опором різальної крайки крихкому руйнуванню. В інтервалі вказаних тисків ефект зміцнення тим вищий, чим більші питомі нормальні навантаження.

Порівняння значень тиску, які обумовлюють вказаний ефект підвищення стійкості, з нашими даними показує, що при застосуванні

ЗОТС досягається такий самий рівень тиску. Отже, показники зміцнення і зносостійкості повинні в принципі відповідати відміченим.

При різанні в середовищі VP 231 приріст міцності, розрахований за експериментальними значеннями щільності дислокацій, доходить до 40%, що еквівалентно результатам, які досягаються термічними, термохімічними та іншими видами зміцнюючих технологій.

Вимірювання електропровідності (омічного опору контакту) також фіксують вплив ЗОТС на деформацію (і зміцнення в оптимальних умовах) контактних шарів. Величина ефекту залежить від рівня контактних тисків, які у свою чергу визначаються проникною здатністю ЗОТС, підвищенні значення якої відповідають рослинним мастилам.

На приладі “NANOTEST TM” проведені дослідження субмікротвердості контактних шарів, сформованих при різанні.

Ступінь зміцнення залежить від властивостей оброблюваного матеріалу і змащувальної дії середовищ настільки, наскільки вони впливають на рівень контактних тисків. При різанні сталі 45, коли контактні напруження відносно низькі, зміцнення незначне. Вплив змащувальної дії зовнішнього середовища полягає в тому, що застосування мінерального масла „I-20” обумовлює стабілізацію властивостей контактних шарів по твердості, групуючи приблизно рівні їх значення (8–10 ГПа) біля нижньої межі вихідної твердості, тоді як застосування VP 231 обумовлює таке саме групування біля верхньої межі (10–12 ГПа), наче завершуючи не реалізовані при термічній обробці процеси зміцнення.

Найбільше зміцнення (приріст твердості відносно вихідної на окремих ділянках досягає 90%), як і очікувалось, спостерігається при різанні титанового сплаву VT-22, обробка якого характеризується розвитком найбільш високих значень контактних тисків серед усіх досліджуваних матеріалів. Дія модифікованого масла „VP 231” відрізняється від різання „всуху” і в „I-20” тим, що в першому випадку практично не фіксуються ділянки не зміцненої структури, тоді як в другому і третьому вони постійно спостерігаються.

Більш рівномірно по всій площі контакту протікають процеси зміцнення при різанні нержавіючої сталі 12X18H10T, як це показано на рис. 2.

Рис. 2. Значення субмікротвердості контактних шарів інструменту зі сталі P6M5K5 на передній поверхні після точіння сталі 12X18H10T в різних середовищах.

Вплив середовищ у цьому випадку проявляється у двох принципових особливостях: застосування масел (як VP 231, так і I-20) практично виключає падіння міцності і підвищує загальний рівень і глибину зміцнення до значень, які перевищують вимірювальні межі приладу.

Як відомо, застосування ЗОТС з точки зору зменшення зношування пов'язується із зниженням роботи тертя і температури, для того щоб зберегти (не допустити падіння міцності) початкові властивості інструментального матеріалу. Результати наших досліджень виявляють принципово новий механізм дії ЗОТС – можливість зміцнення контактних шарів інструменту при застосування ЗОТС і вихід на управління зношуванням через цей механізм.

У загальному випадку, в реальних умовах, які охоплюють широкий діапазон температур і навантажень, робочі поверхні інструменту зношуються, знаходячись у трьох станах: вихідному, зміцненому і у стані зменшеної міцності (рис. 3).

Рис. 3. Схема, що визначає вплив температури на трансформацію властивостей контактних шарів інструменту

У зоні I внаслідок відносно низьких температур (до 200 °C) деформаційні процеси на контактних поверхнях інструменту малопомітні і початкова структура не зазнає змін при зношуванні, тобто приріст твердості $\Delta H_u \approx 0$.

Для зони III характерні процеси падіння міцності контактних шарів інструменту ($\Delta H_u < 0$), які стимулюються підвищеними значеннями температур (понад 400 °C).

Зона II охоплює діапазон температур від 200 °C до 400 °C, при яких випробування сталей деформаційним навантаженням виявляють так званий „горб міцності”, що відображає перевагу процесів зміцнення над падінням міцності в залежності $\sigma_s = f(\theta^{\circ}C)$. При різанні даний процес стимулюється тим, що межа текучості інструментального матеріалу в контактних шарах в результаті нагрівання значно падає і діючі навантажуючі напруження виявляються достатніми для пластичної деформації. Дійсно, як і в фрикційних парах, чим вищий рівень контактних напружень, тим вищий ступінь зміцнення і нижча інтенсивність зношування. Цей зв'язок в даних дослідженнях

забезпечувався підбором ЗОТС, серед яких рослинні мастила виявилися найбільш ефективними.

Зміцнення у зоні II реалізується послідовним ланцюгом взаємопов'язаних процесів: силове і теплове навантаження контакту → пластична деформація фрикційних об'ємів → утворення вторинних (зміцнених) структур → зношування (втомне руйнування) фрагментів, що вичерпали запас пластичності. Роль ЗОТС у цьому процесі полягає у зниженні площі контакту стружки з передньою поверхнею інструменту, обумовлює ріст питомих навантажень. Реакція на це проявляється посиленням деформацій контактних шарів і їх трансформацією в напрямку зміцнення. Цей процес є невід'ємною частиною механізму зношування інструментів, які працюють за технологічними обмеженнями і особливостями конструкції в діапазоні вказаних (200 °С – 400 °С) температур: різьбоутворюючих протяжок, зенкерів, розверток і т. ін. В іншому варіанті даний процес відкриває принципово новий шлях ефективного використання ЗОТС, а саме – по аналогії з парами тертя як припрацьовочні мастила при різанні. Процес перспективний для впровадження в промисловість ЗОТС на рослинній основі, тому що останні при подачі в режимі мінімального змащування (біля 3,0 мл/хв.) забезпечують найбільший ефект зміцнення.

Розділ 5. Із результатів розділу 4 витікає, що ЗОТС можуть впливати на зношування інструменту не тільки за рахунок змащувальної і охолоджуючої дії, але й обумовлювати трансформацію властивостей контактних шарів в напрямку їх зміцнення, що визначається ростом щільності дислокацій. В роботі дана енергетична (розрахункова) оцінка ролі цих процесів у зношуванні.

Дислокаційна структура, що формується при фрикційній взаємодії, в значній мірі впливає на форму і розмір частинок зношування. Дійсно, дислокації як результат пластичної деформації локалізуються уздовж площини зсуву деформаційно-зміцненої структури. Відрив частинок зношування відбувається по найбільш ослабленій зоні, як правило, за напрямками, паралельними текстурі. Отже, чим сильніше деформована структура, тим щільніше розміщуються площини зсуву пластичної деформації, що є потенціальними поверхнями руйнування, і частинка зношування набуває більш тонкої лускоподібної форми, тобто із збільшенням щільності дислокацій можна очікувати зменшення розміру частинки зношування, що рівнозначно підвищенню зносостійкості.

Прямим методом оцінки ступеню трансформації властивостей контактних шарів інструменту є їх випробування на зношування. При цьому оцінка об'ємного зношування і його інтенсивності, які є фізичними параметрами, надає більш повну інформацію.

Дані, що отримані при профілографуванні на приладі Hommel Tester T 8000, переконливо свідчать про вплив ЗОТС на зміцнення контактних шарів інструменту і формування зносостійких структур, які забезпечують майже 4-х разове зниження об'єму і інтенсивності зношування відносно заданих структур або тих, що формуються при різанні на повітрі.

Відповідно до схеми (див. рис. 3) ступінь зміцнення контактних шарів інструменту в оптимальних умовах (зона II) залежить від рівня нормальних навантажуючих напружень і збільшується з їх ростом. Серед оброблюваних матеріалів в даних дослідженнях найбільш високий рівень тиску спостерігається при різанні титанового сплаву BT 22, причому він зростає при застосуванні ЗОТС, особливо в середовищі масла VP 231. Отримані дані підтверджують цей прогноз. Зміцнення припрацюванням у всіх середовищах забезпечило підвищення стійкості інструменту, а при застосуванні VP 231 ефект сягає майже 300%.

Дещо нижчий рівень тисків при різанні нержавіючої сталі 12X18N10T порівняно зі сплавом BT 22 обумовлює відповідне зменшення ефекту від зміцнення припрацюванням у всіх середовищах. Цей ефект при варіюванні режимами припрацювання в середовищі VP 231 знов-таки залишається достатньо високим (біля 200%).

Зміцнення припрацюванням при різанні сталі 45 не виявляє помітного зниження зношування, тому що обробка цієї сталі характеризується низьким рівнем тисків ($\leq 0,5$ ГПа). Не приводить до практично значущого ефекту і зміцнення припрацюванням із застосуванням ЗОТС, тоді як різання нержавіючої сталі в режимі попереднього припрацювання в відміченому середовищі забезпечує зміцнення контактних шарів інструменту, здатних знизити його зношування при різанні сталі 45.

Таким чином, при різанні в діапазоні оптимальних температур (200–400 °C) фактори, що сприяють росту питомих навантажень, обумовлюють підвищення ступеню зміцнення і зносостійкості контактних шарів інструменту. В даних дослідженнях такими факторами виступають властивості оброблюваного матеріалу і змащувальна дія ЗОТС.

Враховуючи, що ефект зміцнення контактних шарів і можливість його підсилення в присутності ЗОТС розглянуті стосовно швидкорізальної сталі, подальші дослідження були продовжені на операції свердління. Ефект підвищення стійкості свердел, зміцнених попереднім припрацюванням в середовищі VP 231, досяг 200% (рис. 4).

Рис. 4. Зношування і стійкість свердла Р6М5 при свердлінні стали 45 після попереднього припрацювання в різних середовищах.

Не має сумніву щодо важливості запропонованого методу зміцнення на операціях свердління важкооброблюваних матеріалів, до яких відноситься хромонікелевий порошковий сплав Sint-40-С (HRC 38–40).

Ефект зниження зношування найбільш високий (перевищує 250%) при експлуатації свердла, зміцненого попереднім припрацюванням в середовищі рослинного масла – VP 231. Доведена ефективність зміцнення припрацюванням в середовищі мінерального мастила I-20 і практична недоцільність використання в цих умовах емульсій і повітря. Найважливішим висновком з даних досліджень є те, що вони відкривають принципово новий шлях підвищення стійкості швидкорізальних інструментів при ефективному використанні ЗОТС, перспективу раціонального застосування ЗОТС на основі рослинних масел, створення припрацювочних ЗОТС для обробки матеріалів різанням та використання їх подібним чином.

Встановлено, що зміцнення методом попереднього припрацювання в середовищі VP 231 ефективно у всіх випадках и по стійкості лише незначно поступаються свердлам із зностійкими покриттями. Ця тенденція підтвердилася при дослідженні виготовлених різними фірмами ФРН свердел, зміцнених нанесенням зносостійких покриттів і припрацюванням різанням в середовищі ЗОТС на рослинній основі.

Загальновідомо, що і після спрацювання покриття при утворенні лунки на передній поверхні і площадки зношування на задній поверхні зберігається його сприятливий вплив на стійкість.

У загальному випадку зниження інтенсивності зношування і після спрацювання покриття так чи інакше повинно бути пов'язано з трансформацією властивостей матеріалу інструменту. Роль покриття у цьому випадку можна уявити наступним чином. При наявності покриття матеріал інструменту зазнає деформаційного навантаження

при підвищених тисках і знижених температурах, що викликаються зниженням площі контакту, роботи тертя і наявністю градієнту температури по товщині покриття, що можна порівняти із зниженням швидкості різання, який відповідає діапазону припрацьовочних режимів, де в присутності ЗОТС формуються зміцнені зносостійкі структури.

Однак повної відповідності властивостей вторинних структур, сформованих при різання в режимі припрацювання в присутності ЗОТС і за „час життя” зносостійких покриттів, не повинно бути. У першому випадку формування вторинних структур відбувається, в основному, за рахунок деформаційного зміцнення, а у другому – поєднанням деформаційних і дифузійних процесів, що розвиваються елементами покриття, які при розвитку вторинних структур є активним джерелом легуючих елементів і стимулятором внутрішнього субструктурного масопереносу, змінюючого параметри зміцненого шару порівняно з тим, що виникає у бездифузійних умовах. Результати наших досліджень дозволяють констатувати принципову спільність механізмів впливу зносостійких вторинних структур, сформованих у поверхневих шарах швидкорізального інструменту при наявності покриття і методом припрацювання в середовищі ЗОТС.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. Встановлено новий механізм дії ЗОТС. Змащувально-охолоджуючі технологічні середовища, знижуючи площу контакту стружки з передньою поверхнею інструменту і підвищуючи рівень нормальних навантажень, підсилюють деформаційні процеси на робочих поверхнях інструменту, обумовлюючи в оптимальних умовах формування контактних шарів із зміцненою зносостійкою структурою.

2. Оптимальні умови формування зносостійких (зміцнених) структур на робочих поверхнях інструменту відповідають температурному діапазону 200 – 400 °С, в якому ефект зміцнення корелює з рівнем контактних напружень. В цьому плані рослинні масла і ЗОТС на їх основі кращі, ніж ЗОТС на основі мінеральних масел і емульсій, оскільки мають високу змащувальну здатність і обумовлюють зростання питомих контактних навантажень.

3. Зміцнення, яке є наслідком деформації хаотично розташованих адгезійних вузлів різних розмірів, є неоднорідним і проявляється

локальними фрагментами. Коли забезпечується відносна рівномірність щільності контакту при різанні високопластичної нержавіючої сталі 12X18H10T, зміцнення має більш стабільний характер і спостерігається більша суцільність об'ємів, де відбулася трансформація структури (властивостей).

4. Адгезійному зношуванню передують пластична деформація частинок, які відриваються, і об'ємів, котрі до них прилягають, що в оптимальних умовах супроводжується ростом щільності дислокацій і зміцненням. Це обумовлює зменшення розмірів зношуваних частинок. Останнє при зношуванні зміцненої припрацюванням в середовищі рослинного мастила поверхні інструменту виражається у 4-х разовому зниженні об'єму зношеної маси.

5. Оцінка змащувальної дії ЗОТС як фактора, що обумовлює зміцнення контактних шарів інструменту в режимі припрацювання, відкриває нові шляхи їх ефективного використання: з одного боку, з урахуванням застосування техніки мінімального змащування розширюється область впровадження в промисловість масел рослинного походження, з іншого – створюється основа для синтезу припрацьованих масел для різання.

6. Ефективність дії ЗОТС на основі рослинних масел в значній мірі залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. Відносно різання „всуху” і в середовищі мінерального масла при точінні хімічно активного титанового сплаву це полягає у значному зменшенні площин, покритих застійною зоною і налипаннями, їх крихкістю і у триразовому зниженні товщини. При обробці хімічно інертної нержавіючої сталі інтенсивні процеси схоплювання, що характерні для різання на повітрі, і фрагментарні налипання в середовищі мінерального масла змінюються точковими адгезійними плямами з товщиною, що на порядок менша, ніж у першому випадку і вдвоє, ніж у другому.

7. В показниках, що відображають об'ємні процеси (усадка, зусилля, температура), дія ЗОТС рослинного походження, підпорядковуючись загальним закономірностям впливу середовищ, фіксується рівною ЗОТС на мінеральній основі, а саме – рівень їх ефективності високий при низьких режимах, знижується з ростом швидкості і питомих контактних навантажень. Інше обмеження, специфічне для використання мастил рослинного походження, є обмеження по температурі з верхнім рівнем 350–400 °С, що визначає область їх застосування на низькорегіжних операціях і конкретизує

задачу пошуку нових способів, одним з яких може бути використання їх як припрацьовочних мастил.

8. Є принципова спільність в механізмі впливу на зношування зміцнених структур, сформованих в поверхневих шарах (матриці) інструменту при наявності покриття і припрацьованні інструменту в середовищі ЗОТС. І ті і інші, знижуючи роботу тертя, зменшують площу контакту, обумовлюючи зростання нормальних напружень, які відповідають за трансформацію властивостей деформованих контактних шарів, що відбуваються в оптимальних умовах в режимів зміцнення.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Якубов Ф.Я., Якубов Ч.Ф., Ким В.А. Энергетическая оценка износостойкости режущего инструмента // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: ХГПУ. – 1997. – Вып. 51. – С. 246–250.
2. Якубов Ф.Я., Ким В.А., Тимофеев С.М., Якубов Ч.Ф. Пути повышения эффективности упрочнения инструмента приработкой // Высокие технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. – Харьков: ХГПУ. – 1998 – С.319–321.
3. Якубов Ф.Я., Грабченко А.И., Якубов Ч.Ф. Об одном механизме действия СОТС на износ инструмента // Высокие технологии в машиностроении: современные тенденции развития: Матер. IX междунар. науч.-техн. сем., 16-21 сентября 1999г. – Харьков-Алушта: ХГПУ. – 1999. – С.80.
4. Якубов Ч.Ф. О возможном механизме влияния СОТС на контактные процессы и износ инструмента // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: ХГПУ. – 2000. – Вып. 57. – С. 266–268.
5. Якубов Ф.Я., Ким В.А., Якубов Ч.Ф. К теории процесса самоорганизации при трении и изнашивании // Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Харків ХДПУ. – 2000 – Вип.1 (3) – С.308–315 .
6. Якубов Ч.Ф. К использованию растительных масел в качестве СОТС // Вісник Харківського державного політехнічного університету: Зб. наук. пр. — Харків: ХДПУ. – 2000. – Вип. 100. – С 204–206.
7. Якубов Ч.Ф. Влияние растительных масел на характеристики процесса резания // Резание и инструмент в технологических системах.

– Харьков: ХГПУ. – 2001. – Вып. 60. – С 262–265.

8. Якубов Ч.Ф. Влияние СОТС на упрочнение контактных поверхностей инструмента // Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2001 – Вип.1(4) – С.295–297 .

9. Якубов Ч.Ф. Алиев А.И. Влияние СОТС на износостойкость контактных слоев инструмента в периоде приработки // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ “ХПІ”. – 2002. – Вып. 62. – С. 214–217.

10. Алиев А.И. Якубов Ч.Ф. Влияние различных СОТС на процессы адгезионного взаимодействия. //Вестник СумГУ. – Сумы. – 2002. – № 2 (35). – С. 6 – 8.

11. Попке Х., Эммер Т., Шмидт К., Гринько С.А., Якубов Ч.Ф. Новая концепция фрезерного инструмента с распределением среза // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ “ХПІ”. – 2003. – Вип.64. – С. 163–172.

12. Якубов Ч.Ф. Теплофизическая модель контактного взаимодействия при резании в СОТС // Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2004. – Вип. 1 (8) – С. 194–200.

АНОТАЦІЇ

Якубов Ч.Ф. Підвищення зносостійкості швидкорізальних інструментів шляхом спрямованої трансформації їх початкових властивостей. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати і інструменти. Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2004.

Дисертація присвячена дослідженню механізму підвищення зносостійкості швидкорізальних інструментів шляхом направленої трансформації їх контактних шарів безпосередньо в процесі різання. У цьому аспекті розглянута і визначена роль зовнішнього середовища.

Встановлено, що при певних умовах (температурах 200–400 °С і тисках понад 0,5 ГПа) подача ЗОТС стимулює розвиток деформаційних процесів в контактних шарах різального інструменту, внаслідок чого в них формується структура підвищеної зносостійкості. Застосування спеціальної модифікованої рапсової олії в поєднанні з використанням техніки мінімального змащування виявляється найбільший ефект підвищення стійкості.

Проведено комплексні експериментальні дослідження, які пов'язані з уточненням теоретичних положень і механізму зміцнення різального інструменту в процесі різання.

Розроблені технічні рішення і рекомендації для практичного застосування результатів дослідження, що дозволяють в умовах екологічно безпечного різання підвищити стійкість інструменту у 2–4 рази і обґрунтувати економічну доцільність застосування масел рослинного походження як ЗОТС.

Ключові слова: структурна трансформація, зміцнення, площа контакту, питомі навантаження, зношування, стійкість, мінімалізація витрат ЗОТС, масла рослинного походження, попереднє припрацювання різального інструменту.

Якубов Ч.Ф. Повышение износостойкости быстрорежущих инструментов путем направленной трансформации их исходных свойств. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01. – процессы механической обработки, станки и инструменты. Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2004.

Диссертация посвящена исследованию механизма повышения износостойкости быстрорежущих инструментов путем направленной трансформации их контактных слоев непосредственно в процессе резания. В этом аспекте рассмотрена и определена роль внешней среды.

Установлено, что при определенных условиях (температурах 200 – 400 °С и давлениях более 0,5ГПа) подача СОТС стимулирует развитие деформационных процессов в контактных слоях режущего инструмента, вследствие чего формируется структура повышенной износостойкости. Применение специального модифицированного рапсового масла в сочетании с использованием техники минимальной смазки обнаруживает наибольший эффект повышения стойкости.

Проведены комплексные экспериментальные исследования, связанные с уточнением теоретических положений и механизма упрочнения режущего инструмента в процессе резания.

Разработаны технические решения и рекомендации для практического применения результатов исследования, позволяющие в условиях экологически безопасного резания повысить стойкость инструмента в 2 – 4 раза и обосновывающие экономическую

целесообразность применения в качестве СОТС масел растительной природы.

Ключевые слова: структурная трансформация, упрочнение, площадь контакта, удельные нагрузки, износ, стойкость, минимизация расхода СОТС, масла растительной природы, предварительная приработка режущего инструмента.

Yakubov Ch. F. Increase in wear resistance of the high-speed cutters via directed transformation of their initial properties. - Manuscript.

The competition thesis for the Candidate of Technical Science degree, speciality 05.03.01 - Processes of Mechanical Treatment, Engineering Tools and Tooling. National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, 2004.

The thesis is on the research for the mechanism of the increase in wear resistance of the high-speed cutters via directed transformation of their contacted layers immediately in the process of cutting. In this aspect, the role of the environment is examined and defined.

It is determined that in certain conditions (temperatures of 200...400 °C and pressure more than 0,5 GPa) the addition of Technical Lubricating Refrigerants (TLR) stimulates the development of deformation processes in the contacted layers of a cutter, as a result, the increased wear resistant structure is formed.

The complex experimental research related to the accurate definition of theoretical statements and mechanisms of the cutter enforcement in the process of cutting was conducted.

The technical solutions and recommendations for the practical application of the research results are developed, which will allow to increase the wear resistance of cutters 2,4 times in the ecologically safe cutting conditions, and to substantiate the economical expediency of the application of the TLR oils of vegetative nature.

Keywords: structural transformation, enforcement, contact area, burden per unit, wear, wear resistance, minimizing of the TLR consumption, oils of the vegetative nature, preliminary wear-in of the cutters.

Підп. до друку 26.05.04. Папір офсетний. Формат 60х90/16.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. 1,2 Тираж 100 прим.

Обл. вид.арк. 1,7 Замовлення № _____

Видавництво

Відповідальний за випуск д.т.н. проф. Федорович В.О.