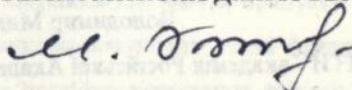


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

КІРИК МИКОЛА ДМИТРОВИЧ



ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРОТИ
СПРАЦЮВАННЯ ДЕРЕВОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ З
ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ТА НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ
СТАЛЕЙ

Спеціальність 05.05.07 - Машини і технологія лісовиробничого
комплексу

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Львів - 1996



00753766 (Y)

AB 35.998

Робота виконана в Українському державному лісотехнічному університеті (УкрДЛТУ), м. Львів.

НАУКОВИЙ КОНСУЛЬТАНТ - лауреат Державної премії України в галузі науки та техніки, доктор технічних наук, професор Голубець Володимир Михайлович

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ - академік Російської Академії природничих наук, заслужений діяч науки Російської Федерації, доктор технічних наук, професор Саньов Валентин Ілліч

- член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор Максимович Георгій Григорович

- доктор технічних наук, професор Плахтина Омелян Григорович

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ - Українське науково-виробниче деревообробне об'єднання (УкрНВДО), м.Київ.

Захист відбудеться: "19 грудня" 1996 року о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.04.03.01 при Українському державному лісотехнічному університеті за адресою: 290057, м.Львів, вул. ген. Чупринки, 103, зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці університету за адресою: 290057, м. Львів, вул. ген. Чупринки, 101.

Автореферат розіслано "12" 11 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої

вченої ради, професор

Прокопович Б.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. На підприємствах, які переробляють масивну деревину та деревні матеріали, основну питому вагу займає обладнання для ділення. На ньому використовується дереворізальний інструмент: рамні, стрічкові та круглі пилки; ножі для стругання і лущення шпону; ножі стружкових верстатів, рубальних машин і гільйотинних ножиць. За обладнанням для ділення друге місце посідає обладнання для зняття припуску. На цьому обладнанні як різальний інструмент використовуються тонкі фрезерні ножі та фрези. Деревообробні підприємства постійно відчувають дефіцит цих інструментів. Окрім того, стійкість їх проти спрацювання є низькою, оскільки основна маса інструменту виготовляється з низьколегованих сталей, а деякі з них (ножі стружкових верстатів та рубальних машин) працюють в агресивних середовищах.

З метою зменшення дефіциту інструменту на підприємствах галузі в механічних цехах почали виготовлення різців, ножів, фрез і пилок власними силами. Завдяки налагодженню випуску інструменту зменшився його дефіцит. Разом з цим (через відсутність та дефіцитність необхідних високолегованих сталей) для виготовлення ножів використовуються високовуглецеві (У8А, У10А) та низьколеговані (6ХС, 9ХС, ХВГ) сталі. Пилки виготовляють із сталі У8А та 65Г, з останньої виготовляють також ножі. Інструменти із цих марок сталей мають низьку стійкість проти спрацювання, швидко змінюється мікрогеометрія їх різального елемента, що призводить до погіршення точності та якості обробки різанням.

Тому актуальними є пошук, теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка високоефективного простого технологічного способу зміцнення дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей замість високолегованих.

Дослідження проведені в рамках пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки 04 "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології". Вони

Др. І. Стефанік

направлені на виконання завдань галузі по забезпеченню деревообробних підприємств стійким проти спрацювання, надійним деревообробним інструментом, тісно пов'язані з науково-дослідною тематикою УкрДЛТУ і виконані безпосередньо співшукачем або під його керівництвом.

Мета роботи - розробка технологічних основ підвищення стійкості проти спрацювання дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей термомеханічною обробкою.

Основні завдання роботи:

1. Провести теоретичні дослідження теплових процесів, що мають місце при реалізації запропонованого способу підвищення стійкості.
2. Розробити методики експериментальних досліджень і створити обладнання для їх реалізації.
3. Дослідити сили, що виникають при термомеханічній обробці, фізико-механічні та якісні характеристики зміцненого поверхневого шару.
4. Розробити технологію термомеханічного зміцнення зубців штабових пилок та технологію комбінованого зміцнення дереворізального інструменту і обладнання для його здійснення.
5. Установити ефективність запровадження в практику народного господарства розроблених технологічних процесів підвищення стійкості проти спрацювання дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей.

Автор захищає:

- математичні моделі розподілу температури в зоні тертя при зміцненні дереворізальних інструментів з гартованих та нормалізованих інструментальних сталей, які дозволяють прогнозувати структурні перетворення, фазові зміни і товщину зміцненого шару металу;
- закономірності зміни тангенціальної та нормальної складових сили взаємодії зміцнюючого диска з оброблюваною поверхнею інструмента залежно від режимних параметрів зміцнення з урахуванням наявності специфічних зон;

- технологічні режими зміцнення гартованих та нормалізованих інструментальних сталей, що дозволяють отримувати зміцнений поверхневий шар певної товщини, високої мікротвердості (твердості), теплостійкості, стійкості проти спрацювання та корозії;

- спосіб зміцнення зубців дереворізальних штабових пилок, що полягає у їх термомеханічній обробці і дозволяє підвищити стійкість проти спрацювання в 1.8 ... 2.0 рази (захищений патентом Російської Федерації № 2026373 RU);

- комбінований спосіб зміцнення дереворізального інструмента і устаткування для його реалізації, які забезпечують підвищення стійкості інструмента проти спрацювання в 2,0...2,2 рази (захищені авторськими свідоцтвами №1770389A1 СССР, №1786139A1 СССР).

Методи дослідження. Основними методами досліджень, які використовувалися в роботі, були:

- аналітичні методи, на основі яких створені математичні моделі процесу зміцнення високошвидкісним тертям, та запропоновані подальші розрахунки за допомогою ЕОМ;

- експериментальні методи із використанням обладнання, розробленого автором та за його участю, сучасного устаткування для металофізичних досліджень при проведенні комплексного аналізу зміцненого поверхневого шару.

Наукова новизна. Розроблена прикладна теорія контактної взаємодії при зміцненні дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей, яка розвиває основні положення про вплив температурно-силових і енергетичних факторів на процес обробки високошвидкісним тертям.

Вперше отримано математичні моделі, які дали можливість установити закономірності зміни технологічних параметрів (температури в зоні тертя і товщини зміцненого шару) процесу зміцнення від режимних факторів обробки, зокрема лінійної швидкості обода зміцнюючого диска V_D , швидкості подачі інструмента V_S і подачі диска t на зближення з поверхнею інструмента, що

зміцнюється, та складових тангенціальної P_z і нормальної P_y сил, що мають місце в зоні контактної взаємодії.

Показано, що при зміцненні гартованих сталей наявні специфічні зони, в яких значення складових сили взаємодії не залежить від швидкості подачі і лінійної швидкості обода зміцнюючого диска, що дає можливість отримувати стійкий проти спрацювання поверхневий шар, задаючись одним технологічним параметром.

Змодельовано умови роботи різального елемента дереворізального інструмента з урахуванням наявності білого шару термічної природи (з відпущеною зоною під ним), що дозволяє установити наперед задану раціональну товщину зміцненого шару, який забезпечує роботу інструмента в режимі самозагострення.

Установлено, що поверхнєве зміцнення на раціональних режимах обробки підвищує стійкість проти спрацювання дереворізального інструменту з високоуглецевих на низьколегованих інструментальних сталей в 1,5...2,5 раза, тим самим зменшуючи використання для виготовлення інструменту високолегованих та швидкокорізальних сталей.

Новизна наукових результатів підтверджена патентом і авторськими свідоцтвами на винаходи.

Практична цінність. Рекомендовано методику інженерних розрахунків для вибору режимів зміцнення дереворізального інструменту, що забезпечують проведення зміцнення з наперед заданою товщиною зміцненого шару.

Розроблено спосіб зміцнення зубців штабових пилок товщиною полотна до 2,2 мм та задніх поверхонь затілених суцільних фрез, що дозволяє підвищити стійкість указанного інструменту проти спрацювання в 1,8...2,0 рази.

Запропоновано комбінований спосіб зміцнення дереворізального інструменту, який включає обробку високошвидкісним тертям з одночасним накладанням сильного магнітного поля та криогенних температур, який дає можливість підвищити стійкість інструменту проти спрацювання в 2,0...2,2 раза.

Розроблено технологічні регламенти зміцнення дереворізального інстру-

менту, на основі яких запропоновано технологічні процеси виготовлення тонких фрезерних ножів з відходів полотен рамних пилок та з нормалізованих високоуглецевих і низьколегованих інструментальних сталей.

Результати досліджень пройшли дослідно-промислово перевірку, впроваджені на 12 підприємствах галузі і в навчальний процес УкрДЛТУ, що підтверджено документально.

Реалізація результатів роботи. Результати дослідження впроваджені на:

- Брошнівському лісокомбінаті (Івано-Франківська обл.) при зміцненні ножів, виготовлених із сталі 6ХС, стружкових верстатів ДС-5;
 - Костошільському домобудівному комбінаті (Рівненська обл.) при зміцненні ножів стружкових верстатів та виготовленні коротких тонких фрезерних ножів із нормалізованих низьколегованих інструментальних сталей;
 - Комарнівському ДОКУ (Львівська обл.) при виготовленні коротких тонких фрезерних ножів із відходів штабів рамних пилок;
 - ДОКУ №6 м. Залізнодорожний (Московська обл.) при виготовленні тонких фрезерних ножів із нормалізованої сталі У8А;
 - фірмі "Скорпіон" (Словаччина) при виготовленні тонких фрезерних ножів з відходів штабів рамних пилок;
 - Кам'янка-Бузькому лісопаркетному комбінаті (Львівська обл.) та Львівському заводу будівельних деталей при виготовленні паркету на верстаті ПАРК-7;
 - Дрогобицькому меблевому комбінаті та Золочівському меблево-виробничому об'єднанні (Львівська обл.) при фрезеруванні соснових заготовок;
 - фабриці "Карпати" (м. Львів) при зміцненні вузьких стрічкових пилок.
- Технологія обробки високошвидкісним тертям застосовувалась на:
- Надвірнянському лісокомбінаті (Івано-Франківська обл.) при зміцненні непрогартованої зони ножів стружкового верстата "Майер";
 - Берегометському лісокомбінаті (Чернівецька обл.) при зміцненні ножів із сталі 9Х5ВФ стружкового верстата ДС-6;
 - Дрогобицькому меблевому комбінаті при зміцненні ножів із сталі Х6ВФ,

які використовувались на верстаті С26-2.

Результати досліджень використані:

- при модернізації плоскошліфувального верстата з метою його використання для зміцнення інструменту високошвидкісним тертям на Костопільському домобудівному комбінаті;

- при написанні навчального посібника "Обладнання деревообробних виробництв" та конспекту лекцій з дисципліни "Дереворізальний інструмент";

- при постановці серії лабораторних робіт для студентів "Зміцнення дереворізального інструмента високошвидкісним тертям".

Апробація роботи. Основні положення дисертації і її окремі розділи доповідались та обговорювались на:

- міжнародних конференціях та семінарах: "Інструменти - 92" - Міжнародна конференція (Братіслава, 1992); "Ліс, дерево, екологія" - Міжнародна наукова конференція (Зволен 1992); "Лісотехнічна освіта і наука на рубежі ХХІ століття: сучасний стан, проблеми і перспективи" - Міжнародна конференція (Львів - 1995); "Прогресивні дереворізальні інструменти, обладнання, інструментальні матеріали і методи підготовки інструмента до роботи" - Міжнародний науково-практичний семінар (Санкт-Петербург, 1995).

- всесоюзних і республіканських науково-технічних конференціях, нарадах та семінарах: "Підвищення ефективності використання деревообробного обладнання та інструмента" - Всесоюзний семінар (Ленінград, 1978); "Науково-технічний прогрес в деревообробній промисловості" - Всесоюзна науково-технічна конференція (Київ - 1978); "Досягнення і перспективи розвитку техніки і технології в лісовій і деревообробній промисловості" - Всесоюзна науково-технічна конференція (Івано-Франківськ, 1978); "Технічний прогрес і комплексне використання місцевих ресурсів деревинної сировини на підприємствах Мінліспрому УРСР" - Всесоюзна науково-технічна конференція (Івано-Франківськ, 1982); "Основні напрямки прискорення науково-технічного прогресу в деревообробній промисловості в 12-й п'ятирічці" - Всесоюзна

конференція (Київ, 1986); "Перспективи розвитку лісової і деревообробної промисловості у відповідності з основними напрямками економічного і соціального розвитку СРСР на 1986-1990 роки і на період до 2000 року" - Республіканська науково-технічна конференція (Свялява, 1986); "Розвиток лісового господарства в західних областях УРСР за роки радянської влади" - Республіканська науково-технічна конференція (Львів, 1989); "Науково-технічний прогрес в лісовій і деревообробній промисловості" - Всесоюзна конференція (Київ, 1989); "Вдосконалення ресурсощадних технологій і охорони оточуючого середовища лісопромислових підприємств" - Республіканська науково-технічна конференція (Івано-Франківськ, 1990); "Дереворізальний інструмент і обладнання для його підготовки" - Всесоюзна науково-технічна конференція (Красноярськ, 1991); "Сучасний дереворізальний інструмент і його роль в підвищенні ефективності виробництва меблевої промисловості" - Всесоюзна науково-технічна нарада (Рига, 1982);

- щорічних науково-технічних конференціях Московського лісотехнічного інституту за результатами науково-дослідних робіт (1984, 1986, 1991);

- щорічних науково-технічних конференціях Львівського лісотехнічного інституту за результатами науково-дослідних робіт (1976...1994 рр).

Публікації. Матеріали дисертації опубліковано в одному навчальному посібнику, одному конспекті лекцій, 29 наукових статтях і тезах доповідей наукових конференцій, двох авторських свідоцтвах і одному патенту.

Структура і об'єм роботи. Робота має вступ, 6 розділів і висновки, що викладені на 291 стор., з яких 207 стор. - основний текст, 78 стор. - рисунки; 6 стор. - таблиці; а також список використаної літератури, який включає 232 назви. В додатку (222 стор. окремий том) вклучено програми і результати розрахунків на ЕОМ, експериментальні дані, матеріали по впровадженню і використанню результатів досліджень.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступна частина роботи присвячена питанням обґрунтування теми дисертації, аналізу проблеми інструментального забезпечення підприємств України та матеріалів, що використовуються для виготовлення дереворізального інструменту. Визначається мета та завдання роботи, вказана наукова новизна та практична значущість роботи, її апробація.

Перший розділ дисертації присвячено дослідженню застосування дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей, його стійкості проти спрацювання та аналізу існуючих способів зміцнення цього інструменту. Констатовано, що вказані сталі мають перспективу використання завдяки порівняно низькій вартості і можливому великому ефекту зміцнення. Аналіз показав, що із усіх розглянутих способів зміцнення дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей найперспективнішим є спосіб термомеханічної обробки. Для його реалізації доцільно використовувати високошвидкісне тертя сталевим диском. Цей спосіб зміцнення не потребує спеціального дорогого обладнання, реактивів, матеріалів, кваліфікованих робітників. Фізико-механічні властивості зміцненого цим способом поверхневого білого шару дереворізального інструменту аналогічні тим, що отримуються електроіскровим легуванням, гартуванням в потоці плазми, обробці лазерним променем та іншими імпульсними методами обробки.

Великий вклад у теорію та практику зміцнення тертям внесли вчені В.Д.Кузнецов, Г.В.Курдомов, Б.І.Костецький, В.Д.Грозин, П.С.Платник, Н.Н.Давиденков, І.М.Любарський, В.А.Кислик, К.В.Савицький, Г.М.Заморуев, Д.А.Драйгор, Ю.І.Бабей, В.М.Голубець, Б.І.Аскіназі, Н.Н.Сухаріна, О.Д.Куріцина, Ф.П.Бодуен, М.Л.Берштейн, В.А.Балакін, Г.Польцер та інші.

На основі матеріалів першого розділу сформульовано мету роботи, яка полягає в розробці технологічних основ підвищення стійкості проти спрацювання дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих

інструментальних сталей з доведенням його експлуатаційних характеристик до рівня аналогічних параметрів інструментів з високолегованих інструментальних сталей або низьколегованих швидкорізальних сталей.

У другому розділі наведено теоретичні основи зміцнення дереворізального інструменту високошвидкісним тертям. Сформульовані вимоги до поверхневого шару металу інструмента підвищеної стійкості до спрацювання. Необхідно, щоб такий шар відповідав наступним вимогам: був сумісним з матеріалом інструмента, суттєво поліпшував властивості інструмента (твердість, стійкість проти спрацювання, корозійну стійкість, теплостійкість); при утворенні не вимагав складної технології, обладнання та великої витрати матеріалів; міг бути створеним на різних видах інструменту і забезпечував високу продуктивність роботи; виконував свою функцію після перегострення інструмента.

На основі аналізу процесу високотемпературної термомеханічної обробки і класичного процесу контактної взаємодії при терті ковзання розроблено принципову схему зміцнення дереворізального інструменту (рис.1), реалізація якої дозволяє сумістити в одній операції нагрів, деформацію і охолодження. Найбільш повно запропонована схема може бути реалізована обробкою високошвидкісним тертям плоских поверхонь (рис.2).

При високих швидкостях тертя зміцнюючого диска поверхня інструмента піддається інтенсивному нагріву і можлива наявність розплавленого металу. З метою визначення абсолютних значень температури в зоні тертя при зміцненні нормалізованих сталей змодельовані теплові процеси, але отримані залежності для визначення максимальної температури на поверхні контакту зміцнюючого диска з поверхнею дереворізального інструмента базувались на використанні теорії миттєвих теплових джерел. Кінцеві залежності містять громіздкий математичний апарат, в них не входять в явному вигляді значення режимних параметрів процесу зміцнення, що не дозволяє користуватися ними в інженерних розрахунках.

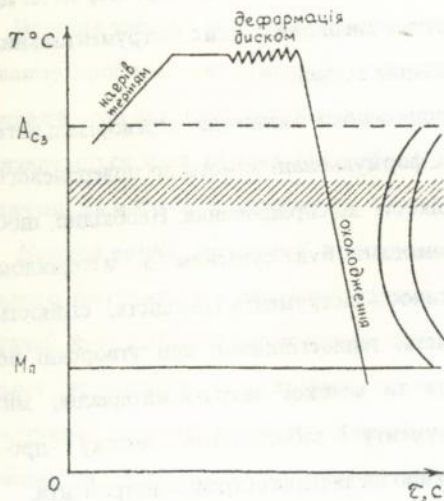


Рис. 1. Принципова схема зміцнення дереворізального інструменту

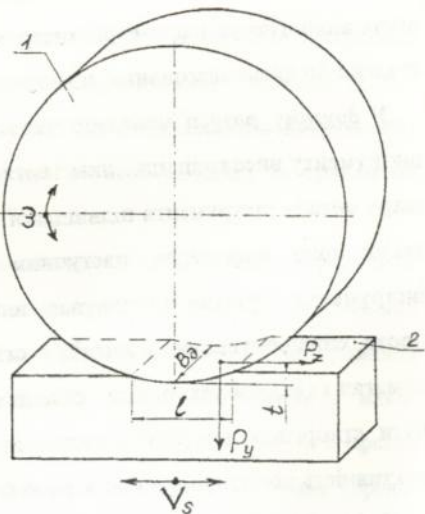


Рис. 2. Схема обробки високошвидкісним тертям:
1 - зміцнюючий диск;
2 - інструмент.

Для усунення вказаних недоліків при обробці гартованих сталей проведено моделювання теплових процесів через контактну температуру, що виникає вздовж площі контакту поверхні диска та інструмента.

В процесі зміцнення диск входить в контакт з оброблюваним інструментом вздовж поверхні площею $S = B_d l$, де B_d - це ширина диска, а l - довжина дуги контакту (див. рис. 2).

Поверхня контакту диска із оброблюваною поверхнею інструмента є місцем концентрації тепла, що виділяється при терті.

На основі загальних законів теплопровідності Фур'є і Ньютона записуються вирази для визначення кількості тепла, яке із зони контакту розподіляється між диском та інструментом, що зміцнюється. Розповсюдження тепла в інструменті, що зміцнюється, опишеться виразом

$$Q_i = \lambda_i \left(\frac{\partial T_i}{\partial n} \right) \Big|_S. \quad (1)$$

Оскільки поверхня інструмента контактує з диском, то вираз, що описує кількість тепла, яке перейде в диск буде аналогічним, лише різнитиметься індексами. В процесі зміцнення інструмента високошвидкісним тертям немає утворення стружки і не використовується охолоджуюча рідина, тому в зоні контакту S повинно дотримуватися рівняння теплового балансу

$$\left[\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial n} - \lambda_D \frac{\partial T_D}{\partial n} \right]_S = Q_{XB}, \quad (2)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності;

T - температура в зоні контакту;

n - напрямок нормалі до поверхні інструмента в зоні контакту S;

$\frac{\partial T}{\partial n}$ - похідна вздовж нормалі;

Q_{XB} - кількість тепла, що виділяється з одиниці площі контакту за одну хвилину $Q_{XB} = Q/S$.

Для визначення Q_{XB} необхідно знати кількість тепла $Q = P_z V_D / 427$, що виділяється зі всієї площі контакту за одну хвилину. Така залежність для Q має місце, оскільки вся енергія тертя переходить в тепло і залежить від тангенціальної складової сили взаємодії диска з оброблюваною поверхнею P_z і лінійної швидкості обода диска V_D .

Для внутрішніх точок контакту диска і поверхні інструмента температурна функція $T = \left\{ \begin{matrix} T_i \\ T_D \end{matrix} \right.$ повинна задовольняти рівняння теплопровідності

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{v}{y} \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = \Delta T, \quad (3)$$

і початкову умову

$$T \Big|_{\tau=0} = 0. \quad (4)$$

де a - коефіцієнт теплопровідності.

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \quad (5)$$

c - питома теплоємність; ρ - питома вага;

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{v}{y} \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = \Delta T \quad - \text{оператор Лапласа в декартових (v=0),}$$

циліндричних (v=1) і сферичних (v=2) координатах при умові, що температура функція залежить тільки від глибини і часу;

y - просторова координата, яка характеризує глибину точки, що відповідає певній температурі.

Для розв'язання рівнянь (2, 3, 4) використовували перетворення Лапласа. Внаслідок розрахунків для функції T отримали систему рівнянь, яка розв'язувалася за певних умов, обмежень та допущень з використанням розкладання геометричної прогресії та таблиць лапласівських зображень. Результатом розв'язку є формула для розрахунку температури на поверхні інструмента в зоні контакту

$$T_{\max} = 1,12 \cdot 10^{-3} \frac{P_z V_d}{B_d \sqrt{\lambda c \rho V_s}}. \quad (6)$$

За формулою (6) проводився розрахунок температури, яка досягала значень в межах 918...1417°C.

Таким чином, на поверхні контакту виникають високі температури, які приводять до оплавлення металу, що спостерігається візуально.

Із збільшенням параметра y (в глибину від поверхні інструмента) температура значно падає. Отримані дані добре узгоджуються з результатами раніше виконаних робіт (Ю.І.Бабей, Г.В.Пляцко, Б.М.Кордуба, М.Д.Максимішин, В.З.Дідик та інші), в яких визначалась температура при обробці високошвидкісним тертям.

Проведені розрахунки показують, що поверхневий шар інструмента, що зміцнюється, знаходиться під дією сильного температурного поля, яке спричиняє миттєвий розігрів металу і структурні та фазові перетворення. Причому,

ці перетворення відбуваються в умовах пластичної деформації аустеніту.

Для використання зміцнення високошвидкісним тертям на практиці важливо встановити залежність товщини зміцненого шару від максимальної температури на поверхні контакту диска з оброблюваною поверхнею. Товщина шару металу, нагрітого до температури фазових перетворень (глибина розповсюдження заданої максимальної температури), буде визначати товщину зміцненого білого шару. Товщина зміцненого шару (залежно від режимів зміцнення) для високовуглецевих і низьколегованих гартованих сталей визначається за отриманою формулою

$$y = \frac{620 P_Z V_D}{B_D c \rho V_S T_{\phi \min}}, \quad (7)$$

де y - товщина шару, що зазнав фазових та структурних перетворень, мкм;

$T_{\phi \min}$ - мінімальна температура, при якій проходять фазові перетворення ($T_{\phi \min} = 900^\circ\text{C}$).

За формулою (7) можна підбирати режими зміцнення з метою отримання зміцненого шару необхідної товщини. Зміцнений шар буде впливати на величину і характер розподілу напружень, що виникають у різальному елементі зміцненого дереворізного інструмента, а також на його стійкість проти спрацювання.

Проведено моделювання напружень в різальному елементі та його прогину під дією сили різання. Схема моделі наведена на рис.3. Моделі (для ножів та пилок) розраховані методом скінчених елементів з використанням сертифікованої американської програми ANSYS 5A і дають можливість наперед установити необхідну товщину зміцненого шару. Виходячи з аналізу моделей зміцнених та незміцнених різальних елементів ножів та зубців пилок встановлено, що при зміцненні гартованих ножів достатньо мати білий шар товщиною 0,3...0,4 мм і відшпунену зону під ним товщиною не більше 0,6 мм. Для зубців пилок достатньо створити шар товщиною 0,1 мм. При виготовленні ножів із нормалізованої сталі на передній поверхні ножа достатньо створити зміцнений

шар товщиною 0,3...0,6 мм.

У третьому розділі описано об'єкт дослідження, обладнання та матеріали. Наводяться технічні параметри експериментальної установки, яка повинна забезпечити плавне регулювання швидкості подачі в малому та великому діапазонах, високі (до 100 м/с) лінійні швидкості обода зміцнюючого диска, точну подачу диска на зближення з поверхнею інструмента, що зміцнювалась.



Рис.3. Схема моделі різального елемента: P - сила різання, Н; y - товщина білого шару, мкм; y' - товщина відпущеної зони, мкм.

Також наводяться: матеріали попередніх досліджень, за якими при визначенні складових сили взаємодії установлювали область інтересу режимних факторів; методики проведення досліджень та обробки їх результатів.

Четвертий розділ присвячено обґрунтуванню режимів зміцнення. Для формування зміцненого білого шару необхідно створити певний напружений стан. Основне місце в даному розділі належить дослідженню складових сили контактної взаємодії зміцнюючого диска з поверхнею дереворізального інструмента.

Отримані рівняння регресії залежності складових сили взаємодії від режимних факторів зміцнення гартованої сталі У8А. Для тангенціальної складової рівняння регресії має вигляд

$$P_Z = \frac{5,25 \cdot 10^{10} V_S^{7,93} t^{(2,27 \lg V_D - 3,38)}}{V_D^{(4,98 + 4,36 \lg V_S)}}, \quad (8)$$

нормальної

$$P_Y = \frac{1,55 \cdot 10^{12} V_S^{8,34} t^{17(2,51 \lg V_D - 3,82)}}{V_D^{(5,17 + 4,59 \lg V_S)}}. \quad (9)$$

З метою встановлення залежності складових P_Z і P_Y від кожного з режимних факторів рівняння регресії розраховувались на ЕОМ. Показано, що для всіх величин зближення t зміцнюючого диска з поверхнею, що піддається високошвидкісному тертю, виявлені характерні зони. При значеннях $t = 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3$ мм і відповідних швидкостях подачі $V_S = 0,022; 0,0266; 0,031; 0,035; 0,039$ м/с значення P_Z і P_Y не залежать від лінійної швидкості обода диска V_D . Встановлено, що лінії характерних зон лежать у площині, що описується наступною залежністю

$$V_S = 1,3767 \cdot 10^{-2} + 8,487 \cdot 10^{-2} t. \quad (10)$$

Отже, задаючи один з параметрів V_S чи t можна прорахувати значення іншого параметра з тим, щоб сила P_Z і P_Y не залежала від лінійної швидкості обода диска V_D .

При значеннях $V_D = 65,6 \dots 65,9$ м/с установлені зони, де величини складових P_Y і P_Z не залежать від V_S , а тільки від t . Наявність характерних зон можна пояснити тим, що температура в процесі тертя однаково розповсюджується як у тіло інструмента, так і по поверхні обробки.

В зоні контакту диска з поверхнею інструмента у поверхневому шарі утворюється квазістаціонарне температурне поле. Тепло при цьому не має можливості поширюватись на значну відстань, диск немов "наздоганяє" найбільш нагріту зону і витискає та ущільнює її при терті. З другого боку наявність зон пояснюється переходом пластичного контакту в пружний і навпаки, а також впливом адгезійної та деформаційної складової коефіцієнта тертя. Для прикладу на рис. 4 показана залежність складової P_Z від лінійної швидкості обода диска V_D при зміцненні гартованої сталі. Для створення білого шару на нормалізованій сталі потрібно прикласти значно більші зусилля.

Залежність для визначення тангенціальної складової при зміцненні норма-

лізованої сталі 9ХФ має вигляд

$$P_Z = \frac{17,63 \cdot 10^4 V_S^{5,31} t^{(0,68+0,2 \ln t)}}{V_D^{(1,89+0,97 \ln t)}}, \quad (11)$$

нормальної

$$P_Y = \frac{13,06 \cdot 10^4 V_S^{0,89} t^{4,34}}{V_D^{(1,04+0,13 \ln V_S + 0,66 \ln t)}}. \quad (12)$$

Розрахунки рівнянь на ЕОМ не виявили специфічних зон, які мали місце під час зміцнення гартованої сталі.

Це пов'язано з тим, що для перетворення перліту в аустеніт потрібно затратити значно більшу енергію, ніж для перетворення мартенситу в аустеніт. В свою чергу нормалізована сталь має низьку твердість і рівномірно ущільнюється або знімається зміцнюючим диском. Тому при обробці нормалізованої сталі не установлено переходу сил від збільшення до зменшення (із зміною лінійної швидкості обода диска), як у випадку зміцнення гартованої сталі. Сили P_Z і P_Y при зміцненні нормалізованої сталі із збільшенням V_D зменшуються. Це можна пояснити відпуском металу, зменшенням коефіцієнта тертя. Характер зміни P_Z від V_D ілюструє рис. 5. Розрахунок кількості теплоти, що виділяється при зміцненні, і коефіцієнтів тертя у вузькому діапазоні лінійних швидкостей ($V_D = 70 \dots 74$ м/с) показав, що їх значення не залежить від V_D . Це можна пояснити тим, що (як і під час зміцнення гартованої сталі) наступає квазістаціонарний стан, при якому відношення P_Z до P_Y є величиною сталою і добуток ($P_Z \cdot V_D$) також стала величина. Сили, що виникають при зміцненні, повинні забезпечити якісний білий шар певної структури та властивостей.

В гартованій сталі вуглець є в стані пересиченого твердого розчину всередині ґратки α -фази. Миттєвий нагрів під час високошвидкісного тертя до температури вище точки A_{c3} переводить мартенсит в аустеніт, оскільки часу для насичення його вуглецем не потрібно.

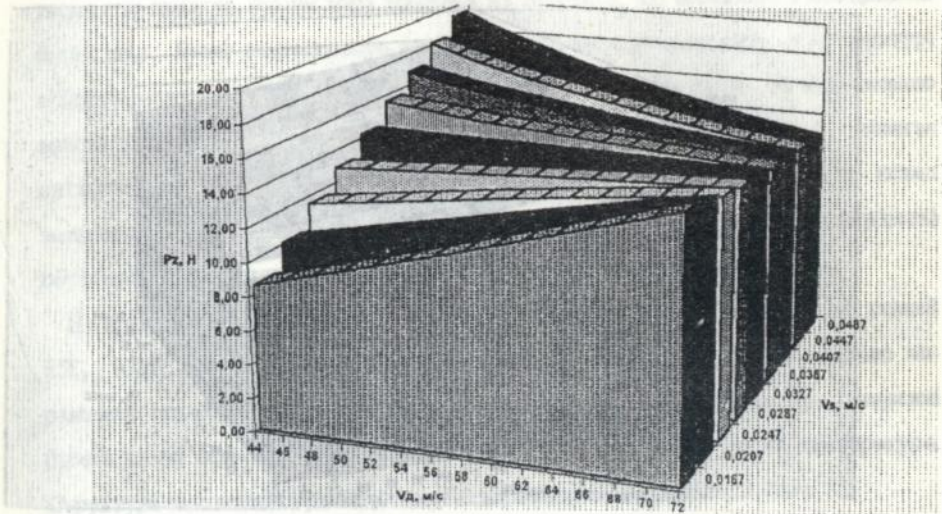


Рис. 4. Залежність тангенціальної сили P_z від лінійної швидкості обода диска V_d і швидкості подачі V_s при зміцненні гартованої сталі У8А ($t = 0,2$ мм).

Подальше пластичне деформування в області стабільного аустеніту дає можливість отримати дрібнозернисте зерно аустеніту, не схильне до росту. В мартенситі, що утворився з деформованого аустеніту, спостерігається скупчення дрібних сферичних карбідів разом з голкоподібними карбідами крупних розмірів. Неоднорідність мартенситу і його зміцнення орієнтованими дисперсними карбідами є однією з причин підвищення механічних властивостей високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей. Разом з підвищенням твердості сталей одночасно збільшується їх пластичність.

Під білим шаром видно сильно відпущену зону пониженої мікротвердості, яка поступово переходить у мартенситну структуру гартованої та низьковідпущеної сталі, що добре ілюструє рис.6.

В результаті обробки рентгенограм установлено, що зміцнений шар складається з дрібнодисперсного мартенситу, залишкового дрібнодисперсного аус-

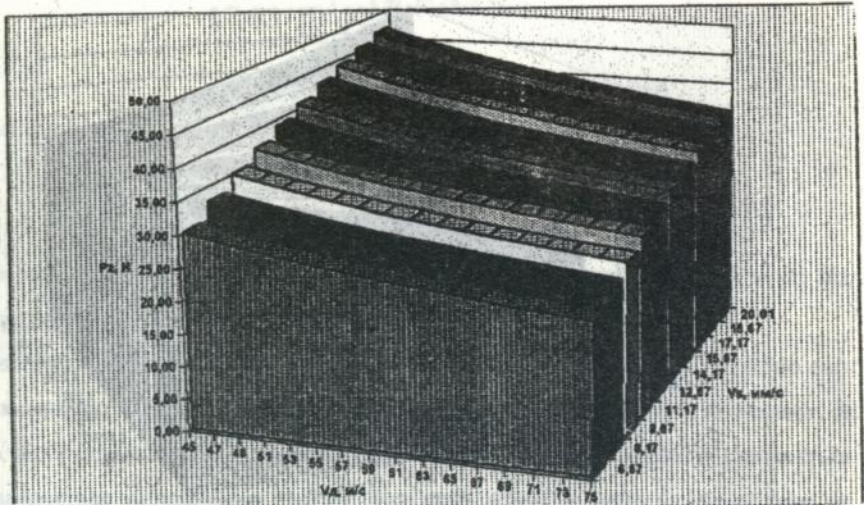


Рис. 5. Залежність тангенціальної сили P_z від лінійної швидкості обода диска V_d і швидкості подачі V_s при зміцненні нормалізованої сталі 9ХФ ($t = 0,25$ мм).

теніту і дрібнодисперсних карбідів типу Fe_3C . В сталі 6ХС мартенсит малої тетрагональності (типу відпущеного), а в сталі У8А мартенсит має явно виражене роздвоєння мартенситних ліній, що свідчить про його більш високу тетрагональність. Тетрагональність мартенситу пояснюється більшим вмістом вуглецю в сталі У8А і в білому шарі. У високовуглецевої сталі У8А виявлено також більший вміст (до 50%) залишкового аустеніту, в той час як в сталі 6ХС він становить 26%.

Результати дослідження мікротермоелектрорушійної сили по товщині зразків із сталі У8А і 6ХС показали, що білий шар зміщує значення мікротермоелектрорушійної сили у від'ємну сторону. Чим ближче до обробленої високошвидкісним тертям поверхні, тим менше значення мікротермоелектрорушійної сили. Зменшення мікротермоелектрорушійної сили свідчить про наявність залишкового аустеніту, збільшення вмісту вуглецю, хрому і інших легуючих елементів в білому шарі. Збільшення мікротермоелектрорушійної сили в зоні з пониженою

твердістю показує, що ця зона збіднена на елементи, які перейшли в поверхневий білий шар. Вміст залишкового аустеніту в цій зоні мінімальний, а в структурі відсутня мартенситна складова, що свідчить про відпуск сталі. За відпущеною зоною значення мікротермоелектрорушійної сили стабілізується і досягає вихідної величини у сталі після гартування та відпуску. Структура та склад зміцненого шару будуть безпосередньо впливати на мікротвердість (твердість) оброблених високошвидкісним тертям загартованих інструментів.

На відміну від гартованої сталі, в структурі зміцнених нормалізованих сталей 65Г, 9ХФ і У8А не виявлена відпущена зона. Білий шар не так яскраво виражений, що свідчить про менше підплавлення поверхні. Напевно, при утворенні білого шару більший вплив буде мати деформація зсуву, а не температура. Структура зміцненої нормалізованої сталі наведена на рис. 7.

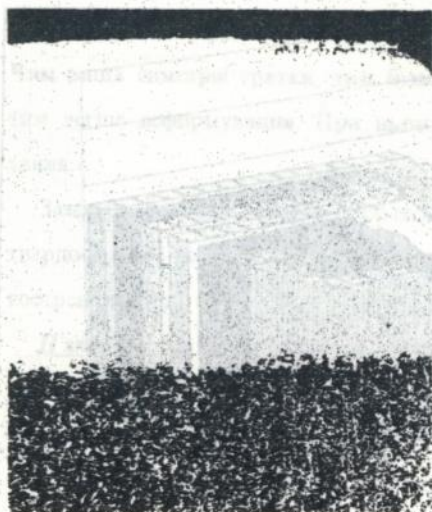


Рис. 6. Мікроструктура зміцненого шару гартованої сталі У8А (300х).



Рис. 7. Мікроструктура зміцненої нормалізованої сталі 9ХФ (1000х).

Розподіл мікротвердості по товщині зміцненого шару залежно від V_s (в гартованій сталі) наведений на рис. 8. Як було показано вище, швидкість подачі V_s буде впливати на час контакту диска із зміцнюваною поверхнею і, відповідно,

на фазові зміни та структурні перетворення під час обробки високошвидкісним тертям.

Максимальне значення мікротвердості 12 ГПа спостерігається на поверхні зміцнення. По товщині зміцненого шару мікротвердість є сталою. Після шару з високою мікротвердістю спостерігається відпущена зона, де мікротвердість спадає до 3,4 ГПа, а потім поступово переходить до мікротвердості об'ємно загартованої сталі (7,4 ГПа). Наявність відпущеної зони позитивно впливає на працездатність інструменту, попереджаючи відслоювання твердого шару. Важливою експлуатаційною характеристикою білого шару є його товщина.

Як показали розрахунки, проведені при моделюванні умов роботи різального елемента, на гартованих сталях, з умови міцності достатньо створити зміцнений шар товщиною більше 100 мкм. Для отримання шару такої товщини

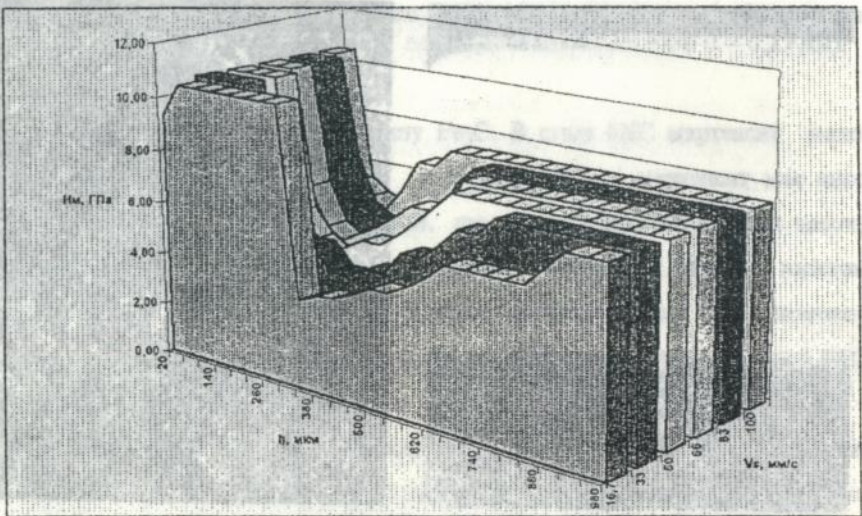


Рис. 8. Залежність мікротвердості H_m від швидкості подачі V_s при зміцненні гартованої сталі У8А ($t = 0,2$ мм, $V_s = 58$ м/с).

зміцнення потрібно проводити на таких режимах: лінійна швидкість обода

диска $V_d = 55...65$ м/с; швидкість подачі $V_s = 0,0167...0,033$ м/с; подача на зближення $t = 0,15...0,25$ мм; кількість проходів диском - один-два; мастило - олива.

Зміцнення нормалізованих сталей здійснювалось з метою відпрацювання технологічних режимів виготовлення дереворізальних ножів та насадних суцільних фрез. Потрібно було отримати зміцнений шар товщиною не менше 600 мкм з тим, щоб після шліфування в нормалізованій сталі залишався зміцнений шар на м'якшій підкладці товщиною не менше 400 мкм.

Зміна мікротвердості по товщині зміцненого шару нормалізованої сталі 9ХФ залежно від V_s наведена на рис. 9.

При малих швидкостях подачі (до 13,34 мм/с) спостерігається перепад мікротвердості по глибині зміцненого шару. Таку закономірність зміни мікротвердості зміцнених нормалізованих сталей можна пояснити зсувом металу вздовж границь градки зерен або блоків зерен під дією градієнтів температури та тиску. Чим вища симетрія ґратки, тим більша кількість можливих систем ковзання і тим легше деформування. При цьому не кожна площина стає площиною ковзання.

Завдяки черговості шарів з більшою і меншою мікротвердістю та спаду мікротвердості по товщині шару можна прогнозувати можливий ефект самозагострення різця.

П'ятий розділ присвячено розробці комбінованого способу зміцнення дереворізального інструменту, який полягає у зміцненні високошвидкісним тертям з одночасним накладанням магнітного поля та криогенних температур. Розглядається термодинаміка, механізм і кінетика фазових перетворень під дією зовнішнього магнітного поля.

Описується створена експериментальна установка, за допомогою якої перевірявся вплив магнітного поля на фізико-механічні властивості дереворізального інструменту.

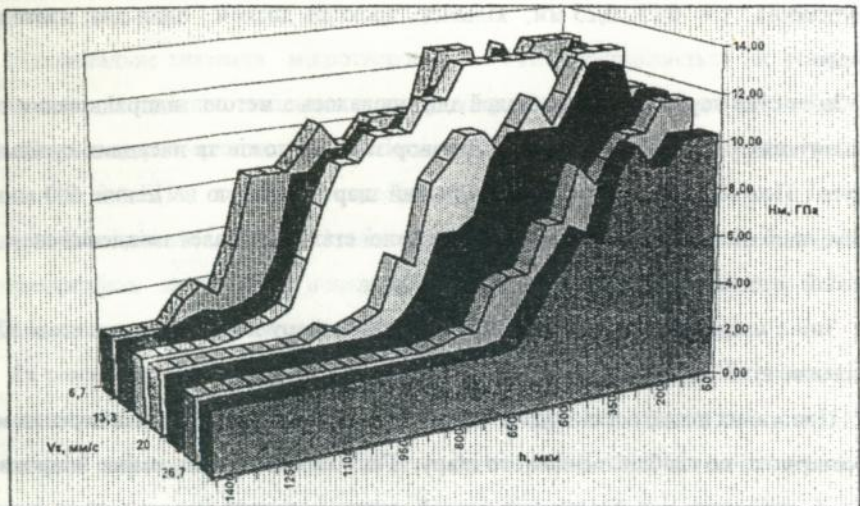


Рис. 9. Залежність мікротвердості H_m від швидкості подачі V_S при зміцненні нормалізованої сталі 9ХФ ($t = 0,25$ мм, $V_S = 60$ м/с).

Встановлено, що накладання магнітного поля під час обробки високошвидкісним тертям викликає аналогічний ефект, як і під час мартенситного перетворення гарячедеформованого аустеніту. Магнітне поле ініціює в процесі $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення виникнення зародків мартенситних голків, що дає в кінцевому результаті більш дрібногочастий мартенсит.

Показано, що тільки сукупна дія всіх факторів комбінованого способу зміцнення приводить до утворення в поверхневому шарі дрібногочастої мартенситної структури із меншою кількістю залишкового аустеніту, а також до зниження залишкових напружень термічного походження. Зміцнення запропонованим способом усуває також такий недолік високошвидкісного тертя, як анізотропія властивостей внаслідок орієнтованого розташування зерен і субзерен. При накладанні магнітного поля одержуємо накладання орієнтацій, завдяки чому усувається небажана анізотропія властивостей і забезпечується майже

цілкова ізоотропність міцності із збереженням значного запасу пластичності.

Наводяться результати виробничих випробувань дереворізальних ножів, зміцнених комбінованим способом. Установлено, що зміцнення запропонованим способом збільшує стійкість ножів проти спрацювання в 2,0...2,2 раза.

В шостому розділі наведено матеріали щодо промислового використання високошвидкісного тертя для зміцнення дереворізального інструменту. Розглядається зміцнення інструменту в процесі експлуатації та під час виготовлення.

Застосування високошвидкісного тертя для зміцнення дереворізального інструменту в процесі експлуатації започатковується зміцненням ножів стружкових верстатів ДС-5, виготовлених із низьколегованої сталі 6ХС, які зміцнювались по передній поверхні. Твердість НРС ножів до зміцнення становила 55 ± 1 одиниць. Для зміцнення була вибрана передня поверхня, виходячи з того, що вона найбільш інтенсивно зношується. Зміцнення комплекта ножів (36 шт) проводилось на спеціальній дослідній установці, яка була спроектована і виготовлена на Брошнівському лісокомбінаті (Івано-Франківська обл.) і в 1979 році введена у виробництво. Зміцнені і незміцнені ножі досліджувались на предмет зміни основних параметрів зношення та затуплення (ρ - радіуса закруглення леза; A_{μ} - лінійного укорочення леза). Ці параметри безпосередньо впливали на розміри та якість стружки. Практично, значення параметрів зношення, які спостерігаються після восьми годин безперервної роботи незміцнених ножів, у зміцнених виявлялись після 14 годин роботи. Отже, стійкість ножів проти спрацювання підвищувалась в 1,8 раза. Відповідно зменшувалась потреба комбінату в ножах у 2,5 раза, скоротились витрати на підготовку ножів до роботи, зменшилась витрата абразивних кругів та електроенергії.

Для встановлення ефективності використання високошвидкісного тертя при зміцненні вузьких стрічкових пилок були проведені промислові випробування на фабриці "Карпати" м. Львів та меблевому комбінаті Івано-Франкове (Львівська обл.). Пилки із сталі 9ХФ обробляли високошвидкісним тертям на заточному

верстаті ТчЛ6-2.

Підготовлені зубці мали зміцнений шар товщиною до 20 мкм при мікротвердості 11...13 ГПа. Зміцнені і незміцнені пилки випробовувались на верстаті ЛС80-4 при розпилюванні заготовок з ДСП густиною 680 кг/м³. Параметри режиму різання: пилка вузька із сталі 9ХФ; ширина $B = 25$ мм; довжина $L = 5380$ мм; товщина $b = 0,8$ мм; крок зубців $t_3 = 10$ мм; передній кут $\gamma = 12^\circ$; задній кут $\alpha = 35^\circ$; розвід на сторону $b_1 = 0,45$ мм; $V_T = 41$ м/с; $V_S = 15$ м/хв.

Результати досліджень параметрів спрацювання та затушення наведені в табл.1. Найбільше спрацювання зубців пилки проходить в початковий період роботи при розпилюванні 200 пог.м. ДСП. Параметри η і A_μ збільшуються на величину, що перевищує 100 мкм, а параметр ρ - на величину 30...40 мкм. Ці дані підтверджують те, що на початку роботи зубців відбувається злам леза в результаті дії циклічних ударних навантажень. Зміцнені зубці мають меншу величину зламу завдяки пластичності білого шару. Далі зміна параметрів спрацювання стабілізується і настає їх монотонне збільшення.

Таблиця 1.

Параметри, що характеризують спрацювання та затушення зміцнених (в знаменнику) та незміцнених (в чисельнику) зубців вузьких стрічкових пилок (в мкм)

Параметри	Позначення	Кількість розпиляного матеріалу, пог.м.							
		0	200	400	600	800	1000	1200	2000
Радіус закруглення різальної кромки	ρ	10	41	51	59	68	74	84	-
		—	—	—	—	—	—	—	—
Величина спрацювання по задній поверхні	η	11	29	41	48	53	57	62	85
		—	—	—	—	—	—	—	—
Лінійне укорочення леза	A_μ	12	122	155	180	216	235	260	-
		—	—	—	—	—	—	—	—
		13	90	122	133	150	165	175	256
		19	133	180	224	260	310	330	-
		—	—	—	—	—	—	—	—
		20	115	150	166	185	215	245	336

Зменшення швидкості зношування, величини спрацювання і затушення зубців,

оброблених високошвидкісним тертям, пояснюється наявністю в зоні контакту зубців з розпилюваним матеріалом зміцненого шару, який має дрібнодисперсну мартенситно-аустенітну структуру із великою кількістю (до 35%) залишкового деформованого аустеніту. При високій мікротвердості зміцнений шар має високу стійкість проти спрацювання, корозійну стійкість і пластичність. Крім цього, при зміцненні виникають напруження стиску, які сприятливо позначаються на підвищенні стійкості зубців пилок проти спрацювання.

Якщо вважати, що різець є затупленим, коли радіус закруглення різальної кромки (ρ) становить 60 мкм, то бачимо, що незміцнені зубці за цей час можуть розпилити 600 пог.м. ДСП, а зміцнені - 1200 пог.м. Спостереження у виробничих умовах показали, що незміцненим пилом до затушення необхідно 0,75 год безперервної роботи, а зміцненим - 1,35...1,5 год. Тобто стійкість пилок проти спрацювання збільшується в 1,8...2,0 рази.

При переточеннях зубців зміцнених пилок зміцнений шар не втрачає своїх експлуатаційних властивостей і дозволяє здійснювати 3...4 переточування без повторної обробки високошвидкісним тертям.

Запропонований метод підвищення стійкості столярних стрічкових пилок без значних затрат може бути використаний для зміцнення ділильних і колодопиляльних стрічкових пилок.

Таким чином, установлена можливість та ефективність підвищення стійкості зубців пилок проти спрацювання обробкою їх задньої поверхні високошвидкісним тертям сталевим диском при лінійній швидкості обода 65 м/с та подачі диска на зближення 0,30 мм. При цьому глибина зміцненого шару мікротвердістю 11...13 ГПа сягає 20 мкм, а стійкість зубців проти спрацювання збільшується в 1,8...2,0 рази.

Проведені дослідження дали можливість запатентувати в Російській Федерації технологію зміцнення високошвидкісним тертям як спосіб обробки зубців дереворізальних пилок.

Виходячи з того, що нормалізовані низьколеговані та високовуглецеві сталі зі

збільшенням вмісту вуглецю дають можливість отримувати товстіший (до 3 мм) зміцнений білий шар, стало можливим використовувати високошвидкісне тертя при виготовленні дереворізального інструменту. Найефективнішим цей спосіб зміцнення є при виготовленні суцільних насадних затилованих фрез та всіх видів дереворізальних ножів. У першому випадку зміцнюється задня (затиловочна) поверхня, а в другому - передня поверхня. Зміцнення проводиться один раз і зберігається на весь період експлуатації інструмента.

Використання високошвидкісного тертя дозволяє проводити зміцнення передньої поверхні ножа на необхідну ширину, отримуючи зміцнений шар товщиною до 2 мм, що цілком достатньо для зміцнення ножів з нормалізованої високоуглецевої або низьколегованої інструментальної сталі.

Виготовлені ножі проходили виробничі випробування (табл.2) в паркетному цеху Кам'яно-Бузького лісопаркетного комбінату (Львівська обл.).

Таблиця 2.

Параметри спрацювання та затуплення зміцнених ножів (мкм)

Параметри	Позначення	Довжина обробленої поверхні, пог.м.				
		800	1800	2800	3800	14800
Радіус закруглення різальної кромки	ρ	9	12	16	22	16
Величина спрацювання по задній поверхні	η	61	125	180	273	325
Лінійне укорочення леза	A_{μ}	46	62	77	100	135

Результати випробувань показують, що під час фрезерування проходить монотонне спрацювання леза та задньої поверхні ножа з переважним спрацюванням останньої. Характерним є те, що після обробки 3800 пог.м. заготовок радіус закруглення різальної кромки від 22 мкм почав зменшуватися і

при фрезеруванні 14800 пог.м. становив 16 мкм. При цьому якість обробки не погіршилась. Таке зменшення радіуса закруглення вказує на те, що проходить процес самозагострення леза. Стійкість виготовлених таким чином ножів із сталі У8А була в 1,5...2,5 раза більшою, ніж ножів, що серійно виготовляються із сталі 8Х6НФТ.

Технологія виготовлення ножів впроваджена у виробництво на Комарнівському ДОКу (Львівська обл.) та Костопільському домобудівному комбінаті (Рівненська обл.). Для виготовлення ножів в умовах виробництва розроблений технологічний регламент, який розповсюджується на ножі з нормалізованих низьколегованих та високовуглецевих інструментальних сталей і ножі з відходів штабів рамних пилок товщиною більше 2,2 мм.

Виготовлені за запропонованим технологічним регламентом ножі із сталей У8А і 9ХФ проходили виробничі порівняльні випробування з ножами із сталі 8Х6НФТ на Костопільському домобудівному комбінаті та Львівському заводі будівельних деталей при фрезеруванні букових та дубових заготовок і ДОКу №6 (м. залізнодорожний, Московська обл.) при фрезеруванні соснових заготовок.

Наведені результати промислового використання високошвидкісного тертя для зміцнення серійного дереворізального інструменту під час його експлуатації та при виготовленні дереворізального інструменту з нормалізованих сталей показують, що:

- зміцнення високошвидкісним тертям є ефективним. Зміцнені ножі в 1,5...2,5 раза мають більшу стійкість, ніж не зміцнені;
- спосіб технологічно простий та дешевий для запровадження у виробництво;
- високошвидкісне тертя може бути застосоване для зміцнення різних видів інструменту. Зміцнений шарі виконує свою функцію після перегострення інструмента і зберігається на протязі всього періоду його експлуатації.

Такий спосіб є найбільш доступним і ефективним для практичного використання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Вирішено важливу науково-технічну проблему, що має велике народно-господарське значення - розроблені технологічні основи підвищення стійкості проти спрацювання дереворізального інструменту, який серійно виготовляється з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей, та технологічні регламенти виготовлення ножів з відходів штабів рамних пилок і нормалізованих високолегованих та низьколегованих інструментальних сталей, взамін високолегованих. Технологічні основи базуються на результатах комплексних досліджень структури, фізико-механічних властивостей поверхневого шару металу, закономірностей впливу режимних факторів на величину складових сил контактної взаємодії при змицненні.

2. Отримані математичні моделі, з допомогою яких можна розрахувати температуру в зоні змицнення і регламентувати товщину змицненого поверхневого шару, в якому проходять структурні зміни та фазові перетворення. Ці моделі розширяють теоретичні положення контактної взаємодії тертя ковзанням при високих швидкостях та питомих тисках.

3. Отримані рівняння регресії за допомогою яких можна здійснювати розрахунок складових сили взаємодії P_z і P_y при змицненні гартованих і нормалізованих високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей. Показано, що при змицненні гартованої сталі наявні зони, в яких значення P_z і P_y не залежать від лінійної швидкості обода диска V_d або швидкості подачі V_s .

4. На поверхні змицненого дереворізального інструменту як з гартованих, так і нормалізованих інструментальних сталей установлена наявність білого шару товщиною до двох міліметрів з максимальною мікротвердістю до 13 ГПа, структура якого являє собою дрібнодисперсний мартенсит, дисперсні карбіди та дрібнодисперсний залишковий аустеніт, вміст якого сягає до 50%. Товщина білого шару зростає із зменшенням швидкості подачі, збільшенням подачі на зближення і лінійної швидкості обода диска.

лінійної швидкості обода диска.

5. Зміцнення дереворізальних інструментів з високовуглецевих та низьколегованих гартованих і нормалізованих інструментальних сталей високошвидкісним тертям слід проводити на таких раціональних режимах:

	Гартовані	Нормалізовані
Лінійна швидкість обода диска V_d , м/с	55...65	60...68
Подача диска на зближення t , мм	0,15...0,25	0,20...0,25
Швидкість подачі V_s , м/с	$(0,167...0,33) \cdot 10^{-2}$	$(0,07...0,133) \cdot 10^{-2}$
Напрямок подачі	зустрічний	попутний
Масило	олива "Індустріальна - 30".	

6. Обробка високошвидкісним тертям на раціональних режимах підвищує стійкість сталевого дереворізального інструменту проти спрацювання в 1,5...2,5 раза. При дослідженні стійкості ножів, виготовлених з нормалізованих високовуглецевих та низьколегованих гартованих і нормалізованих інструментальних сталей і зміцнених високошвидкісним тертям, установлений ефект їх самозагострення.

7. Використання запропонованого комбінованого способу зміцнення дає можливість підвищити стійкість дереворізального інструменту проти спрацювання в 2,0...2,2 раза. Цей спосіб зміцнення інструменту, який включає обробку високошвидкісним тертям з одночасним накладанням магнітного поля та криогенних температур, та пристрій для його реалізації захищені авторськими свідоцтвами на винахід.

8. Розроблені технологія, пристрої та інструменти для зміцнення високошвидкісним тертям вузьких стрічкових пилок, ножів і затілених фрез прості для впровадження у виробництво і можуть бути використані на серійних заточувальних, плоскошліфувальних та токарних верстатах.

9. Результати роботи впроваджені на підприємствах галузі, що дозволило

їх експлуатації, налагодити випуск тонких фрезерних ножів з високовуглецевої та низьколегованої нормалізованої сталі безпосередньо на деревообробних підприємствах. Ножі, виготовлені за запропонованою технологією за своїми експлуатаційними показниками не поступаються ножем з високолегованих інструментальних сталей, а з таких показників як пластичність, стійкість проти спрацювання та корозійна стійкість - перевершують їх.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

(в дужках - співавтори).

1. Обладнання деревообробного виробництва. Навчальний посібник. Ч1. - К.: ВПОЛ, 1993. - 327 с. (Шостак В.В., Григор'єв А.С., Озимок Ю.І., Кірик М.Д. - розділи 1, 2, 3).

2. Різання деревини та дереворізальний інструмент. Конспект лекцій. Частина 2. ЕДД УНДІПП, Львів, 1993 - 129 с.

3. Моделирование упрочнения высокоскоростным трением ножей из низколегированных сталей // Станки и инструменты деревообработ. произ.: Межвуз. сб. науч. тр., - Санкт - Петербург, 1993. с.29...33. (Волошинський О.О., Левицький В.П., Луцишин Р.М.).

4. Патент 2026373 RU, C1 6 C21 D9/24. Спосіб обробки зуб'єв дереворежущих пил. /Кирик Н.Д., Пишник И.М., Ребезнюк И.Т. (Україна), 1995. Бюл. N 1.

5. А.с. 1770389 А1 СССР, МКИ C21 D1/18, 6/04. Спосіб підвищення стійкості дереворежущого інструмента. /Кирик Н.Д., Пишник И.М., Глова И.И. (СССР), 1992, Бюл. N 39.

6. Методика исследования силовых зависимостей при фрикционном упрочнении ножей стружечных станков // Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообработ. пром-сть. К.: Будівельник, 1982, Вып. 13. с.101...104. (Фелешук В.М., Волошинський О.О.).

7. Исследование силовых параметров при фрикционно упрочняющей обработке ножей стружечных станков. - В кн.: Достижения и перспективы развития

техники и технологии в лесн. и деревообраб. пром-сти. Тез. докл. республ. конф. Ивано-Франковск, 1978. с.177...178. (Фелешук В.М.).

8. Зависимость микротвердости и глубины упрочненного слоя ножей стружечных станков от режимных факторов фрикционно-упрочняющей обработки //Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообраб. пром-сть. К.: Будівельник, 1986, Вып. 17. с.55...57.

9. Влияние фрикционно-упрочняющей обработки на стойкость тонких фрезерных ножей. //Станки и инструменты деревообраб. производств: Межвуз. сб. науч. тр. /ЛТА, 1986, Вып. 13. с.32...34. (Волошинський О.О.).

10. Повышение износостойкости ножей древесностружечных станков //Реферат. инфом. о НИР в вузах УССР. 1978. Вып. 9. с.21...22. (Фелешук В.М.).

11. Повышение стойкости дереворежущего инструмента и работоспособности деталей станков //Науч.-техн. прогр. в деревообраб. пром-сти: Тез. докл. республ. научн.-техн. конф. - К.: 1978. с.53...54. (Густі О.Я.).

12. Исследование износа и затупления ножей стружечных станков ДС - 5 //Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообраб. пром-сть. К.: Будівельник, 1978. Вып. 10. с.64...66. (Фелешук В.М.).

13. Новый способ повышения стойкости дереворежущего инструмента. - В кн.: Повышение эффективности использования деревообрабатывающего оборудования и инструмента. - Л.: 1978. с.62...64. (Фелешук В.М.).

14. Повышение работоспособности тонких фрезерных ножей при обработке древесных материалов //Перспективы развития лесн. и деревообраб. пром.-сти в соответствии с основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года: Тез. докл. республ. науч.-техн.конф. - Свалява, 1986. с.110...111. (Пишник О.Т.).

15. А.с. 1786139 А1 СССР, МКИ С 21 D9/24, 1/04. Устройство для термообработки лезвийного деревообрабатывающего инструмента. /Жирик Н.Д., Пишник И.М., Глова И.И. (СССР) 1993, Бюл. N 1.

16. Упрочнение тонких фрезерных ножей их малолегированных инстру-

16. Упрочнение тонких фрезерных ножей их малолегированных инструментальных сталей //Перспективы развития лесн. и деревообраб. пром-сти в соответствии с основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года: Тез. докл. республ. науч.-техн. конф. - Свалява, 1986. с.134...135. (Волошинский О.О.).

17. Теоретические основы износостойкости инструмента из быстрорежущих сталей при обработке древесных материалов //Станки и инструменты деревообраб. произв. Межвуз. сб. науч. тр., 1988, Вып. 13. с.18...22. (Кух М.Г.).

18. Улучшение эксплуатационных свойств ножей для фрезерования древесины //Развитие лесн. хоз. в западных областях УССР за годы Советской власти: Тез. докл. Республ. науч.-техн. конф. Львов, 1989. с.113. (Глова І.І.).

19. Определение глубины фрикционного упрочнения ножей стружечных станков //ФХММ, 1980, N 3. с.86...88. (Фелешук В.М., Бабей Ю.І.).

20. К вопросу улучшения эксплуатационных свойств ножей //Науч.-техн. прогр. в лесн. и деревообраб. пром-сти: Тез. докл. всесоюз. науч.-техн. конф. - К.: 1989. с. 35...36. (Глова І.І.).

21. Закалка в магнитном поле тонких ножей для фрезерования древесины //Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч.тр. Л., 1992. с.82...84. (Глова І.І.).

22. Упрочнение ножей высокоскоростным тернием с наложением постоянного магнитного поля //Совершенствование ресурсосберегающих технологий и охраны окружающей среды лесопромышленных предприятий: Тез. докл. республ. конф.: - Ивано-Франковск. 1990, Вып. 2. с.13...14. (Глова І.І.).

23. Kalenie nástrojov vysokorychlostnym trenim v mágnetickom poli. - V zborníky: Les, drevo, ekológia: Medzinárodná Vedecká konferencia. Zvolen, 1992. s.402...405. (Шимко І., Глова І.І.).

24. Повышение надежности столярных ленточных пил //Совершенствование ресурсосберегающих технологий и охраны окружающей среды лесопромышленных предприятий: Тез. докл. республ. конф.: - Ивано-Франковск. 1990, Вып.

25. Spewnenie rezného klina nástroja vysokorychlostným trením //Nástroje. Medzinárodná konferencia, Bratislava, 1992. s.21...22. (Шимко І., Ребезнюк І.Т.).

26. Поліпшення експлуатаційних властивостей ножів для фрезерування деревини //Лісовий журнал. - К.: 1993, N 4. с.31...31. (Глова І.І.).

27. Особенности распиловки древесных материалов ленточными пилами. //Перспективы развития лесн. и деревообаб. пром-сти в соответствии с основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года: Тез. докл. республ. науч.-техн. конф. - Свалява, 1986. с.129. (Ребезнюк І.Т.).

28. Спрацювання та затушення зубців вузьких стрічкових пилок //Лісовий журнал. - К.: 1993, N 6. с.38...39. (Ребезнюк І.Т.).

29. Возможность использования акустического метода оценки степени износа инструмента при фрезеровании кромок древесных материалов //Основные направления ускорения науч.-техн. прогр. в деревообаб. пром-сти в 12-ой пятилетке: Тез. докл. 16 науч.-техн. конф. К.: 1986. с.41...42. (Пишник О.Т.).

30. Підвищення стійкості вузьких стрічкових пилок обробкою високошвидкісним тертям //Лісовий журнал. К.: 1993, N 5. с.34...35. (Ребезнюк І.Т.).

31. Повышение работоспособности ножей стружечных станков центробежного типа фирмы "Майер". //Техн. прогр. и комплексное использование местных ресурсов древесного сырья на предприятиях Минлеспрома УССР: Тез. докл. республ. науч.-техн. конф. - Ивано-Франковск.: 1982. с.207...208. (Фелешук В.М.).

32. Розпилювання пропарених букових заготовок вузькими стрічковими пилами //Лісовий журнал, 1994, N 3. с.29...30. (Ребезнюк І.Т., Білей П.В., Шимко І.).

33. Силовые зависимости при фрикционном упрочнении ножей стружечных станков //Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообаб. пром-сть. К.: Будівельник, 1983. Вып. 14. с.92...95. (Фелешук В.М., Волошинський О.О.).

34. Применение фрикционно-упрочняющей обработки при изготовлении тонких фрезерных ножей //Оборудование, автоматизация и вопросы механизации

процессов деревообработки. Науч. тр. МЛТИ, 1984, Вып. 160. с.46...47.
(Волошинський О.О.).

**Декларація конкретного особистого внеску дисертанта
у розробку наукових результатів, що виносяться на захист**

- обґрунтування актуальності проблеми, мети та основних завдань досліджень;
- розробка моделі процесу зміцнення високошвидкісним тертям, математичної моделі теплових процесів, що мають місце при зміцненні;
- встановлення теоретичних залежностей і співвідношень, які характеризують процес і параметри зміцнення високошвидкісним тертям;
- розробка комбінованого способу зміцнення, який включає високошвидкісне тертя, накладання магнітного поля та криогенних температур;
- розробка принципових схем та ескізних проєктів устаткування для зміцнення високошвидкісним тертям та комбінованого зміцнення;
- обґрунтування та розробка методик експериментальних досліджень;
- участь у постановці та проведенні експериментальних досліджень, узагальнення їх результатів;
- формування основних висновків по роботі.

Анотація. Кирик Н.Д. Технологические основы повышения стойкости дереворежущего инструмента из высокоуглеродистых и низколегированных инструментальных сталей.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.07 - Машины и технология лесопроизводственного комплекса. Украинский государственный лесотехнический университет: Львов, 1996.

Диссертацией является рукопись, в которой решена научно-техническая проблема, имеющая важное народнохозяйственное значение, заключающаяся в разработке технологических основ повышения стойкости дереворежущего инстру-

мента из высокоуглеродистых и низколегированных инструментальных сталей, обеспечивающих им свойства высоколегированных сталей.

Данная диссертация представляет интерес для научно-технических работников, производителей и эксплуатационников дереворежущего инструмента.

Resume. Kyryk M.D. Technological principles of wood cutting tool durability increase made of high-carbon and low-alloyed instrumental steel.

Dissertation on the defence of technical sciences - speciality 05.05.07 - Machines and technology of woodworking complex. Ukrainian State University of Forestry and Wood Technology. Lviv, 1996.

This dissertation is a manuscript, scientific-technical problem has been solved having an important economic significance, including a development of technological bases of hardening wood-cutting tools made of high-carbon and low-alloyed instrumental steel ensuring them properties of high-alloyed steel.

This dissertation is of interest for scientific-technical works, producers and users of wood-cutting tools.

Ключові слова: високовуглецеві та низьколеговані інструментальні сталі, дереворізальний інструмент, зношування та затуплення, низька стійкість проти спрацювання, обробка високошвидкісним тертям, білий шар, висока мікротвердість, дрібнодисперсна структура, висока стійкість проти спрацювання.

... of the
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

As 32.008

441361

AB 35.998