

УДК 674.053:621.93.024.74

Ю. ОЗИМОК

Інженер,
Національний лісотехнічний
університет України,
м. Львів

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЯКІСТЬ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗАГОСТРЮВАННЯ СТАЛЕВИХ ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ НОЖІВ

Досліджено вплив температури на якість та продуктивність загострювання сталевих дереворізальних ножів, встановлено значення температури, яка утворюється на поверхні леза ножа. Розроблено нові режими загострювання ножів, які істотно підвищують продуктивність процесу загострювання без зміни фізико-механічних властивостей леза.

ніж, температура, загострювання, продуктивність

Для оброблення деревини широко використовують такий дереворізальний інструмент, як ножі. Це ножі для фрезування деревини, ножі стружкових, лушильних, шпоностругальних верстатів та рубальних машин. Для ножів визначальною операцією, яка гарантує якісне оброблення, є загострення. Для загострення цих інструментів використовують суцільні абразивні круги чашкової форми (ГОСТ 2424-83).

Мета статті — встановити величину температури в зоні загострення багаточашковим абразивним інструментом та розробити нові режими загострювання.

Аналіз стану поверхні ножа. Загострення ножів здійснюється шляхом шліфування їхньої задньої поверхні. Шліфування — один з найскладніших різновидів процесу різання металу. Це пояснюється тим, що абразивні зерна шліфувального круга, зцементовані зв'язкою, мають найрізноманітніше, випадкове орієнтування. Довільна геометрія абразивних зерен, високі швидкості різання, тертя зерен і зв'язки круга до оброблюваної поверхні, а також пластична деформація металу призводять до виникнення тепла. Баланс роботи шліфувального круга складається з роботи тертя (до 80 %) і роботи, що йде на стружоутворення (20 %). У зв'язку з цим, процес шліфування металів супроводжується високим нагріванням

поверхні, що шліфується, а при форсованій роботі відбуваються структурні перетворення у поверхневих шарах робочих частин інструмента, що загострюється. Тим самим змінюються фізико-механічні властивості поверхневого шару та знижуються різальні властивості інструмента.

Найбільше практичне значення при дослідженні явищ, які відбуваються в зоні різальної кромки в процесі загострювання шліфуванням, має миттєва контактна температура. Миттєва температура нагрівання в тонких шарах може сягати 870...1200 °С. Основна частина тепла, що виникає, з дуже великою швидкістю переходить у масу оброблюваного металу; швидкість охолодження може сягати 2000 град/с і більше.

Незважаючи на такі величезні швидкості охолодження, повне охолодження поверхні та прилягаючих до неї шарів металу не відбувається. Тепло, що виникає в контакт, незважаючи на короткотривалість теплових імпульсів, викликає незворотні структурні зміни в металі, а також зміну мікротвердості в поверхневому шарі інструмента, що загострюється.

Глибина зміненого поверхневого шару завжди більша від максимально можливого (теоретично) шару, що знімається одним зерном. Товщина зміненого шару при

шліфуванні термічно оброблених сталей різними кругами може перевищувати товщину шару, що зрізується, у десятки разів і становити 30...200 мкм (0,2 мм). Тепловий вплив шліфування на поверхню металу в контакті може мінятися в широких межах. Він залежить від характеристики шліфувального круга, матеріалу, що обробляється, а також, значною мірою, від режимів шліфування (загострювання).

За істотного порушення оптимальних параметрів шліфування в поверхневих шарах металу та в результаті нагрівання відбувається своєрідне термічне оброблення. Залежно від температури, до якої встигне нагрітися під час загострювання різальна частина інструмента, можуть утворитися різні структури, що різко відрізняються за твердістю.

Якщо в процесі шліфування лезо встигне нагрітися до температури, що перевищує деяку критичну температуру, то відбудеться вторинне загартування леза з утворенням так званої «білої структури». Її можна виявити спеціальним протравленням полірованої передньої поверхні ножа.

Продукт вторинного загартування — білий шар, що не травиться (рис. 1.) має мартенситно-аустенітну будову й виявляється дуже твердою структурою. Повторно загартований шар, залежно від складу, може мати мікротвердість від HV 500...650 до HV 1200 МПа.

У дослідженнях загострення дереворізальних ножів зі сталей 9Х5ВФ, Р4, ХВГ та У9А біла структура, що утворилася вздовж кромки леза стругальних ножів у процесі загострювання, мала мікротвердість у межах HV 660...940 МПа.

Якщо в процесі загострювання лезо інструмента встигне нагрітися до більш низької температури, ніж та, за якої здійснюється повторне загартування, то відбудеться не загартування, а утворяться структури різного ступеня відпуску. Твердість цих структур менша, ніж вихідна твердість інструмента.

Отже, якщо не буде забезпечена відповідна характеристика круга до режимів шліфування й матеріалу інструмента, то під час загострювання може відбутися або вторинне загартування леза з утворенням твердої, але крихкої структури, або істотне зниження його твердості

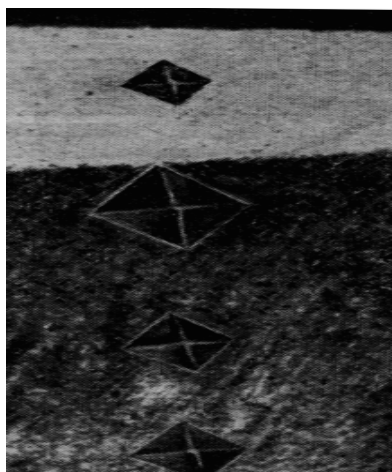


Рис. 1. Біла структура біля кромки леза

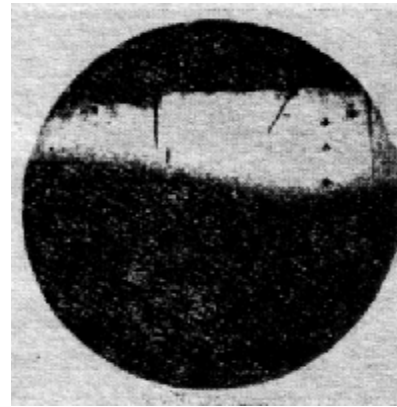


Рис. 2. Шліфувальні тріщини на лезі

в результаті відпуску сталі. Те й інше, за малих кутів загострення дереворізального інструмента, призведе до швидкого затуплення інструмента через спрацювання або викришування повторно загартованого леза. Правильно загострене лезо не повинно мати цих дефектів.

Для отримання найбільшої зносостійкості дереворізального інструмента потрібно, щоб у процесі загострювання була збережена вихідна, тобто оптимальна структура металу робочої частини (леза). Ця умова може бути виконана лише у разі повної відповідності характеристики шліфувального круга режимам шліфування й насамперед товщині шару металу, що зішліфовується за кожен прохід круга.

Крім структурних перетворень та їхніх небажаних наслідків, які виникають під впливом температури та інших явищ у зоні шліфування, у поверхневих шарах леза з'являються внутрішні напруження. Напруження в різальних елементах можуть бути як чисто термічного походження, так і обумовлені вищевказаними перетвореннями структури (фазовими перетвореннями). Напруження термічного походження, як правило, за своєю абсолютною величиною вищі від структурних напружень, тому під час шліфування на поверхні сталі виникають напруження розтягу. Вони — одна з причин виникнення мікротріщин на лезі й непрямої різальної кромки леза.

Шліфувальні тріщини утворюються під час шліфування робочих частин інструментів у разі застосування невідповідного шліфувального круга (твердого) і форсованих режимів загострювання. Тому виникають внутрішні напруження в металі через нагрівання поверхневих шарів і проходять структурні перетворення, про що було сказано вище.

На рис. 2. наведені фотографії загострених задніх поверхонь стругальних ножів з явно помітними шліфувальними тріщинами. Тріщини розташовані найчастіше перпендикулярно до напрямку шліфування й спостерігаються у вигляді сітки або більш-менш паралельних ліній, перпендикулярних до леза. При роботі ножа, що отримав шліфувальні тріщини, відбувається виламування леза. Величина й глибина поширення в лезі залишкових напружень залежать від інтенсивності теплового потоку, а також від фізико-механічних властивостей металу. Для зменшення температури на поверхні леза ножа під час загострювання використовують абразивні круги меншої (ніж рекомендують технологічні режими) твердості, але це

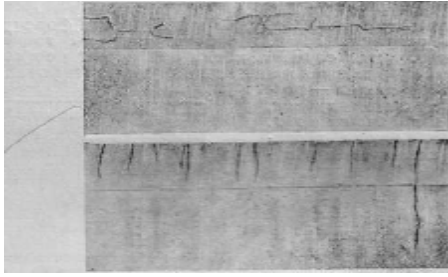


Рис. 3. Фотографії задніх поверхонь стругальних ножів з дефектами загострення — шліфувальними тріщинами

призводить до істотного розмірного зношення м'якого круга, помітно зменшує поперечну подачу в кінці робочого ходу круга, через що загострений ніж має різну ширину по довжині.

Застосування охолоджувальної рідини під час загострення ножів не повною мірою дає змогу якісно готувати дереворізальний інструмент до роботи. Конструкції загострювальних верстатів не дають можливості рівномірно охолоджувати задню поверхню ножа, що шліфується. Нерівномірність охолодження призводить до виникнення поздовжніх та поперечних мікротріщин на задній поверхні ножа, які наведено на рис. 3. Крім цього, охолодження водяними розчинами збільшує витрату абразивного інструмента.

Одним із найефективніших варіантів вирішення цієї проблеми є заміна суцільних абразивних кругів шліфувальними кругами зі вставними сегментами.

Сегментні шліфувальні круги, в першу чергу, дають змогу економити абразивний матеріал, оскільки суцільний абразивний круг, який повністю не використовується після спрацювання, замінюють абразивні сегменти, що спеціальними затискачами кріпляться до планшайби.

Перервна зона контакту сегментного круга з задньою поверхню ножа дає змогу частково зменшити температуру нагріву ножа, зручніше підвести охолоджуючу рідину та відводити відходи шліфування.

Недоліками конструкції сегментного круга є те, що при шліфуванні використовується незмінна абразивна поверхня сегмента, що призводить до нерівномірного спрацювання поверхні сегментів. У зв'язку з цим виникає потреба в частому правленні його поверхні або заміни сегментів. Використовують також абразивні круги з перервною робочою поверхнею. На робочій поверхні круга роблять декілька прорізів, у результаті чого вона стає перервною і складається з визначеної кількості виступів та западин. Наявність западин на робочій поверхні круга забезпечує порівняно кращі умови охолодження поверхні, що загострюється, за рахунок підведення мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) безпосередньо в зону контакту круга з інструментом.

Сили й температура шліфування зменшується всього на 10 %. Така конструкція абразивного круга також не вирішує проблеми якісного загострення товстих ножів.

Для вирішення згаданої вище проблеми було розроблено новий абразивний інструмент, що отримав назву «багаточашковий абразивний інструмент», на який отримано Деклараційний патент [2].

Попередні лабораторні випробування багаточашкового інструмента під час загострювання луцильних ножів зі сталі 9Х6ВФ з кутом загострення $\beta=17^\circ$ на верстаті ТчН5-6 дали позитивні результати. Спостерігалось зменшення потужності на шліфування. Якісне загострення можна було проводити на великих швидкостях поздовжньої подачі та подачі на врізання. Це дало змогу істотно збільшити продуктивність процесу загострювання. Окрім цього, загострювання проводилось без МОР, оскільки конструкція багаточашкового абразивного круга сприяє охолодженню ножа за допомогою повітряного потоку, що утворюється при обертанні круга.

Для вибору оптимальних режимів загострювання луцильних ножів розробленим абразивним кругом були проведені експериментальні дослідження. Температура, яка виникає на поверхні ножа, що загострюється, є функцією багатьох чинників. Величина її залежить від швидкості різання, поздовжньої подачі, подачі врізання, МОР та інших параметрів процесу загострювання.

Встановлення величини температури потрібне для відпрацювання режимів загострювання дереворізальних ножів, які істотно впливають як на продуктивність самого процесу, так і на працездатність леза ножа.

У літературних джерелах немає відомостей про величину температури, яка виникає на поверхні шліфування, що унеможлиблює здійснення високопродуктивного процесу загострювання.

Дослідження температури в процесі загострювання проводились на експериментальній установці, створеній на базі ножезагострювального верстата моделі ТчН6-5 (рис. 4) з використанням планування експерименту. Попередні дослідження показали, що вона залежить від таких основних чинників, як поздовжня подача v_s та подача на врізання S_{non} .

За модель було взято рівняння

$$T = e^{(a_0 + a_1 v_s + a_2 S_{non} + a_{12} v_s S_{non})}, \quad (1)$$

де a_0, a_1, a_2, a_{12} — коефіцієнти; v_s — швидкість подачі, м/хв; S_{non} — величина подачі на врізання, мм.

Температура в логарифмічних координатах апроксимується прямими лініями. Ця закономірність дала змогу під час досліджень використати рівняння регресії для двох змінних чинників у вигляді неповного квадратного рівняння:

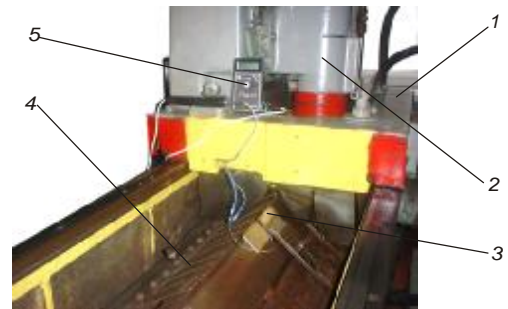


Рис. 4. Експериментальна установка: 1 — каретка верстата; 2 — шліфувальна головка; 3 — ніж з термопарою; 4 — поворотний стіл; 5 — цифровий термометр ТТЦ-1-7

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (2)$$

де y — параметр оптимізації; b_0, b_1, b_2, b_{12} — коефіцієнти регресії; x_1, x_2 — змінні.

Характеристика чинників, що досліджувались, наведена в табл. 1, а матриця планування експерименту — в табл. 2.

Розрахунки проводились на комп'ютері за допомогою програми «BPLAN», що дало змогу визначити коефіцієнти рівняння регресії. Рівняння регресії в нормалізованому вигляді є таким:

$$y = 5,560157 - 0,07267189x_1 + 0,2656081x_2 + 0,01419592x_1x_2. \quad (3)$$

Рівняння регресії в явному вигляді запишеться так:

$$T = e^{(5,41557 - 0,02250562v_s + 2,635736S_{\text{пов}} + 0,03943311v_sS_{\text{пов}})}. \quad (4)$$

На основі розв'язку рівняння регресії (4) було отримано залежність температури, яка є на поверхні шліфування, від швидкості подачі та глибини врізання. Графічну ентрипритацію результатів розрахунків показано на рис. 5.

Як видно з рисунка, загострення ножів розробленим абразивним інструментом з максимальною швидкістю подачі $v_s = 12$ м/хв та з максимальною подачею на врізання ($S_{\text{пов}} = 0,2$ мм) не спричиняє температуру в зоні шліфування понад 350 °С. Така температура не буде призводити до відпуску кінчика леза ножа й не вимагає додаткового охолодження зони шліфування. Разом з цим, працюючи на зазначених режимах, продуктивність загострювання

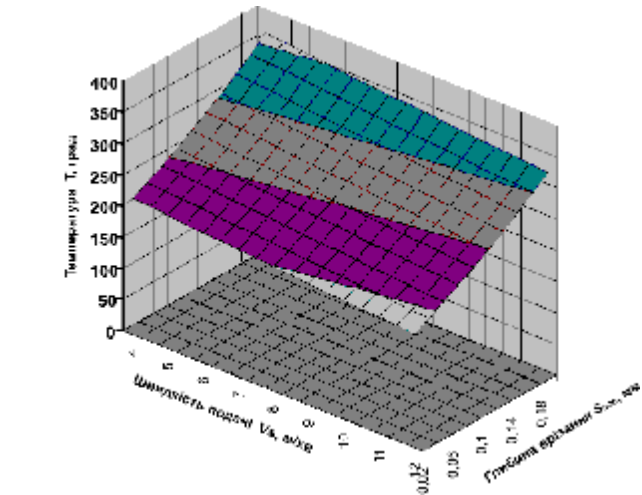


Рис. 5. Графік залежності температури від швидкості подачі та глибини врізання

можна збільшити в 1,5...2 рази зі збереженням фізико-механічних властивостей леза ножа.

Висновки. 1. Встановлено залежність температури, що виникає на поверхні ножа, який загострюють, від швидкості подачі шліфувальної головки v_s і подачі на врізання $S_{\text{пов}}$. Отримано рівняння регресії у вигляді степеневої функції. Температура, що утворюється під час загострювання новим багаточашковим абразивним інструментом, в 1,8...2 рази менша, ніж під час загострювання суцільним абразивним кругом.

2. Встановлено раціональні режими загострювання дереворізальних ножів з прямолінійною різальною кромкою багаточашковим абразивним інструментом, які дадуть можливість підвищити продуктивність процесу в 1,5...2,0 рази.

Таблиця 1

Характеристика чинників

Чинник	Область визначення	Область інтересу
Швидкість подачі абразивного круга v_s , м/хв	4...12	4...12
Подача на врізання $S_{\text{пов}}$, мм/подв. хід	0,005...0,20	0,02...0,20

Таблиця 2

План-матриця ПФЕ у натуральних значеннях чинників

Номер досліджу	Чинники		Значення температури в досліджах, град		
	v_s , м/хв	$S_{\text{пов}}$, мм	r1	r2	r3
1	4	0,02	220	217	215
2	12	0,02	185	183	180
3	4	0,2	360	362	356
4	12	0,2	320	321	318
5	8	0,11	260	262	258

Література

1. Демьяновский К.И. Исследование износостойкости строгальных ножей различных марок сталей при различных режимах термической обработки. — М.: Лесн. пром-сть, 1965. — 201 с.

2. Декларацийний патент. 61788 А Україна, МКИ В23D63/12. Багаточашковий абразивний інструмент / М.Д. Кірик, Ю.І. Озимок. — № 2003043656; Заявлено 22.04.2003; Опубл. 17.11.2003, Бюл. № 11. — 2 с.

Отримана 12.02.09

Ozymok Yu.

The impact of the temperature on the quality and efficiency of the steel wood-cutting knives sharpening

National University of Forestry of Ukraine, Lviv

The impact of the temperature on the quality and efficiency of the steel wood-cutting knives sharpening has been studied and the importance of the temperature on the grinding edge surface was determined. New modes of knives sharpening were developed that will considerably increase the efficiency of the sharpening process without changing in physical-mechanical properties of the edge.