УДК 621.9 https://doi.org/10.33271/crpnmu/75.044

© О.О. Богданов[1], В.А. Дербаба[1], С.С. Дубровський[2], В.М. Рубан[1], Н.С. Назаренко[3]
[1] Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна
[2] Дніпровський технологічний університет «ШАГ», м. Дніпро, Україна
[3] Фаховий коледж ракетно-космічного машинобудування Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ ВИСОКОТВЕРДИХ ЧАВУНІВ

© O. Bohdanov[1], V. Derbaba[1], S. Dubrovskyi[2], V. Ruban[1], N. Nazarenko[3]
[1] Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
[2] Dnipro Technological University "STEP", Dnipro, Ukraine
[3] Applied rocket-and-space engineering college of Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

STUDY OF CUTTING TEMPERATURE DURING TURNING OF HIGH-HARD CAST IRONS

Мета. Дослідження сил і температури в зоні різання при механічній обробці високотвердих чавунів спеціальними збірними різцями з напайними вставками ніборит та кіборит. Встановлення впливу геометричних характеристик різального інструменту, режимів різання та твердості оброблюваного матеріалу на температуру.

Методика. Методи проведення досліджень базувалися на основах теорії різання та різального інструменту, матеріалознавчих властивостях інструментального та оброблюваного матеріалу. Використання дослідницького стенду зі спеціальною апаратурою.

Результати. Експериментально досліджено характер зміни сил різання температури від глибини t, подачі S і швидкості v різання. Обгрунтовано безконтактний спосіб вимірювання температури в зоні різання під час точіння високотвердих чавунів різного хімічного складу ріжучими пластинами з ПСТМ марки ніборит і кіборит. Показано, що різні умови проведення вимірювань (режими точіння, геометрія ріжучої частини і ступінь затуплення різців, твердість і марка оброблюваної сталі) не дають змоги визначити усереднений коефіцієнт пропорційності C_Q. Твердість оброблюваного матеріалу впливає на сили різання та температуру. За ідентичних умов точіння чавунів твердістю від 220 до 610 НВ температура зростає в 1,9 рази. Експериментально встановлено, що при зростанні нормальної і дотичної сил на задній поверхні різця в міру розвитку її зносу спостерігається додатковий приріст загальної сили різання і потужності теплового джерела – температура підвищується в 1,3 рази.

Наукова новизна. Встановлено, що зростання температури різання пов'язане з випереджаючим зростанням потужності тепловиділення над інтенсивністю тепловідведення (з погіршенням умов відведення тепла від вершини леза). Доведено вплив геометричних параметрів інструменту та твердості оброблюваного матеріалу на температуру при точінні високотвердих чавунів.

Практична значимість. Отримані експериментальні данні дадуть змогу розробити математичну модель з урахуванням геометричних параметрів інструменту, твердості оброблюваного матеріалу та силових і енергетичних показників процесу різання.

Ключові слова: *теорія різання, різальний інструмент, температура, геометрія інструменту, чавуни, інструментальні матеріали, оптимальні режими різання.*

Вступ. Один із найпоширеніших матеріалів, що використовується в промисловості, є чавун. Адже він має хороші технологічні властивості та відносно низьку вартість. Чавун використовується там, де потрібна деталь складної форми та достатньої міцності.

Основними складнощами при обробці чавуну є абразивне зношування та висока температура. Оброблюваність чавуну різанням залежить від хімічного складу, фізико-механічних властивостей та багатьох інших факторів. Оброблюваність покращується зі збільшенням змісту графіту, дисперсності та рівномірності розподілу структурних складових. Легуючі елементи якраз і створюють такі дисперсні та рівномірні структури, тому оброблюваність легованих чавунів вища, ніж звичайних чавунів, звичайно, за умови однакової твердості. Так як, наприклад, легування хромом (Cr) призводить до підвищення твердості та погіршення оброблюваності [1].

Існуючі довідкові дані щодо вибору режимів різання високотвердих матеріалів та геометрії леза в цілому відображають рівень продуктивності обробки та стійкості ріжучих інструментів. До того ж вони носять рекомендаційний характер щодо застосування полікристалічних надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору, тому що не можуть враховувати конкретні технічні, технологічні та економічні вимоги до виконуваної операції. Для розрахунку оптимальних параметрів процесу різання необхідно створення математичної моделі, яка повинна складатися із системи залежностей показників процесу від змінних параметрів, що оптимізуються, технічних обмежень цих показників, області існування самих параметрів та цільової функції.

З іншого боку сили та температура в зоні різання є одними з найважливіших показників багатофакторного управління процесом механічної обробки. Складові сили різання слугують вихідними даними для розрахунку потужності приводу робочих механізмів верстатів, міцності та жорсткості ланок технологічної системи, навантажень на контактних поверхнях ріжучих інструментів.

Джерелом утворення тепла при різанні металів та сплавів є перетворення роботи різання на теплоту (приблизно 85–99 %). Решта роботи витрачається на спотворення кристалічних ґрат. Зі збільшенням кількості теплоти, що підводиться, зростає температура в зоні різання, яка є основним фактором, що визначає процес різання. Від неї залежить сила тертя, усадка стружки, сила різання, зношування інструменту [2, 3].

За розвитку теорії різання основною оцінкою термонапруженості при різанні металів і сплавів є максимальна температура на поверхні контакту інструменту з заготівлею та стружкою. Вимірювальна техніка дає можливість виміряти температуру в зоні різання. Але експериментально ще не вдається отримати розподіл температур безпосередньо на контактній поверхні [2–4]. На це впливає недосконаліть та складність вимірювальних пристроїв, тепловідведення в навколишнє середовище, високі швидкості різання, малі розміри контактної поверхні інструменту та ін.

Основна частина. Зміна температури заготовки, особливо поверхневого шару, який належить деталі, призводить до перерозподілу напруг і може

викликати структурні зміни фазового стану. Тому теплофізичний аналіз процесу обробки різанням має значення для вдосконалення процесу, підвищення його продуктивності, забезпечення якості обробленої поверхні.

Тепло, що виділяється в процесі різання, поширюється по всій технологічній обробній системі і провокує нагрівання всіх складових системи: стружки, інструменту, заготовки (рис. 1).

При цьому тепловий баланс виглядає наступним чином:

$$Q = Q\text{деф} + Q\text{тп} + Q\text{тз}, \quad (1)$$

де Qдеф – теплота, що утворюється внаслідок роботи деформації; Qтп – теплота, що утворюється в результаті роботи тертя по передній поверхні; Qтз – теплота, що утворюється в результаті роботи тертя по задній поверхні [3–5].

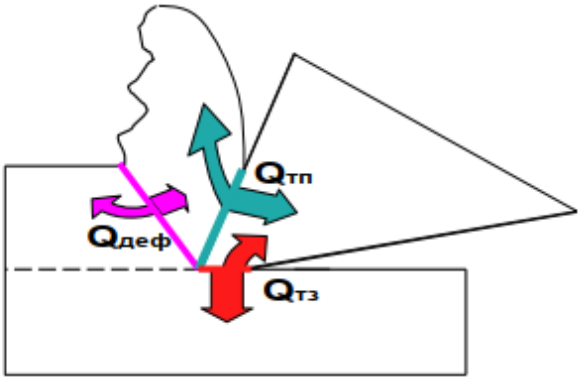


Рис. 1. Схема розподілу теплоти у зоні різання

Попередній досвід експериментальних досліджень дозволив встановити емпіричні залежності температури різання від досліджуваних параметрів процесу різання у вигляді функцій:

$$Q = f(\text{V}; a; в; K\text{м}; K\text{ін}; \gamma; \alpha; \varphi; h; K\text{ох}), \quad (2)$$

де V – швидкість різання; a – товщина шару, що зрізається; $в$ – ширина шару, що зрізається; Kм – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу; Kін – коефіцієнт, що враховує властивості інструментального матеріалу; γ; α; φ – геометричні параметри інструменту; h – величина зношування інструменту; Kох – коефіцієнт, що враховує умови охолодження [1].

Однак вплив цих факторів на температуру різання неоднаковий. Експериментально встановлено, що зі збільшенням швидкості різання і розмірів шару, що зрізається, температура різання зростає. Ця залежність може бути виражена емпіричним рівнянням:

$$Q = C_Q \cdot V^{xQ} \cdot a^{yQ} \cdot в^{zQ}, \quad (3)$$

де C_Q - коефіцієнт, що залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів, геометричних параметрів ріжучого інструменту та ЗОР; xQ, yQ, zQ – показники ступеня.

Виразив фізичні розміри шару, що зрізається при точенні через технологічні – глибину різання (t) і подачу (S), формула (3) набуде вигляду:

$$Q = C_Q \cdot V^{xQ} \cdot S^{yQ} \cdot t^{zQ}. \quad (4)$$

Формула (4) є загальною залежністю впливу одночасно всіх трьох елементів режиму різання (*V*, *S*, *t*).

Рівень контактних температур на передній і задній поверхнях інструменту і закономірності їхньої зміни від технологічних чинників становлять особливий інтерес під час вивчення процесу різання важкооброблюваних матеріалів.

Вплив режимів різання на середню температуру під час тонкого точіння сталі ХВГ HRCe 60-62 різцями з ельбору у роботі [6] наводиться у вигляді емпіричної залежності

$$Q = 1114 \cdot t^{0,09} \cdot S^{0,12} \cdot v^{0,2}. \quad (6)$$

Також залежність середньої температури від режимів точіння загартованих сталей Р18, ХВТ, У10 ельбором можна представити у вигляді

$$Q = C_Q \cdot t^{0,09 \div 0,12} \cdot S^{0,12 \div 0,2} \cdot v^{0,2 \div 0,3}. \quad (7)$$

Абсолютне значення температури різання для режимів, що зазвичай застосовуються, перебуває в межах 400÷1200°С. Під час точіння сталі 30ХГСНА HRCe = 44÷50 (t = 0,2 мм, S = 0,04 мм/об, v = 1÷2 м/с) контактні температури різання перебувають у межах 440÷650°С. Зі збільшенням фаски зносу від 0,05 мм до 0,4 мм температура збільшується в середньому на 160°С.

Закономірності зміни температури різання під час точіння сталі ХВГ HRCe 60÷62 різцями з ельбору без охолодження (t = 0,1÷0,3 мм, S = 0,05÷0,1 мм/об, v = 1,3÷2 м/с) встановлені авторами в роботі [7].

$$Q = 1576 \cdot t^{0,18} \cdot S^{0,37} \cdot v^{0,38}. \quad (8)$$

Вплив швидкості різання під час точіння наплавок гексанітом (γ = -10°; α = 16°; φ = 40°; l_s = 0,25; h = 0,6 мм; t = 0,2 мм; S = 0,1 мм/об, v = 0,5÷3 м/с без ЗОР):

$$Q = 628 \cdot v^{0,33} \text{ для НП – 30 ХГСА HRCe 38;} \quad (9)$$

$$Q = 742 \cdot v^{0,38} \text{ для ПП – АН 106 HRCe 52.} \quad (10)$$

Температуру різання залежно від режимів точіння та зносу композиту 01 (ельбор) у роботі [3] пропонується визначати за формулою

$$Q = C_Q \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^z \cdot h^u \quad (11)$$

для γ = -10°; α = 10°; φ = 45°; φ_1 = 15, r = 0,6÷1 мм і за таких числових значень показників ступеня та коефіцієнта C_Q, які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення показників ступеня та коефіцієнта C_Q

Марки сталі	Твердість	C_Q	x	y	z	u
Р6М5	62÷64	1480	0,12	0,17	0,27	0,18
У-10	58÷60	1119	0,09	0,15	0,22	0,16
45	48÷50	1019	0,08	0,12	0,20	0,12

Комплексні дослідження температури різання сталі 50Г різної твердості різцями з круглою пластиною (r = 2,78 мм) з гексаніту (γ = -10°; α = 10°) виконано в роботі [8]. У результаті опрацювання (t = 0,1÷0,4 мм, S = 0,05÷0,125 мм/об, v = 1÷3 м/с, HRCe = 27÷54, h = 0,1÷0,6 мм) експериментальних даних отримано емпіричний вираз для визначення температури в зоні різання зазначеного матеріалу

$$Q = 2{,}76 \cdot t^{0{,}22} \cdot S^{0{,}32} \cdot v^{0{,}56} \cdot h^{0{,}45}. \quad (12)$$

Дослідження сил та температури різання виконувалися в процесі точіння заготовок Ø120×600 мм на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20П. Оброблюваним матеріалом був низьколегований чавун СЧ25 різної твердості після поверхневого загартування ТВЧ і високохромистий чавун ІЧ210Х28ГЗС у литому стані твердістю НВ = 530÷550 і після термообробки твердістю НВ = 600÷620.

Принципова схема вимірювання температури, сил різання, обладнання, апаратура, матеріал, інструмент наведені на рисунках 2–3.

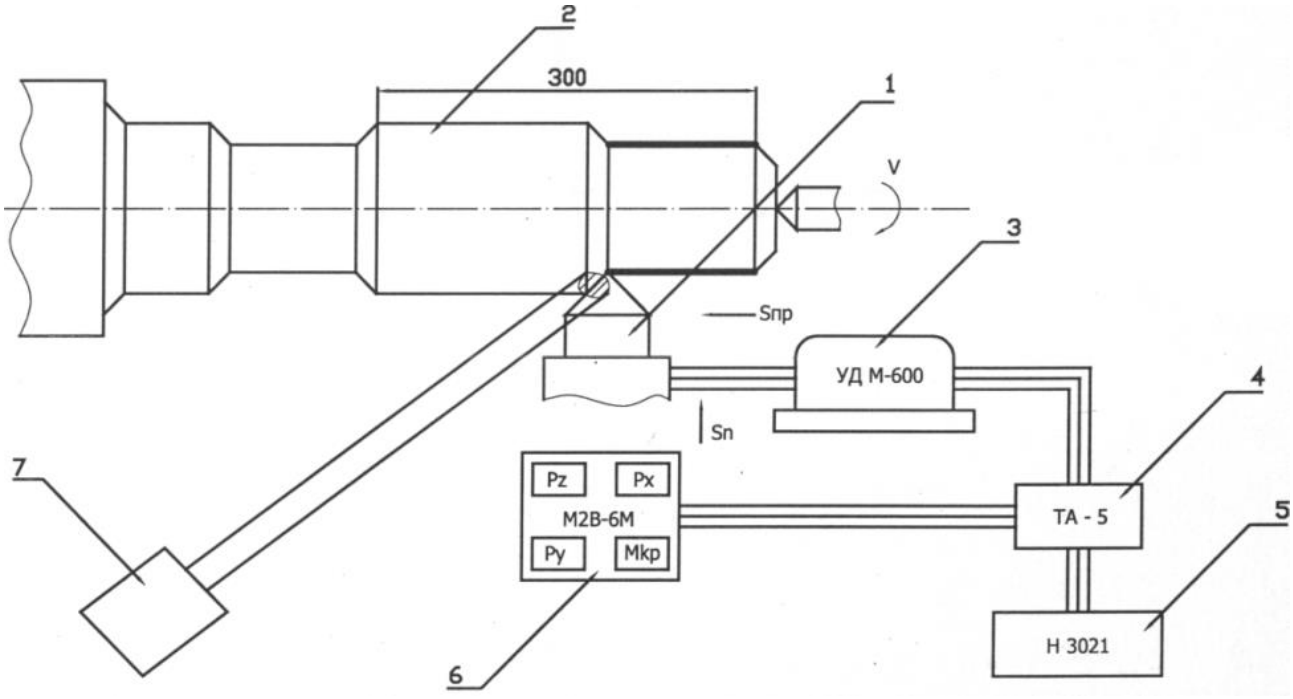
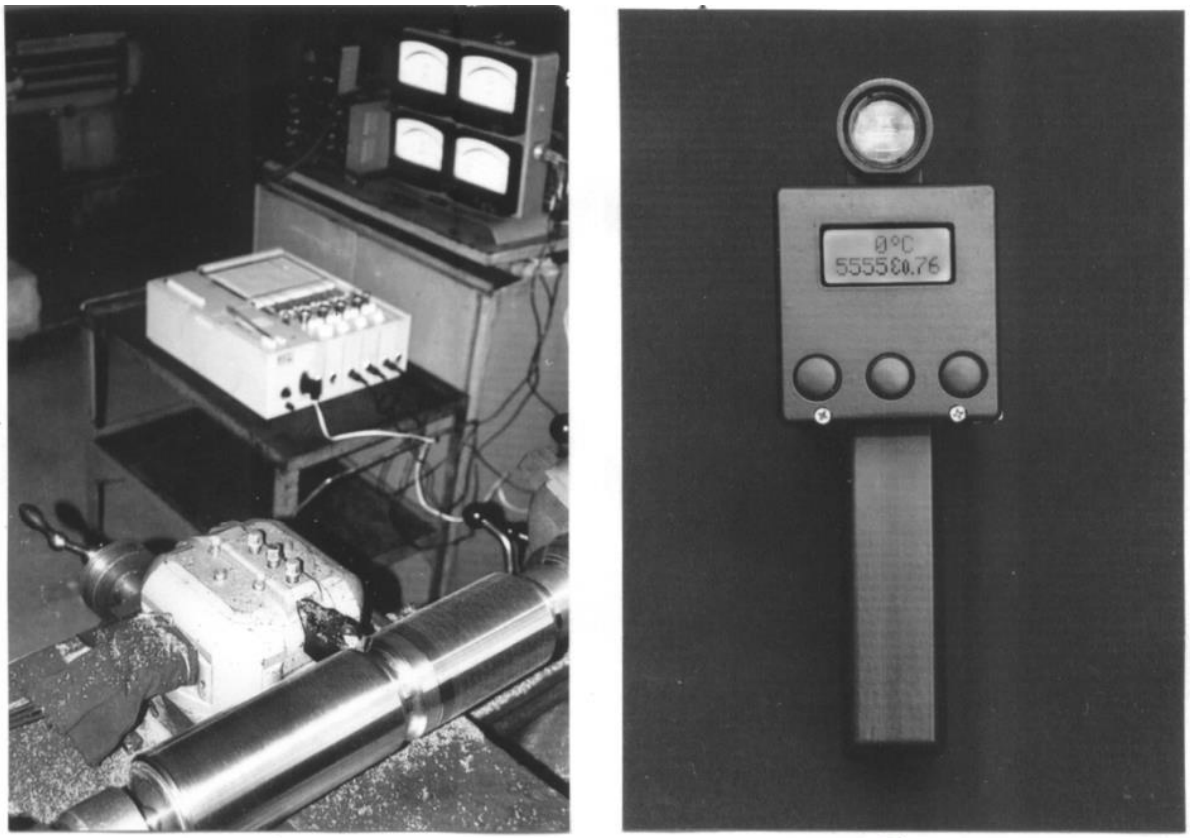


Рис. 2. Схема вимірювання сил температури, сил різання під час обробки чавунів різцями з кіборитy та ніборитy: 1 – різець, 2 – ділянка досліджень, 3 – динамометр, 4 – підсилювач, 5 – осцилограф, 6 – щит приладів, 7 – прилад вимірювання температури «Кельвін»

Як різальний інструмент застосовували спеціальні збірні різці з напайною вставкою з ПСТМ марки ніборит і квадратної форми 12,7×12,7+4,76 мм з ПСТМ марки кіборит. З метою запобігання поломок пластин із ПСТМ під час експлуатації з підвищеними навантаженнями і вібраціями площинність опорних поверхонь державки різця і різального елемента забезпечувалася в межах 0,01 мм, і зазор у місці стику не допускався.

Оскільки точіння високотвердих матеріалів проводиться зазвичай з малими глибинами різання через невеликі припуски і порівняно збільшеними радіусами при вершині різця для підвищення міцності ріжучих пластин, то фактично різання відбувається радіусною частиною різця. Тому кути в плані залишалися незмінними $\varphi = \varphi_1 = 45°$. Заточування ріжучої частини інструменту здійснювали алмазними кругами 12А2×45°150×32×10×3, АС4 100/80 В2-01-4 за (t = 0,02÷0,03 мм/подв. хід, S = 0,015÷0,03 мм/об, v = 25÷30 м/с з виходжуванням (параметр шорсткості Ra ≈ 0,63 мкм) на універсально-заточувальному верстаті [9].



а) б)

Рис. 3. Процес точіння та вимірювання (а), прилад для вимірювання температури (б)

Вимірювання температури різання під час точіння високотвердих чавунів різцями з ПСТМ становить певні труднощі.

Найпоширеніший метод природної термопари оброблюваного та інструментального матеріалів практично неможливий через неелектропровідність композитів типу ельбор, гексаніт і кіборит.

Притискні штучні термопари (два ізольовані провідники в глухому отворі з голівкою спаю поблизу різальної кромки) більше призначені для вимірювання температури окремих точок температурного поля різального клина [10] і обмежено застосовні через технологічну складність виконання отворів малих діаметрів у ПСТМ.

Застосування перерізаних термопар (ізольований тонкий провідник у канавці між двома площинами роз'єму заготовки) пов'язане з більшою трудомісткістю виготовлення зразків із високотвердих матеріалів і вимагає тарування для кожної напівштучної термопари, оброблюваний матеріал – матеріал електрода.

Останнім часом широкого використання через простоту вимірювання набули дистанційні фотоелектричні пристрої, що реєструють одночасно теплове випромінювання стружки, інструменту та заготовки (усереднену температуру) [10]. Відносно точні значення температури різання, які можна порівняти з методами закладних штучних і напівштучних термопар, отримано за використання тепловізора моделі Acathermovision (Швеція) з фотореєстрацією температури (похибка вимірювання становила 10-15ºС).

На підставі проведеного аналізу способів вимірювання температур, для визначення температури різання під час точіння високотвердих чавунів різного хімічного складу ріжучими пластинами з ПСТМ марки ніборит і кіборит був прийнятий безконтактний метод вимірювання. Вимірювальним пристроєм слугував термометр інфрачервоного випромінювання «Кельвін», який перетворює енергію інфрачервоного випромінювання від поверхні об'єкта в електричний сигнал, а потім числові дані температури, діапазон вимірювання яких від 300ºС до 2200ºС.

Реєстрація усередненої в зоні стружкоутворення температури здійснювалася з торцевого боку головної ріжучої кромки на відстані 1,5 м. Промінь наведення оптичного прицілу фіксувався в основній площині під кутом у плані $\varphi = 4 \div 5°$ так, щоб ядро фокуса захоплювало одночасно випромінювання від контактних ділянок передньої та задньої поверхонь інструмента. Під час дослідження впливу переднього кута на температуру різання промінь наведення прицілу спрямовувався під кутом $\lambda \pm 10°$, а під час дослідження впливу величини зносу по задній поверхні – під кутом $\lambda - 10°$ до основної площини.

Отримані дані щодо впливу режимів точіння на температуру та складові сили різання наведені в таблиці 2, яка представлена у вигляді матриці планування однофакторного експерименту, що базується на реєстрації сил різання.

Таблиця 2

Значення сил і температури різання залежно від режимів точіння
($\gamma = -20°$, $r = 2$ мм, $h = 0{,}4$ мм)

t, мм	S, мм/об	v, м/с	P_z, Н	P_y, Н	P_x, Н	Q, °С
1,5	0,3	1	2000	3000	1250	810
0,5	0,3	1	850	1050	400	730
2,5			3020	4700	2020	850
1,5	0,1	1	1000	1600	700	660
	0,5		2850	4020	1600	890
1,5	0,3	0,5	2200	3200	1300	660
		1,5	1900	2900	1200	910

Зростання температури різання Q пов'язане з випереджаючим зростанням потужності тепловиділення $N_Q = Pz \cdot v$ над інтенсивністю тепловідведення (з погіршенням умов відведення тепла від вершини леза).

Потужність тепловиділення N_Q у зоні різання має пропорційну залежність від швидкості різання v. Тому серед параметрів режиму точіння швидкість різання має найбільший вплив на температуру різання Q. Збільшення швидкості різання v супроводжується деяким знеміцненням оброблюваного матеріалу від впливу зростання температури різання Q і зменшенням об'єму пластичної деформації (збільшення кута зсуву і зменшення коефіцієнта усадки стружки), що призводить до зниження сил різання. Однак, ступінь цього впливу незначна.

У таблиці 3 наведено експериментальні дані щодо впливу геометрії леза на сили і температуру різання. Кути в плані $\varphi = \varphi_1 = 45°$ і задні кути $\alpha = \alpha_1 = 8°$ залишалися незмінними. Передня поверхня виконувалася із захисною (зміцнювальною) фаскою f_γ –0,5 мм під потрібними кутами γ.

Таблиця 3

Значення сил і температури різання залежно від геометричних параметрів леза (t = 1,5 мм, S = 0,3 мм/об, v = 1 м/с)

γ, град	r, мм	h, мм	P_z, Н	P_y, Н	P_x, Н	Q, °С
-20	2	0,4	2000	3000	1250	810
-30	2	0,4	2100	3400	1400	840
-10			1900	2700	1125	780
0			1700	2300	1000	750
-20	1	0,4	1900	2700	1400	870
	3		2100	3200	1175	760
	4		2200	3400	1100	730
-20	2	0,1	1800	2100	950	700
		0,7	2250	4100	1600	910

З таблиці 3 слід, що зменшення переднього кута призводить до збільшення всіх сил і температури різання. Зменшення переднього кута погіршує умови стружкоутворення і впливає на сили різання. Незважаючи на підвищення енергетичних показників процесу, негативні значення γ під час точіння високотвердих матеріалів необхідні для того, щоб вектор рівнодійної сил різання збігався якомога ближче з лінією об'ємної симетрії леза, і композити, які не мають достатньої міцності на вигин, працювали на стиск [9].

Збільшення радіуса при вершині різця r зумовлює збільшення ширини і зменшення товщини шару, що зрізається, а також зменшення головного кута в плані φ_r на радіусній частині леза. В свою чергу зменшення товщини зрізу (як при впливі подачі S) і одночасне поліпшення умов тепловідведення (збільшення маси тіла за рахунок зменшення кутів у плані при вершині) тягне за собою незначне зниження температури різання Q при збільшенні радіуса r при вершині.

Знос ріжучих пластин з композитів економічно вигідно доводити до максимально можливого значення. При цьому головними обмежувальними факторами є допустимі рівні сил і температури різання. Зростання нормальної і дотичної сил на задній поверхні в міру розвитку її зносу спричиняє додатковий приріст загальної сили різання і потужності теплового джерела – температура підвищується в 1,3 рази.

Твердість, як найбільш значуща характеристика оброблюваності металів, взаємопов'язана з силами різання через міцність на зсув. Вплив твердості НВ представлено на рис. 4. Різна твердість низьколегованого чавуну СЧ25 досягалася поверхневим загартуванням СВЧ, а твердість НВ = 600÷620 чавуну ІЧ210Х28ГЗС – об'ємним загартуванням та відпустком [9].

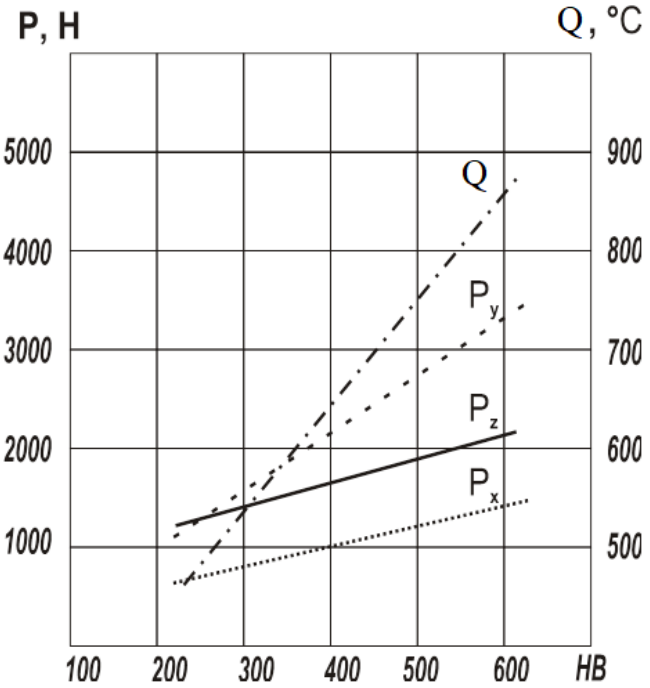


Рис. 4. Зміни сил різання (P_x, P_y, P_z) та температури (Q) залежно від від твердості оброблюваних чавунів НВ: чавуни СЧ25 НВ 220, 330, 400, 470 і ІЧ210Х28ГЗС НВ 540, 610 – ніборит (t = 1,5 мм, S = 0,3 мм/об, v = 1 м/с, γ = -20^0, r = 2 мм, h = 0,4 мм)

З діаграми (див. рис. 4) видно, що за ідентичних умов точіння матеріалів твердістю від 220 до 610 НВ зростають сили різання, спостерігається підвищення температури в 1,9 рази.

Отримані експериментальні данні дадуть змогу розробити математичну модель з урахуванням геометричних параметрів інструменту, твердості оброблюваного матеріалу та силових і енергетичних показників процесу різання.

Висновки. Існуючі математичні залежності (6–12) для визначення температури в зоні різання сил різання небездоганні щодо точності розрахунку. Різні умови проведення вимірювань (режими точіння, геометрія ріжучої частини і

ступінь затуплення різців, твердість і марка оброблюваної сталі) не дають змоги визначити усереднений коефіцієнт пропорційності C_Q.

Твердість оброблюваного матеріалу значно впливає на сили різання та температуру. За ідентичних умов точіння чавунів твердістю від 220 до 610 НВ температура зростає в 1,9 рази.

Зростання нормальної і дотичної сил на задній поверхні в міру розвитку її зносу спричиняє додатковий приріст загальної сили різання і потужності теплового джерела – температура підвищується в 1,3 рази.

Перелік посилань

1. Мазур, М.П., Внуков, Ю.М., Грабченко, А.І., Доброскок, В.Л., Залога, В.О., Новосьолов, Ю.К., & Якубов, Ф.Я. (2020). *Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів].* Новий Світ-2000.
2. Рєзников, А.М. (1981). *Теплофізика процесів механічної обробки матеріалів*. Машинобудування.
3. Дідик, Р.П., Кравченко, Ю.Г., & Мелещік, В.А. (2002). Сили та температура різання при точінні композитами зносостійких чавунів. *Зб. наук. праць НГУ*, 64–69.
4. Дербаба, В.А., Богданов, О.О., Рубан, В.М. (2023). Дослідження температурних явищ при механічній обробці сталей та чавунів. *Збірник наукових праць НГУ, 72*, 202–211. https://doi.org/10.33271/crpnmu/72.202
5. Дербаба, В.А., Пацера, С.Т., Григоренко, В.У. (2022). Особливості механічної обробки зносостійких чавунів. *Збірник наукових праць НГУ, 71*, 217–230. https://doi.org/10.33271/crpnmu/71.217
6. Рєзников, А.М. (1977). *Абразивна та алмазна обробка матеріалів: Довідник*. Машинобудування.
7. Коломієць В.В. (1984). Вплив швидкості різання на основні характеристики процесу точіння матеріалів, що наплавлені дротами Нп-30ХГСА та ПП-АН106. *Зб.: Різання та інструмент. Харків, Вища школа, 32*, 87–91.
8. Гартфельдер, В.А., Аранзон, М.А. (1989). Визначення температури при точінні загартованих сталей різцями з СТМ. *Надтверді матеріали. Київ, Наукова думка, 3*, 55–58.
9. Дербаба, В.А., Пацера, С.Т., Богданов, О.О., Рубан, В.М., & Музичка, Д.Г. (2023). Дослідження сил різання під час точіння високотвердих чавунів. *Збірник наукових праць НГУ, 74*, 143–153. https://doi.org/10.33271/crpnmu/74.143
10. Новіков, Ф.В., & Якимов, О.В. (2003). *Фізико-математична теорія процесів оброблення матеріалів і технології машинобудування (Т. 2).* Одеса: ОНПУ.

ABSTRACT

Purpose. To study the forces and temperature in the cutting zone during machining of high-hard cast iron with special prefabricated cutters with brazed niborite and ciborite inserts. To determine the influence of geometric characteristics of the cutting tool, cutting modes and hardness of the material being machined on the temperature.

The methods. The research methods were based on the basics of cutting theory and cutting tools, material science properties of the tool and the material being processed. The research stand with special equipment was used.

Findings. The nature of the change in cutting forces temperature with depth *t*, feed rate *S* and cutting speed *v* was experimentally investigated. A non-contact method of measuring the temperature in the cutting zone during turning high-hard cast irons of different chemical composition with cutting inserts

made of niborite and ciborite PSM has been substantiated. It is shown that different measurement conditions (turning modes, cutting geometry and the degree of blunting of the cutters, hardness and grade of the machined steel) do not allow determining the average proportionality coefficient C_Q. The hardness of the material being machined affects the cutting forces and temperature. Under identical turning conditions for cast irons with a hardness of 220 to 610 HB, the temperature increases by 1,9 times. It has been experimentally established that with the growth of normal and tangential forces on the back surface of the cutter as its wear develops, an additional increase in the total cutting force and heat source power is observed – the temperature increases by 1,3 times.

The originality. It was found that the increase in cutting temperature is associated with an outstripping increase in heat generation power over the heat removal rate (with a deterioration in the conditions of heat removal from the top of the blade). The influence of the geometric parameters of the tool and the hardness of the material being machined on the temperature during turning of high-hard cast irons has been proved.

Practical implementation. The experimental data obtained will make it possible to develop a mathematical model taking into account the geometric parameters of the tool, the hardness of the material being processed, and the power and energy parameters of the cutting process.

Keywords: *cutting theory, cutting tools, temperature, tool geometry, cast irons, tool materials, optimal cutting conditions.*