

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НУБІП України

01.07 – КМР. 463 "С" 2023.03.28. 044 ПЗ

НУБІП України

СУМАРОКОВ ОЛЕКСІЙ ІГОРОВИЧ

НУБІП України

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет

Конструювання та дизайну

УДК 629.229.7629.3.027.542.4

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Технології конструкційних

матеріалів і матеріалознавства

(назва кафедри)

Лопатько К.Г.
(ПІБ)

2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Визначення закономірностей розподілу температур при
токарній обробці»

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(код і назва)

Освітня програма Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна програма

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

Ромасевич Ю.О.

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Семеновський О.Є.

(ПІБ керівника)

Виконав

Сумароков О.І.

(підпис)

(ПІБ студента)

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет

Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

НУБІП України

Завідувач кафедри технології конструкційних
матеріалів і матеріалознавства

д.т.н., професор

Лопатько К.Г.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

НУБІП України

2023 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Сумароків Олексій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

133

Галузеве машинобудування

(код і назва)

НУБІП України

Освітня програма Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Визначення закономірностей розподілу температур

при токарній обробці» 28 березня 2023 р. №463 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

2023р. 10. 40

(рр.к, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи : 1. Характеристика процесу токарної обробки. 2. Фактори, що визначають продуктивність процесу різання. 3. Аналіз фізико-механічних характеристик конструкційних матеріалів. 4. Методики визначення температур в зоні різання.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз властивостей конструкційних матеріалів
2. Розробити методику визначення температур в зоні різання
3. Вивчити закономірності розподілу температур в зоні різання при токарній обробці
4. Розробка методичних рекомендацій для призначення параметрів режиму різання

Керівник магістерської роботи

Семеновський О.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

НУБІП України

НУБІП України (підпис) (прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вступ

У сучасній виробничій сфері багато деталей для машин формуються за допомогою механічного оброблення різанням. Цей процес складає велику частину від усієї складності виготовлення деталей, конкретно в діапазоні 45-60%. Отже, оптимізація параметрів різального режиму стає ключовим чинником для підвищення продуктивності та точності у виробництві деталей.

Різання - найбільш поширений спосіб виготовлення деталей. Більше 80 - 85% заготовок деталей піддаються обробці різанням. Трудомісткість операцій різання становить не менше 60 - 65% від загальної трудомісткості виготовлення машинобудівних виробів. У порівнянні з іншими процесами розмірного оброблення, різання - найбільш продуктивний, економічний, екологічний та точний метод обробки.

Основна робота різання перетворюється на теплову енергію, кількість якої (в зоні різання) істотно впливає на зношення і стійкість різального інструмента та шорсткість обробленої поверхні. Встановлено, що понад 70 % цієї теплоти виноситься стружкою, 15...20 % поглинається інструментом, 5...10 % - деталлю і близько 1 % випромінюється в навколишній простір.

Температура в зоні різання залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного та інструментального матеріалу, режимів різання, геометричних параметрів різального інструмента і застосування мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ (МОТС).

Зі збільшенням міцності і твердості оброблюваного матеріалу температура в зоні різання підвищується і при важких умовах роботи її середнє значення може досягти 1000...1100 °С.

НУБІП України

1. Процес різання і тепловий баланс

Механічна обробка, спрямована на виконання різання, витрачає свою енергію на пружну та пластичну деформацію верхнього шару матеріалу заготовки, а також на тертя стружки по передній поверхні ріжучого інструмента та матеріалу заготовки по задній поверхні інструмента.

Досліджено, що 99,5% енергії, витраченої на різання, перетворюється у теплоту, яку можна обчислити за формулою $Q = Pz \cdot V$. Лише 0,5% цієї енергії використовується для деформації кристалічної ґратки оброблюваного матеріалу.

Виділення теплоти виникає внаслідок пластичної деформації в області утворення стружки, тертя стружки по передній поверхні ріжучого інструмента і тертя поверхні різання заготовки по задній поверхні інструмента (рис. 1.1.). Ця теплота, що виділяється під час різання, розподіляється між стружкою, заготовкою, інструментом і навколишнім середовищем.

Тепловий баланс процесу різання виражається рівнянням:

$$Q_D + Q_{п.п} + Q_{п.з} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \text{ Дж}$$

де: Q_D — кількість теплоти, що виділяється при пластичному деформуванні металу;

$Q_{п.п}$ — кількість теплоти, що виділяється при терті стружки об передню поверхню інструмента;

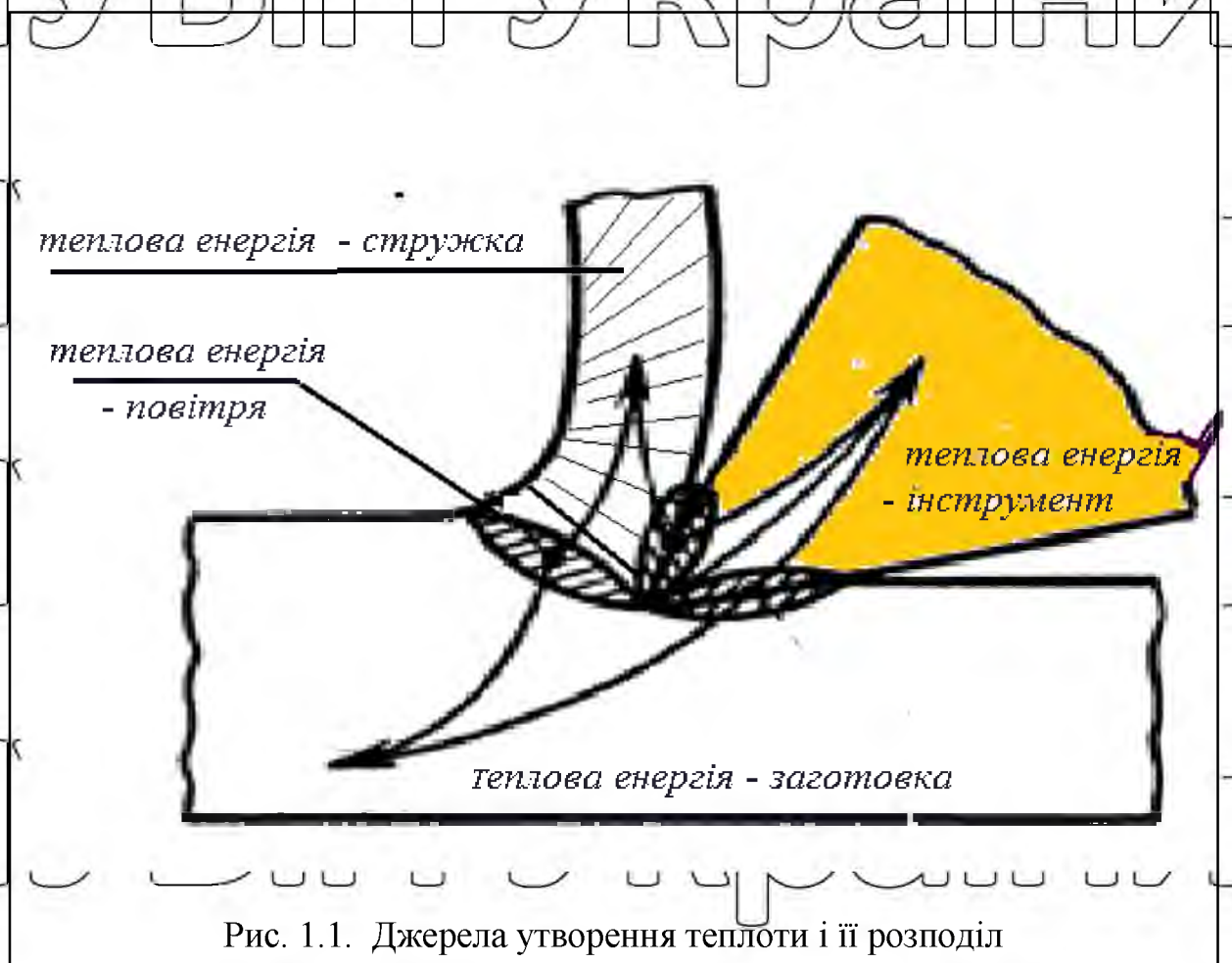
$Q_{п.з}$ — кількість теплоти від тертя задньої поверхні інструмента об заготовку;

Q_1 — кількість теплоти, що відводиться стружкою;

Q_2 — кількість теплоти, що переходить у заготовку;

Q_3 — кількість теплоти, що переходить в інструмент;

Q_4 — кількість теплоти, що переходить у навколишнє середовище (теплота випромінювання).



Загальна кількість виділеної теплоти під час різання (55–60%) формується внаслідок деформації матеріалу. (15–30%) — через тертя по передній поверхні ріжучого інструмента, а решта — через тертя по задній поверхні інструмента. Залежно від режиму різання 60–85% виділеної теплоти забирає стружка, 15–35% — заготовка, 1–5% — інструмент і 0,5–3% — навколишнє середовище.

Кількісні значення компонентів теплового балансу залежать від типу операцій, фізико-механічних властивостей матеріалів заготовки та інструмента, режиму різання, геометричних параметрів інструмента і умов оброблення. Значення виділеної теплоти під час різання також залежать від конкретної операції. Наприклад, під час точіння матеріалів різних

конструкції найбільше тепла виділяється у стружку, тоді як під час свердління – у заготовку.

В обробці сталі виділяється більше теплоти, ніж при обробці чавуна.

Чим вища міцність і твердість оброблюваного матеріалу, тим більше тепла виділяється. Найбільший вплив на температуру різання має швидкість

різання. При збільшенні швидкості різання до 400 м/хв температура інструмента зростає досить інтенсивно, але при подальшому збільшенні швидкості інтенсивність зростання температури зменшується.

1.2. Теплопровідність матеріалів

Серед великої кількості параметрів матеріалів з якими сьогодні працюють на виробництвах теплопровідність є одним з найважливіших.

Теплопровідність - це здатність передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях.

Коефіцієнт теплопровідності λ це міра, яка виражає здатність матеріалу товщиною 1 метр пропускати кількість теплоти в Джоулях за 1 секунду при різниці температур на протилежних поверхнях матеріалу 1 градус Кельвіна або Цельсія та вимірюється у Вт/(м·°C).

У більшості випадків коефіцієнт теплопровідності λ визначається експериментально шляхом вимірювання теплового потоку і градієнта температур у досліджуваному матеріалі. Він залежить не лише від типу матеріалу, а й від температури, вологості, щільності та ін.

Теплопровідність, до прикладу, сухої деревини незначна. Це пояснюється пористістю її будови. Коефіцієнт теплопровідності деревини 0,12-0,39 Вт/(м·K). Порожнини, міжклітинні та внутрішньоклітинні простори в сухій деревині заповнені повітрям. Щільна деревина проводить тепло трохи краще ніж пориста. Вологість деревини підвищує її теплопровідність,

бо вода у порівнянні з повітрям є кращим провідником тепла. Теплопровідність деревини залежить також від напрямку її волокон і породи. Деревина вздовж волокон проводить тепло майже вдвічі краще ніж у

поперечному напрямку.

Завдяки низькій теплопровідності деревину широко використовують у будівництві як матеріал для стін, а також як матеріал для виготовлення ручок до чайників, прасок та інших приладів.

Механічна обробка пластмас у порівнянні з обробкою різанням металів або інших матеріалів має специфічні особливості через її низьку теплопровідність, в'язкості, абразивних властивостей, які визначають характерні вимоги, пропоновані до конструкції й геометрії різального інструменту, до конструкції й оснащення верстатів.

Теплопровідність пластику дуже мала, - 0,2-0,6 ккал/м/год/°С (для сталі - 45 ккал/м/год/°С, скла - 10-40 ккал/м/год/°С, міді - 330 ккал/м/год/°С).

Окрім того у пластмас невисока теплостійкість пластика - близько 70-120 °С (тобто нездатність матеріалу працювати під навантаженням при підвищених температурах)

Поліетилен — безбарвна, прозора (або напівпрозора) тверда речовина. Зовнішнім виглядом він нагадує парафін, є легшим за воду, жирний на дотик.

Під час нагрівання поліетилен стає м'яким, за температури більше 117 °С — плавиться, утворюючи в'язку безбарвну рідину (Рис.2.2.).



Рис. 2.2. Поліетилен

Коефіцієнт теплопровідності поліетилену - 0,038 - 0,045 Вт/МС в

залежності від щільності.

Фізичні властивості поліетилену залежать від його різновиду. Чим нижче щільність, тим м'якше поліетилен. Температура плавлення ПНД становить 125-132 °С. У ПВД цей поріг нижче – 103-110 °С.

Фторопласт – кристалічний полімер, температурою плавлення кристалів 327° і температурою склування аморфних ділянок від -100 до -120°С. Чудові діелектричні характеристики фторопласта і стійкість до впливу температур від 1269°С до +260°С без зміни хімічних характеристик, роблять незамінним застосування цього матеріалу в електроніці та електротехніці для ізоляції проводів, кабелів, роз'ємів, виготовлення друкованих плат, пазової ізоляції електричних машин.



Рис.1.3. Фторопласт

Капролон або поліамід 6 перевершує метал по ряду характеристик. В першу чергу – міцності антикорозійним властивостям. Капролон є прекрасним діелектриком, має електроізоляційні властивості, доволі широкий температурний діапазон від -50°С до +90°С; допускається короткострокове навантаження за температурою до +150°С.

Температура плавлення - 220-225 °С. Коефіцієнт теплопровідності при 20°С, 0,29 Вт/м.град.

Текстоліт - шаруватий пластик, виготовлений у вигляді листів з бавовняної тканини, просоченої резольною фенолоформальдегідною смолою. Це реактопластик.

Температура плавлення текстоліту може значно коливатися, в межах від 105 °С і вище, і це залежить від його типу.

Коефіцієнт теплопровідності – 22 Вт/(м·°С).

НУБ



НИ

НУБ

НИ

Рис. 4. Текстоліт

Теплопровідність металу була встановлена ще в 1863 році. Саме тоді було доведено те, що за передачу теплоти відповідають вільні електрони, яких в металі безліч. Саме тому коефіцієнт теплопровідності металів значно вище, ніж у діелектричних матеріалів. У більшості металів хороша теплопровідність, у одних вона більше, в інших менше. До металів з хорошою теплопровідністю відносять золото, мідь і деякі інші. До матеріалів з низькою теплопровідністю відносять олово, алюміній і ін.

Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С):

Н	Срібло	428	↑
	Мідь	394	
Н	Алюміній	220	↑
	Залізо	74	
Н	Сталь	105	↑
	Свинець	35	

Мідь володіє коефіцієнтом теплопровідності 394 Вт/(м*К) при температурі від 20 до 100 °С. Варто відзначити, що теплопровідність виробів, виготовлених з міді, значною мірою залежить від домішок (втім, це стосується і інших металів). Наприклад, швидкість провідності тепла знижується, якщо в мідь потрапляють такі речовини, як наприклад алюміній або залізо.

Що до кольорових сплавів то високу теплопровідність мають сплави на основі магнію і нікелю. До металів, у яких низька теплопровідність відносять ніхром, інвар і деякі інші. Теплопровідність деяких сплавів залежить від складу та температури. Наприклад у чавуна з ростом температури теплопровідність зменшується.

1.3. Основні теплові явища при різанні

Під час різання металів виникають теплові явища. Під час цього процесу деталь, ріжучий інструмент і стружка нагріваються.

При збільшенні швидкості різання, особливо під час видалення тонких стружок, температура в області різання збільшується до 600 °С. За

подальшого підвищення швидкості різання можна спостерігати, що стружка, нагріта до яскраво-червоного розжарювання (900°C), скочить. На обробленій поверхні сталеві деталі можуть виникнути відтінки всіх кольорів мінливості, що свідчать про високу температуру тонкого поверхневого шару деталі в момент зіткнення її з задньою поверхнею інструмента.

Підвищення температури в області різання відбувається через перетворення механічної енергії, витраченої на процес різання, у тепло. Дослідження Я. Г. Усачова показали, що в стружку потрапляє від 60 до 86%

загальної кількості теплоти, утвореної під час різання; в ріжучому інструменті - від 10 до 40%, а в оброблювану заготовку - від 3 до 10%. Слід відзначити, що теплота розподіляється нерівномірно як в стружці, так і в інструменті.

У ріжучому інструменті при тривалій роботі встановлюється постійний тепловий режим за кілька хвилин. Практично вирівнювання температури в обробленій деталі завершується після завершення обробки. Тепло, яке утворюється в області різання, суттєво впливає на весь процес різання і пов'язані з ним явища, такі як наростоутворення, знос інструменту і інші.

При різанні в'язких металів може виникнути явище, відоме як нарост, що полягає в утворенні на передній поверхні інструменту прикріпленого сильно деформованого шматочка оброблюваного матеріалу у вигляді клина з великою твердістю.

Цей шматочок металу постійно відокремлюється зі стружкою і утворюється знову. Він, по суті, є ріжучою частиною інструменту і захищає його ріжучу кромку від зносу.

Однак утворення наросту на передній поверхні інструменту може погіршити якість обробленої поверхні. Таким чином, при чистовій обробці металів та різанні різьби нарост є небажаним явищем.

Для усунення його ефектів рекомендується уважно обробляти передню поверхню інструменту, змінювати швидкість різання (частіше в збільшення).

до 30 м/хв і вище) та використовувати мастильно-охолоджуючі рідини, що відповідають умовам обробки.

1.4. Обробка деревини різанням

Процеси різання деревини також мають свої особливості оскільки деревина має специфічні фізичні властивості. Деревина потребує спеціальні інструменти та підхід процесу обробки.

Процес різання включає у себе: пиляння круглою пилою, пиляння стрічковою пилою деревини: фрезерування, фрезерування пазів кінцевий фрезой, свердління, точіння, стругання, шліфування.

Свердління - процес закритого різання деревини свердлом з метою отримання наскрізних або непрямих отворів в деталях. Свердло зазвичай робить головний рух різання (обертання) D_r , а рух подачі D_s в напрямку осі обертання може виконуватися або свердлом, або заготовкою.

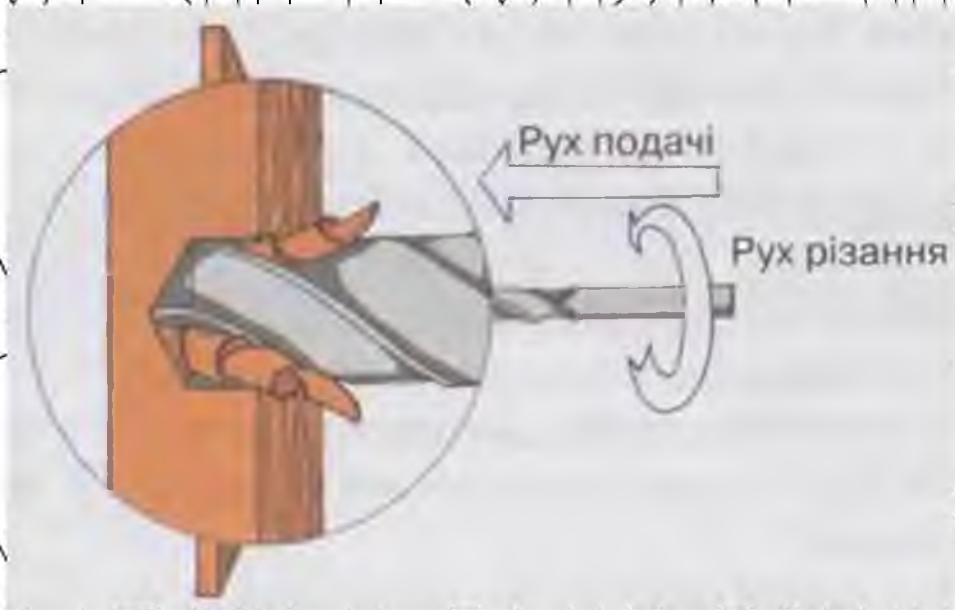


Рис. 1.5. Свердління деревини

Точіння - процес різання деревини, при якому заготовка здійснює головний рух різання D_r , а рух подачі D_s забезпечується супортом з різцем.

Залежно від напрямку руху подачі буває точіння поздовжнє, радіальне або складне.

При поздовжньому точінні різець переміщається зі швидкістю V_s паралельно осі обертання заготовки. Результуюче рух різання при поздовжньому точінні представляє собою кручену лінію.

Радіальне точіння проводиться при подачі різця по радіусу кола обертання. Таке точіння використовують при обробці торця обертається деталі. Результуюче рух різання при радіальному точінні - спіраль Архімеда.

Точіння з подачею різця одночасно уздовж і поперек осі обертання заготовки застосовують для отримання складних профілів деталей обертання.

Пояснення процесів теплового розподілу при обробці деревини важливо для розуміння впливу тепла на інструмент та заготовку.

У процесі різання матеріалів тепло виділяється через роботу та тертя інструменту по заготовці. Ця енергія тепла розподіляється між інструментом, заготовкою і навколишнім середовищем. У випадку обробки металів співвідношення розподілу теплової енергії вже відоме, де більшість тепла (60-85%) виділяється в стружку, менша частина (15-35%) - в інструмент, а решта розподіляється між заготовкою і навколишнім середовищем.

У випадку обробки деревини, особливості матеріалу та процесів різання призводять до складнощів у вимірюванні температури в зоні різання та дослідженні реального розподілу теплової енергії. Основні причини цього включають низьку теплопровідність деревини та ускладненість вимірювань при різанні багаторізним інструментом.

Особливість різання деревини полягає в тому, що температуростійкість матеріалу інструменту, такого як сталь P18 (650 °C), є високою. Температура, при якій виникають незворотні процеси, такі як утворення окислених

прошарків (обвуглецювання), горіння та тління, значно нижча і не перевищує 200 °С.

Проведені дослідження показали, що різниця між температурою ріжучої кромки інструменту і оброблюваної заготовки при чистовій обробці

може перевищувати 100-200 °С. У практиці обробки деревини нагрівання заготовки майже не впливає на її розміри, але нагрівання різального інструменту може знизити його зносостійкість та викликати зміни розмірів

деталі через теплові деформації інструменту. Температура в зоні різання інструменту може досягати значних значень (250-380 °С), обумовлених теплостійкістю матеріалу деревини.

1.5. Особливості обробки різанням пластмас

Обробка пластмас різанням нераціональна, проте її доводиться здійснювати при виготовленні деталей складної конфігурації (зубчасті колеса, деталі підшипників, корпусу), що важко піддаються звичайним методам обробки - пресування, вишивки, вальцювання.

Необхідно враховувати, що пластмаси в процесі їхньої механічної обробки можуть підгоряти (текстоліт, гетинакс) або оплавлятися (полістирол, органічне скло) через низьку теплопровідність. Щоб уникнути фарбування або виривання матеріалу заготовки, різальний інструмент повинен мати дуже гострі різальні леза.

Виділення великої кількості пилу та шкідливих речовин (фенолу, аніліну, хлористого водню) вимагає хорошої вентиляції та влаштування місцевих відсмоктувачів від кожного робочого місця.

Точіння пластмас слід виконувати різцями з ретельно заточеними та доведеними різальними лезами.

Радіус закруглення при вершині різця 3 - 4 мм.

Органічне скло або полістирол точать різцями з інструментальної сталі У10А, а для інших пластмас застосовують різці з пластинами

швидкорізальної сталі Р9 або твердого сплаву ВК-8 (для амінопластів та фенопластів). Склопластики точать алмазними різцями. Передній кут γ вибирають у межах $15 - 20^\circ$, задній кут $\alpha = 8 - 12^\circ$.

При точінні пластмас рекомендується призначати великі швидкості різання (до 600 м/хв і більше під час роботи твердосплавними різцями) і малі подачі $S = 0,1 - 0,3$ мм/об, щоб уникнути відшаровування або фарбування матеріалу заготовки. З цією ж метою при гостринні шаруватих пластмас застосовують дерев'яні підкладки.

Припуск під чистове обточування залишають приблизно 0,2 - 0,3 мм, тобто шар, який деформується при чорновому обточуванні.

Пластмаси точать без охолодження або з охолодженням струменем повітря, що сприяє також видаленню стружки. Застосовувати охолоджувальну рідину не рекомендується, а в деяких випадках взагалі не допускається внаслідок здатності пластмас поглинати вологу. При обробці полістиролу, щоб уникнути утворення тріщин при перегріві, іноді застосовують охолодження мильним розчином.



Рис. 1.6. Обробка різанням пластмас

Якість обробки залежить від геометрії різця та режимів різання. При неправильному заточуванні різця або порушенні режимів різання на обробленій поверхні деталі утворюються опіки, тріщини, сколювання або відривання шарів матеріалу.

При контролі розмірів необхідно враховувати пружну післядію багатьох пластмас після обробки.

Особливості процесу обробки пластмас різанням пов'язані з їх фізико-механічними властивостями, які залежать від виду зв'язуючих і наповнюючих матеріалів.

Особливо впливає наповнювач, його вид, структура і орієнтація. Теплопровідність пластмас в 500-600 разів менша теплопровідності металів, що затрудняє їх обробку, хоч твердість пластмас не висока.

Характерним при різанні пластмас є те, що смоли, що входять до їх складу, в процесі різання оплавляють і покривають поверхню різця внаслідок чого затрудняється відведення стружки і погіршується якість обробленої поверхні. Тобто допустима швидкість різання в значній мірі залежить від допустимої температури нагрівання заготовки. А максимальна допустима температура заготовки визначається температурою оплавлення матеріалу заготовки.

Пластмаси обробляють на металорізальних та деревообробних і спеціальних верстатах.

При цьому застосовуються інструменти виготовлені з надтвердих матеріалів, твердих сплавів, швидкорізальної та інструментальної сталі при цьому призначення режиму різання в значній мірі визначається не теплостійкістю інструмента, а температурою переходу пластмаси у в'язкий, або у в'язкотекучий стан, а для пластиків, що мають кристалічну будову визначальною є температура плавлення..

Основні види обробки пластмас: розрізання, точіння, свердління, нарізування різі, фрезерування.

Розрізання – це операція, необхідна для поділу на велику кількість заготовок або деталей (пресованих, литих тощо). Розрізанням також отримують заготовки листа, операції розділового штампування виконують з попереднім підгрівом заготовки або без підгріву.

Таблиця 1 Властивості полімерів

Полімер	Звичайна назва	Об'ємна границя текучості p , МПа	Об'ємна міцність на зріз, МПа	Поверхнева міцність на зріз s , МПа	Коефіцієнт тертя
Полівінілхлорид	ПВХ	150	50	70	0,4-0,5
Полістирол	Полістирол	200	40	80	0,4-0,5
Поліетил-метакрилат	Оргскло	200	60	100	0,4-0,5
Нейлон 66	Нейлон	100	60	50	0,3
Поліетилен	Поліетилен	20	14	10	0,6-0,8
Політетра-фторетилен	Фторопласт, тефлон, ПТФЕ	20	20	4	0,05-0,1

При штампуванні на поверхні зрізу можливе утворення тріщин та сколів. Для запобігання цим явищам застосовують двоступінчасті пуансони.

За допомогою пуансона меншого діаметра одержують попередній отвір. Основний (калібруючий) пуансон остаточно формує отвір.

Деталі із пластмас штамвують на обладнанні з невеликим робочим зусиллям: гідравлічних та механічних пресах. Особливості обробки пластмаси різанням. Обробку пластмас різанням застосовують як обробну операцію після попереднього формоутворення або як самостійний спосіб виготовлення деталей з виробних матеріалів.

Особливістю отримання пластмасових деталей пресуванням, литтям та іншими способами є значне колювання усадки при затвердінні матеріалу. Це знижує точність отриманих деталей. Для досягнення заданої точності застосовують додаткову механічну обробку. Крім того, обробкою різанням видаляють литникову систему, задирки. Однак необхідно мати на увазі, що при механічній обробці порушується поверхнева смоляна плівка. Це призводить до зниження хімічної стійкості та підвищення вологопоглинання пластмасових деталей. Тому обробку слід застосовувати лише у необхідних випадках.

Особливості будови та фізико-механічні властивості пластмас суттєво впливають на технологію їх обробки, конструкцію різального інструменту та пристроїв. Пластмаси мають нижчі механічні характеристики, порівняно з металом. Це властивість пластмас можна було б використовувати підвищення швидкості різання. Однак низька теплопровідність пластмас призводить до концентрації теплоти, що утворюється в зоні різання. В результаті цього відбувається інтенсивне нагрівання ріжучого інструменту, розм'якшення або оплавлення термопластів, обвуглювання або припал реактопластів в зоні різання.

При обробці деталей термопластів максимальна температура процесу $60-120^{\circ}\text{C}$; деталей з реактопластів має перевищувати $-120-160^{\circ}\text{C}$. Теплота, що утворюється при обробці пластмас, відводиться в основному через інструмент. Стійкість різального інструменту різна в залежності від типу матеріалу, що обробляється. Незначне зношування спостерігається при обробці термопластів без наповнювача. При обробці термореактивних матеріалів, особливо зі скляними іншими подібними наповнювачами, стійкість різального інструменту значно знижується.

Заготовки з термопластів (органічного скла, полістиролу, фторопласту тощо) можна обробляти різальними інструментами з вуглецевих та швидкорізальних сталей. Матеріали, що мають абразивну дію, обробляють інструментами, оснащеними твердим сплавом, алмазом, ельбором.

При обробці термореактивних матеріалів з шаруватими і волокнистими наповнювачами охолодні рідини застосовують через можливість набухання поверхонь матеріалів.

Процес стружкоутворення під час обробки пластмас характеризується меншими силами різання (проти обробкою металів). Пилоподібна і елементна стружка, що утворюється при обробці термореактивних пластмас, погано сходить з передньої поверхні інструменту. Тому стружки роблять більш ємними і полірують, щоб уникнути її прилипання.

Геометрія різального інструменту характеризується великими величинами переднього та заднього кутів. Пластмаси обробляють на спеціальному чи універсальному металорізальному устаткуванні. Різання застосовують для отримання заготовок з листових матеріалів, матеріал завтовшки менше 3 мм розрізають ножицями приводними різних конструкцій. Матеріали товщиною понад 3 мм, особливо листи з термореактивних матеріалів, розрізають твердосплавними фрезами або алмазними відрізними шліфувальними кругами. Стійкість алмазного кола в 40-50 разів вища за стійкість твердосплавних фрез. Якість різання значно вища - відсутні відколи, тріщини і розшарування матеріалу, що розрізається.

Швидкість різання алмазним колом становить 20-25 м/с, подача - 350-450 мм/хв з охолодженням 3% розчином кальцінованої соди у воді.

Точіння пластмасових деталей виробляють на токарних та токарно-револьверних верстатах. Режими різання та геометрія різальних інструментів багато в чому залежать від виду оброблюваного матеріалу. Термопластичні матеріали (органічне скло та ін) обробляють зі швидкістю різання - 300 - 1000 м/хв, подачею $0,1 + 0,2$ мм/об і глибиною різання $1 = 0,1 + 0,5$ мм; склотекстоліти різних марок - з - 100 - 300 м/хв, $f = 0,1 \pm 0,5$ мм/об, $1 - 0,5$ - 4,0 мм. Геометрія різального інструменту: $\alpha = 10 + 25^\circ$, $\gamma = 45^\circ$, $\lambda = 0$ для термопластів та реактопластів; $\alpha = 10 - 20^\circ$ для термопластів та $\gamma = 0 \div 10^\circ$ для реактопластів.

Передні поверхні різців заточують без фасок і стружкових канавок. Для поліпшення умов сходження стружки передню поверхню полірують.

Критерієм зношування різців, так само як і при обробці металів, є папос по задній поверхні. При обробці термопластів величину зношування приймають рівною 0,1-0,3 мм; для реактопластів 0,2-0,6 мм. При використанні різців, оснащених алмазами, допустима величина зношування зменшується до 0,1-0,15 мм.

Фрезерування є найбільш поширеною операцією механічної обробки пластмас: Фрезеруванням отримують плоскі та фасонні поверхні, пази та уступи, видаляють литники та задирки у деталей, виготовлених пресуванням, литтям та іншими способами. Як правило, використовують універсальне фрезерне обладнання.

До обробки пластмасових деталей на фрезерних верстатах пред'являють такі основні вимоги: заготовка, що обробляється, повинна бути щільно притиснута до опорної поверхні і жорстко закріплена на столі верстата або в пристосуванні; при фрезеруванні шаруватих пластиків щоб уникнути розшаровування необхідно застосовувати попутне фрезерування; різальний інструмент, його геометричні параметри та режими різання повинні відповідати умовам високопродуктивної обробки.

До фрез для обробки пластмас пред'являють специфічні вимоги: великий кут нахилу гвинтової канавки ($\alpha = 20 \pm 25^\circ$), що забезпечує плавність їх роботи та покращує відведення стружки; по можливості мінімальна кількість зубів ($Z = 2 + 4$) задля забезпечення великих подач на зуб. Крім того, зменшення числа зубів дозволяє збільшити обсяг канавок, що також значно покращує схід і видалення стружки, що утворюється.

Термопластичні матеріали обробляють, як правило, цільними фрезами із швидкорізальної сталі; терморективні матеріали - фрезами зі вставними ножами із твердого сплаву. Режими різання, як і при точінні, вибирають в залежності від типу оброблюваної пластмаси та матеріалу різального інструменту.

Свердління. Отвори в деталях із пластмаси свердлять на звичайних свердильних верстатах. Як ріжучий інструмент застосовують спіральні та перові свердла на швидкорізальній сталі, свердла, оснащені пластинками з твердого сплаву, суцільно твердосплавні свердла, циркульні вирізні різці, трубчасті свердла та алмазні трубчасті свердла-коропки. При свердлінні має

бути забезпечене безперервне видалення стружки. Зайдання стружки викликає інтенсивне виділення теплоти, що негативно впливає процес обробки. У зоні різання поверхня термопластичного матеріалу оплавляється, а термореактивного обуглюється. Для запобігання перегріву під час

свердління (особливо глухих отворів) свердло кілька разів виводять із зони обробки.

Отвори діаметром понад 10 мм рекомендується свердлити в два-три прийоми: попередньо свердлом діаметром 5-6 мм, а потім свердлом потрібного діаметра.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2. Методики досліджень теплових явищ при різанні

На практиці особливу увагу приділяють теплоті, яка викликає нагрівання заготовки та різального інструменту. Нагрівання заготовки призводить до зміни її розмірів. Тепло, яке виникає при нагріванні різального інструменту, зменшує його стійкість до зносу і може викликати теплові деформації, що впливають на розміри виробу. В зоні різання температура інструменту може сягати 800-1000°C.

Для визначення стійкості інструмента важливим параметром є температура його тонких поверхневих шарів в місцях контакту його зі стружкою і оброблюваним матеріалом. Існує велика кількість методів вимірювання температури в зоні різання.

Існуючі методи визначення температури різання можна розділити на три основні групи:

- аналітичні методи;
- непрямі методи вимірювання температури;
- методи безпосереднього вимірювання температури.

До непрямих методів вимірювання температури різання відносяться:

- метод використання легкоплавких матеріалів;
- метод термофарб;
- метод залишкового впливу температури на структуру матеріалу інструмента;

- калориметричний метод та ін.

Дані методи проведення досліджень все більше втрачають актуальність в зв'язку з розвитком методів безпосереднього вимірювання температури.

До безпосередніх методів вимірювання температури різання відносяться:

- метод штучної термопари;

- метод природної термопари;
- метод перерізуваних термопар;
- безконтактні методи вимірювання та ін.

До безконтактних методів вимірювання температури належать:

- Радіаційний метод;
- Метод ГЧ-випромінювання;
- Метод прозорого інструмента;
- Метод мікро-структурного аналізу.

В залежності від виду виробництва, методів вимірювання температури різання при виробництві, застосовуються спеціальні прилади пірометри, тепловізори, інфрачервоні сканери які реєструють теплове випромінювання, що виходить від нагрітих деталей та інструментів.

Теплота, що виділяється в процесі різання відіграє подвійну роль .

З однієї сторони підвищення температури заготовки підвищує пластичність і полегшує деформування матеріалу зрізуваного шару, що зменшує знос інструмента і підвищує якість обробленої поверхні. З іншої сторони теплова дія на різальне лезо інструмента зумовлює зміну структури і властивостей (зменшується твердість) матеріалу інструмента, що приводить до втрати його різальної здатності і припвидшеного зносу. Температура в зоні головної різальної кромки досягає $800 \dots 1000^{\circ}\text{C}$. Крім того, з підвищенням температури збільшуються розміри інструмента і заготовки, що погіршує точність оброблення. Отже, швидкість та відповідно температура різання впливає на параметри зносу та стійкості інструмента.

2.1. Безконтактні методи вимірювання температури різання

При обробці матеріалів різанням не завжди можна використовувати контактні методи вимірювання температури. Це особливо важливо в наступних умовах

1. Важкодоступність об'єкта. Коли об'єкт розташований у важкодоступних місцях, де складно або неможливо встановити контактні датчики.

2. Віддаленість об'єкта. У випадках, коли необхідно вимірювати температуру об'єкта, що знаходиться на відстані, і контактний доступ обмежений.

3. Рухомі об'єкти. Під час обробки рухомих об'єктів, таких як обертання або переміщення, контактні датчики можуть бути неефективними.

4. Високі температури. При температурах, які перевищують 2000 °С, контактні датчики можуть втратити термостійкість і стати непридатними для вимірювань.

5. Спотворення вимірювань. Контактні методи можуть внести спотворення в результати вимірювань через дотик до поверхні об'єкта.

У таких ситуаціях безконтактні методи вимірювання температури стають більш практичними. Вони дозволяють вимірювати температуру об'єкта без прямого контакту з ним, зменшуючи ризик пошкодження датчиків та спотворення результатів. Такі методи включають в себе інфрачервону термометрію, теплові камери та інші техніки безконтактного вимірювання температури.

2.1.1. Інфрачервоний тепловізор

Протягом тривалого часу технологія виявлення інфрачервоного теплового зображення стала важливим засобом загальнопромислового та побутового призначення у розвинених країнах. Область застосування включає електроенергію, металургію, нафтохімію, машинобудування, вугільну промисловість та інше. Він може не тільки виконувати виявлення в режимі реального часу при високій напрузі, високому струмі і високій швидкості роботи для виконання реальних - виявлення часу для виробництва

та інструменту, але також не потрібно відключати живлення, зупиняти машину або зупиняти виробництво, щоб знайти потенційні проблеми та запобігти виникненню несправності. «Безконтактна» сучасна технологія виявлення є безпечною, надійною та швидкою.



160x120 220x160 320x420

Рис. 2.1. Інфрачервоний тепловізор

Цей продукт є інфрачервоною камерою, яка послугує вимірювання температури поверхні та теплове зображення в режимі реального часу. Традиційний логічний термометр повинен вимірювати кожен компонент один за одним, тоді як він не потрібен для інфрачервоної камери, що заощаджує час. Потенційні проблеми можуть бути чітко відображені на кольоровому екрані. Крім того, курсор для вимірювання центральної точки використовується для швидкого та точного визначення температури цільового об'єкта. Щоб збільшити диференціацію, продукт має камеру видимого світла. Теплові зображення та видимі зображення зберігаються у пристрої та можуть бути прочитані через USB або збережені на комп'ютері для створення звіту або для друку. З невеликим обсягом, продукт простий в експлуатації та має сильні функції, це ідеальний вибір для

електроенергетики, електронного виробництва, промислового контролю та інших областях.

Наступні основні функції підвищують точність та зручність використання продукту:

- Коефіцієнт випромінювання можна регулювати для збільшення точності вимірювання об'єктів з поверхнею, що напіввідбиває.

- Показчик максимальної та мінімальної температури показує області з найвищою та найнижчою.

- Вибрана палітра кольорів.

Технічні характеристики тепловізора:

- Дисплей 2.8" повнокутний TFT екран

- Роздільна здатність 160x120 320x160 320x240

- Кут огляду 35°x26° 35°x26° 56°x42°

- Діапазон вимірювання температури -20°C ~ 450°C (-4°F ~ 84 ~ 300°C (-4°F ~ 572°F)

- Похибка $\pm 2^\circ\text{C}/\pm 2\%$ (При температурі більше 300°C $\pm 5\%$)

$\pm 2^\circ\text{C}/\pm 2\%$ Роздільна здатність камери 300,000 pixel

- Роздільна здатність екрана 320x240

- Мінімальна фокусна відстань 0.5M

- Теплова чутливість 70mK

- Коефіцієнт емісії Регульована від 0.01 до 1.00

- Частота оновлення екрана 9Hz

- Спектральний діапазон 8-14um

- Режим фокусування Фіксований

- Колірна палета Веселка, океид заліза білий (збереження понад 20 тисяч образів)

- Файловий формат JPG

- USB Micro USB 2.0

- Живлення

Вбудований акумулятор тип 18650
Час роботи 2-3 годин
Час автоматичного відключення На вибір: 5 / 20 /
відключення функції

- Параметри, що настроюються
- Мова, дата, час, лод. інформація
- Мова меню Англійська, Китайська, Італійська, Німецька
- Габарити 225mmx69.3mm*93.7mm
- Вага 323g

- Робоча температура 0°C ~ 45°C
- Температура зберігання -20°C ~ 60°C
- Вологість < 85%RH

Коефіцієнт випромінювання можна регулювати від 0,01 до 1,00. За замовчуванням його встановлено 0,95. Багато звичайних предметів і матеріалів (таких як деревина, вода, шкіра та текстильна тканина) можуть ефективно випромінювати теплову енергію. Таким чином, легко отримати відносно правильне значення виміру.

Коефіцієнт випромінювання зазвичай встановлюється рівним 0,95. Для напівматових об'єктів, які виділяють менше енергії, коефіцієнт випромінювання зазвичай становить близько 0,85 а коефіцієнт випромінювання напівглянсових об'єктів становить 0,6.

Блискучі об'єкти поділяються на матеріали з низьким коефіцієнтом випромінювання. Коефіцієнт випромінювання зазвичай встановлюється рівним 0,3 під час виміру.

Правильне встановлення значення коефіцієнта випромінювання дуже важливо для вас, щоб ви могли найбільш точно вимірювати температуру. Коефіцієнт випромінювання поверхні надаватиме величезний вплив на температуру поверхні, що вимірюється тепловізором. Розуміння

випромінювальної здатності поверхні дозволить отримати правильний результат вимірювання температури.

2.1.2. Радіаційний метод

Метод безконтактного вимірювання температури виявляється незамінним у випадках вимірювання високих температур (понад 2000 °С), гарантуючи при цьому високу точність та стабільність результатів. При

вимірюванні температури реальних тіл з сумарним коефіцієнтом випромінювання, що відрізняється від одиниці, дійсну температуру об'єкта можна визначити з достатньою точністю за формулою: $T = T_R / \epsilon^{0,25}$, де T – дійсна температура об'єкта, К; T_R – радіаційна температура, К; ϵ – коефіцієнт чорноти об'єкта.

Безконтактний метод вимірювання температури реалізований у пірометричних перетворювачах. При таруванні пірометра за моделлю абсолютно чорного тіла встановлюється однозначна залежність його показників від температури випромінювача.

За допомогою електроніки, ефективних детекторів випромінювання та світловолоконних кабелів, вдалося розширити можливості і сферу застосування пірометрів. Робочий інтервал температур збільшився від низьких до надвисоких і знаходиться у межах – 50...3000 °С. Похибка вимірювання не перевищує $\pm 1\%$, а інерційність – 0,5 с.

У сучасних пірометрах передбачена можливість передачі інформації про поточні значення температури об'єкта не лише у аналоговій, але й у цифровій формі на екран дисплею. Блок електроніки може визначити екстремальні та середні значення температури за період проведення циклу вимірювань.

Пірометри відрізняються високою чутливістю та стабільністю параметрів. Гнучкі скляні світловоди дозволяють вивчати тепловий режим при металообробці в місцях, недоступних для прямого візуалізації.

Використання оптоволокна в оптичній системі пірометрів повинно відповідати умовам термостійкості та передачі достатньої потужності випромінювання при мінімальних втратах сигналу при деформаціях. Таким чином, для дослідження температурних процесів механічної обробки оптимальним є використання оптоволокна з серцевиною і оболонкою із кварцового скла, що може експлуатуватися при температурах до 600 °C і володіє значною стійкістю до механічних деформацій.

Перевагами застосування пірометрів є незалежність показань від освітленості об'єкта та можливість дистанційної передачі показань. Проте існують певні недоліки, такі як неможливість вимірювання істинної температури, труднощі вимірювання на великих відстанях, вплив атмосферних умов на між джерелом випромінювання і пірометром, а також порівняно велика температурна похибка.

Розглянуті раніше прилади дозволяють вимірювати температуру в обмеженій зоні, практично в точці. Однак для оптимізації технологічного процесу або термічного режиму об'єкта за температурою в окремій точці може бути важко. У таких випадках важливо мати значно більший обсяг інформації, який можна отримати, маючи теплове зображення об'єкта. З цією метою використовують тепловізори, які із високою точністю фіксують температурне поле тіла.

Отже, методика вимірювання температури за допомогою пірометрів, незалежно від певних недоліків, забезпечує надійні та ефективні результати в умовах високих температур. Впровадження новітніх технологій у пірометрії дозволяє розширити обсяг застосування цих пристроїв і покращити їхню продуктивність у різноманітних галузях, забезпечуючи високу точність і дистанційну передачу даних.

2.1. Методи термопар

У наших дослідках для вимірювання температур у зоні різання був застосований метод природної термопар. Цей метод ґрунтується на

виникненні електрорушійної сили при нагріванні точкового з'єднання провідників із значною різницею опорів.

У високотисківій зоні стружкоутворення провідниками були матеріал заготовки (Сталь 20) та матеріал різця (твердий сплав T15K6), які мають велику різницю в опорі і при високому тиску в зоні контакту створюють електрорушійну силу при збільшенні температури.

З'єднання термопари відбувається в точці контакту леза інструмента з матеріалом заготовки. Щоб забезпечити точність вимірювань, інструмент і

заготовка ізолюються від верстата. Для передачі термоструму з обертаючої

заготовки використовувався графітовий струмознімач, який забезпечував максимальну струмопровідність при мінімальному терті.

Термоелектрорушійна сила реєструється мілівольтметром. Для переведення електрорушійної сили в градуси проводилося тарування термопари.

Природні термопари вимірюють середню температуру в зоні контакту інструмента і заготовки.

Тарування природної термопари виконувалась шляхом її витримки при різних температурах в муфельній печі, і побудови графічної залежності $\Theta =$

$f(U)$, де Θ - температура в зоні різання, U - електрорушійна сила термопари.

Залежність температури різання від його режиму виражається формулою:

$$\Theta = C_{\theta} t^{x_{\theta}} s^{y_{\theta}} v^{n_{\theta}}$$

де: Θ – температура в зоні різання;

C_{θ} – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки, матеріалу різця і умов різання;

v — швидкість різання, м/хв;

s — подача, мм/об;

t — глибина різання, мм;

$x_{\theta}, \gamma_{\theta}, n_{\theta}$ — показники степенів, що враховують ступінь впливу, відповідно, t, s, v на температуру в зоні різання.

Механізм впливу різних чинників на температуру різання обумовлений силами різання та умовами тепловідведення. Збільшення міцності, твердості та пластичності матеріалу заготовки призводить до збільшення температури в зоні різання, а збільшення його теплопровідності, навпаки, зменшує цю температуру.

Паралельно з вимірюванням температури в зоні різання проводився вимір сил різання за допомогою силувимірювального комплексу з універсальним динамометром (УДМ-6000). Динамометр дозволяв вимірювати сили різання під час різних операцій обробки металу. Цей комплекс включав динамометр УДМ-6000, чотирьоканальний підсилювач УТ 4-1, мікроамперметри та з'єднувальні кабелі.

Сили, що виникали під час різання, сприймалися шістьнадцятьма пружними опорами, на які були наклеєні дрітні тензодатчики. Електропір тензодатчиків змінювався пропорційно деформації елементів опор. Тензодатчики з'єднувалися в схеми залежно від вимірюваної складової сили різання чи крутного моменту, а їхні значення реєструвалися за допомогою мікроамперметрів реєстраційного приладу.

Визначення температури в області різання проводилося шляхом використання хромель-алюмелевої термопари. Розташовування термопари відбувалося у спеціальних канавках основи різця, безпосередньо під ріжучою пластиною або лезом, товщина якої складала 3 мм.

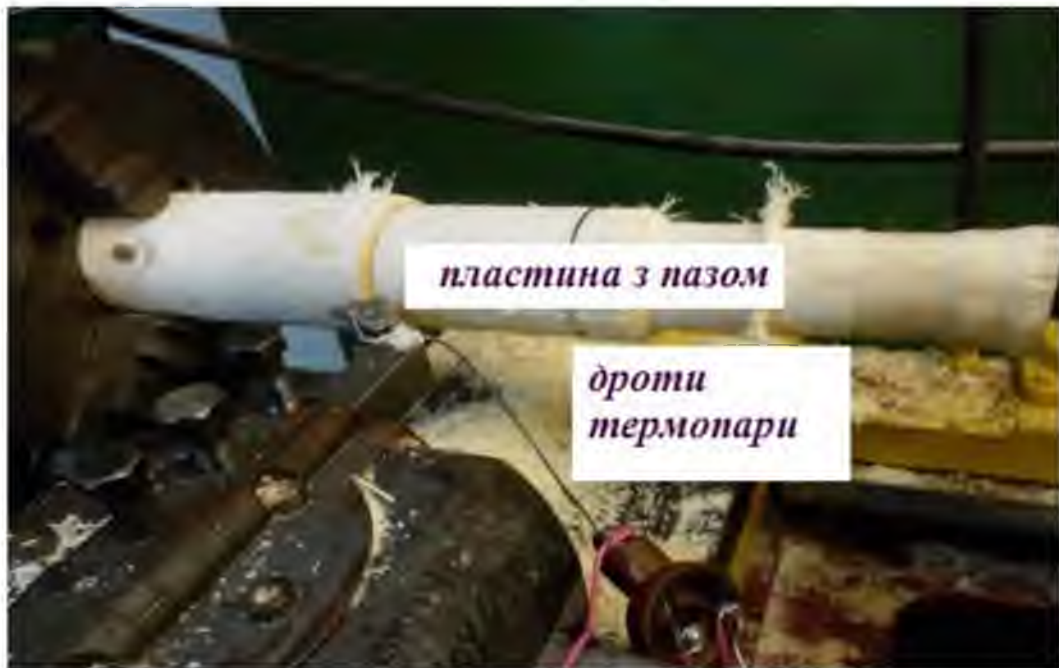


Рис.2.2. Визначення температури в області різання

Це важливий аспект, який може вплинути на точність отриманих результатів, тому проводився контроль за допомогою оцінки кольорів оксидування на поверхні інструменту та кольорів вугільної пігментації на поверхні заготовки. Процес вимірювання температури представлена на прикладі рисунку.

Ці термопар дозволяють вимірювати місцеву температуру у різці, виробі, деталях металорізального верстата, а також будувати температурне поле як всередині цих елементів, так і на їх поверхні. Стандартні термопар використовуються як штучні для цієї цілі. Результати вимірювань за допомогою штучних термопар дозволяють оцінити температуру контакту різця-стружка під час різання. Важливо визначити, що тепловий стан поверхні контакту можна визначити як при переривчастому різанні, так і при роботі інструментами, які зазнали зносу.

У випадках, коли необхідно визначення температурного поля різальних елементів, використовується конструкція різця з різальною пластинною

товщиною 1,5...2,0 мм. Утворюється отвір у державці різця, через який робочий спай термопары приводиться до різальної пластини.

Термоелектроди термопары ретельно ізолюються один від одного і від стінок отвору. Звертаючи увагу на невеликі розміри контактних ділянок різця, робочий спай термопары намагаються розташувати якнайближче до різальних кромки, що дозволяє вимірювати температуру поблизу джерел тепловиділення. Точність вимірювання температури залежить від способу закріплення робочого спаю термопары до досліджуваної поверхні, тому його щільно притискають або приварюють, наприклад, конденсаторним зварюванням, до різальної пластини.

За допомогою пластин різної товщини та розташування отворів у різних точках передньої та задньої поверхонь різального інструмента можна вимірювати температурне поле в різальній пластині та побудувати його графічне відображення на основі результатів вимірювань.

Ця методика може використовуватись як для металів так і для діелектричних матеріалів. В нашій роботі було завдання оптимізувати вибір параметрів режимів різання для різних типів матеріалів, як провідників так і діелектриків, тому цей метод теж був розглянутий.

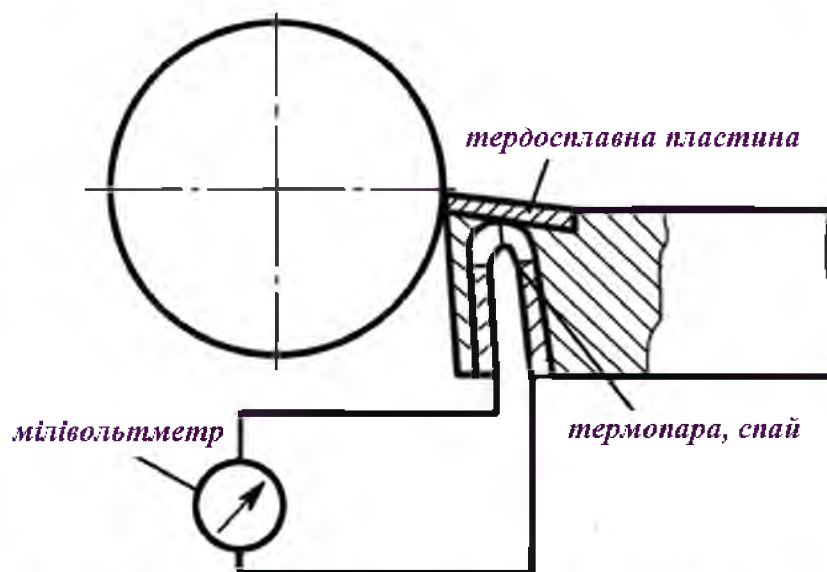


Рис.2.3. Принцип роботи штучної термопары

Спай термопари (рис. 2.3) вставляють у просвердлений в основі інструмента отвір, ізолюють, розміщують його якомога ближче до джерела тепла. Термоелектрорушійна сила реєструється приладом.

При вимірюваннях температури методом напів-штучної термопари (рис. 2.5.) одним елементом є інструмент, другим – проведений провідник, який приєднують на задній, або передній поверхні інструмента.

Напів-штучні термопари відрізняються від стандартних тим, що одним із термоелектродів в них може бути оброблюваний матеріал або матеріал інструмента.

У такому випадку один з електродів термопари вибирається з матеріалу, який досліджується, що дозволяє вимірювати температуру безпосередньо в області контакту між різцем і оброблюваним матеріалом під час різання. Це може бути корисним для більш точного вимірювання температур в умовах реального виробництва або обробки матеріалів.

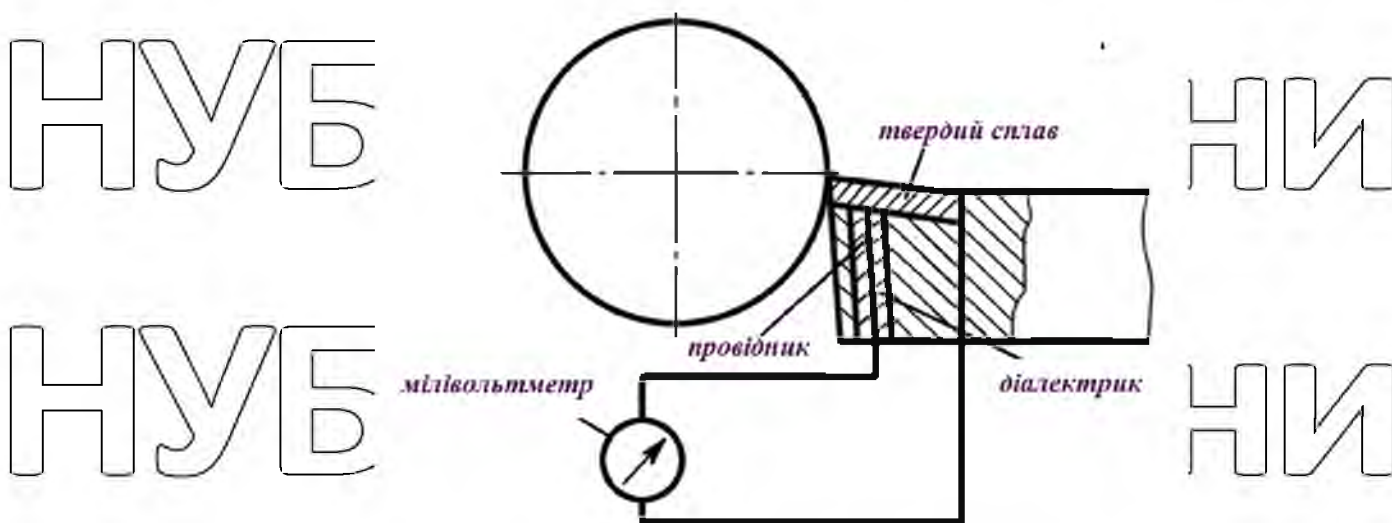


Рис.2.5. Принцип роботи напів-штучної термопари

НУБІП УКРАЇНИ

2.2. Метод природної термопари

Спаєм природної термопари є місце контакту дюза інструмента з матеріалом заготовки. Електрорушійна сила виникає внаслідок різниці в електропровідності між матеріалом заготовки і інструментальним матеріалом. Для підвищення точності показів інструмент і заготовка ізолюються від верстата. (Рис.2.6.)

Природні термопари вимірюють середню температуру в зоні контакту інструмента і заготовки. Якщо її відтартувати за рахунок побічних методів то це один із зручніших і точніших методів, тому, що вимірювання відбувається безпосередньо в зоні контакту, а не на певній відстані від контакту, як у випадку зі штучною термопарою, коли спай знаходиться на певній відстані від зони контакту.

Єдиний, але суттєвий недолік цього методу в тому, що неможливо його застосовувати для дослідження діелектричних матеріалів.

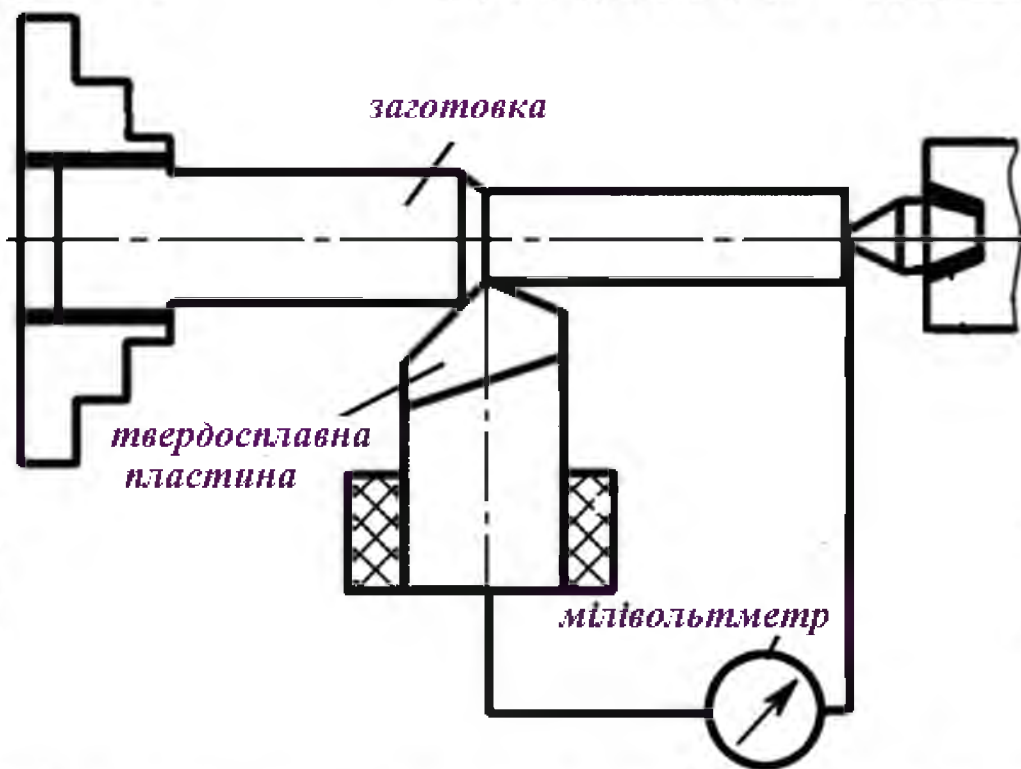


Рис.2.6. Принцип роботи природної термопари

2.4. Волоконно-оптичні термоперетворювачі

Точні вимірювання температури у важкодоступних місцях можна здійснити за допомогою волоконно-оптичних систем. У цих системах світловоди виконують дві основні функції: 1) служать вимірювальними перетворювачами температури; 2) є каналами для дистанційної передачі оптичного сигналу від об'єкта до детектора теплового випромінювання. Залежно від оптичних ефектів, використовуваних у принциповій схемі волоконних термоперетворювачів, існують різновиди термометрів:

1. За залежністю від оптичних характеристик світловолокна від температури. У цих термометрах чутливим елементом є волоконний світловід, чий пропускний коефіцієнт залежить від температури. Це дозволяє вимірювати температуру в заданому діапазоні, наприклад, від 20 до 200 °С.

2. За використанням люмінесценції. Ці термометри використовують люмінофори, наприклад, леговані неодимом (Nd) скло або напівпровідникові кристали арсеніду галія (GaAs). У таких термометрах час згасання люмінесценції змінюється лінійно з температурою, що дозволяє вимірювати температуру у вузькому діапазоні.

3. За перехідним типом. Ці термометри використовують зміну інтенсивності світлових імпульсів після проходження через напівпровідниковий датчик. Такі датчики можуть використовувати плівки з Si, GaAs або оптично прозорі пластинки.

4. За інтерференційним типом. Тут зміна температури впливає на картину інтерференції двох світлових пучків, що транспортуються волоконними кабелями.

5. Волоконно-оптичні термометри мають певні переваги, такі як відсутність впливу електромагнітних полів, але їхні недоліки

включають обмежений діапазон вимірювань та великі розміри чутливого елемента.

Основною структурною складовою волоконно-оптичних термометрів є джерело світла, мініатюрний датчик температури, волоконні світловоди та електронна вимірювальна система. У ролі джерела світла часто використовують світлодіоди, і для полегшення вимірювань на світловоди подають пульсуючі електричні сигнали від генератора імпульсів.

Оптичний сигнал від джерела випромінювання проходить по волоконному світловоду і падає на чутливий елемент, який встановлений у зоні вимірювання температури.

Оптичні характеристики цього елемента однозначно залежать від температури. Вимірювальна система забезпечує перетворення оптичного сигналу на електричний, його обробку та вивід інформації про температуру у аналоговій або цифровій формі.

Однією з основних переваг волоконно-оптичних термометрів є відсутність впливу електромагнітних полів. Крім того, використання світловодів для дистанційної передачі сигналів дозволяє розділити ланцюги перетворення та прийому, що може бути особливо корисним у важкодоступних місцях.

Зазначено, що існують деякі обмеження, такі як великі розміри чутливого елемента та обмежений діапазон вимірювань. Однак висока точність вимірювань, стабільність параметрів та можливість легкого представлення даних про температуру у цифровій формі роблять ці термометри практично використовуваними в певних умовах.

2.5. Метод мікроструктурного аналізу

Метод мікроструктурного аналізу залишається важливим у вимірюванні температурних параметрів в умовах обробки тонких поверхневих шарів інструмента. Коли контактні методи стають неефективними через їхню тонкість, використання методу мікроструктурного аналізу є доцільним для

визначення теплового стану різального інструмента.

Основою методу мікроструктурного аналізу є детальний аналіз необоротних фазових та структурних перетворень, які відбуваються у поверхневому шарі інструмента зі сталі під впливом нагрівання до температур, що перевищують температуру відпуску.

В результаті високих температур, що виникають під час обробки матеріалів із значною швидкістю різання, метод мікроструктурного аналізу фіксує формування нових структур у поверхневому шарі швидкорізальних інструментів. Ці структури виникають через розпад мартенситу, утворення та

перетворення аустеніту, а також вторинне гартування, і відрізняються як зовнішнім виглядом, так і механічними властивостями від початкових структур.

У процесі різання температура нагріву робочих ділянок інструмента різняться, що призводить до формування різноманітних структур у поверхневому шарі. Зміни в мікроструктурі і мікротвердості є важливими показниками, за якими можна визначити температуру нагріву поверхневих шарів інструмента.

Застосування методу мікроструктурного аналізу можливе при температурі, що перевищує температуру відпуску інструментальної сталі. Для швидкорізальних сталей ця температурна межа становить приблизно 600 °С, дозволяючи досліджувати обмежений діапазон температур від 600 до 1000 °С.

В металографічному дослідженні додатково використовується вимірювання мікротвердості. Під час аналізу мікрошліфів різців, які вже пройшли експлуатацію, виявляють області з однаковою мікротвердістю. Це свідчить про те, що ці області піддавалися схожому нагріванню під час різання. Шляхом з'єднання їх лінією можна отримати ізотерми температурного поля.

Розроблена методика досліджень дозволяє аналізувати вплив різноманітних параметрів, таких як режими різання, подача охолоджуючого

рідинного середовища (МОТС), та геометричні характеристики інструмента на його тепловий стан. Згідно з [3], оптимальні результати можна досягти, подаючи МОТС в зону різання з боку задньої поверхні різця, що є більш ефективним способом порівняно з поливом вільно падаючим струменем.

Важливо враховувати, що зі збільшенням швидкості різання ефективність МОТС може зменшуватися.

Дослідження температурного поля в різці з врахуванням структурних змін матеріалу є витратним заходом. Метод може бути успішно використаний тільки для сталевих інструментів, які працюють в режимах, де температура перевищує точку відпуску. Оскільки ці режими різання зазвичай призводять до швидкої втрати різальних властивостей інструментів, їх практично не використовують. Додатково, метод має похибку до ± 25 °С, що робить його менш вживаним в інженерній практиці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3. Визначення факторів впливу на температуру в зоні різання

Оскільки об'єктом дослідження нашої роботи була саме температура в зоні різання, то, виходячи з цього одним із основних завдань було визначення основних чинників від яких залежить призначення параметрів режиму різання.

З точки зору теорії різанням основним фактором, що визначає продуктивність процесу є швидкість обробки.

При обробці металів, враховуючи їх високі температури плавлення в межах $900...1600^{\circ}\text{C}$, допустима швидкість різання призначалась базуючись на теплостійкості інструменту, яка тривалий час не була вищою 600°C , і тільки з появою порошкових твердих сплавів вона дійшла до 900°C , що дало можливість значно підвищити швидкість різання та продуктивність процесу, звідки і з'явився термін «победит» (що мало на увазі перемогу теплостійкості Сталі P18, яка 1000 років була кращим інструментальним матеріалом). Саме виходячи з допустимі швидкості різання і призначаються параметри режиму різання (частота, глибина, подача).

Зовсім інші параметри для визначення режимів різання ми маємо у нєметалевих матеріалів. На даний момент немає оптимальних рекомендацій для призначення режимів різання пластмас, навіть для деревини це питання вивчене недостатньо. Тому що досить складно визначати температуру, як інструменту так і заготовки. Крім того вона значно відрізняється від температури в точці взаємодії, яка в значній мірі залежить від теплопровідності оброблюваного матеріалу, і як наслідок теплопровідності стружки, що утворюється в процесі різання і яка є основним поглиначем теплової енергії.

Допустима швидкість різання при обробці пластмас визначається не теплостійкістю інструменту, яка є достатньо високою, а температурою, яку може витримати пластмаса або деревина. В таблиці 3.1. наведені основні температури плавлення та підгоряння деревини

Таблиця 3.1.

Матеріал	Температура плавлення, °С
Сталь	1450...1500
Чавун	1300...1400
Сплави на основі міді	950...1000
Сплави на основі алюмінію	670...710
Деревина (обвуглецювання)	190...210
Поліетилен	118
Склопластик (акрид)	300

В нашій роботі базуючись на аналізі літературних джерел та власних досліджень ставилось завдання виведення єдиного критерію встановлення закономірності залежності допустимої швидкості обробки матеріалів, від їх механічних властивостей.

Звичайно, така залежність має суто теоретичний характер, тому що і допустима швидкість залежить від температури. А температура від роботи різання, тобто від сили взаємодії між інструментом і оброблюваним матеріалом, яка в значній мірі залежить не тільки від властивостей матеріалу а і від геометрії інструменту, тобто кута різання.

Таким чином, в якості теоретичних передумов нами встановлений ланцюжок залежностей допустимої швидкості різання від міцності матеріалу, через температуру в зоні різання, динамічні характеристики процесу (сили, роботу, потужність), геометрію інструменту.

В таблиці 3.2. наведені допустимі швидкості оброблення різанням матеріалів, а також їх механічні властивості, також наведений кут загострення клину інструменту в рекомендованих межах.

Допустимі швидкості різання матеріалів

Таблиця 3.2.

Матеріал	Твердість НВ	Міцність на розтяг, МПа	Максимальна температура обробки, °C	Допустима швидкість, м/сек
Сталь конструкційна	120...190	350...780	1300	0,5...0,8
Чавун машинобудівний	80...190	240...700	1100	0,4...0,9
Бронза	110...130	300...500	800	3...12
Латунь	70...95	220...420	800	3...9
Силумін	110...130	333...393	550	5,5...6,2
Акрил	20...40	18...120	250	10..15
Поліетилен	3...6	26...35	90	2..4
Капролон	8...9	29	180	8...10
Деревина	30...45	80...120	200	6...10

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. Дослідження температури в зоні різання

З метою визначення залежності швидкості різання від властивостей матеріалів та режимів різання проводились дослідження на токарному верстаті.

Заготовки використовувались з різною твердістю та діаметру. При цьому визначалась температура в зоні різання за допомогою термопар при дослідженні оброблюваності металів та лазерного пірометра наданого кафедрою технічного сервісу та інженерного менеджменту, для пластмас та деревини.

4.1. Визначення впливу площі зрізуваного прошарку на температуру при обробці різних матеріалів

Для проведення досліджень попередньо були підготовлені заготовки зі Сталі 20, Сталі 45, фторопласту та деревини. Отримані результати зведені в табл. 4.2.

В якості змінної характеристики була прийнята величина зрізуваного прошарку, яка відповідає площі стружки і характеризує роботу руйнування при різанні. В дослідженнях характеризувалась саме ця величина, вона є добутком глибини різання на подачу, для зменшення факторів впливу параметрів режиму на досліджувану температуру.

Випробування проводились при незмінній швидкості різання, тобто діаметру та частоти обертання. Незмінними були також параметри інструменту - Сталь P18 та кут загострення 84° .

Дослідження проводились при граничних швидкостях (частота обертання 224 об/хв., 29,8 м/хв при діаметрі 55мм), тому що нас цікавили саме допустимі швидкості різання.

НУБІП УКРАЇНИ

Залежність температури в зоні різання від площі зрізуваного прошарку.

Таблиця 4.2.

Матеріал	Площа стружки, мм ² (s×t)				
	0,04	0,08	0,16	0,32	0,4
	Температура в зоні різання				
Сталь20	146	226	350	440	540
Сталь45	180	260	380	490	580
Чавун СЧ	130	150	220	310	420
Деревина	42	45	52	66	68
Фторопласт	78	84	96	119	122

НУБІП УКРАЇНИ

Залежність температури заготовки від площі зрізуваного прошарку.

Таблиця 4.3.

Матеріал	Площа стружки, мм ² (s×t)				
	0,04	0,08	0,16	0,32	0,4
	Температура в зоні різання				
Сталь20	19	33	39	49	61
Сталь45	19	30	34	40	42
Чавун СЧ	19	32	33	38	39
Деревина	17	17	18	22	26
Фторопласт	20	23	24	29	34

НУБІП УКРАЇНИ

Аналізуючи отримані результати досліджень можна побудувати графічні залежності температури в зоні різання від площі шару зрізуваного матеріалу.

Побудований графік в логарифмічних координатах, це дає можливість визначати ступінь впливу зрізуваного шару матеріалу на підвищення температури в зоні різання. Тому що саме логарифмічна функція визначає показник степеня при досліджуваних величинах.

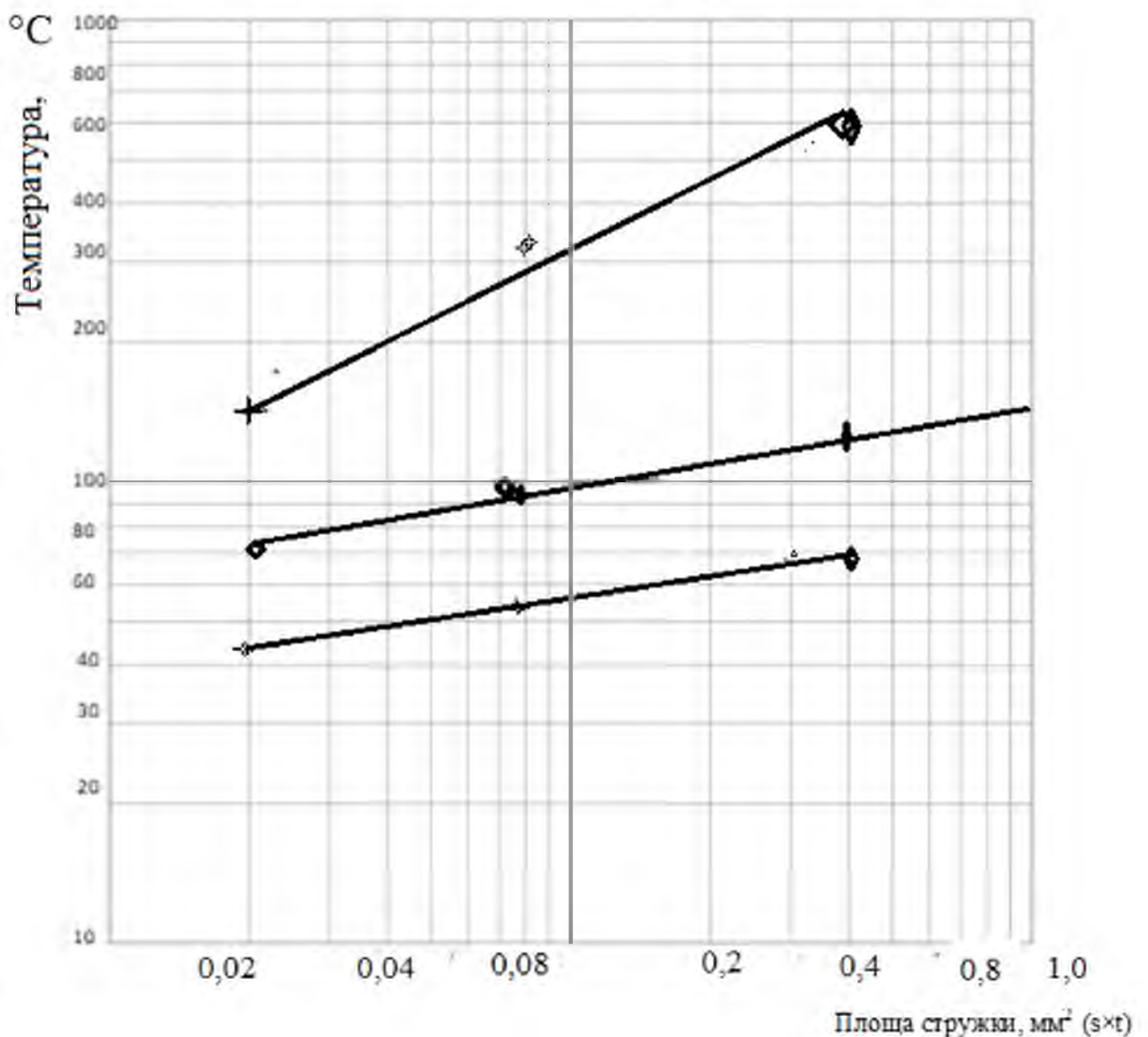


Рис. 4.1. Залежність температури в зоні різання від площі зрізуваного прошарку

Відповідно до характеру степеневих залежностей першого порядку, після проведення графічної апроксимації, наглядно видно, що збільшення роботи руйнування значно інтенсивніше призводить і до підвищення температури. А робота руйнування напряду залежить від твердості і міцності оброблюваних матеріалів.

4.2. Визначення впливу швидкості різання на температуру при обробці різних матеріалів

Для визначення, як впливає саме швидкість обробки матеріалів на температури в зоні. Виходячи з теоретичного аналізу саме швидкість різання з найбільшим ступенем визначає температурні показники процесу.

Крім того швидкість є визначальним фактором, що в значній мірі визначає продуктивність процесу різання, особливо при чистових режимах.

Глибина різання в наших дослідках була прийнята 0,2 мм, що характерно для чистової обробки, також подача, яка теж визначає продуктивність, але це з однієї сторони, але для чистової обробки це недопустимо, тому що від подачі, в значній мірі залежить шорсткість обробленої поверхні. Тому в наших дослідженнях прийнята максимально допустима подача для чистового точіння.

Оскільки заготовки з різних матеріалів мали різний діаметр, а переточувати з діаметру 100мм на діаметр 50 мм досить трудомісткий процес, тому з метою економії матеріалу досліди проводились на двох діаметрах заготовок. Результати, відповідно були розділені на дві частини і наведені в табл.4.4. та 4.5.

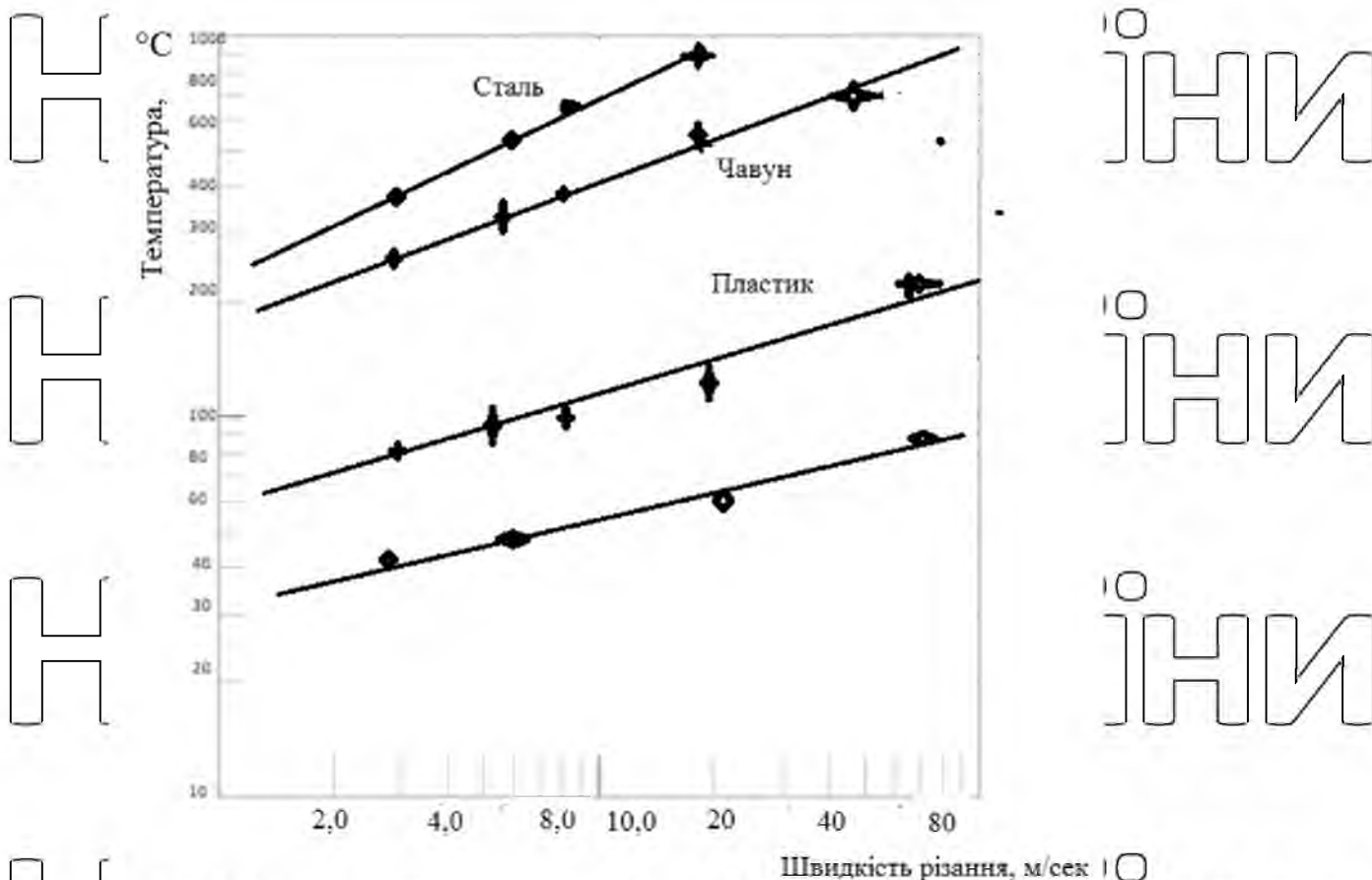
Залежність температури в зоні різання від швидкості різання

Таблиця 4.4.
Діаметр 50 мм

Матеріал	Частота обертання шпинделя об/хв				
	112	160	224	315	480
	Швидкість різання, м/хв				
	13,8	17,6	25,1	35,2	44,6
	Швидкість різання, м/сек				
	0,6	2,9	4,2	5,9	8,3
Сталь 20	340	380	450	560	710
Чавун СЧ	290	330	390	480	610
Фторопласт	84	92	110	143	224

Таблиця 4.5.
Діаметр 100 мм

Матеріал	Частота обертання шпинделя об/хв				
	112	160	224	315	480
	Швидкість різання, м/хв				
	27,6	35,2	50,2	70,3	99
	Швидкість різання, м/сек				
	2,9	5,8	8,3	11,7	16,5
Сталь 45	390	580	720	860	
Деревина	44	48	51	54	62



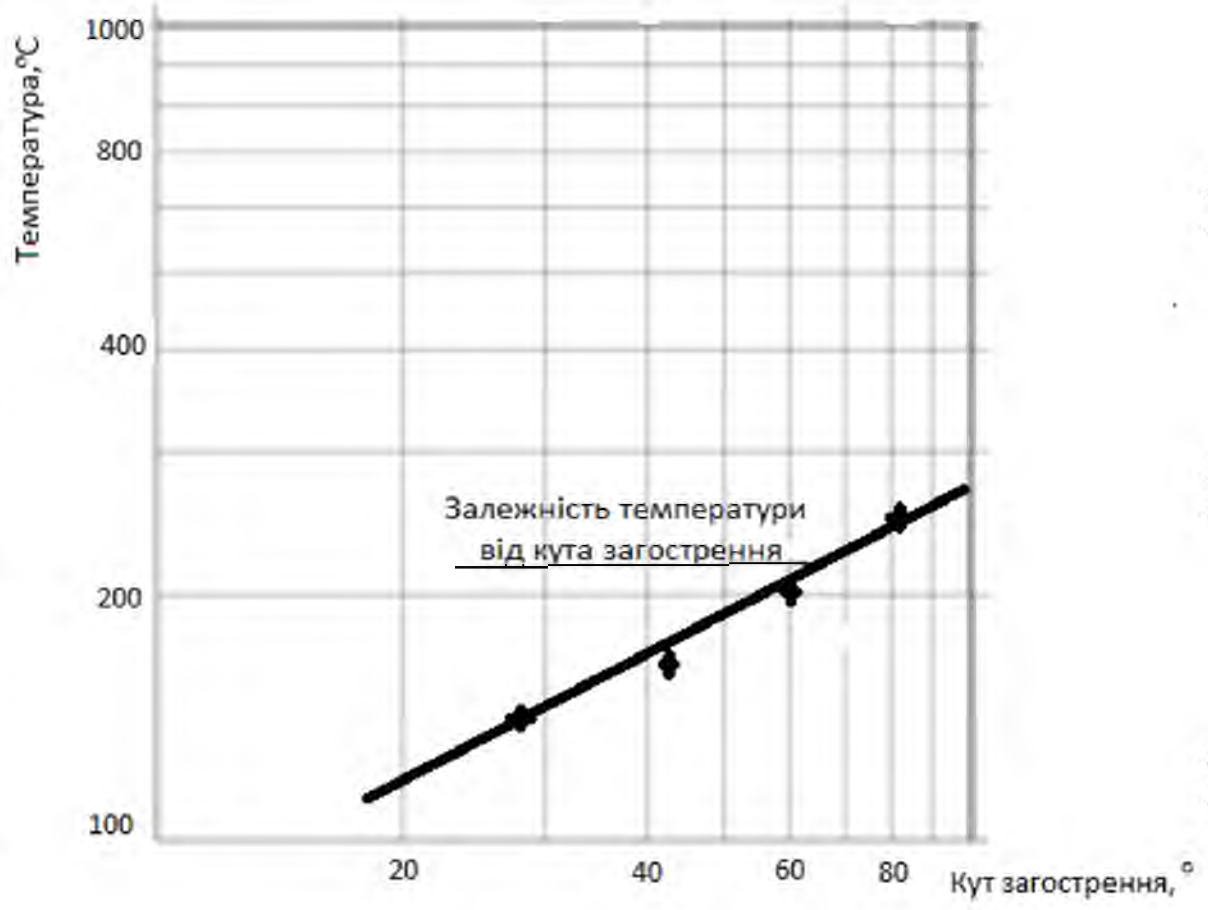
4.3. Визначення впливу геометрії інструменту на температуру в зоні різання

Виходячи з того, що температура прямо залежить від кількості енергії яка витрачається на руйнування поверхневого шару заготовки в процесі різання зрозуміло, що тепла енергія залежить від роботи різання. З теоретичного курсу робота різання залежить від кута загострення. Чим гостріший інструмент тим менші зусилля прикладаються при різанні і менша робота.

Дослідження впливу геометрії інструменту на температурні показники процесу проводились на заготовці з найменшими показниками твердості та міцності, що дало можливість максимально розширити діапазон випробувань.

Результати вимірювань температури в зоні різання при різних кутах загострення інструменту наведені в табл.4.6.

Матеріал	Частота обертання шпинделя об/хв 630			
	Швидкість різання, м/хв 197			
Деревина	Кут загострення, β°			
	28	42	59	84
	Температура, $^\circ\text{C}$			
	144	183	205	245



Аналізуючи результати дослідів та графічних залежностей видно, що температурні показники знаходяться в прямій залежності від теплопровідності та твердості матеріалів.

Узагальнивши результати наших досліджень, а також літературних джерел в роботі розроблені методичні рекомендації, що дозволить встановити єдині критерії для призначення режимів різання широкого спектру властивостей оброблюваних матеріалів.

Для вибору оптимальної допустимої швидкості різання необхідно враховувати твердість та теплопровідність матеріалу заготовки.

А для призначення глибини і подачі залежно від площі зрізуваного прошарку треба виходити з того, який вид обробки чистова чи чорнова. При чорновій обробці визначальною є глибина різання, вона залежить від припуску на механічну обробку. При чистовій обробці визначальною є подача, тому що саме вона визначає шорсткість обробленої поверхні.

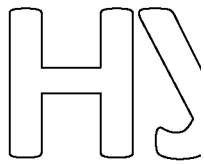
5. Техніка безпеки роботи на верстатах

Під час виконання робіт з обробки металу на верстатах необхідно дотримуватися наступних вимог та обмежень:

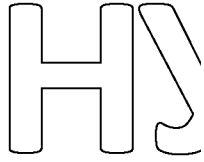
1. Виконувати роботи з обробки металу на верстатах дозволяється лише особам, які досягли 18 років та пройшли професійний добір відповідно до вимог Переліку робіт, що потребують професійного добору. Також вони повинні пройти медичний огляд згідно з вимогами Положення про медичний огляд працівників певних категорій та отримати спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці.
2. Забороняється виконувати роботи на несправних верстатах, а також на верстатах з несправними або незакріпленими огороженнями.
3. Використання рубильників відкритого типу або рубильників з прорізною у кожухах для рукоятки або ножів у виробничих приміщеннях заборонено.
4. Заборонено використовувати на верстатах інструмент із забитими або спрацьованими конусами та хвостовиками.
5. Під час роботи на верстатах не допускається очищення та поправлення різального інструменту, пристосувань та оброблюваних деталей.
6. Під час роботи на верстатах заборонено перевіряти гостроту різальних кромek інструменту, глибину отвору та вихід свердла з отвору в деталі рукою. Також не дозволяється охолоджувати свердла мокрою ганчіркою.
7. Виконання робіт на свердильних верстатах у рукавицях, рукавичках чи з забинтованими кистями рук заборонено.

5.1. Правила безпечної роботи на фрезерних верстатах

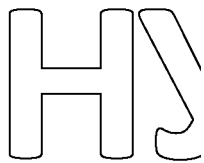
Перед початком роботи:



1. Фрезерувальник повинен одягнутися в спецодяг, який повинен бути застібнутий на всі гудзики, а волосся прибране під головний убір.



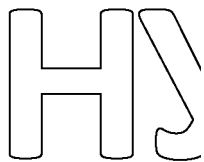
2. Фрезерувальник повинен перевірити справність інструменту, пристосування та засобів індивідуального захисту.



3. Фрезерувальник повинен підготувати робоче місце, звільнивши підходи та проходи, і перевірити наявність та справність огороження, заземлення, запобіжних пристроїв тощо.



4. Фрезерувальник повинен перевірити справність органів керування, системи змащення і охолодження, справність фіксації важелів включення та переключення.

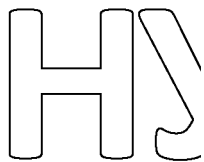


5. Фрезерувальник повинен перевірити доброякісність ручного інструменту.

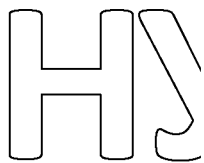
Під час роботи:



1. Фрезерувальник повинен очистити деталі та пристосування від стружки та мастила.



2. Фрезерувальник повинен перевірити фрезу на надійність кріплення, цілісність та правильність заточування.



3. Фрезерувальник повинен правильно та надійно встановити оброблювану деталь на верстаті.



4. Фрезерувальник повинен поступово врізати фрезу в деталь, включивши механічну подачу тільки після стикання деталі з фрезою.

5. Фрезерувальник повинен уникати різкого підвищення швидкості та глибини різання.

6. Фрезерувальник повинен не вводити руку в небезпечну зону.

7. Фрезерувальник повинен застосовувати фрези зі стружколомами при обробці в'язких металів.

8. Фрезерувальник повинен використовувати спеціальну виколотку для зняття фрези зі шпинделя.

Після закінчення роботи:

- Фрезерувальник повинен зупинити верстат, прибрати стружку, оброблені деталі та робочий інструмент, вимкнути місцеве освітлення та відключити верстат від електромережі.

Небезпечні ситуації:

- Коротке замикання електромережі.
- Пожежа.
- Займання заготовок та деталей з магнію та його сплавів.
- Виривання та розкидання погано закріплених заготовок, ріжучого інструменту.

Падіння важких деталей.

Розкидання стружки.

У разі виникнення аварійної ситуації:

- Відключити верстат від електромережі.
- Не допускати сторонніх осіб в небезпечну зону.
- Повідомити про те, що сталося, керівника робіт.
- Надати першу медичну допомогу потерпілим.
- Викликати швидку медичну допомогу.

5.2. Правила безпечної роботи на токарних верстатах

Токар використовує токарний верстат як своє робоче місце, і він знаходиться біля нього протягом усього робочого дня.

Необхідно мати комплект різців, підкладок, планшайб, люнетів, обертаючого центру, набору напилків, повідкових патронів та іншого обладнання на робочому місці. Біля кожного верстата повинна висіти інструкція з безпечного користування ним і табличка із вказівкою особи, відповідальної за його експлуатацію. На підлозі біля кожного верстата повинні бути розташовані дерев'яні трапи, що простягаються на всю довжину робочої зони і мають ширину не менше 0,6 м від виступаючих частин

верстата. Робоче місце токаря повинно мати достатнє освітлення, включаючи місцеве освітлення. На робочому місці токаря не повинно бути протягів. Пристрої для запуску, електродвигуни та металеве обладнання, яке може бути під напругою, повинні бути підключені до заземлення.

Пускові ящики електродвигунів мають мати блокування, що дозволяє відкривати їх лише після відключення вимикача. Пускові кнопки повинні бути заглиблені, щоб уникнути ненавмисного ввімкнення при випадковому дотику.

Для захисту від захворювань шкіри при використанні охолоджуючих рідин (емульсій, масел тощо) рекомендується перед початком роботи намащувати руки спеціальними пастами.

Прутковий матеріал, який подається до верстата для обробки, не повинен мати вигинів.

Перед початком роботи слід одягнути спеціальний одяг, застібнутися, вирівняти одяг так, щоб не залишалося висічених кінців, і надіти головний убір.

Перевірте наявність та справність інструменту, розкладіть його в зручний для роботи порядок.

Налаштуйте освітлення так, щоб робоча зона була достатньо освітленою, але світло не засліплювало очі.

Виконайте перевірку верстата на холостому ході, оцініть справність органів керування (механізмів головного руху, подачі, пуску, зупинки і т. д.), переконайтеся у справності системи змащення і охолодження, впевніться в надійності фіксації важелів включення і переключення (виключіть можливість самовільного переключення з холостого ходу на робочий), перевірте відсутність слабкості в рухомих частинах верстата, особливо в шпинделі, подовжніх і поперечних полозках супорта.

Перевірте справність і наявність всіх огорожень і пристроїв, а також надійність закріплення різального інструменту. При виявленні несправностей інструменту або обладнання верстата, не розпочинайте роботу і повідомте про це керівника робіт.

При встановленні (нагвинчуванні) патрона чи планшайби на шпindelь використовуйте дерев'яні прокладки з виїмкою під форму патрона (планшайби) на верстаті; нагвинчуйте їх вручну.

При обробці деталей, довжина яких дорівнює 12 діаметрам і більше, а також при швидкісному і силовому різанні деталей довжина яких дорівнює 8 діаметрам і більше, застосовуйте додаткові опори (люнети).

Необхідно надійно та жорстко закріплювати деталі в патроні верстата. Після закріплення деталі виїмати торцевий ключ з патрона. Уникати виступання кулачків за бокову поверхню патрона. Якщо кулачки виступають, слід замінити патрон або встановити спеціальні захисні пристосування.

Під час обробки заготовок в центрах використовуйте безпечні хомути або повідкові патрони.

Під час закріплення заготовок в центрах:

- протріть та змастіть центрові отвори;
- застосовуйте токарні центри, які відповідають розмірам отворів;
- не допускайте упору центра в дно центрального отвору заготовки;
- не затягуйте тісно задній центр;
- надійно закріплюйте задню бабку;
- надійно закріплюйте заготовку в хомутах, щоб вона не прокручувалась в процесі обробки.

Під час обробки пруткового матеріалу виступаючий з шпindelя кінець прута слід захищати по всій його довжині. Довжина прута повинна відповідати паспортним даним верстата.

Під час швидкісної обробки заборонено працювати з нерухомим центром.

При обробці металів, які утворюють стружку, не допускайте намотування її на оброблювану заготовку, інструмент чи патрон; для цих випадків використовують спеціальні різці. Викидати стружку слід від себе та від патрона. Заготовку, яку обробляють, розташовуйте ближче до патрона.

Для захисту очей від стружки та бризок охолоджувальної рідини використовуйте захисний екран або окуляри.

Виїзд різця при закріпленні його в тримачі різця не повинен перевищувати 1,5 висоти тримача. Різець слід кріпити щонайменше двома болтами тримача.

Під час центрування деталей на верстаті, їх вимірювання та інших операцій, таких як шліфування наждаком, зачищення або відпилювання, різець слід відводити від патрона на безпечну відстань.

У разі вібрації верстата слід зупинити його та усунути причини вібрації (змінити режим обробки, перевірити правильність закріплення деталі тощо).

Підносити різець до оброблюваної деталі слід обережно та лише під час роботи верстата, відводити його до зупинки верстата.

Під час обробки торців слід розпочинати обробку від центру, при цьому різець повинен бути встановлений вздовж осі центрів.

Різці з напаяними пластинами з твердих сплавів слід ретельно контролювати; заборонено використовувати різці, пластини яких мають тріщини чи ознаки відірвання від тіла різця.

Під час роботи обов'язково уникайте нагромадження стружки біля верстата.

Токар повинен припинити роботу верстата та вимкнути електродвигун у таких випадках:

- при виявленні несправностей пристроїв та електродвигуна;
- під час огляду, чищення та змащування верстата;
- під час встановлення та зняття важких заготовок;
- під час вимірювання деталей, що оброблюються, якщо немає спеціальних пристроїв для вимірів на ходу.

Перед кожним включенням верстата переконайтеся, що його запуск не становить загрози для будь-якої особи.

Заборонено:

- чистити та змащувати частини верстата під час його роботи;
- встановлювати заготовки під час роботи верстата;

НУБІП УКРАЇНИ

- ремонтувати верстат та його механізми, а також підкручувати болти та гайки під час його роботи;
- гальмувати обертаючі частини верстата рукою;
- подавати рукою в шпindel прут, що обробляється;

НУБІП УКРАЇНИ

- користуватися напилком та іншими інструментами без дерев'яних ручок;
- видаляти стружку з верстата рукою;
- допускати прибиральницю виконувати прибирання під час роботи верстата;

НУБІП УКРАЇНИ

- допускати до верстата осіб, які не мають до нього відношення.
- Готові заготовки і деталі слід зберігати на спеціальних стелажах, уникаючи захаращення робочого місця та підходів до нього.

Після завершення роботи необхідно зупинити верстат, вимкнути електродвигун і впорядкувати робоче місце:

НУБІП УКРАЇНИ

- Прибрати стружку з верстата.
- Розмістити різці, вимірювальні пристосування та інструменти на спеціально відведеному місці.

НУБІП УКРАЇНИ

- Видалити готові деталі та заготовки з верстата.
- Змастити верстат після його вимкнення.
- Зняти спецодяг, вимити обличчя та руки з милом, при можливості прийняти душ.

При роботі на токарному верстаті можливі виривання деталей з патрона (планшайби), поломки різців, виривання різців з різцеутримувачів тощо.

НУБІП УКРАЇНИ

У випадку аварії або ситуації, що може призвести до аварії чи нещасного випадку, необхідно негайно зупинити верстат, відключити його

НУБІП УКРАЇНИ

від електромережі і повідомити про це керівника робіт. Необхідно уникати допущення до роботи верстата у разі аварійної ситуації.

У випадку травм або потреби в медичній допомозі слід надати першу медичну допомогу потерпілим та, за потреби, викликати швидку медичну допомогу.

Список літератури:

1. Фізика процесів різання: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка / Майборода В.С. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 64с.
2. Теплові явища при обробці матеріалів різанням : навч. посіб. / В. С. Антонюк., С. Ан. Клименко, С. А. Клименко. – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с.
3. Доля В.Н. Основы теории резания материалов: конспект лекций / В.Н. Доля, О.В. Доля. Харьковский политехнический ин-т, нац. техн. ун-т. – Харків: Підручник НТУ "ХПІ", 2016. – 160с.
4. Physical basis for the formation of precision surfaces in the machining of nonmetallic materials / Y.D. Filatov, V.I. Sidorko, O.Y. Filatov, S.V. Kovalov. – Kyiv: Naukova dumka, 2017. – 234p.
5. Sutter G. W. An experimental technique for the measurement of temperature fields for the orthogonal cutting in high-speed machining / G. W. Sutter, L. K. Faure, A. J. Molinari. // Machine tools & Manufacture. – 2003. – Vol. 43. – P. 671–678.
6. Temperature determination at the chip-tool interface using an inverse thermal model considering the tool and tool holder / R. S. Carvalho, M. M. Lima e Silva, A. F. Machado, G. J. Guimaraes. // Journal of Matematic Processing Technical. – 2006. – Vol. 179. – P. 97–104.
7. Determining the width of a layer cut with saws with multidirectional teeth / O. A. Okhrimenko, V. V. Vovk, S. V. Maidaniuk, O. Y. Lashyna. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol. 111. – P. 14–20.
8. <https://joiner.org.ua/materialoznavstvo-derevoobrobka/teplo-zvuko-i-elektroprovodnist>
9. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/4.9
10. <http://ua.injectmould.com/info/physical-properties-of-plastic-51021092>
11. <https://marabuplast.com/oblast-zastosuvannya-plastmas>
12. <https://zvarka.info/teploprovodnist-metaliv>
13. <https://rautagroup.com/uk/osnovni-pokaznyky-energoefektyvnosti-budivelnyh-materialiv-ta-konstruktsij>

14. <https://vseznyako.com.ua/teploprovodnist-midi-i-ii-splaviv>

15. [https://jak.bono.odessa.ua/articles/teplosmist-chavunu-
teploprovodnist-chavunu](https://jak.bono.odessa.ua/articles/teplosmist-chavunu-teploprovodnist-chavunu)

16. https://studwood.net/2161605/tovarovedenie/osoblivosti_protsepu_rizannya_plastmass

17. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підр. для вищ. навч. закл. /М.П.Мазур, Ю.М.Внуков, В.Л.Доброскок та ін.; під заг. ред. М.П.Мазура. – Львів.: «Новий світ-2000», 2010 - 422 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України