

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 10

ФІЗИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РІЗАННЯ

Мета роботи: Вивчення фізичних особливостей високошвидкісного різання для запровадження при конструюванні інструментів і застосуванні процесів обробки надтвердими матеріалами.

1. Особливості процесу високошвидкісного різання.

Висока швидкість переміщення різального клина в оброблюваному матеріалі породжує ряд специфічних явищ у зоні різання, процесі стружкоутворення та формуванні поверхневого прошарку і поверхні.

До принципів особливостей процесу необхідно віднести істотне зменшення тривалості (часу) контакту стружки з передньою поверхнею різального клина, зниження характеристик тертя, сил різання і, як наслідок, – меншу деформацію матеріалу поверхневого прошарку виробу (рис. 1). Зменшення часу контакту стружки з передньою поверхнею інструмента і зниження тертя зменшують усадку стружки та ступінь деформації в зоні зсуву. Зменшуються обсяг пластично деформованого матеріалу, кількість тепла, що виділяється, і різко зростає його частка, що іде в стружку. В результаті створюються умови, в яких формується високоякісний поверхневий прошарок виробу.

У той же час деякі явища в процесі стружкоутворення, які виникають в умовах високошвидкісного різання, призводять до підвищення інтенсивності зносу інструмента (рис. 2). Насамперед мова йде про підвищення контактної температури, яка стимулює посилення фізико-хімічних процесів. У свою чергу, зростання контактної температури пов'язане з підвищенням швидкості відносного переміщення стружки й інструмента, скороченням поверхні їхнього контакту, високою швидкістю деформації.

Широкі можливості високошвидкісного шліфування підтверджуються рядом прикладів збільшення швидкості знімання металу в п'ять–десять разів при зберіганні необхідних параметрів точності і якості обробки. Такі результати пояснюються збільшенням в одиницю часу кількості абразивних зерен, що беруть участь в роботі шліфування, а також більш сприятливими умовами процесу утворення стружки.

Збільшення швидкості різання може істотно вплинути на процес шліфування, тому що, з одного боку, інтенсифікується процес зняття стружок, а з іншого, – можливі зміни умов роботи кожної різальної кромки, викликані збільшенням швидкості ковзання і деформування металу та зменшенням тривалості контакту різальної кромки з оброблюваною поверхнею.

Робота кожного абразивного зерна (різальної кромки), що бере участь в процесі шліфування, витрачається на пружнопластичне деформування і диспергування металу, на тертя між зерном та металом і на подолання сил інерції при утворенні стружки. Відповідно до сучасних уявлень механізм утворення стружки при шліфуванні принципово не відрізняється від стружкоутворення при різанні лезовим інструментом, але має свої особливості, зумовлені великими швидкостями деформування, негативними передніми кутами різальних кромок, малими товщинами зрізів та малою тривалістю контакту вершини різальної кромки з оброблюваною поверхнею.

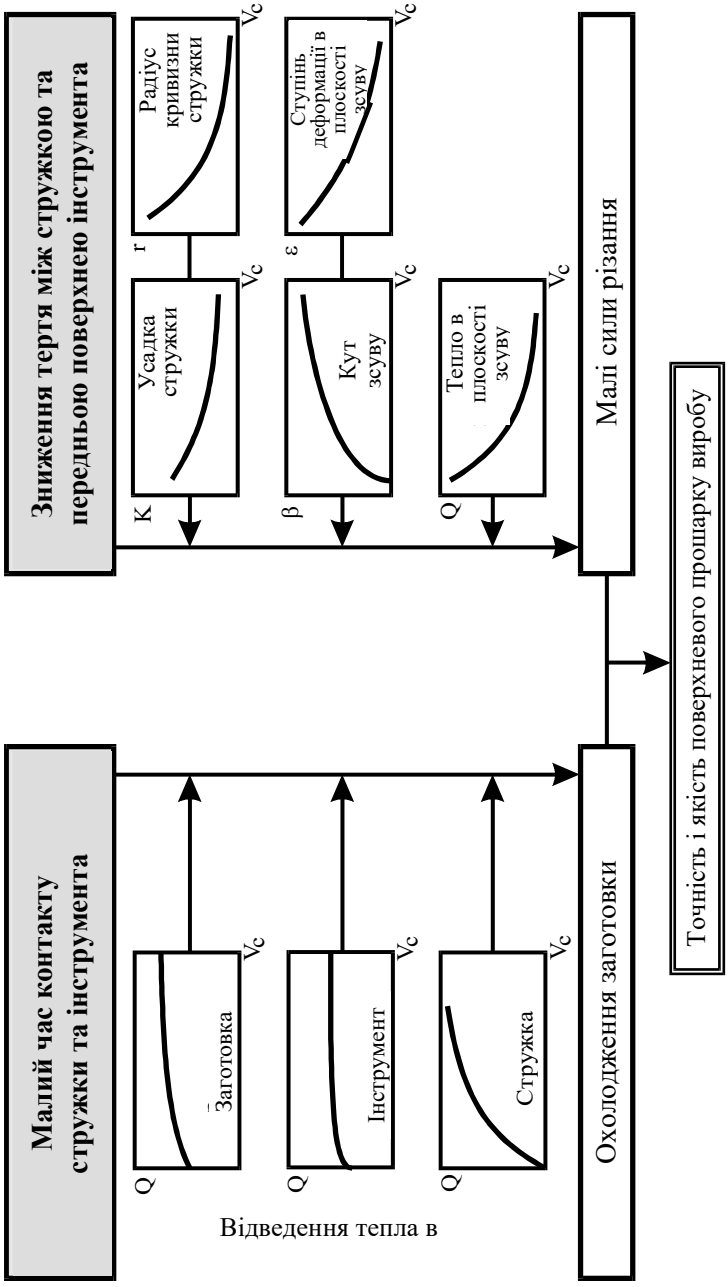


Рис. 1. Явища в зоні різання, які породжують позитивний ефект

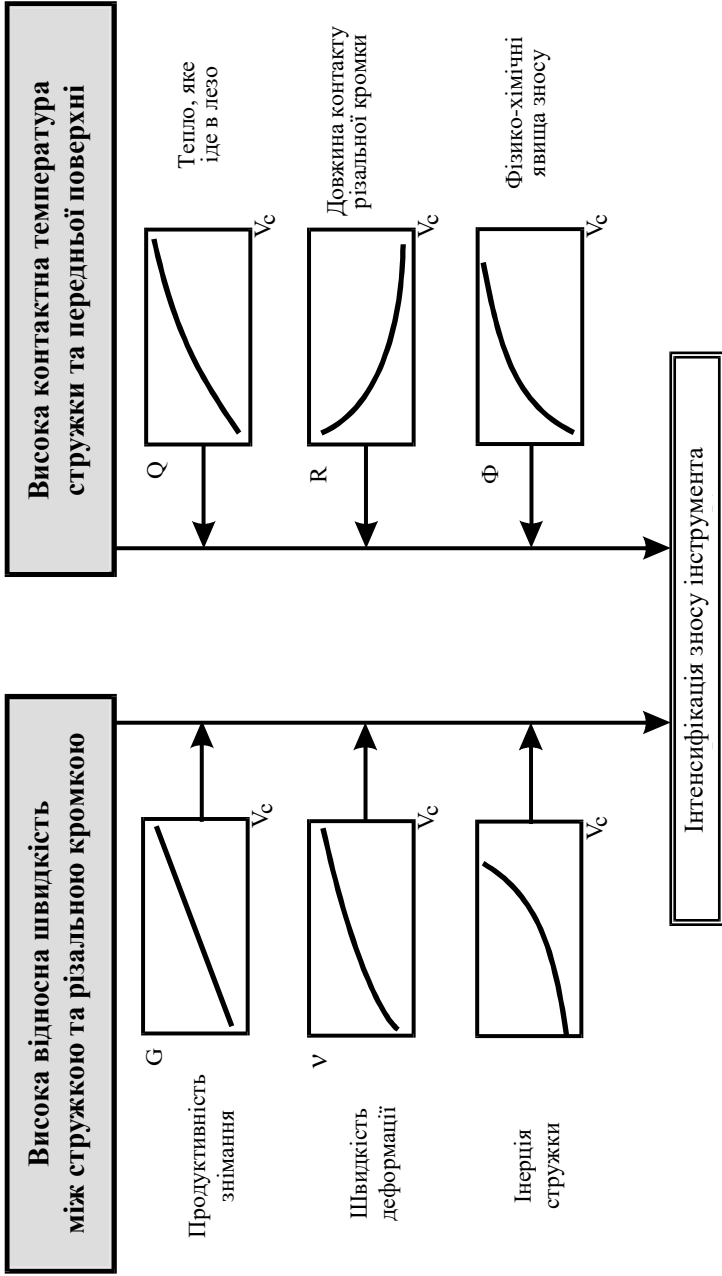


Рис. 2. Явища в зоні різання, які породжують негативний ефект

2. Вплив швидкості різання на процеси стружкоутворення.

Чим вища швидкість різання, тим тоншою стає зона зсуву і більш чітко розділені елементи стружки, хоча зовнішньо стружка може залишатися стійкою і схожою на зливну. Висока температура, яка розвивається при ковзанні одного елемента стружки відносно іншого, може викликати часткове або повне розплавлення найтоншої плівки металу, істотно зменшуючи при цьому роботу «внутрішнього тертя». При такому механізмі утворення стружки деформація також локалізується у вузькій зоні зсуву (іноді мікрметра), а середина елементів стружки і навколишній метал мало деформуються.

На рис. 3 і 4 показані шліфувальні стружки, отримані при обробці різноманітних загартованих сталей.

Першою ознакою адіабатичного зсуву є наявність на фотографіях стружок явно виражених елементів зсуву, причому збільшення швидкості різання до 160 м/с сприяє їхньому більшому відділенню одне від одного із зовнішньої сторони стружки, у той час як прирізцева сторона стружки залишається суцільною (рис. 4). Товщина елементів зсуву стружки знаходиться в межах 1–5 мкм, а шлях ковзання однієї пелюстки відносно іншої досить великий – приблизно 10–20 мкм при товщині зрізу, рівній декільком мікрметрам.

При знятті стружки вершиною абразивного зерна діють сили стиску і зсуву в площині зсуву, сила тертя і нормальний тиск по задній поверхні різальної кромки та інерційної сили стружки.

При досягненні певної швидкості різання сумарна сила повинна мати мінімальне значення, після чого превалююча дія інерційних сил призведе її до різкого збільшення (при шліфуванні сталей цей мінімум приблизно становить $V=300\div 400$ м/с).

Для випадку шліфування сталі 45 зерном із переднім кутом 60° із зміною швидкості круга від 40 м/с до 160 м/с усадка стружки спадала від 1,7 до 1,3, а коефіцієнт тертя знижувався від 0,44 до 0,19.

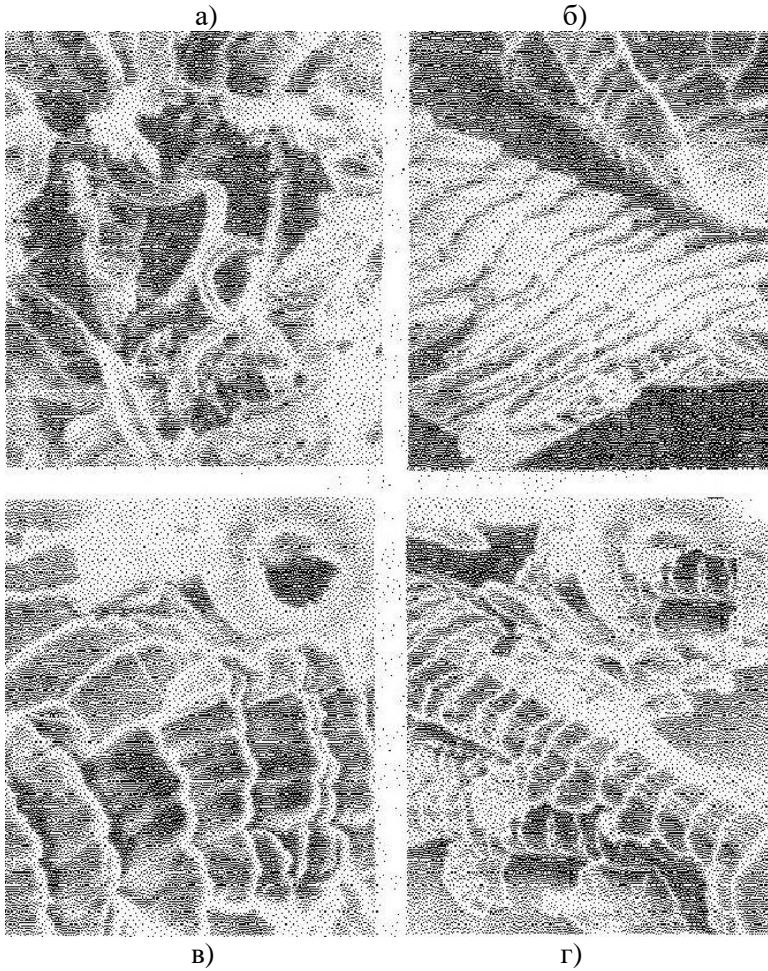
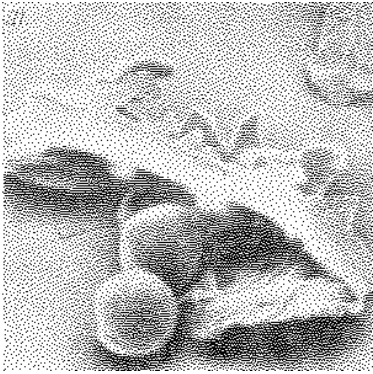
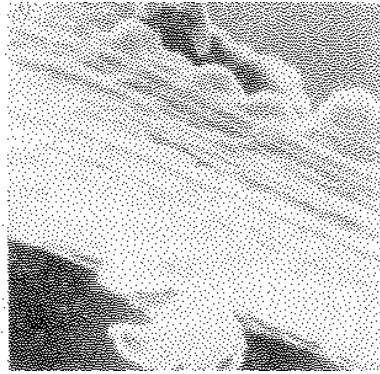


Рис. 3. Шліфувальні стружки, отримані при обробці різноманітних загартованих сталей: а, б – сталь 45, $v = 40$ м/с; в – сталь 45, $v = 160$ м/с; г - сталь P18, $V = 40$ м/с. X400 (а, г); X800 (б, в)

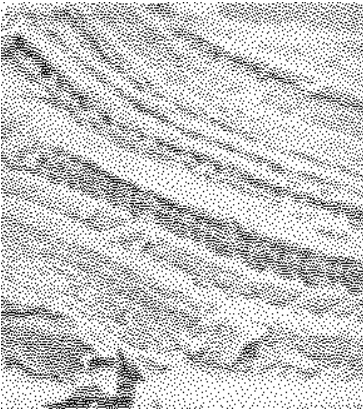
Одночасно з цим спостерігається зменшення критичного значення відношення a_z/ρ (рис. 5) й умовних напружень майже в два рази.



а)



б)



в)

Рис. 4. Прирізцеві сторони стружок, отримані при шліфуванні сталі X18H10T із швидкістю різання 40 м/с (а, б) і 160 м/с (в). X200 (а); X1000 (б); X800 (в)

Результати розрахунку показують, що із збільшенням швидкості різання відбувається регресивне зменшення сил різання головним чином за рахунок зменшення товщин зрізів a_z та коефіцієнта тертя між вершинами різальних кромки і оброблюваного металу. Товщина зрізів a_z визначає величину площадок зсуву і тертя і відповідно величину елементарних сил зсуву і тертя. Тангенціальна сила різання зменшується більш інтенсивно, ніж радіальна, тому відношення P_z/P_y із збільшенням швидкості різання також зменшується.

Збільшення швидкості різання призводить до незначного збільшення питомої роботи шліфування, а збільшення швидкості знімання металу – до її зниження до деякої межі, яка може бути визначена граничними значеннями товщин зрізів, що знімаються кожною різальною кромкою круга.

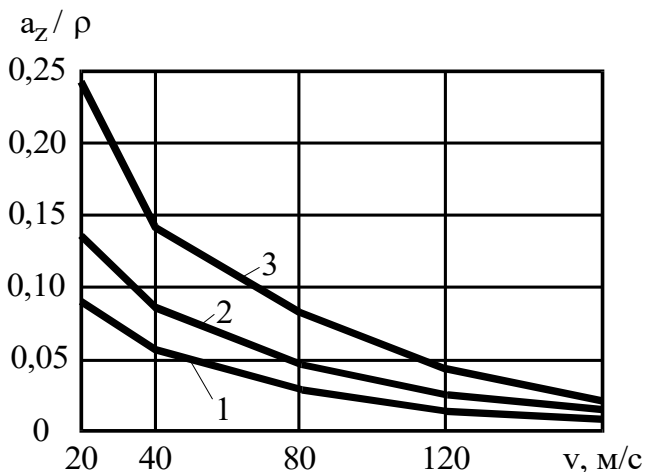


Рис. 5. Залежність відношення a_z/ρ від швидкості різання v :

- 1 – $\rho = 110$ мкм;
- 2 – $\rho = 60$ мкм;
- 3 – $\rho = 30$ мкм

Зі збільшенням швидкості різання тепло локалізується у вузькій зоні перед різальною кромкою, створюючи сприятливі умови для адиабатичного зсуву. Значна частина утвореного тепла йде на нагрівання поверхневого прошарку деталі, дуже впливаючи на якість шліфованої поверхні. Зміна властивостей поверхневого прошарку деталі визначає температуру нагрівання поверхні, час впливу теплового джерела й умови охолодження. Всі ці фактори істотно змінюються із збільшенням швидкості різання.

Контактна температура зростає зі збільшенням швидкостей різання і знімання металу і зменшується зі збільшенням швидкості деталі (рис. 6).

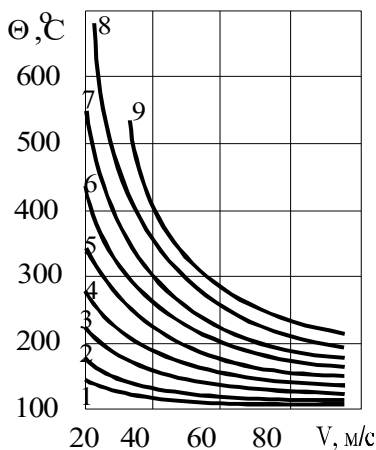


Рис. 6. Залежність температури шліфування Θ від швидкості різання v при постійному $Q_{\text{п}} = 2 \text{ мм}^3/(\text{мм}\cdot\text{с})$ і без охолодження:

1 – $v/v_3 = 20$; 2 – $v/v_3 = 40$; 3 – $v/v_3 = 60$;
 4 – $v/v_3 = 80$; 5 – $v/v_3 = 100$; 6 – $v/v_3 = 120$;
 7 – $v/v_3 = 140$; 8 – $v/v_3 = 160$; 9 – $v/v_3 = 180$.
 Умови шліфування: $v_3 = 30 \text{ м/хв}$

Можна рекомендувати для операцій круглого зовнішнього шліфування різноманітних сталей раціональне відношення швидкостей, рівне $v/v_3 = 60$. При роботі зі швидкостями, що перевищують 50 м/с , це відношення є достатнім для зменшення теплового впливу на поверхню деталі.

3. Порядок виконання роботи

1. Визначити основні фізичні особливості високошвидкісного різання, які визначають позитивний ефект?.
2. Зазначити основні фізичні особливості високошвидкісного різання, які негативно впливають на процес різання.
3. Розглянути чому відношення товщини зрізаного шару до радіуса округлення різальної кромки залежить від швидкості різання.
4. Проаналізувати роль тепловиділення і температури при високошвидкісному шліфуванні на характеристики процесу різання.
5. Оцініть вплив швидкості різання на тепловиділення і температуру шліфування.