

ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

TECHNOLOGIES OF OBTAINING AND PROCESSING OF CONSTRUCTION MATERIALS

УДК 621.941.08

- Павло Тришин д-р філософії, доцент кафедри технології машинобудування Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: trishin@zpu.edu.ua*, ORCID: 0000-0002-3301-5124
- Олена Козлова канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: kozlova@zpu.edu.ua*, ORCID: 0000-0002-3478-5913
- Наталя Гончар канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: gonchar.zntu@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-6040-0394
- Іван Гембель аспірант кафедри технології машинобудування Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: gembivan@zpu.edu.ua*, ORCID: 0009-0005-8442-5288

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОКРИТТЯ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦЯ НА ВІБРАЦІЇ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи. Дослідження впливу покриття різальної частини різця на вібрації при точінні.

Методи дослідження. Дослідження проводили експериментальним методом, при якому записували осцилограми коливань різальної крайки різця-осцилятора. Аналітичним методом досліджували осцилограми, на яких виміряли параметри коливальної системи різця-осцилятора, що характеризують закон руху різальної крайки при автоколиваннях.

Отримані результати. Підтверджено, що при застосуванні покриття різальної частини різця зменшується коефіцієнт тертя в зоні контакту інструмент-деталь. Це призводить до зміни умов стружкотворення і відображається зменшенням коефіцієнта усадки стружки в 1,14...1,28 рази. Аналіз осцилограм коливання ріжучої крайки різця-осцилятора показав, що застосування покриття майже не змінювало статичне відхилення. В той час амплітуда коливань зменшувалась в 1,1...1,4 рази. Зміна коливання ріжучої крайки відобразилась на вібраційному малюнку обробленої поверхні. При використанні ріжучої пластинки з покриттям шорсткість поверхні знижувалась в 1,05...1,18 рази.

Наукова новизна. Отримані результати підтверджують вплив фрикційного ефекту на збудження і підтримання автоколивань Але враховуючи невелику величину зміни інтенсивності коливань при суттєвій зміні умов тертя можна зробити висновок, що вплив фрикційного ефекту в порівнянні з регенеративним ефектом або впливом коливання миттєвої швидкості різання набагато менший.

Практична цінність. Отримані результати доводять вплив умов тертя в зоні контакту інструмент-деталь на інтенсивність автоколивань при точінні і надають можливість призначати покриття ріжучої частини інструменти для зменшення вібрацій.

Ключові слова: автоколивання, різець-осцилятор, осцилограма, покриття, коефіцієнт тертя.

Вступ

Вібрації при точінні суттєво знижують як точність, якість обробленої поверхні, так і стійкість різального інструмента. Тому при точінні прагнуть забезпечувати умови вібростійкості процесу різання та не допускати виникнення надмірних коливань системи верстат-присосування-інструмент-деталь [1]. При то-

чінні виникають всі види вібрацій, але найбільш негативний вплив мають автоколивання (АК) [2]. До основних джерел збудження вібрацій належать генеративний, фрикційний ефект, коливання миттєвої швидкості різання, координатний зв'язок. Основною характеристикою інтенсивності АК є амплітуда. Регенеративний ефект та координатний зв'язок добре досліджені [3, 4, 5].

А от про розмір частки впливу сил тертя в зоні контакту інструмент-деталь в загальній дії змішаних сил при збудженні АК дослідники мають суперечливі думки.

Більшість існуючих досліджень зони контакту інструмент-деталь направлені на дослідження стійкості і зношування інструменту [6]. Зону контакту заготовки та різця розглядають під час різання за умови схоплювання (адгезії) [6, 7]. Сили тертя, що виникають під час різання, суттєво залежать від площі контакту, яка при вібраціях може суттєво змінюватись. В той же час збільшення амплітуди коливань може мати різний вплив як на умови стружкотворення, так і на стійкість інструменту. Велика амплітуда коливань може приводити до різкого зниження стійкості інструмента [8] через циклічне навантаження. При цьому виникає втомне руйнування ділянок різальної частини інструмента, що перебувають у контакті із заготовкою та стружкою [1]. В той же час збільшення амплітуди коливань, що виникають при різанні, можуть приводити до полегшення пластичної деформації, зменшенню коефіцієнта тертя по передній і задній поверхнях інструмента, до зменшення адгезійних явищ внаслідок кращого проникнення повітря і змащувально-охолоджувального технологічного середовища у зону контакту [1]. Це поліпшує відвід стружки, знижує сили різання та зменшує інтенсивність зношування інструмента [9]. На саму інтенсивність коливань впливають багато чинників: режими різання, геометрія інструмента, використання демпферів, параметри пружної системи інструменту (деталі) та інші параметри [2, 10].

Фізико-механічні властивості покриття різця, які суттєво відрізняються від властивостей інструментального матеріалу, можуть змінювати основні характеристики процесу різання, умови стружкотворення та збудження коливань.

Аналіз досліджень та публікацій

На динамку процесу різання впливають багато параметрів: швидкість різання, подача інструменту (заготовки), геометрія інструменту, матеріал ріжучої частини інструменту, матеріал оброблюваної заготовки, коефіцієнт тертя між деталлю і інструментом. Застосування покриттів різців може сприяти зниженню тертя в зонах фрикційного контакту на передній і задній поверхнях різця і зменшувати фрикційне джерело коливань [6].

В роботі [11] використовували різальну пластину, покриту нітридом титану та оксидом алюмінію, для дослідження впливу частоти обертання заготовки на вихідні показники процесу точіння в умовах вібрацій деталей з дюралюмінієвого сплаву Д16Т та сталі 40Х. Але порівняння інтенсивності вібрацій при точінні інструментом з покриттям та без не проводилося. У дослідженні [12] порівнюються звичайне точіння та точіння з ультразвуковою вібрацією під час обробки загартованої сталі AISI 52100 (62 HRC) твердосплавним інструментом TiAlSiN з покриттям PVD. Встановлено, що точіння з вібраціями інструментом з покриттям

знизило зношування інструменту, продовживши термін його служби, але аналіз інтенсивності вібрацій не наведено.

В роботі [13] розглянуто особливості процесу обробки загартованих сталей твердосплавним інструментом з та без покриття на основі титану. Встановлено, що використання інструменту з покриттям характеризується на 15...20 % меншою величиною складових сил різання. При швидкісній обробці в умовах динамічних ударних навантажень інструменти з покриттям зберігали працездатність більший час. При дослідженні [14] процесу фрезерування загартованої сталі інструменти з покриттями TiSiN та TiAlN показали вищу якість поверхні порівняно з інструментами без покриттів. Це сприяло підвищенню ефективності та економічності доцільності виробничих процесів. У дослідженні [15] було зазначено, що покриття AlTiCrN продемонструвало низьку шорсткість обробленої поверхні до 0,19 мкм, коефіцієнт тертя до 0,35 мкм, високу міцність зчеплення до 110 Н та максимальну робочу температуру до 1150 °С. Дослідженнями [16] встановлено, що зниження зношення задньої поверхні інструментів покритих TiAlSiVN проти непокритих інструментів становило 67...85 %. При дослідженні процесу точіння в роботі [17] на ріжучі інструменти з твердого сплаву були нанесені покриття, що склалися з AlCrN, AlCrN/TiSiN та AlTiN. Встановлено, що інструмент з покриттям AlTiN запобігав поверхневій корозії і створював вищі розтягуючі залишкові напруги. А обробка інструментом з покриттям AlCrN призвела до більшої сприйнятливості корозії. На обробленій поверхні інструментом з покриттям AlCrN утворювалася товща оксидна плівка.

За відсутністю достатньої кількості робіт про вплив умов тертя в зоні контакту інструмент-деталь на динаміку процесу різання при точінні, дослідження цього впливу є актуальною задачею.

Мета роботи

Метою роботи було дослідження впливу покриття різальної частини різця на вібрації при точінні.

Матеріал і методика досліджень

Для дослідження впливу покриття різця на інтенсивність АК при точінні були використані ріжучі пластинки з твердого сплаву BK8 ($\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $r = 0,4\text{мм}$) без покриття та з покриттям нітридом титану (TiN). Для кожного експерименту використовували гострозаточену ріжучу пластинку, площа зношення по задній поверхні була відсутня ($h_2 = \leq 0,1\text{мм}$). Заготовки використовували діаметром 100...150 мм та довжиною 100 мм зі сталі 45. Режими різання змінювали в широкому діапазоні: швидкість різання v від 100 до 250 м/хв; глибина різання t від 0,5 до 2 мм, подача інструменту S від 0,05 до 0,5 мм/об.

В якості інструменту був використано різець-осцилятор з однією ступеню свободи по осі x – різець-осцилятор X [18]. Різець-осцилятор X конструктивно

забезпечував коливання в напрямку зміни реальної товщини зрізу. Тому збудження АК відбувалось в умовах дії двох джерел: регенеративного та фрикційного ефекту.

Також був використаний різець-осцилятор з однією ступеню свободи по осі z – різець-осцилятор Z . Різець-осцилятор Z конструктивно забезпечував коливання в напрямку швидкості різання. Тому точіння відбувалось «по чистому» без вібраційної хвилі на поверхні різання. Збудження АК відбувалось в умовах дії двох джерел: коливання миттєвої швидкості різання та фрикційного ефекту.

Для встановлення різця-осцилятора в різцетримачі токарного верстата використовувався спеціальний пристрій [18], який давав змогу змінювати виліт L від 80 до 125 мм та прикласти додаткову масу m_0 від 0 г до 344 г. На корпусі пристрою були встановлені датчики переміщень XS4-P12AB110, які вимірювали коливання ріжучої крайки при точінні по осі x та z (рис. 1). Аналоговий сигнал від датчиків через аналогово-цифровий перетворювач передавався на персональний комп'ютер та записувався у вигляді осцилограм. Запис осцилограм здійснювався за допомогою програми LGraph2, а їх аналіз – PowerGraph 3.3.



Рисунок 1. Робоче місце для дослідження вібрацій

Результати досліджень та обговорення

Результати дослідження впливу покриття TiN на інтенсивність АК при точінні різцем-осцилятором X наведено в таблиці 1, 2. При дослідженні вібрацій по осцилограмам було виміряно значення амплітуди коливань A_x та статичного відхилення B_x ріжучої крайки в залежності від швидкості різання v . Вони показали, що амплітуда коливань знижувалась при використанні покриття в середньому на 1,1...1,3 рази (рис. 2, 3). При цьому зменшення статичного відхилення різця для різних швидкостей різання становило 1,08...1,18 рази.

Таблиця 1 – Результати дослідження вібрації при точінні ріжучою пластинкою без покриття різцем-осцилятором X ($L=100$ мм, $m_0=0$ г, $t=1$ мм, $S=0,2$ мм/об)

v , м/хв	B_x , мм	A_x , мм
100	0,246...0,273	0,043...0,056
150	0,253...0,223	0,06...0,07
200	0,183...0,223	0,085...0,09
250	0,183...0,213	0,09...0,105

Таблиця 2 – Результати дослідження вібрації при точінні ріжучою пластинкою з покриттям TiN покриття різцем-осцилятором X ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

v , м/хв	B_x , мм	A_x , мм
100	0,226...0,243	0,033...0,045
150	0,213...0,2	0,045...0,056
200	0,193...0,223	0,067...0,075
250	0,193...0,2	0,085...0,093

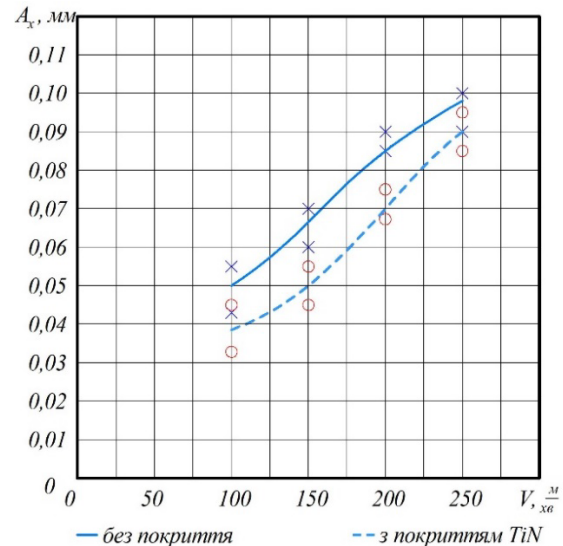


Рисунок 2. Вплив покриття ріжучої пластинки на амплітуду АК при точінні покриття різцем-осцилятором X ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

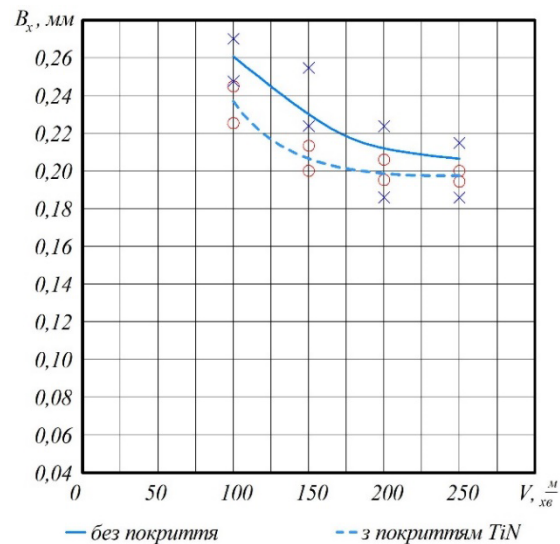


Рисунок 3. Вплив покриття ріжучої пластинки на статичне відхилення ріжучої крайки при точінні покриття різцем-осцилятором X ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

Зміна інтенсивності АК при використанні ріжучих пластинок з покриттям відобразилась на вібраційному малюнку обробленої поверхні (рис. 4, 5) та її шорсткості (таблиця 3). При використанні ріжучої пластинки з покриттям шорсткість поверхні знижувалась в

1,05...1,17 рази, це відобразилось на вібраційному малюнку обробленої поверхні. Також порівнюючи рис. 4 та рис. 5 видно, що зі збільшенням швидкості різання збільшилась довжина хвилі на вібраційному малюнку обробленої поверхні.

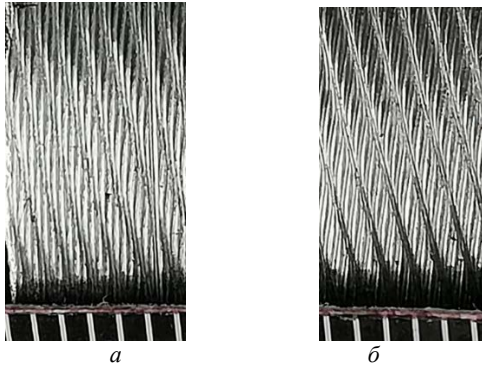


Рисунок 4. Оброблена поверхня після точіння різцем-осцилятором X: *a* – $v = 150$ м/хв, без покриття; *б* – $v = 150$ м/хв, з покриттям

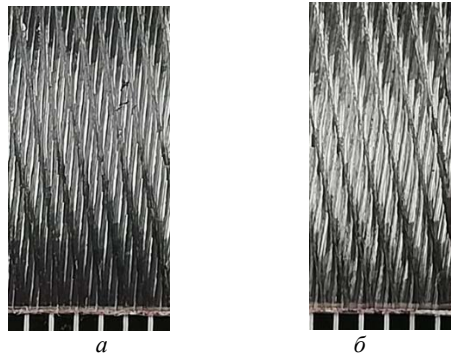


Рисунок 5. Оброблена поверхня після точіння різцем-осцилятором X: *a* – $v = 200$ м/хв, без покриття; *б* – $v = 200$ м/хв, з покриттям

Зменшення коефіцієнту тертя за рахунок покриття ріжучої пластинки змінило умови стружкотворення та форму стружки. На отриманій стружці при точінні ріжучими пластинками з покриттям та без було виміряно потовщення K_a та розширення K_b (таблиця 4).

При точінні різцем-осцилятором X з покриттям та без була отримана стружка різної форми (таблиця 3). Результати виміру стружки показали, що коефіцієнт розширення при використанні покриття був меншим в 1,14...1,28 рази, в той час як коефіцієнт потовщення майже не змінювався.

Таблиця 3 – Результати дослідження впливу покриття ріжучої пластинки на шорсткість обробленої поверхні при точінні різцем-осцилятором X ($L = 100$ мм, $m_\theta = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

v , м/хв	Шорсткість R_a , мкм	
	Без покриття	З покриттям TiN
100	3,68...4,02	3,13...3,61
150	3,91...4,33	3,35...3,91
200	4,01...4,94	3,51...4,11
250	4,98...5,56	4,48...4,9

Таблиця 4 – Результати дослідження впливу покриття ріжучої пластинки на вигляд стружки при точінні різцем-осцилятором X ($L = 100$ мм, $m_\theta = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

	Без покриття	З покриттям TiN
100	 $K_b=1,8...1,9$; $K_a=4,5...5$	 $K_b=1,4...1,5$; $K_a=4,5...5$
150	 $K_b=1,8...1,9$; $K_a=4,5...4,75$	 $K_b=1,4...1,5$; $K_a=4,5...4,75$
200	 $K_b=1,6...1,7$; $K_a=4,5...4,75$	 $K_b=1,4...1,5$; $K_a=4,5...4,75$

Результати експериментів для різця-осцилятора Z показали аналогічні результати, як і для різця-осцилятора X (таблиця 5, 6). На рис. 6 показано осцилограма коливання ріжучої крайки для різця-осцилятора Z з покриттям (зелена осцилограма) накладена по лінії положення статичної рівноваги (ПСР) на осцилограму, отриману точінням без покриття (синя осцилограма). Візуально видно, що інтенсивність коливань для різця з покриттям менша. Також при застосуванні покриття зменшилося статичне відхилення ріжучої крайки B_z , це призвело для зміщення ПСР, но так як дві осцилограми вирівняні по ПСР, то зміщення видно між положеннями початкової рівноваги (ППР). Зменшення статичного відхилення в середньому було в 1,05...1,15 рази. Аналіз замірів амплітуди A_z коливань показав, що при застосуванні покриття вона знизилася в 1,1...1,4 рази.

Результати дослідження вібраційного малюнку обробленої поверхні наведені на рис. 7, 8.

Результати аналізу шорсткості обробленої поверхні при точінні різцем-осцилятором Z з покриттям та без показали, що вона майже не змінювалась. Це пов'язано з несуттєвою зміною амплітуди коливань та з тим, що ці коливання відбуваються перпендикулярно вісі обертання деталі.

При точінні різцем-осцилятором Z з покриттям та без була отримана стружка різної форми (таблиця 7). Результати виміру стружки показали, що коефіцієнт розширення при використанні покриття був меншим в 1,2...1,28 рази, в той час як коефіцієнт потовщення майже не змінювався.

Таблиця 5 – Результати дослідження вібрації при точінні різцем-осцилятором Z ріжучою пластиною без покриття ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

v , м/хв	B_z , мм	A_z , мм
50	0,24...0,246	0,038...0,046
100	0,2...0,21	0,076...0,095
150	0,19...0,195	0,051...0,065

Таблиця 6 – Результати дослідження вібрації при точінні різцем-осцилятором Z ріжучою пластиною з покриттям TiN ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

v , м/хв	B_z , мм	A_z , мм
50	0,21...0,22	0,025...0,033
100	0,183...0,19	0,073...0,083
150	0,18...0,186	0,048...0,053

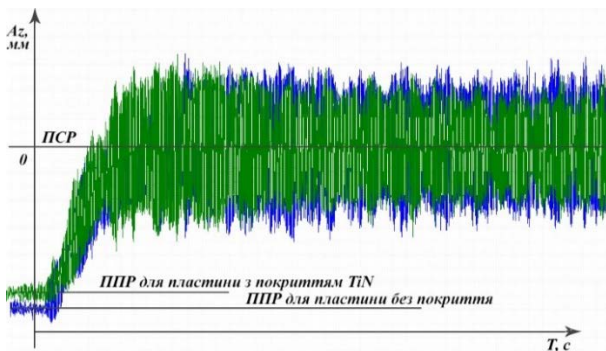


Рисунок 6. Накладення вібрацій отриманих точінням ріжучою пластинкою з покриттям (зелена осцилограма) на вібрації при точінні без покриття (синя осцилограма) по ПСП сталі 45 для різця-осцилятора Z ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

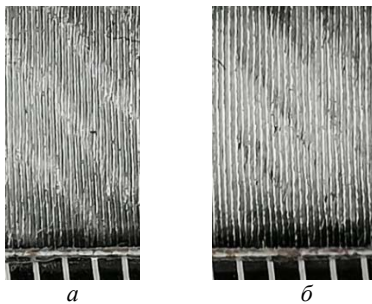


Рисунок 7. Оброблена поверхня після точіння різцем-осцилятором Z ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об) сталі 45: а – $v = 100$ м/хв, без покриття
 б – $v = 100$ м/хв, з покриттям

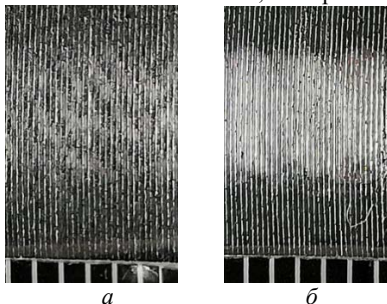


Рисунок 8. Оброблена поверхня після точіння різцем-осцилятором Z ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об) сталі 45: а – $v = 50$ м/хв, без покриття; б – $v = 50$ м/хв, з покриттям

Таблиця 7 – Результати дослідження впливу покриття ріжучої пластинки на вигляд стружки при точінні різцем-осцилятором Z ($L = 100$ мм, $m_0 = 0$ г, $t = 1$ мм, $S = 0,2$ мм/об)

v , м/хв	Без покриття	З покриттям TiN
50	 $K_b = 1,8...1,9$; $K_a = 4,5...4,75$	 $K_b = 1,5...1,55$; $K_a = 4...4,5$
100	 $K_b = 1,8...1,9$; $K_a = 4...4,5$	 $K_b = 1,4...1,5$; $K_a = 4...4,5$

Висновки

Результатами дослідження підтверджено, що при застосуванні покриття ріжучої крайки зменшується коефіцієнт тертя в зоні контакту інструмент-деталь. Це призводить до зміни умов стружкотворення і відображається зменшенням коефіцієнта усадки стружки в 1,14...1,28 рази.

Аналіз осцилограм коливання ріжучої крайки різця-осцилятора показав, що амплітуда коливань зменшувалась в 1,1...1,4 рази. При цьому зменшення статичного відхилення різця для різних швидкостей різання становило 1,08...1,18 рази.

Зміна коливання ріжучої крайки відобразилась на вібраційному малюнку обробленої поверхні. При використанні ріжучої пластинки з покриттям шорсткість поверхні знижувалась в 1,05...1,17 рази.

Отримані результати підтверджують вплив фрикційного ефекту в збудження і підтримання автоколивань. Але враховуючи величину зміни інтенсивності коливань при суттєвій зміні умов тертя можна зробити висновок, що вплив фрикційного ефекту в порівнянні з регенеративним ефектом або впливом коливання миттєвої швидкості різання набагато менший.

Список літератури

1. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Добросок та ін.; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новийсвіт-2000, 2011. – 422 с.
2. Новіцький М. Особливості використання демпферів коливань в конструкції вібростійкого металорізального інструменту / М. Новіцький, А. Сліпчук // Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції «Прикладна механіка», 6–7 червня 2024 р. – Т. : ТНТУ, 2024. – С. 52–55. – (Сучасні технології машинобудування).

3. Tobias S. A. Theory of regenerative machine tool chatter / S. A. Tobias, W. Fishwick // *The engineer*. – 1958. – 205(7). – P. 199–203. <https://doi.org/10.1115/1.4012609>.
4. Tlustý J. The Stability of Machine Tools against Self Excited Vibrations in Machining / J. Tlustý, M. Polacek // *International research in production engineering, ASME*. – 1963. – P. 465–474.
5. Schmitz T. L. *Machining dynamics* / T. L. Schmitz, K. S. Smith, Springer. – 2019. – 382 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93707-61>.
6. Внуков Ю. М. Зношування і стійкість різальних лезових інструментів : навчальний посібник / Ю. М. Внуков, В. О. Залого. – 2-ге вид., стер. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 273 с.
7. Тарельник В. Б. Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами навчальний посібник (стереотипне видання) / В. Б. Тарельник, Є. В. Коноплянченко, В. С. Марцинковський. – Університетська книга Суми, 2023. – 192 с.
8. Пуховський, Є. С. Вплив вібрацій на стійкість багатолезового інструменту / Є. С. Пуховський // *Технічна інженерія*. – 2022. – 2 (90), – С. 44–51.
9. Омелянов О. М. Перспективи застосування вібрації при різанні матеріалів / Омелянов О. М., Полевода Ю. А., Замрій М. А. // *Вібрації в техніці та технологіях*, – 2021. – № 1 (100). – С. 100–110.
10. Pukhovskyy Y. S. Elimination of vibrations during multi-blade processing / Y. S. Pukhovskyy // *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes*. – 2021. – 4 (46). – С. 42–49.
11. Залого В. О. Методологічні основи підвищення ефективності оброблення деталей шляхом керування динамікою процесу високошвидкісного точіння з високими частотами обертання шпинделя : монографія / В. О. Залого, Ю. В. Шаповал. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 143 с.
12. Investigation of conventional and ultrasonic vibration-assisted turning of hardened steel using a coated carbide tool / G. S. Ghule, S. Sanap, S. Chinchankar et al. // *Frontiers in Mechanical Engineering*. – 2024. – 10. – 1391315. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1391315>
13. Силкові особливості обробки загартованої сталі інструментами, оснащеними PсBN груп ВН, ВL / С. А. Клименко, А. С. Манохін, А. О. Чумак та ін. // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Технології в машинобудуванні. – 2024. – 1 (9). – С. 13–18.
14. Коваленко, Я. П. Фінішне оброблення загартованої сталі при торцевому фрезеруванні інструментом із ПКНБ без покриттів та з покриттями TiSiN і TiAlN. / Я. П. Коваленко, П. П. Мельничук // *Технічна інженерія*. – 2024. – 2 (94). – С. 32–37.
15. Sonawane G. D. Correlating the Characterization and Machining Performance of Advanced PVD Coatings for Dry Turning / G. D. Sonawane, R. Bachhav, A. Barnwal // *JOM*. – 2024. – 76(1), – P. 313–326. <https://doi.org/10.1007/s11837-023-05991-4>.
16. Influence of V concentration in TiAlSiVN coating on self-lubrication, friction and tool wear during two-pass dry turning of austenitic steel 316 L / C. S. Kumar, G. Urbikain, F. Fernandes et al. // *Tribology International*. – 2024. – 193, 109355. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109355>.
17. Locks, E. Investigating the Impact of Physical Vapor Deposition (PVD)-Coated Cutting Tools on Stress Corrosion Cracking Susceptibility in Turning Super Duplex Stainless Steel / E. Locks, Q. He, J. M. DePaiva et al. // *Coatings*. – 2024. – 14(3), 290. <https://doi.org/10.3390/coatings14030290>.
18. Cutter-Oscillator with Single-Degree-of-Freedom for the Study of Cutting Vibrations / Y. Vnukov, P. Tryshyn, O. Kozlova, S. Dyadya // *Strojnický časopis - Journal of Mechanical Engineering*. – 2024. – 74(1). – P. 169–180. <https://doi.org/10.2478/scjme-2024-0017>.

Одержано 11.03.2025

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE COATING OF THE CUTTING PART OF THE CUTTER ON VIBRATION DURING TURNING

- Pavlo Tryshyn Ph. D., Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, *e-mail: trishin@zp.edu.ua*, ORCID: 0000-0002-3301-5124
- Olena Kozlova Ph. D., Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, *e-mail: kozlova@zp.edu.ua*, ORCID: 0000-0002-3478-5913
- Natalia Honchar Ph. D., Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, *e-mail: gonchar.zntu@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-6040-0394
- Ivan Hembel Post-graduate student, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, *e-mail: gembivan@zp.edu.ua*, ORCID: 0009-0005-8442-5288

Purpose. The aim of the work was to investigate the influence of the coating of the cutting part of the cutter on vibrations during turning.

Research methods. The research was conducted by an experimental method, in which oscillograms of oscillations of the cutting edge of the cutter-oscillator were recorded. The analytical method was used to study the oscillograms on which the parameters of the oscillatory system of the cutter-oscillator were measured, which characterize the law of motion of the cutting edge during self-oscillations.

Results. The results of the study confirmed that when applying a coating to the cutting part of the cutter, the friction coefficient in the tool-part contact zone decreases. This leads to a change in the chip formation conditions and is reflected in a decrease in the chip shrinkage coefficient by 1.2...1.35 times. Analysis of the oscillograms of the oscillation of the cutting edge of the cutter-oscillator showed that the application of the coating almost did not change the static deviation. At the same time, the amplitude of the oscillations decreased by 1.1...1.3 times. The change in the oscillation of the cutting edge was reflected in the vibration pattern of the machined surface. When using a cutting insert with a coating, the surface roughness decreased by 1.05...1.17 times.

Scientific novelty. The obtained results confirm the influence of the friction effect on the excitation and maintenance of self-oscillations. However, taking into account the small magnitude of the change in the intensity of oscillations with a significant change in friction conditions, it can be concluded that the influence of the friction effect is much smaller compared to the regenerative effect.

Practical value. The obtained results prove the influence of friction conditions in the tool-part contact zone on the intensity of self-oscillations during turning and provide an opportunity to choose the coating of the cutting part of the tool to reduce vibrations.

Key words: self-oscillation, cutter-oscillator, oscillogram, coating, friction coefficient.

References

1. Mazur, M.P. (2011). *Osnovy teorii rizannia materialiv : pidruchnyk*. Novyisvit-2000.
2. Novitskyi, M., Slipchuk, A. (2024). Osoblyvosti vykorystannia dempferiv kolyvan v konstruktsii vibrostiikoho meta-lorizalnoho instrumentu. *Materialy I Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Prykladna mekhanika"*, 52–55.
3. Tobias, S. A., Fishwick, W. (1958). Theory of regenerative machine tool chatter. *The engineer*, 205(7), 199-203. <https://doi.org/10.1115/1.4012609>.
4. Tlustý, J., Poláček, M. (1963). The Stability of Machine Tools against Self Excited Vibrations in Machining, *International research in production engineering*, ASME, 465-474.
5. Schmitz, T. L., Smith, K. S. (2019). *Machining dynamics*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93707-61>.
6. Vnukov, Yu. M. (2024). *Znoshuvannia i stiikist rizalnykh lezovykh instrumentiv : navchalnyi posibnyk*, Sumskyi derzhavnyi universytet.
7. Tarel'nyk, V. B., Konoplianchenko, Ye. V., Martsynkovskiy, V.S. (2023). *Pidvyshchennia stiikosti rizalnoho instrumentu tekhnolohichnymy metodamy navchalnyi posibnyk (stereotypne vydannia)*, Universytetska knyha Sumy.
8. Pukhovskiy, Ye. S. (2022). Vplyv vibratsii na stiikist bahatolezovoho instrumentu. *Tekhnichna inzheneriia*, 2 (90), 44-51.
9. Omelianov, O. M., Polievoda, Yu. A., Zamrii, M. A. (2021). *Perspektyvy zastosuvannia vibratsii pry rizanni materialiv. Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 1(100), 100–110.
10. Pukhovskyy, Y. S. (2021). Elimination of vibrations during multi-blade processing. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes*, 4 (46), 42–49.
11. Zaloha, V. O. (2024). *Metodolohichni osnovy pidvyshchennia efektyvnosti obroblennia detalei shliakhom keruvannia dy-namikoju protsesu vysokomyshvydkisnoho tochinna z vysokymy chastotamy obertannia shpyndelia : monohrafiia*, Sumskyi derzhavnyi universytet.
12. G. S. Ghule, S. Sanap, S. Chinchankar, R. Cep, A. Kumar, S. Y. Bhave (2024). Investigation of conventional and ultrasonic vibration-assisted turning of hardened steel using a coated carbide tool. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 10, 1391315. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1391315>.
13. Klymenko, S. A., Manokhin, A. S., Chumak, A. O., Kopeykina, M. Yu., Melniychuk, Yu. O. (2024). *Cylovi osobly-vosti obrobky zahartovanoi stali instrumentamy, osnashchenymy PcBN hrup BH, BL*. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Serii: *Tekhnolohii v mashynobuduvanni*, 1 (9), 13–18.
14. Kovalenko, Ya. P., Melnychuk, P. P. (2024). *Finishne obroblennia zahartovanoi stali pry tortsevomu frezeruvanni instrumentom iz PKNB bez pokryttiv ta z pokryttiamy TiSiN i TiAlN*. *Tekhnichna inzheneriia*, 2 (94), 32–37.
15. Sonawane, G. D., Bachhav, R., Barnwal, A. (2024). Correlating the Characterization and Machining Performance of Advanced PVD Coatings for Dry Turning. *JOM*, 76(1), 313–326. <https://doi.org/10.1007/s11837-023-05991-4>.
16. C. S. Kumar, G. Urbikain, F. Fernandes, A. A. Rjoub, L. N. L De Lacalle (2024). Influence of V concentration in TiAlSiVN coating on self-lubrication, friction and tool wear during two-pass dry turning of austenitic steel 316 L. *Tribology International*, 193, 109355. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109355>.
17. E. Locks, Q. He, J. M. DePaiva, M. Guimaraes, A. F. Arif, S. C. Veldhuis, J. R. Kish (2024). Investigating the Impact of Physical Vapour Deposition (PVD)-Coated Cutting Tools on Stress Corrosion Cracking Susceptibility in Turning Super Duplex Stainless Steel. *Coatings*, 14(3), 290. <https://doi.org/10.3390/coatings14030290>.
18. Vnukov, Y., Tryshyn, P., Kozlova, O., Dyadya, S. *Cutter-Oscillator with Single-Degree-of-Freedom for the Study of Cutting Vibrations*. *Strojnícky časopis-Journal of Mechanical Engineering*, 74(1), 169–180. <https://doi.org/10.2478/scjme-2024-0017>.