

УДК 621.91

Г.П. Іллін, к.т.н., доц.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

## КІНОЗЙОМКА ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

*Описано необхідність створення установки для кінозйомки зношування різальних інструментів, її будову та наслідки досліджень.*

Знос різальних інструментів є надзвичайно складним явищем, пов'язаним з фізичною, хімічною та механічною взаємодією двох твердих тіл – оброблюваної деталі та різального інструмента. Тому, не зважаючи на ретельне вивчення цього явища, досі ще немає загально визнаної теорії зносу різальних інструментів. Однією з обставин, які утруднюють дослідження зносу різального інструмента, є неможливість безпосереднього спостереження за процесом.

Звичайно спостереження ведуться періодично під час зупинок процесу різання. Такий спосіб спостереження має ряд недоліків, з яких найсуттєвішими можна вважати:

- обов'язкове припинення процесу різання для періодичних спостережень зміни зовнішнього вигляду та розмірів робочих поверхонь різальних інструментів;
- фіксування лише кінцевого результату зносу, який тривав протягом роботи між зупинками процесу різання;
- відсутність гарантії достовірності та об'єктивності спостережень, а також неможливість їх перевірки;
- недостатня кількість спостережень для побудови достовірного графіка залежності зносу різального інструмента від тривалості його роботи.

Бажання позбутися певною мірою перелічених недоліків призвело до створення установки, яка дозволяє виконувати кінозйомку зовнішнього вигляду різальних інструментів для таких процесів різання, у яких різальний інструмент періодично виходить з контакту з оброблюваною заготовкою, чим визначається частота кінозйомки. Для процесу фрезерування, який вивчався в наших дослідках, – це є частота обертів шпинделя верстата. Тривалість зйомки дорівнює тривалості процесу обробки заготовки і, якщо різання не переривається до втрати різальним інструментом його різальних властивостей, дорівнює періоду його стійкості.

Одержана внаслідок експерименту кінострічка є документом, який свідчить про зношування різального інструмента на всіх стадіях його розвитку. Покадровий аналіз знятого фільму дозволяє ретельно дослідити, як поступове зношення робочих поверхонь різального інструмента, так і нерегулярні явища, які звичайно спостерігати неможливо. Наприклад, переглядаючи фільм, звертає на себе увагу таке явище, як пересування вздовж смуги зношування задньої поверхні різального інструмента відблисків. Це явище та діякі інші, не менш цікаві, за допомогою традиційних способів спостерігати неможливо.

Створена дослідна установка дозволяє виконувати кінозйомку зносу різальних інструментів при будь-яких фрезерних, стругальних та інших видах обробки металів різанням. Її можна також застосувати для спостережень за зміною зовнішнього вигляду об'єктів, які обертаються або рухаються зворотно-поступально, в інших галузях техніки. Наші дослідження виконувалися на вертикально-фрезерному верстаті. Різальним інструментом була однозуба фреза.

Точку зйомки було вибрано на траєкторії руху різального інструмента безпосередньо після виходу його із контакту з оброблюваною заготовкою (рис. 1).

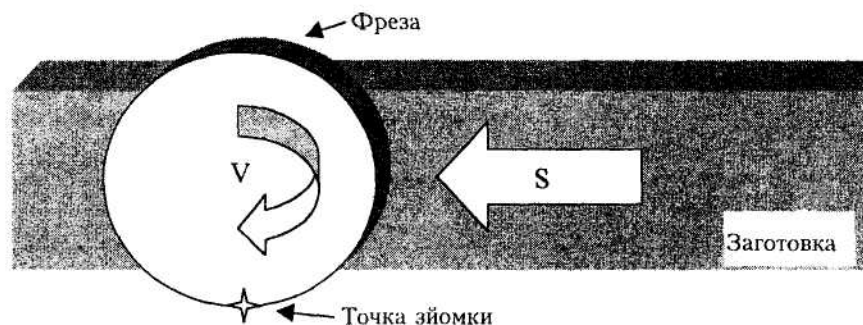


Рис. 1. Схема зйомки зносу різального інструмента

Застосування широко відомого способу цейтраферної зйомки не дало бажаних результатів, бо зйомка відбувається у виключно несприятливих умовах:

- об'єкт зйомки пересувається з великою швидкістю (в наших дослідах до 2,5 м/с) в напрямі, перпендикулярному до оптичної осі об'єктива;
- зафіксувати потрібно зміну ширини смуги зносу різального інструмента з точністю до сотих часток міліметра, що потребує під час зйомки дво- або навіть п'ятикратного збільшення, а це, в свою чергу, вимагає дуже чіткої роботи системи керування зйомкою.

Спосіб цейтраферної зйомки, так само, як і звичайна фотозйомка з електронним спалахом, передбачає таку схему роботи: керуючий імпульс вмикає механізм спуску затвора знімальної камери, затвор (або обтюратор у кінокамери) відкриває кадрове вікно і дає сигнал для підпалювання лампи-спалаху. При цьому час від подачі керуючого імпульсу до спалаху (в мс) складається з таких складових:

$$t_{\text{заг}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{мсп}} + t_{\text{мз}} + t_{\text{вип}} + t_{\text{плс}}, \quad (1)$$

- де  $t_{\text{вкл}}$  – час відпрацювання керуючого імпульсу;  
 $t_{\text{мсп}}$  – час відпрацювання спуску затвора;  
 $t_{\text{мз}}$  – час відпрацювання затвора;  
 $t_{\text{вип}}$  – час відпрацювання імпульсу підпалювання;  
 $t_{\text{плс}}$  – час підпалювання лампи-спалаху.

Загальна похибка відпрацювання всіх елементів системи є сумою похибок відпрацювання всіх її елементів окремо. Але треба мати на увазі, що складові цієї формули – нерівнозначні. Якщо  $t_{\text{вип}}$  та  $t_{\text{плс}}$  дуже малі, бо це час відпрацювання електронних приладів, то решта складових, які характеризують відпрацювання механічних пристроїв, несумірно більші. А тому і похибки спрацювання цих пристроїв будуть у порівнянні з похибками відпрацювання електронних пристроїв дуже великими, в чому ми переконалися в процесі відладки установки (точка зйомки від кадру до кадру пересувалася так, що іноді виходила за межі кадру).

Зважаючи на ці обставини, було застосовано іншу (скорочену) схему, з якої були вилучені механічні пристрої. Безконтактний фотоелектричний датчик відпрацьовує керуючий імпульс і передає його на електронний пристрій відпрацювання імпульсу підпалювання лампи-спалаху. Таким чином, вилучення механічних пристроїв з ланцюга “керучий імпульс – спалах” дозволило отримати високу чіткість відпрацювання системи. Треба зауважити, що вилучені механічні системи працюють після експонування кадру кіноплівки, коли різальний інструмент пересувається поза межами точки зйомки. Експонований кадр при цьому відсувається з кадрового вікна, а його місце займає неекспонований кадр кіноплівки. Кадрове вікно при цьому залишається відкритим.

Загальний вигляд установки для кінозйомки зносу різальних інструментів, яку змонтовано на вертикально-фрезерному верстаті, показано на рис. 2. Основні блоки, з яких складається установка, наступні:

1. Блок живлення.
2. Блок відпрацювання керуючого імпульсу.
3. Блок перетворення керуючого імпульсу в імпульс підпалювання лампи-спалаху.
4. Блок конденсаторів (змонтований разом з блоком перетворення 3).
5. Блок керування механізмом протягування кіноплівки.
6. Освітлювач з лампою-спалахом.
7. Кінознімальна камера “Pentaflex-16” з електродвигуном та покадровим редуктором (рис. 3).

Для відпрацювання керуючого імпульсу використовується фотопідсилювач ФЭУ-2, який одержує світловий імпульс через вузьку щілину у диску, жорстко з'єднаному зі шпинделем верстата, на якому змонтовано різальний інструмент. Освітлення різального інструмента виконується лампою-спалахом ИФК-120.

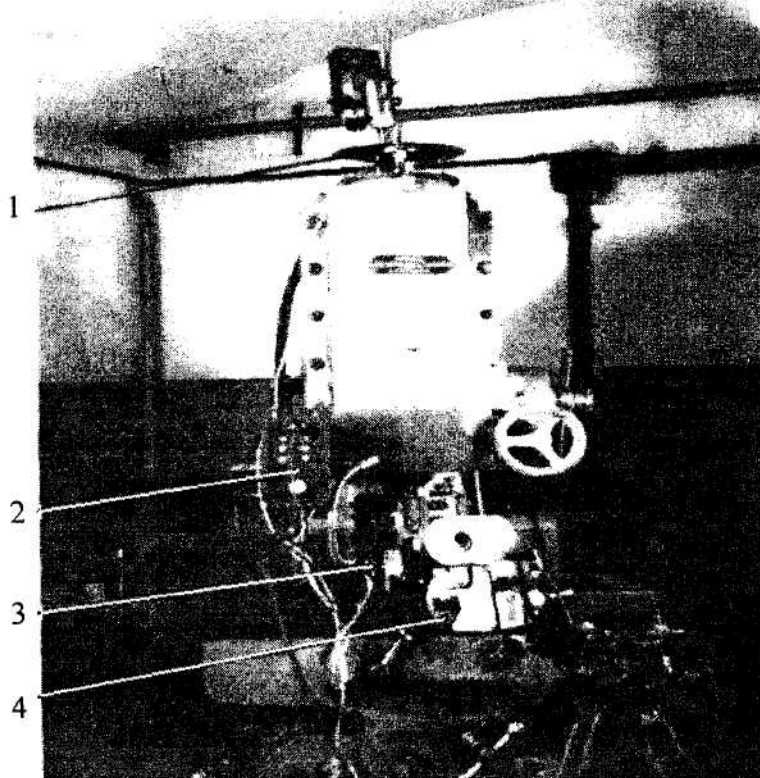


Рис. 2. Загальний вигляд установки для кінозйомки зношування вставних зубців торцевих фрез: 1 – блок відпрацювання керуючого імпульсу; 2 – блок перетворення керуючого імпульсу в робочий імпульс підпалювання лампи-спалаху; 3 – освітлювач з імпульсною лампою-спалахом; 4 – кінознімальна камера

Використання лампи-спалаху в номінальному уладі, у якому інтервал між спалахами має бути не меншим 10 с, неможливе, якщо бажано зйомку виконувати після кожного оберту шпинделя. В наших дослідях частота обертання шпинделя досягала 300 обертів за хвилину або 5 обертів за секунду. Зменшення допустимого інтервалу між спалахами можна досягти за рахунок зменшення енергії спалаху, тобто за рахунок зменшення ємкості конденсатора живлення лампи-спалаху. Тому в системі живлення передбачено використання блока з 9 конденсаторів по 40 мкФ кожен. В наведеній табл. 1 показано, скільки конденсаторів має бути задіяно, допустимий інтервал між спалахами та енергія спалаху для зйомки з потрібною частотою обертання шпинделя.

Таблиця 1

Гранична ємкість блока конденсаторів та енергія спалаху в залежності від частоти обертання шпинделя

Частота обертання шпинделя, 1/хв	Інтервал між спалахами, с	Ємкість блока конденсаторів, мкФ	Енергія спалаху, Дж
360	0,165	40	2
182	0,33	80	4
120	0,50	120	6
90	0,67	160	8
72	0,83	200	10
60	1,00	240	12
62	1,16	280	14
45	1,35	320	16
40	1,50	360	18

Кінокамеру, змонтовану на спеціальному рухомому столику, встановлено поруч з верстатом. Для зручності зйомки задньої поверхні різального інструмента між кіноплівкою та об'єктивом встановлено призму, яка заломлює оптичну вісь об'єктива на 90°. Це дозволило направляти об'єктив догори при горизонтальному розташуванні кінокамери. Телескопічна трубка, на якій закріплено призму з об'єктивом, дозволяє встановлювати оптичну вісь об'єктива

перпендикулярно лезу різального інструмента. Змінюючи довжину телескопічної трубки, можна встановлювати потрібний коефіцієнт збільшення.

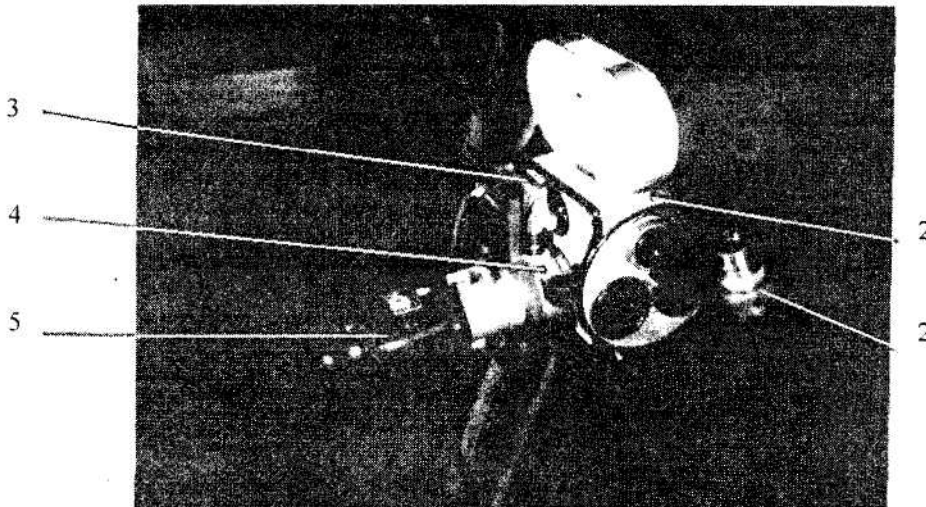


Рис. 3. Кінокамера з електродвигуном та покадровим редуктором: 1 – об'єктив; 2 – кінокамера; 3 – привід механізму спуску затвора; 4 – покадровий редуктор; 5 – електродвигун

За допомогою цієї установки виконувалися досліді зношування вставних зубців торцевих фрез при фрезеруванні жароміцної сталі ЭИ787 та маломагнітної сталі 45Г17Ю3, оброблюваність яких значно гірша, ніж оброблюваність звичайних конструкційних сталей.

Вже наслідки перших дослідів показали, що графіки зношування, побудовані за результатами вимірювань смуги зношування, зафіксованої на кіноплівці, на відміну від класичних графіків з двома перегинами, мають каскадну форму (рис. 4).

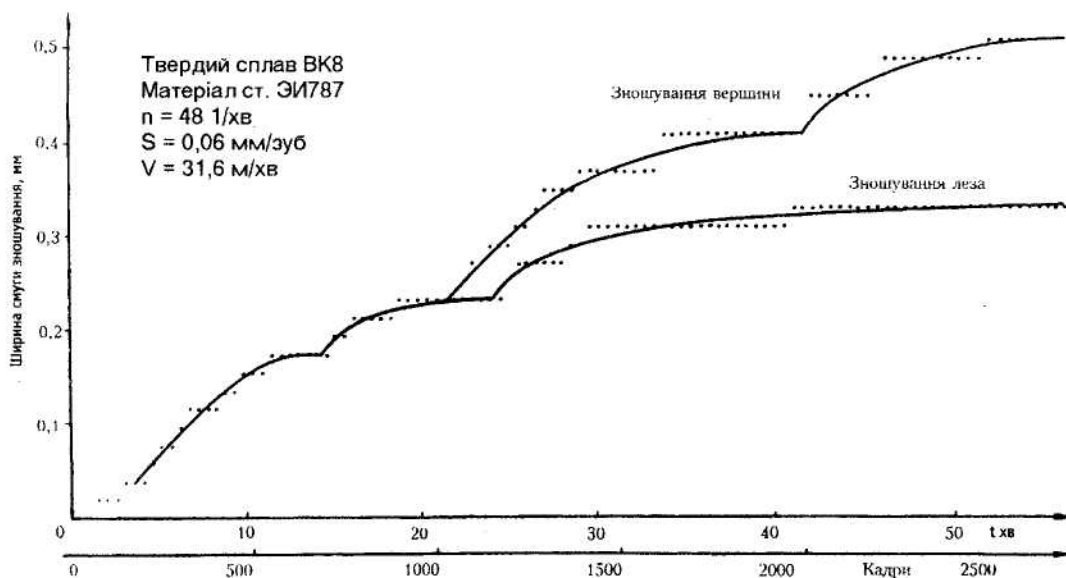
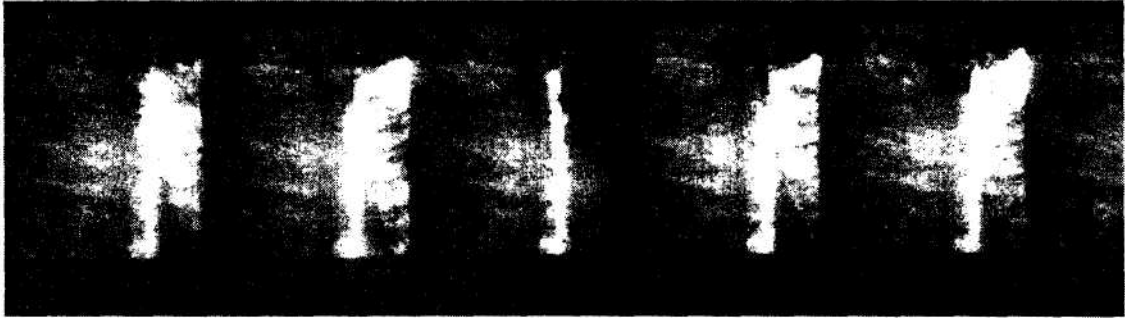


Рис. 4. Графік зношування задньої поверхні

Слідкуючи на екрані за зростом інтенсивності зношування вставного зуба з швидкорізальної сталі Р24 при фрезеруванні сталі ЭИ787, можна чітко бачити, що в міру зношування вона неоднакова. На початку, після зрізання перших кількох стружок, протягом всього робочого леза утворюється низка сколів, а сам вставний зуб пластично деформується. Потім поступово пластичні деформації припиняються. Припиняються також сколи леза різального інструмента. Поверхня смуги зношування вирівнюється і починає повільно розширюватися. Потім раптом, починаючи з середини леза, до певного рівня відбувається швидке розширення смуги

зношування. Тут швидкість розширення смуги зношування на деякий час зменшується, і нарешті починається катастрофічне зношування.

Особливий інтерес представляє спостереження за зношуванням твердосплавних інструментів. У всіх випадках, так само як і у швидкорізальних інструментів, спостерігається каскадний характер зношування.



*Рис. 5. Фрагмент кінострічки зйомки зношування твердосплавного інструмента ВК8 під час різання жароміцної сталі ЭИ787 (x4)*

Отже, для досліджень зношування різальних інструментів пропонується використовувати кінозйомку цього процесу. Досліди з його використанням дають підстави стверджувати, що він усуває деякі суттєві недоліки методів, які використовуються до останнього часу. Використання цього методу дозволяє вести об'єктивні спостереження за зміною зовнішнього вигляду, форми та розмірів різальних інструментів, не перериваючи для цього хід експерименту. Одержані об'єктивні дані щодо стану робочих поверхонь різальних інструментів в будь-який момент його роботи можна багаторазово обробляти та аналізувати, а також використовувати для демонстрації найширшій аудиторії. В той же час з'являється можливість спостерігати невідомі до цього явища, вивчення яких може мати важливе значення для з'ясування природи такого складного процесу, як зношування різальних інструментів.

ІЛЛІН Георгій Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення обчислювальної техніки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– теорія обробки металів різанням.

Подано 16.01.2000.