

УДК 631.363

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ІНСТРУМЕНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ І УМОВ ОБРОБКИ

С. В. Кюрчев, О. С. Колодій, В. О. Верхоланцева, Л. М. Кюрчева

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна.

Стаття за спеціальністю: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: valentyna.verkholantseva@gmail.com.

Історія статті: отримано – листопад 2020, акцептовано – грудень 2020.

Бібл. 12, рис. 2, табл. 0.

Анотація. В результаті експериментальних даних, отриманих з попередніх статей, було встановлено, що для певного матеріалу різця існує співвідношення між строком служби інструменту і вимірної середовищем температурою ріжучої кромки, яке, може бути застосовано для більшості матеріалів. У даній статті дається метод визначення цього співвідношення при кількості експериментальних результатів відображають термін служби різця і при визначенні відповідної середньої температури різця не з допомогою вимірів, а за допомогою недавно розробленої методики розрахунку. Теорія розрахунку застосовується для визначення температури, використовуючи співвідношення термін служби температура, і для розрахунку терміну служби різця при набагато більшій різноманітності умов різання і порівнянні цих результатів з експериментальними даними. Основною перевагою методу в порівнянні зі звичайними емпіричними методами встановлення терміну служби інструменту, такими як метод, заснований на відомому рівнянні Тейлора, є те, що розрахунок може бути проведений з урахуванням зміни умов різання і властивостей матеріалу і, що визначення відповідно може проводитися за тими межами, при яких можливо впевнене передбачення терміну служби різця з експериментальних досліджень.

Ключові слова: різець, строк служби, механічна обробка.

Постановка проблеми

Важливість вибору оптимальних умов різання в металообробній промисловості, стає все більш очевидною. У промисловості умови різання повинні бути такими, щоб забезпечувати найбільш економічно вигідні строки служби інструменту до початку його руйнування, яке визначається як момент, при якому робота різця перестає відповідати вимогам обробки. Вибір цих умов різання, що забезпечують найбільш економічний необхідний термін служби різця може бути зроблений на основі, вартості, максимальної продуктивності або максимального доходу. Однак, в

кожному разі, необхідно знати вплив змінених умов різання на термін служби інструменту і, таким чином, економічність обраного методу обробки. Так як реальний термін служби інструменту обмежений величиною зносу, очевидно, що економічність обробки прямо залежить від зносу інструменту.

Аналіз останніх досліджень

При відсутності підходящої аналітичної теорії зв'язує знос різця і умови різання, було необхідно передбачати зміни терміну служби різців при зміні умов різання за допомогою емпіричних функцій отриманих з неодноразових експериментів. Найбільш відомо співвідношення Ф. В. Тейлора, яке пов'язує термін служби різця, зі швидкістю різання рівнянням [1, 2]:

$$VT^a = C_T \quad (1)$$

де V – швидкість різання в м/хв, T – термін служби різця в хв., a – показник ступеня, що визначає термін служби і C_T – постійно терміну служби Тейлора.

Рівняння (1) було отримано для розрахунку терміну служби різця при даних умовах і матеріалі, і допускає зміни тільки швидкості різання, причому в вузьких межах. Це обмеження очевидно з того, що єдиною змінною в рівнянні (1) є швидкість різання, проте відомо, що глибина різання, геометрія різця також впливають на термін служби інструменту. У спробах подолати ці недоліки вчені розробили розгорнуту форму рівняння (1) яка включає коефіцієнти швидкості подачі і глибини різання. Ця форма має вигляд:

$$VT^x S^y t^z = C \quad (2)$$

де S – подача мм/об; t – глибина різання, мм; C – постійна терміну служби різця; x, y, z – показники ступеня.

Тейлор також ввів координати враховують зміна геометрії різця. Щоб отримати інформацію необхідно визначити значення x, y, z і C з певним ступенем точності, що вимагає великої кількості дослідів, а вартість і час цих експериментів значно знижує їх цінність для застосування в промисловості. Таким

чином, одним з основних умов дослідження металорізальних процесів є можливість знайти співвідношення між строком служби різця і іншими змінними різання, які можна отримати без дорогих і тривалих експериментів.

Так як жодне із запропонованих рішень не задовольняє цим умовам, необхідно більш повно досліджувати параметром впливають на термін служби різця і пов'язаний з ним знос.

Мета досліджень

Метою роботи було: знайти за допомогою аналітичних досліджень співвідношення між строком служби різця і іншими змінними різання.

Результати досліджень

Дослідження зносу різця встановили існування декількох різних видів зносу. Знос можна класифікувати як механічний, дифузний, окислення, відколи і злами.

Відколи, злами і деформації залежать від фізичних властивостей матеріалу різця, таких як міцність на стиск при нагріванні, межа міцності на розрив і втомна міцність. Лоладзе довів важливість фізичних властивостей при виборі матеріалу різців, особливо, за умов високих навантажень. На рис. 1 показана звичайна форма, кривої знос-швидкість різання при обробці вуглецевих сталей по Лоладзе [2].

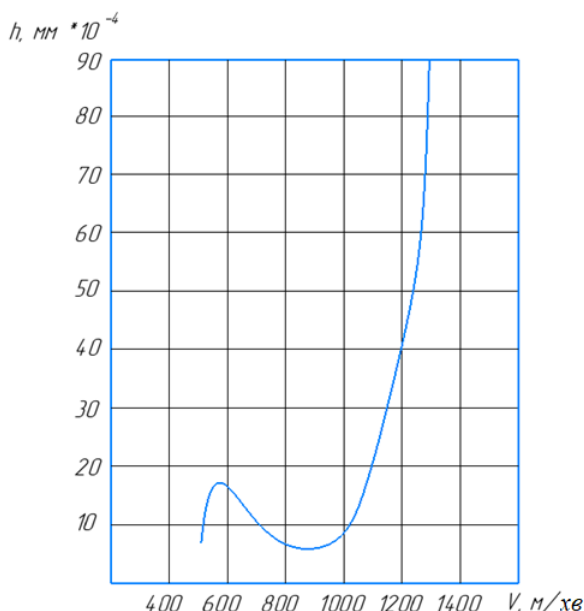


Рис. 1. Крива знос-швидкість різання для обробки вуглецевої сталі 40X, матеріал ріжучий кромки BK8.

Fig. 1. Curve wear-cutting speed for processing carbon steel 40X, cutting edge material BK8.

Загальний знос виникає на контактних поверхнях різця в будь-який час буде дорівнює сумі зносу цих поверхонь від окремо взятих чинників зазначених вище. Не всі процеси зносу зазначені вище виникнуть

одночасно, в деяких випадках вони не виявляться зовсім за час служби різця, особливо якщо термін служби інструменту закінчиться до його повного руйнування. Тип зносу приводить до руйнування різця, тобто або деформація, або дифузія, або стирання і т.д., однак пов'язаний з умовами різання або матеріалом різця.

Найбільш важливою формою зносу є утворення кратера і знос бічних драні як показано на рис. 2. Обидві форми зносу є в результаті процесів описаних [3, 4].

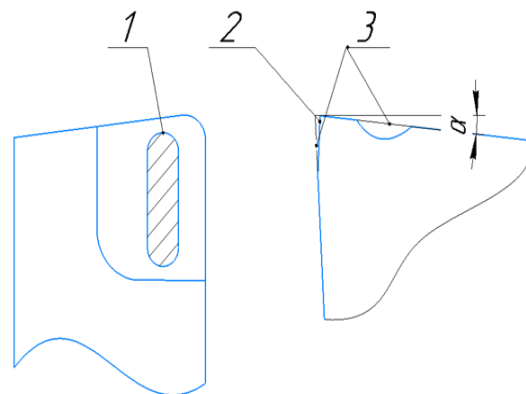


Рис. 2. Знос на передній і бічній поверхні різця: 1 – знос у вигляді виїмки; 2 – знос бічної грані; 3 – початковий профіль.

Fig. 2. Wear on the front and side surfaces of the cutter: 1 – wear in the form of a recess; 2 – lateral face wear; 3 – initial profile.

Знос передньої кромки різця характеризується утворенням западини, яка є причиною утворення відколу. Западина зазвичай зароджується як вузька канавка в кінці контактної зони різця-стружка; збільшуючись в глибину і рухаючись до ріжучої кромці при збільшенні часу різання. Цей вид зносу не виникає обов'язково, проте, рідше використовується як критерій руйнування різця, ніж знос бічної грані, який виникає в різних формах практично при будь-яких операціях.

При розгляді процесів зносу згаданих раніше в якості сприяють загальному зносу можна зробити наступні висновки. Відколи, руйнування і деформація зазвичай проявляються лише у випадках, коли або матеріал різця або умови різання обрані неправильно. Тому з метою уникнення можливих відколів, тріщин, деформацій або руйнування під час роботи різця рекомендується робити правильний вибір матеріалу різців та умови обробки.

Розглядаючи інші механізми зносу, такі як: окислення, механічний знос, прилипання і дифузію, можна помітити, що окислення впливає на знос при різанні вуглецевих сталей, особливо, на зовнішніх крайках контактних зон, де температура висока і є контакт з атмосферним киснем [5-7]. Глибокі канавки спостерігаються на кожній стороні стружки залишають слід на передній кромці різця, особливо при наявності з'єднання карбід вольфраму-кобальту, яке впливає на окислення. Подібні канавки на бічній стороні в кінці області зносу віддаленої від кінця

різця, зазвичай вважаються наслідком окислення. Такі канавки також з'являються коли заготовку обробляють абразивом або гартували. Окислення впливає на ослаблення структури матеріалу різця, таким чином сприяючи його руйнування. З інших трьох видів зносу, таких як механічний знос, прилипання і дифузія, тільки два останніх зазвичай вважаються причиною зносу. Механічний знос це процес мікрорізання, який виробляє стружка і залишає мікроканавки. Вчені при вивченні шорсткості запропонували, що ступінь механічного зносу вище ніж знос від прилипання при однакових умовах, це судження може бути застосовано тільки до більш м'якого матеріалу з працюючої пари. Для більш твердого матеріалу, тобто різця, це припущення справедливе і таким чином механічний знос матиме невелику величину. Для того щоб, один матеріал зношувався необхідно, щоб він був хоча-б на 20% твердіше.

Лоладзе виявив наявність механічного зносу при обробці середньо-вуглецевих сталей (близько 0,4% C) різцями з матеріалу ВК6 при використанні хімічно активної мастильно-охолоджуючої рідини описує це як хіміко-абразивний процес. Використання хімічно активної мастильно-охолоджуючої рідини для різання, може знизити міцність поверхні матеріалу різця і привести до його зносу за рахунок стирання, однак, зазвичай стирання є проблемою тільки при недостатній твердості різця [2, 8].

Прилипання і дифузія показують високу чутливість до температури різання і зручні, для опису характерної форми зносу (рис. 1). Різні експерименти показали, що температура різця пов'язана зі швидкістю різання і подачею рівнянням:

$$T = VS^x \quad (3)$$

де T – температура різця, V – швидкість різання, S – подача, x – постійна для даного матеріалу деталі.

З рівняння (3) видно, що значення на рис. 1 також є співвідношення знос-температура, якщо змінюється тільки швидкість різання або подача.

При високій температурі, налипання це фактор контролюючий знос різця має основний вплив на знос при температурі 600 °C і швидко падаючий при подальшому підвищенні температури, так як прилипання має тенденцію ставати незначним для зносу з ростом температури, знос за рахунок дифузії стає значним і зростає, з ростом температури по експонентному закону між коефіцієнтом дифузії і її температурою. Таким чином при температурі 800 °C дифузія стає домінуючим чинником впливає на термін служби різця.

Знаючи домінуючу роль дифузії у визначенні ступеня зносу різців при високих температурах і експонентну залежність між ступенем дифузії і температурою, не дивні результати експериментів, що показують, що термін служби різця залежить від температури різання [9-11].

$$L = AT^{-B} \quad (4)$$

де L – термін служби різця в хв., T – температура, а A і B – постійні для даного матеріалу різця.

Температура отримана при обробці теплостійкою, нержавіючої сталі різцями з вуглецевої

сталі різцями з сталі P18 приблизно дорівнює двадцяти.

При розрахунку терміну служби різців, при обробці сталі 45Г різцями P18 при використанні рівняння (4), значення A і B отримані були використані без припущень пов'язаних зі зміною оброблюваного матеріалу. Є припущення, що ступінь зносу і, таким чином, термін служби різця єдино залежить від температури і матеріалу інструменту і менше залежить від оброблюваного матеріалу, крім впливу яке мають фізичні і механічні властивості на температуру різання. Це припущення передбачає, що для даного матеріалу різця, рівняння (4) може бути використано для визначення зносу як функції температури різання і це співвідношення буде справедливо для різних оброблюваних матеріалів того ж типу, тобто сталей. Можливо, що значення A і B будуть змінюватися для різного класу оброблюваних матеріалів, тобто низьковуглецевих сталей, легированих сталей, проте, в основному результат залежить від матеріалу різця [12].

Якщо використати допущення вище та метод розрахунку температурного режиму в залежності від властивостей матеріалу та встановлених умовних змін різання (подача, швидкості та ін.), тоді, можливо, буде розписано термін служби, що є більш точним, чим раніше застосовується емпіричний метод з рівняння (1) та (2).

Висновки

1. Методи розрахунку терміну служби різця представлені в статті допомагають визначити термін служби різця враховуючи зміни властивостей матеріалу ріжучої кромки і умови різання.

Список літератури

1. *Sushko O., Kiurchev S.* Grains dynamic strength determination and the optimal combination of components of a diamondiferous layer of grinding wheels. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trend and Innovations. Tavria State Agrotechnological University. Melitopol. 2019. P. 259-266.
2. *Loladze T. N., Bokuchava G. V.* Wear of diamonds and diamond wheels. Moscow: Metallurgiya. 1972. 250 p.
3. *Колодий О. С., Сушко О. В.* Аналіз плоского пластичного плину матеріалу при оцінюванні оброблюваності на металорізальних верстатах Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. 2020. Вип. 10. Т. 1. С. 102-107.
4. *Колодий А. С., Парахин А. А.* Анализ процесса стружкообразования. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. 2019. Вип. 19. Т. 4. С. 253-259.
5. *Sushko O. V., Kolodii O. S., Penyov O. V.* Individual forecasting of technical condition of machines and development of method for determining the conditional function of distributing their residual

resource. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 2019. Vol. 10. № 4. P. 63-69.

6. Силин С. С. Метод подобия при резании материалов. Москва. Машиностроение. 1979. 152 с.

7. Yamada Tamura. Seimitsu Kikai. 1995. Vol. 31. Issue 3. 240 p.

8. Колодй О. С., Кюрчев С. В., Сушко О. В. Автоматичне управління процесами обробки металів різанням: методичний посібник з виконання лабораторних робіт. Мелітополь: ТОВ «Forward press». 2020. 136 с.

9. Хазов Б. Ф., Дидусев Б. А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. Москва. Машиностроение. 1986. 250 с.

10. Ковалев А. П. Физический износ оборудования: оценка на основе экспертизы технического состояния и срока службы. Оценочная деятельность. 2014. № 1 (03). С. 14-22.

11. Решетов Д. Н., Иванов А. С., Фадеев В. З. Надежность машин: учебное пособие. Москва. Высшая школа. 1988. 186 с.

12. Справочник оценщика машин и оборудования. Корректирующие коэффициенты и характеристики рынка машин и оборудования. Нижний Новгород. Наука. 2015. 302 с.

References

1. Sushko O., Kiurchev S. (2019). Grains dynamic strength determination and the optimal combination of components of a diamondiferous layer of grinding wheels. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trend and Innovations. Tavria State Agrotechnological University. Melitopol. 259-266.

2. Loladze T. N., Bokuchava G. V. (1972). Wear of diamonds and diamond wheels. Moscow: Metallurgiya. 250.

3. Kolodii O. S., Sushko O. V. (2020). Analysis of flat plastic flow of material in the assessment of machinability on metal-cutting machines Scientific Bulletin of the Tavriya State Agrotechnological University. Melitopol. 10(1). 102-107.

4. Kolodii O. S., Parahin A. A. (2019). Analysis of the chip formation process. Pratsi Taurian State Agricultural Technological University. Melitopol. 19(4). 253-259.

5. Sushko O. V., Kolodii O. S., Penyov O. V. (2019). Individual forecasting of technical condition of machines and development of method for determining the conditional function of distributing their residual resource. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 10(4). 63-69.

6. Sisin S. S. (1979). Similarity method for cutting materials. Moscow. Mechanical engineering. 152.

7. Yamada Tamura. (1995). Seimitsu Kikai. 31(3). 240.

8. Kolodii O. S., Kiurchev S. V., Sushko O. V. (2020). Automatic control of metal cutting processes: a guide to laboratory work. Melitopol. Forward press. 136.

9. Hazov B. F., Dydusev B. A. (1986). Handbook for calculating the reliability of machines at the design stage. Moscow. Mechanical engineering. 250.

10. Kovalev A. P. (2014). Physical wear of equipment: assessment based on examination of technical condition and service life. Evaluation activities. 1(03). 14-22.

11. Reshetov D. N., Ivanov A. S., Fadeev V. Z. (1988). Reliability of machines: a textbook. Moscow. High school. 186.

12. Handbook of appraiser of machines and equipment. (2015). Corrective factors and characteristics of the market of machines and equipment. Nizhnyi Novgorod. Science. 302.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ИНСТРУМЕНТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА И УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ

С. В. Кюрчев, А. С. Колодй, В. А. Верхоланцева, Л. М. Кюрчева

Аннотация. В результате экспериментальных данных, полученных из предыдущих статей, было установлено, что для определенного материала реза существует соотношение между сроком службы инструмента и измеренной средой температурой режущей кромки, которое может быть применено для большинства материалов. В данной статье дается метод определения этого соотношения при количестве экспериментальных результатов отражают срок службы реза и при определении соответствующей средней температуры реза не при помощи измерений, а с помощью недавно разработанной методики расчета. Теория расчета применяется для определения температуры, используя соотношение срок службы температура, и для расчета срока службы реза при гораздо большем разнообразии условий резания и сравнении этих результатов с экспериментальными данными. Основным преимуществом метода по сравнению с обычными эмпирическими методами установления срока службы инструмента, такими как метод, основанный на известном уравнении Тейлора, является то, что расчет может быть проведен с учетом изменения условий резания и свойств материала и, что определение соответственно может проводиться по тем пределами, при которых возможно уверенное предсказание срока службы реза экспериментальных исследований.

Ключевые слова: резец, срок службы, механическая обработка.

DETERMINATION OF TOOL LIFE DEPENDING ON BASIC PROPERTIES OF MATERIAL AND PROCESSING CONDITIONS

S. V. Kiurchev, O. S. Kolodii, V. O. Verkholtantseva, L. M. Kiurcheva

Abstract. As a result of experimental data obtained from previous articles, it was found that for a certain material of the cutter there is a relationship between the tool life and the measured medium temperature of the cutting edge, which can be applied to most materials. This

article provides a method for determining this ratio when the number of experimental results reflect the service life of the cutter and when determining the corresponding average temperature of the cutter, not using measurements, but using a recently developed calculation method. Calculation theory is applied to determine temperature using life-to-temperature relationship and to calculate tool life under a much wider variety of cutting conditions and compare these results with experimental data. The main advantage of the method over conventional empirical methods for establishing tool life, such as the method based on the well-known Taylor equation, is that the calculation can be carried out taking into account changes in cutting conditions and material properties and that the determination can accordingly be carried out according to those limits at which it is possible to confidently predict the service life of the cutter of experimental studies.

Key words: cutter, service life, mechanical processing.

С. В. Кюрчев ORCID 0000-0001-6512-8118.

О. С. Колодій ORCID 0000-0003-2237-6730.

В. О. Верхоланцева ORCID 0000-0003-1961-2149.

Л. М. Кюрчева ORCID 0000-0002-8225-3399.

