

П.П. Мельничук, д.т.н., проф.

Я.А. Степчин, доц.

Житомирський державний технологічний університет

ОЦІНКА ДИНАМІКИ ТОС ПРИ СПРАЦЮВАННІ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

Наведені результати досліджень впливу на динаміку ТОС при токарній чистовій обробці величини спрацювання токарного твердосплавного різця. Пропонується виконувати корекцію режимів різання за поточним рівнем вібрацій у ТОС.

Постановка проблеми. В умовах сучасного виробництва обробка металів різанням вимагає забезпечення не тільки максимальної продуктивності, але й отримання стабільності параметрів точності та шорсткості оброблюваних поверхонь. Зростання вимог до точності виготовлення деталей (і заготовок) викликає збільшення частки чистових операцій у загальному часі обробки різанням. Але зі змінами динамічних характеристик технологічної обробної системи під час спрацювання різця постає проблема визначення взаємовпливу динаміки обробки різанням та інтенсивності спрацювання інструмента.

Крім того, періодична заміна інструмента, що відпрацював розрахований період часу, що визначається за емпіричними формулами $T = f(V, S, t \dots)$, згідно з відповідними нормативами, обумовлює неповне використання загального періода стійкості більшості різальних інструментів і майже не враховує впливу характеристик обробної системи, що використовується, – перш за все рівня та параметрів коливань при обробці.

Мета дослідження. Оцінити, за зміною динамічних характеристик технологічної обробної системи при спрацюванні різця, можливості керування стійкістю інструмента за рівнем вібрацій у зоні різання.

Основна частина. ТОС (технологічна обробна система) – це поєднання пружної системи верстата та процесу різання [2], [6], [10]. Як верстат для дослідження було використано універсальний токарний верстат КА-280, на якому можлива як напівчистова, так і чистова обробка. Для визначення характеристик динамічної системи верстата (як складової ТОС, що розглядається у роботі) були побудовані її амплітудно-фазо-частотні характеристики (АФЧХ) залежно від зміни жорсткості крутної та згинаючої систем складових вузлів [4]. Обробка експериментальних даних, отриманих за допомогою дослідної установки [5], [8], та необхідні розрахунки виконувались у програмній системі *Mathcad* та з використанням програмного пакета *APM VinMashin* для розрахунку динамічних параметрів вузлів верстата.

Важливою складовою ТОС, параметри якої залежно як від попередніх умов, так і під час обробки різанням, змінюються у широких межах, є процес різання. Теоретично проаналізувавши зміну його характеристик, є можливість оцінити величину впливу процесу різання на результуючі коливання всієї системи, її усталеність та вібростійкість у різних діапазонах частот.

Приклади АФЧХ, побудованих за структурною математичною моделлю динамічної системи ТОС верстата КА-280 [10], що об'єднує математичні моделі супортної та шпиндельної груп верстата та процесу різання, подані на рис. 1. На рисунку представлено зміну АФЧХ ТОС при зростанні фаски спрацювання по задній поверхні різальної частини токарного різця від 0 до 1 мм для умов обробки, що зазвичай використовуються для чистового точіння [7], [10]:

- швидкість різання $V = 120 \dots 250$ м/хв, усадка стружки $k = 1,5 \dots 2,5$;
- товщина зрізу $a = 0,03 \dots 0,1$ мм;
- ширина зрізу $b = 0,3 \dots 1$ мм;
- усталене або неусталене різання, що частково враховує вплив на збудження в ТОС коливань від періодичності процесів утворення стружки.

На графіках АФЧХ позначено частоти, що відповідають власним частотам складових ТОС у низькочастотному діапазоні (резонансні частоти «системи заготовки» та «системи інструмента»).

При врахуванні вхідних умов обробки, що найбільше впливають на вібраційний сигнал із зони різання – швидкості різання та подачі [1], [8] (в межах, що зазвичай використовуються при чистовому точінні), зміна АФЧХ при спрацюванні різця відбувається за єдиним сценарієм:

– на власних частотах коливань “системи заготовки” ($\omega = 1210 \dots 1160$ с⁻¹ та $\omega = 1370 \dots 1330$ с⁻¹) жорсткість зростає, а кут відставання (випередження) φ близький до “0” (-15...+10° для $\omega \approx 1200$ с⁻¹ та $\varphi \approx -7 \dots +12$ ° для $\omega \approx 1350$ с⁻¹, що обумовлює приблизно однаково низьку віброактивність системи при збудженні від процесу різання;

– на власних частотах “системи інструмента” ($\omega = 2000 \dots 1950$ с⁻¹ та $\omega = 4270 \dots 4170$ с⁻¹) зі зростанням спрацювання жорсткість теж зростає. Але на частоті власних коливань по „допоміжній осі жорсткості” супорта ($\omega = 1970$ с⁻¹) кут φ змінюється від -25° до 7° (віброактивність зменшується), а на

частоті власних коливань супорта по „головній осі жорсткості” ($\omega \approx 1970 \text{ c}^{-1}$) кут φ зростає від $30^\circ \dots 40^\circ$ до $75^\circ \dots 90^\circ$, що обумовлює швидке зростання віброактивності системи інструмента при збільшенні фаски спрацювання, що підтверджується експериментальними даними [5], [8]

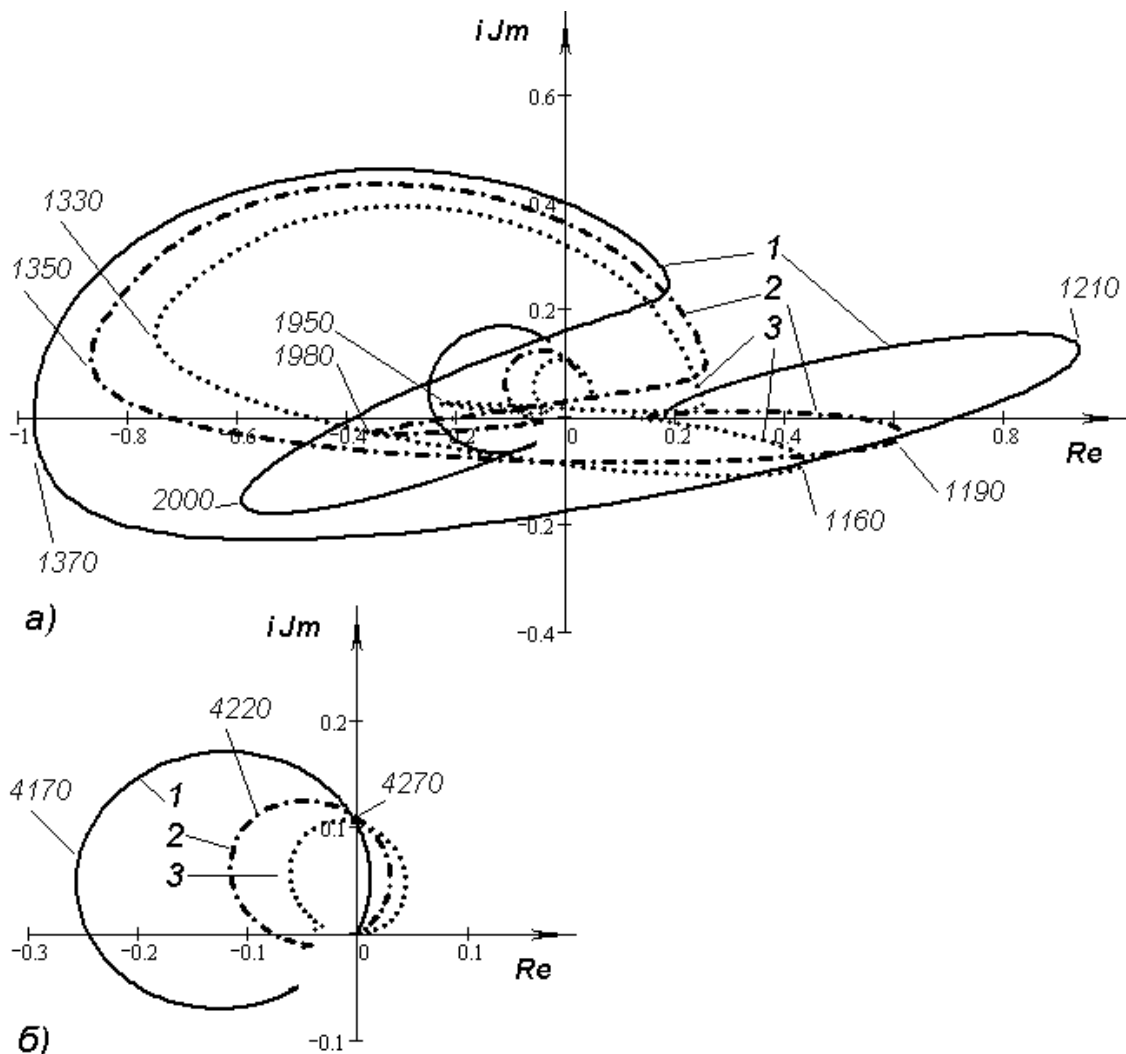


Рис. 1. АФЧХ ТОО (верстат КА-280): 1 – величина фаски спрацювання по задній поверхні різця $h = 0,1 \text{ мм}$; 2 – $h = 0,5 \text{ мм}$; 3 – $h = 1,0 \text{ мм}$. Параметри обробки точінням: $a = 0,03 \text{ мм}$, $v = 1 \text{ мм}$, $V = 150 \text{ м/хв}$, $\kappa = 2 \dots 2,5$, усталене різання:
 а) – загальний вигляд АФЧХ;
 б) – збільшення в межах частот $\omega = 3500 \dots 4300 \text{ c}^{-1}$

Враховуючи, що складові режиму різання впливають на віброактивність ПР по-різному, особливо при зростанні фаски спрацювання по задній поверхні леза різця, найдоцільнішим слід вважати керування стійкістю інструмента зміною основних режимних параметрів протягом всього часу обробки.

Спираючись на динамічні моделі ПР та сумарну модель ТОО (рис. 1), є можливість визначити мінімально досяжний рівень вібропотужності ТОО з часом спрацювання різця. Залежність оптимальних значень режимних параметрів від величини спрацювання різця представлена на рис. 2. та рис. 3. (для діапазона частот підвищеної чутливості ТОО).

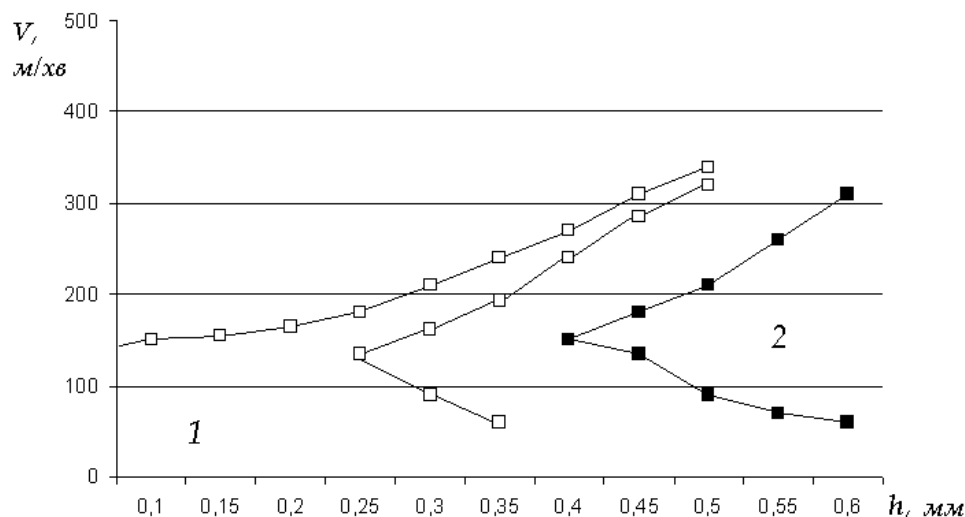


Рис. 2. Залежність швидкості різання від фаски спрацювання різця по задній поверхні: зона 1 – мінімальний рівень вібрацій; зона 2 – максимальний рівень вібрацій

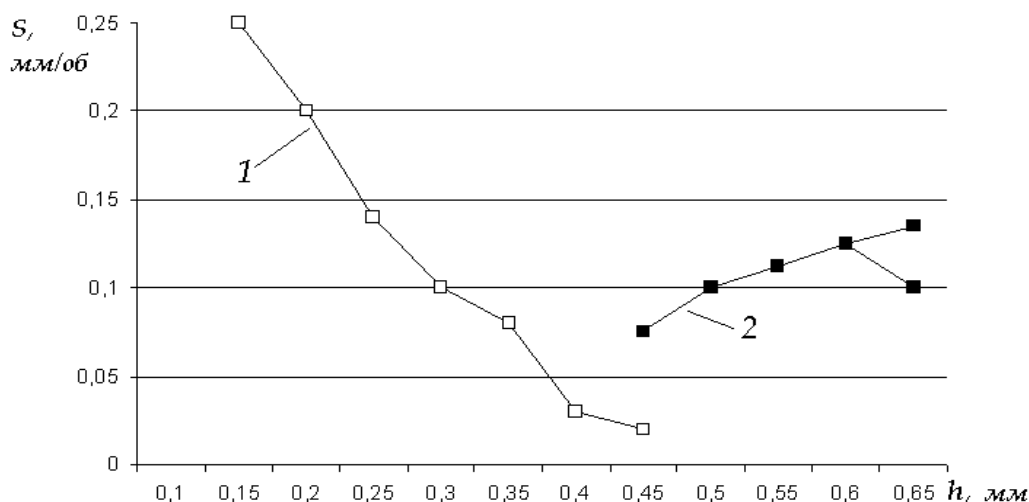


Рис. 3. Залежність поздовжньої подачі від фаски спрацювання різця по задній поверхні: графік 1 – мінімальний рівень вібрацій; графік 2 – максимальний рівень вібрацій

Глибина різання (за математичною моделлю ПР) [2], [5], [10] майже не змінює динаміку процесу – її вплив характеризується статичною величиною “жорсткості різання”. За експериментальними даними [1], [3], [5] оптимальною за рівнем вібрацій (при відсутності інших обмежень) слід вважати глибину 0,3...0,5 мм.

З рис. 2, 3 легко визначити діапазони регулювання основних режимних параметрів для токарної лезової обробки із підтримкою мінімального рівня коливань у ТОС протягом усього часу експлуатації різця: зі збільшенням фаски спрацювання по задній поверхні відбувається зниження оптимальної подачі та зростанням оптимальної швидкості різання, що відповідають мінімуму інтенсивності вібрацій.

Була виконана експериментальна перевірка ефективності застосування методу корекції режимних параметрів за рівнем вібрацій у ТОС. Перевірка виконувалась з урахуванням стабільності всіх інших вхідних параметрів для варіантів, що порівнюються, – геометрії інструмента, параметрів матеріалу деталі, якісних характеристик обробленої поверхні та величини економічно „оптимальної” стійкості інструмента, яка залежно від його вартості та інших умов обробки може становити від 25 до 300 хв.

За експериментальними даними (для умов чистового точіння) при підтримці мінімально досяжного рівня вібрацій послідовною зміною режимних параметрів (V та S) отримуємо зростання ефективності обробки за критеріями оптимальності обробки [3] (щодо умов $V = \text{const}$, $S = \text{const}$):

- максимальної довжини різання ($L = VT$) від 75 до 79 %;
- максимальної площі обробленої поверхні ($P = VTS/1000$) від 10 до 25 %.

Висновки

Представлена схема цілеспрямованої зміни в процесі обробки різанням співвідношення швидкість різання–подача дозволяє керувати стійкістю інструмента та підвищувати ефективність обробки. Також, спираючись на отримані залежності, є можливість виконувати прогнозування величини спрацювання токарного різця залежно від рівня коливань на вузьких спектрах найбільш віброактивних частот, та (або) підтримувати оптимальний рівень коливань в обробній системі, коригуючи поточні значення режимних параметрів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Жарков И.Г.* Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – Л.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
2. *Кудинов В.А.* Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.
3. *Макаров А.Д.* Оптимизация процессов резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.
4. *Мельничук П.П., Степчин Я.А.* Визначення характеристик динамічної системи верстата 16К20 // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 14. – С. 62–67.
5. *Мельничук П.П., Степчин Я.А.* Контроль та прогнозування спрацювання токарних різців за динамічними характеристиками процесу різання. / Праці міжнародної науково-технічної конференції „Важке машинобудування. Процеси металообробки, верстата, інструменти”. 3–5 червня 2003 року. – Краматорськ: ДУМА, 2003. – С. 128–132.
6. *Подураев В.Н.* Резание труднообрабатываемых материалов: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1974. – 587 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. (Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова). – М.: Машиностроение. – 1976. – Т. 2. – 469 с.
8. *Степчин Я.А.* Теоретичні основи оцінки стану токарного різця за частотними спектрами // Вісник ЖІТІ. – 2002. – № 20. – С. 71–74.
9. *Степчин Я.А.* Оцінка усталеності шпиндельного вузла верстата за часовими частотними характеристиками // Вісник ЖІТІ. – 2001 / Спец. випуск. – С. 274–279
10. *Струтинский В.Б.* Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 612 с.
11. *Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ.* – Ч 2. – М.: Экономика, 1990. – 472 с.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – доктор технічних наук, професор, ректор Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- дослідження у галузі механіки руйнування;
- технологія машинобудування.

СТЕПЧИН Ярослав Анатолійович – доцент кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- динаміка механічних систем;
- математичне моделювання.

Подано 10.10.2004

Мельничук П.П., Степчин Я. А. Оцінка динаміки ТОС при спрацюванні токарного різця.

Мельничук П.П., Степчин Я. А. Оценка динамики ТОС при износе токарного резца.

Melnichuk P.P., Stepchin Ya.A. The investigation dynamic catting process in the time of wear out tokars tools.

УДК 621.94

Оцінка динаміки ТОС при спрацюванні токарного різця / П.П. Мельничук., Я.А.Степчин.

Наведені результати досліджень впливу на динаміку ТОС при токарній чистовій обробці величини спрацювання токарного твердосплавного різця. Пропонується виконувати корекцію режимів різання за поточним рівнем вібрацій у ТОС.

УДК 621.94

Оценка динамики ТОС при износе токарного резца / П.П. Мельничук., Я.А.Степчин.

Представлены результаты исследований влияния на динамику ТОС при токарной обработке величине износа токарного твердосплавного резца. Предлагается изменять режимы резания по текущему уровню вибраций в ТОС.

УДК 621.94

The investigation dynamic catting process in the time of wear out tokars tools / P.P. Melnichuk., Ya.A. Stepchin.

The questions of results investigation dependence of the dynamic catting process in the time of wear out head-alloyed tools. This article propose the method snvestigation good catting regime by level vibrations.