

УДК 621.9.06-529-8

**О.В. Литвин, доцент, канд. техн. наук**

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут»*

*пр. Перемоги, 37, Київ, Україна, 03056*

*kvit\_mti@mail.ru*

## **ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМИ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ОБРОБКУ НЕЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ**

*Наведено дослідження впливу характеристик технологічної системи токарного верстату, а конкретно багатокучачкового самоцентруючого патрону, на точність обробки нежорстких деталей типу підшипникових кілець. Моделювання процесу обробки доло круглограми поперечних перерізів деталі, на яких видно вплив жорсткості затискних елементів та технологічної спадковості на точність обробки.*

*Ключові слова: токарний верстат, затискний патрон, точність обробки, нежорсткі деталі.*

**Вступ.** Затискні патрони широко застосовується для закріплення кільцевих та циліндричних заготовок при обробці на токарних верстатах. Статистичні дані вказують на те, що близько 75% всіх механічно оброблюємих заготовок на верстатах мають циліндричну поверхню і співвідношення між довжиною  $L$  та діаметром затиску  $D$  в межах  $L/D \leq 3$ . Заготовки з таким співвідношенням легко зазвичай затискаються консольно в затискному патроні та обробляться одним або кількома інструментами одночасно. На жаль, похибки обробки можна встановити тільки після закінчення процесу і після вимірювання.

Похибка обробки регламентована технічними вимогами до оброблюваної поверхні і вона повинна бути забезпечена в процесі обробки. Похибка верстата, яку формують всі підсистеми верстата, не повинна перевищувати  $\frac{2}{3}$  допуску на найбільш точний розмір, який виконується на деталі. Загальна похибка обробки складається з похибок метода обробки, геометрії верстата, похибок кінематики приводів, похибок внаслідок статичних деформацій пружної системи верстата та динамічних похибок обробки. Похибки обробки по абсолютному значенні становлять кілька  $\mu\text{м}$  (іноді кілька  $\text{мм}$ ). Розкладення таких незначних величин на складові можна провадити на основі принципу суперпозиції, якщо складові похибок можна вважати незалежними одна від однієї.

Похибки з'являються через розміщення затискних кулачків відносно напрямку радіального навантаження коливання (переміщення) системи заготовка - затискний патрон. Ця похибка вище, коли радіальна сила розміщується між затискними кулачками та зменшується, коли радіальна сила направлена на затискний кулачок. Крім того, аналіз частоти коливань сили різання вказує на коливання частоти обертання шпинделя, яка підтверджується коливанням жорсткості системи шпиндель - патрон за один оберт. Цей фактор можна визначити як кутову орієнтовану жорсткість і яка впливає на параметричну вібрацію, яка в свою чергу впливає на точність обробки. Дуже важко в цілому ліквідувати такі ефекти в процесі обробки і тому теорія автоколивань не може бути застосована визначення для точності обробки [4].

**Мета роботи.** Мета досліджень – визначення впливу шестикулачкового патрона, призначеного для затиску тонкостінних деталей, на точність операцій чорнової обробки. Дослідження включають: 1) Визначення величини деформації деталі в процесі обробки; 2) Визначення чинників, які зменшують вплив похибки деформування заготовки і технологічної спадковості заготовки на точність обробки.

**Аналіз попередніх досліджень.** Дослідженнями, розробками та випробуваннями конструкцій затискних механізмів, їх приводів та затискних патронів для закріплення і обробки нежорстких деталей займалися ряд дослідників, в тому числі наукова школа Кузнецова Ю.М. [3] Пашкова С.В. [4] та інші. Основне призначення металорізального верстата є обробка виробів заданою точністю та якістю поверхні. Однак ці показники, за розробленими методиками оцінки якості металорізальних верстатів, не приймаються у якості їх вихідних параметрів, оскільки залежать не тільки від верстата, а всієї технологічної оброблюваної системи (ТОС), до якої входять інструмент, заготовка, патрон, режим різання тощо. Останнім часом запропонована нова концепція оцінки точності виготовлення деталей. Ця концепція вже ураховує вплив ТОС на точність обробки, але створена автоматизована система прогнозування точності деталі базується на статичних залежностях, а динамічні явища представлені у вигляді експериментально отриманих траєкторій биття вісі шпинделя у різних перерізах за довжиною деталі [2].

**Результати проведених досліджень.** Дослідження виконувалися з метою вибору найбільш працездатного варіанта конструкції шестикулачкового патрона [3], що забезпечує мінімальну деформацію оброблюваної деталі, і задовільне центрування при затиску за необроблювану зовнішню поверхню.

Для проведення випробувань була розроблена оригінальна методика і оснащення, що включало виготовлені заготовки з заданою овальністю по зовнішньому діаметру: 0,25 мм – 2 шт., 0,4 мм – 1 шт., 0,7 мм – 2 шт., 0,43 мм – 1 шт., 1,1 мм – 2 шт., 1,3 мм – 1 шт., всього 9 шт. заготовок. Заготовка з заданою овальністю встановлювалась у патрон і затискалась з осьовим зусиллям  $P_o=25000$  Н. При цьому велика вісь еліпса заготовки послідовно встановлювалась напроти кулачка №1, упору №1 і центра хитання між кулачками №1 та №2. Після кожного затиску заготовка проточувалася з глибиною різання  $t=0,1...0,3$  мм і швидкістю різання  $V=26...28$  м/хв. Після проточки вимірювалась некруглість заготовки в 12-ти точках по внутрішньому діаметру.

Експериментальні дані було отримано з практичних випробувань шестикулачкового патрону. Некруглість внутрішньої обробленої поверхні в заготовках з різною овальністю (від 0,07 до 1,3 мм) складає  $\Delta R=0,03...0,08$  мм при товщині стінки 6...8 мм і  $\Delta R=0,08...0,12$  при товщині стінки 4...6 мм (рис.1). Овальність обробленої поверхні залежить від зусилля затиску на кулачках патрона. Це визначається тим, що при менших зусиллях затиску зменшується сили тертя, через які кулачки переміщуються по-різному і виникає деформація поверхні деталі. У зв'язку з цим рекомендується вести обробку при мінімальних зусиллях затиску заготовки, що допускаються по зусиллю різання. При точінні внутрішньої поверхні з глибиною різання  $t=5$  мм огранювання на деталях не виявлено.

Результати контролю неперервності діаметра внутрішньої поверхні деталі

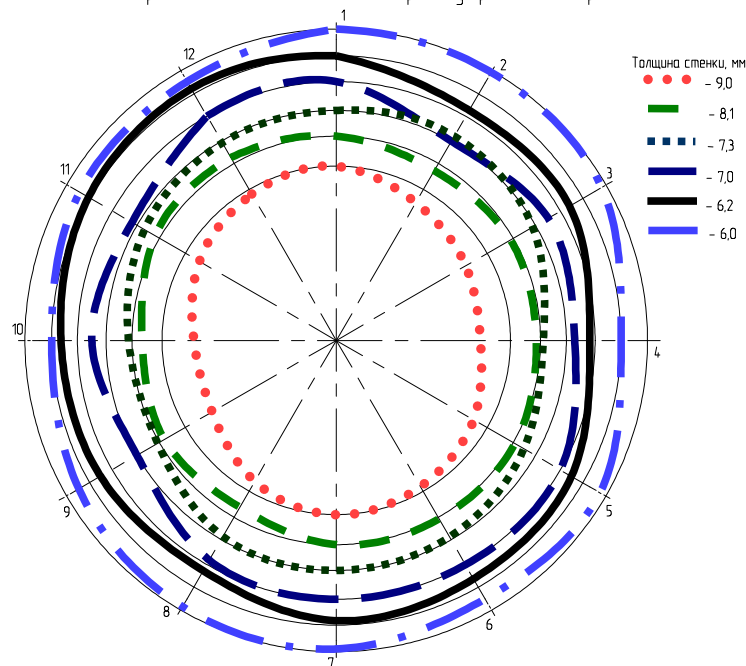


Рисунок. 1 Результати контролю відхилення некруглість внутрішньої обробленої поверхні деталі при різних товщинах стінки

Проаналізувавши отримані експериментальні дані (рис.1), можна стверджувати, що заготовка під час затиску в шестикулачковому патроні приймає шестигранну форму. Отже, деталь, котра отримана після точіння здобуде деяку технологічну спадковість, внаслідок сил деформування виникаючих під час затиску заготовки в пристрої, котра обов'язково відобразиться на точності та якості готового виробу в цілому.

Експериментально-розрахунковим шляхом доказано, що відносно положення інструменту і деталі, яке забезпечує формоутворення, суттєво залежить від динамічних факторів, що діють у технологічній системі верстата під час обробки. Особливе значення це набуває при обробці заготовок з нерівномірним припуском, та спеціальних видах токарної обробки, зокрема при токарно-копіювальній обробці, коли технологічна система верстата весь час знаходиться під дією періодичних збурень, наприклад зміни глибини припуску у поперечному перерізі заготовки.

При процесі обробки, коли не можна змінити ні параметри патрона, ні верстата, ні інструмента, а тільки змінюючи режими різання в досить обмеженому діапазоні, можна вплинути на технологічної спадковості, в даному випадку – ця технологічна спадковість викликана деформуванням заготовки в пристрої, і зробити необхідні рекомендації щодо отриманих характеристик якості та точності готової деталі. Використовуючи прикладну програму, та задавшись вихідними даними щодо жорсткості технологічної оброблюваної системи та параметрів деталі, дослідимо вплив деформування заготовки під час оброблення у шестикулачковому патроні.

Вихідні дані: заготовка – діаметр 220 мм (сталь ШХ-15), довжина 180 мм, форма овальність 1.5 мм; встановлення– патрон і задній центр; технологічна оброблювана система: маса 64 кг, демпфірування 4000, жорсткість  $10^3$  Н/мм, шпindelь  $C_y=60, C_z=55$ , супорт  $C_y=24, C_z=22$ ; процес різання  $S=0,43$ мм/об,  $C_p=2900, x_p=0,87, y_p=0,68, n_p=-0,3$ .

Результати обробки експериментальних даних після моделювання в вигляді залежності параметрів технологічної спадковості від швидкості різання при товщині стінки деталі 6, 7 та 9 мм, представлені на рисунку 2.

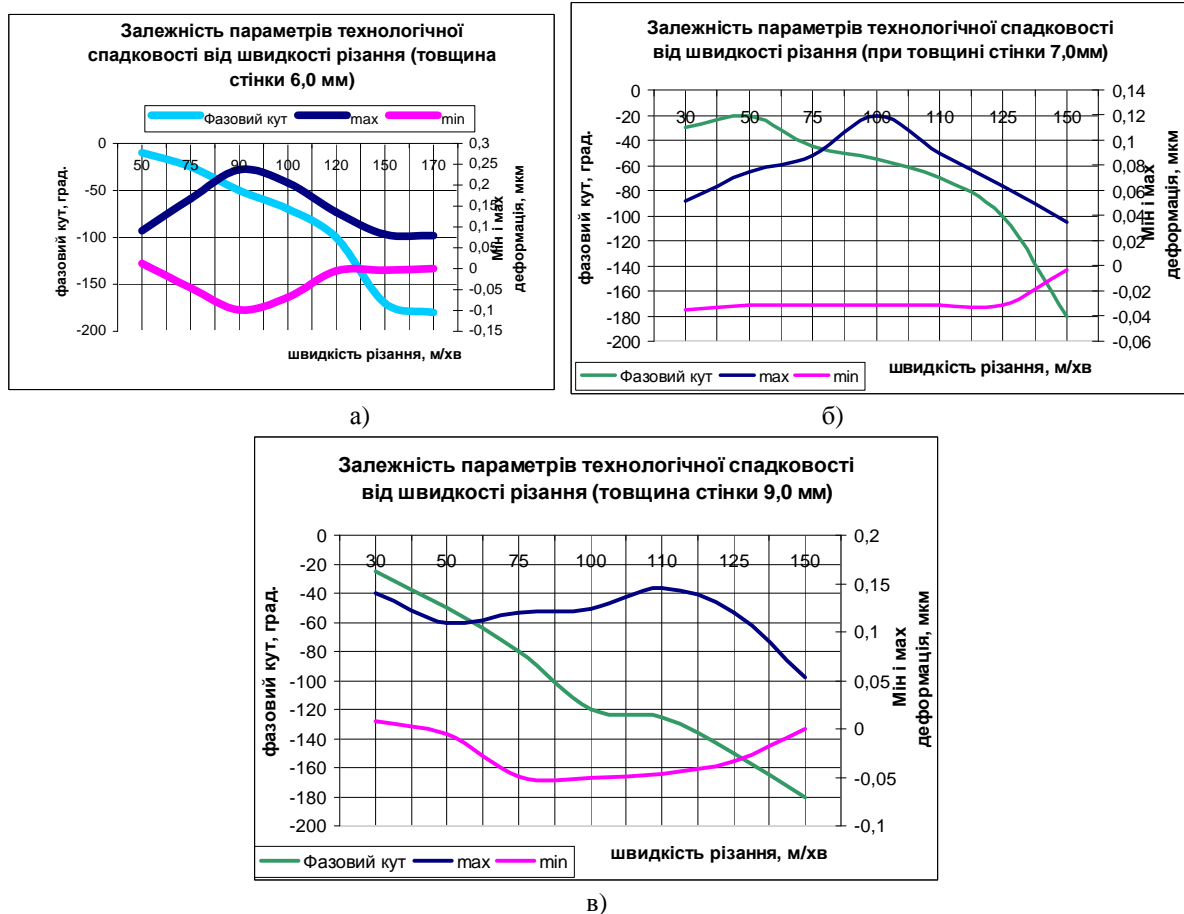


Рисунок.2 Залежність параметрів технологічної спадковості від швидкості різання при товщині стінки деталі 6 мм (а), 7 мм (б) та 9 мм (в)

Програма призначена для моделювання технологічної спадковості від форми розташування припуску при точінні, для чого визначаємо форму заготовки. На додатковому інтерфейсі обирають форму поперечного перерізу заготовки, а також його основні параметри і довжину заготовки. На головному інтерфейсі обирається спосіб встановлення заготовки на верстаті і параметри приведеної маси, тертя і жорсткостей у напрямках осей Y та Z. Потім задаються вихідні дані процесу різання. При закінченні моделювання з'являється зображення віртуальної деталі та круглограма її перерізів.

При моделюванні процесу обробки отримані круглограми поперечних перерізів деталі, на яких видно вплив затискових елементів та технологічної спадковості на точність обробки. Необхідно намагатися уникати максимальну різницю між максимальною та мінімальною деформацією. При максимальній їх різниці буде спостерігатися максимальна технологічна спадковість, тобто деталь буде наслідувати ту геометричну форму у поперечних перерізах, котра була отримана після чорнового етапу оброблення.

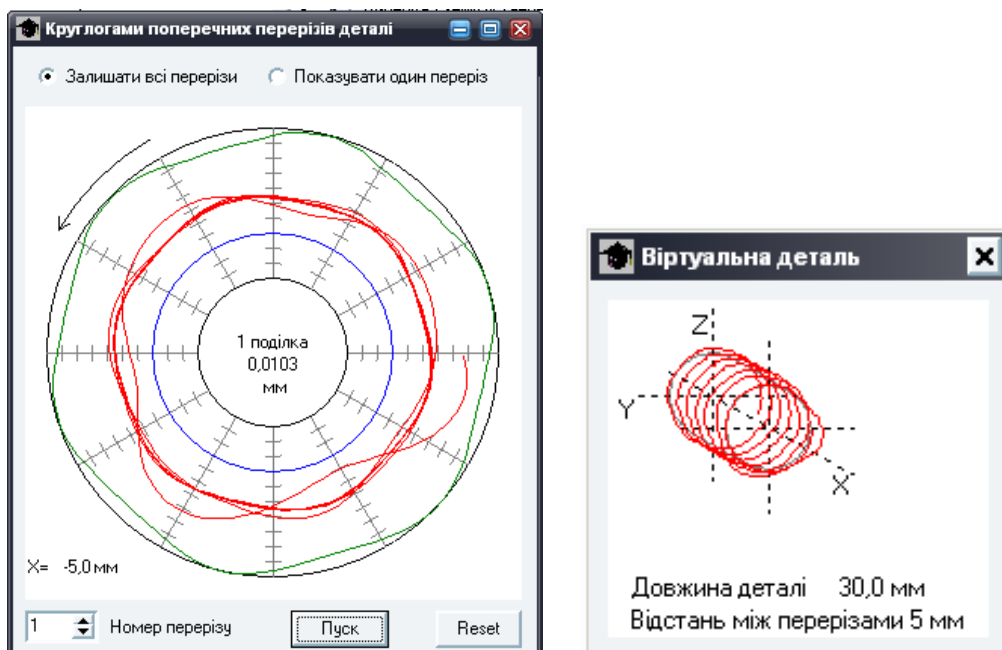


Рисунок 3 – Круглограми поперечних перерізів деталі

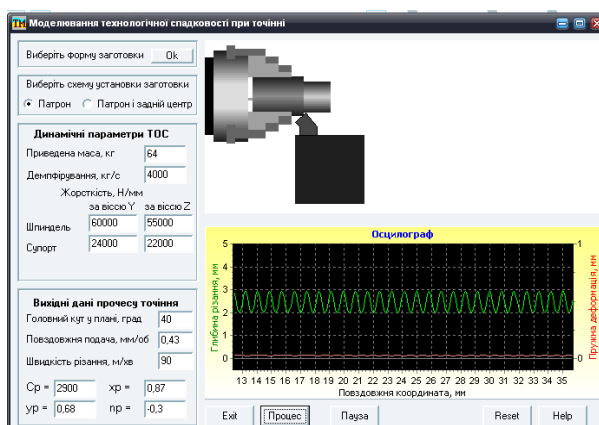


Рисунок 4 – Результати моделювання при швидкості різання 90 м/хв

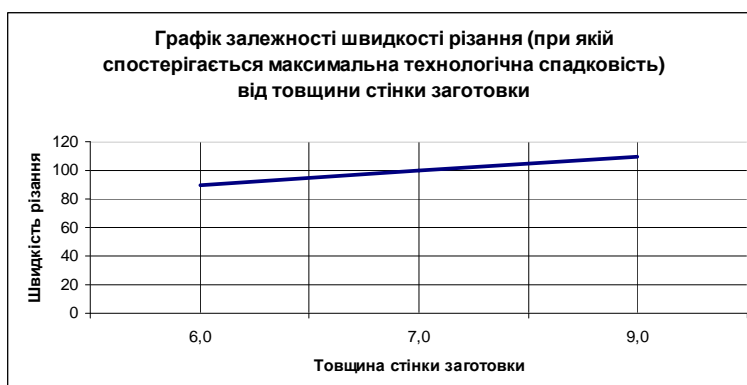


Рисунок 5 – Графік залежності швидкості різання, при якій спостерігається максимальна технологічна спадковість, від товщини стінки заготовки

Після проведення моделювання для зазначених вище умов, можна побудувати графік залежності зміни діапазону, в якому спостерігається максимальна технологічна спадковість, від швидкості різання. Також, такі ж самі дослідження можна провести при зміні подачі або зміні головного кута в плані.

Надалі випробовування проводилися на верстаті мод. ПАБ-350. Випробовування проводилися за вищенаведеною методикою; режими різання:  $V = 110$  м/хв,  $S = 0,23$  мм/об. Обробка велася без охолодження. У результаті дослідження встановлено, що при розточуванні тонкостінних кілець з товщиною стінки 6...8 мм, некруглість складала 0,03...0,06 мм. При зменшенні товщини стінки деталі до 4...6 мм некруглість складала 0,07...0,14 мм. Результати випробувань наведені на рисунку 6.

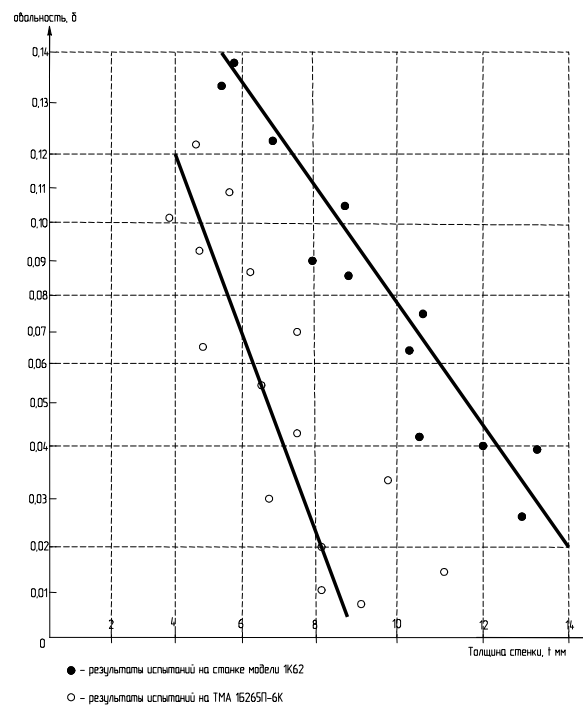


Рисунок 6 Залежність овальності обробленої поверхні від товщини стінки заготовки при овальності зовнішньої поверхні 0,07 мм при випробуваннях на стенді

**Висновки.** Таким чином, після моделювання було встановлено наступне: максимальна технологічна спадковість при обробці кільця підшипника в патроні спостерігається при швидкості різання 90 м/хв. Для підвищення якості обробки треба намагатися уникати цієї швидкості. Технологічна спадковість значно зменшується при підвищенні швидкості різання до 150 м/хв., але це потребує додаткових затрат енергії та вдосконалення конструкції самоцентруючого токарного патрону, який забезпечив би необхідні режими різання. Аналіз графічних залежностей дозволяє зробити висновок, що при збільшенні товщини заготовки, технологічна спадковість зсувається в сторону збільшення швидкості різання.

#### Бібліографічний список використаної літератури

1. Токарний самоцентруючий патрон / Патент України на корисну модель № 77183. Литвин О.В., Копань Д.В., Ковбасинський О.Ю. МПК (2013.01) В23В 9/00. 11.02.2013 р., Бюл. № 3/2013.
2. Автоматизований розрахунок силових характеристик процесу точіння. Ю.В.Петраков, К.Амін Афшар, В.Г.Біланенко. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком «Інженерна механіка»). – Луцьк, Випуск 20 (2), 2007. – с.128-134.
3. Кузнецов Ю.Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монография (в 2-х частях) / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахай — К.: ООО «ГНОЗИС». — Ч.1, 2009. — 270 с.; Ч. 2, 2010. — 466 с.
4. Електропневматика у виробничих процесах: Навч. посіб. для машиноприладобуд. спец./ Є.В. Пашков, Ю.А. Осинський, О.О. Четв'юркін; Під заг. ред. Є. В. Пашкова. – 2-е вид., перероб. і допов. – Севастополь: СевНТУ, 2003. – 496 с.
5. Кудинов В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.

Надійшла до редакції 24.01.2014 р.

**Литвин А.В. Технологическая система токарного станка и ее влияние на обработку нежестких деталей**

В работе проведено исследование влияния характеристик технологической системы токарного станка, а конкретно многоулачкового самоцентрирующего патрона, на точность обработки нежестких деталей типа подшипниковых колец. При моделировании процесса обработки полученные круглограммы поперечных сечений детали, на которых видно влияние жесткости зажимных элементов и технологической наследственности на точность обработки.

**Ключевые слова:** токарный станок, патрон, точность обработки, нежесткие детали.

**Litvin A.V. Technological systems lathe and its effects on processing nonrigid parts**

Research of influencing of descriptions of the technological system of lathe to the machine-tool is conducted in work, and of multifist selfcentring patron, on exactness of treatment of non-rigid details as bearing rings. At the design of process of treatment got transversal cuts details on which evidently influence of clamping elements and technological heredity on exactness of treatment

**Keywords:** lathe, clamping chuck, precision machining, non-rigid parts.