

Ю.М. Кузнєцов, проф., д-р техн. наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

В.Н. Волошин, доц., канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

Моделювання динамічних силових характеристик плунжерних токарних патронів з багатопрофільними затискними елементами

В статті наведено результати моделювання динамічних силових характеристик плунжерних токарних патронів з багатопрофільними позиційними затискними елементами з використанням пакету прикладних програм, що дозволяє виконувати сумісний динамічний та скінченно-елементний аналіз.

токарний патрон, багатопрофільні затискні елементи, динамічна силова характеристика, комп'ютерне моделювання, розподіл сил затиску, втрата сили затиску

Значний прогрес в розвитку автоматизованих металорізальних верстатів для токарної обробки та, зокрема, в області приводів головного руху дозволяє проводити обробку в умовах дрібносерійного та середньосерійного виробництва з високими частотами обертання шпинделя. Для оснащення токарних верстатів, що працюють в таких умовах, можна використовувати затискні патрони (ЗП) з позиційними багатопрофільними затискними елементами (ЗЕ), що володіють високою гнучкістю. Окрім того вони також повинні забезпечувати необхідну силу затиску в усьому діапазоні частот обертання для забезпечення утримання заготовки в процесі різання.

Причиною зниження сумарної радіальної сили затиску заготовки в процесі обробки є відцентрові сили ексцентрично розташованих відносно осі обертання патрона затискних кулачків. В загальному випадку затискне зусилля, яке розвиває ЗП в площині затиску під час обробки, визначається багатьма факторами, основними з яких є конструктивна схема патрона, тип ЗЕ та їх маса, положення центра ваги ЗЕ, жорсткість ЗП, яка залежить від параметрів податливості розташованих в силовому потоці деталей та стиків, та ін. З цієї точки зору актуальною задачею є оцінка силових характеристик токарних патронів, оснащених позиційними багатопрофільними ЗЕ, як функції частот обертання, вирішення якої дозволить вибрати їх конструктивні параметри та встановити потенційні можливості для забезпечення безпечної роботи на токарних верстатах.

Вивченню силових характеристик ЗП в процесі усталеного обертання присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених. В роботі [1] виведені аналітичні залежності силових характеристик ЗП клинового, плунжерного та цангового типу в процесі усталеного обертання з врахуванням податливості їх стиків та елементів. Питанню дослідження впливу жорсткості стиків та елементів ЗП на динамічну силу затиску присвячені роботи [2, 3, 4, 5]. Результати досліджень, приведені у цих роботах, свідчать про суттєву залежність втрат сили затиску від податливості стиків ЗП, стику «затискний елемент-деталь» та самої деталі. В роботі [6] приведені результати досліджень впливу зрівноважувальних мас, жорсткості ЗП та маси ЗЕ на характер зміни сумарної радіальної сили затиску деталі в процесі обертання. Дослідженням за допомогою методу скінченних елементів впливу жорсткості стиків ЗП та з'єднання «накладний кулачок-основний кулачок» на динамічну силу затиску та встановленню впливу геометрії затискних кулачків і деталі на характер її зміни присвячена робота [7].

Особливістю ЗП плунжерного типу (рис. 1) є багатопрофільні ЗЕ, які при переході на інший діапазон затиску повертаються у відповідне положення. При цьому змінюється положення центра мас системи «плунжер-затискний елемент» та кут охоплення деталі профілем ЗЕ. Тому метою дослідження є розробка комп'ютерної розрахункової моделі, яка б враховувала реальну геометрію елементів ЗП, кутове положення ЗЕ та податливість стиків ЗП для визначення його потенційних можливостей при роботі на високих частотах обертання.

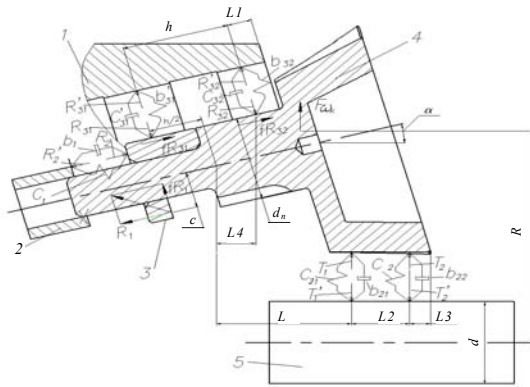


1 – корпус; 2 – привідна втулка; 3 – плунжер; 4 – механізм фіксації; 5 – багатопрофільний ЗЕ

Рисунок 1 – ЗП плунжерного типу

Для виконання повноцінного кінематичного та динамічного аналізу механізмів [8] широко використовуються прикладні програми, серед яких найбільше розповсюдження отримали COSMOSMotion та MSC.visualNastranDesktop. Такі прикладні програми дозволяють проводити розрахунок будь-яких динамічних (сили, моменти) і кінематичних (швидкості, прискорення) характеристик всіх елементів конструкції з врахуванням різних типів з'єднання, локальних податливостей деталей і стиків, тертя між елементами конструкції та ін. На основі отриманих даних може проводитися розрахунок на міцність будь-якої деталі механізму методом скінченно-елементного аналізу.

Визначення динамічних силових характеристик проводилося по розробленій на основі розрахункової схеми (рис. 2) комп'ютерній моделі (рис. 3), яка враховує масово-інерційні характеристики деталей ЗП, що приймають участь у передачі силового потоку від приводу затиску до заготовки, та зв'язків між ними. Розроблена модель також враховує податливості стиків «затискний елемент-деталь», «плунжер-корпус», «привідна втулка-плунжер», їх демпфувальні властивості, та тертя між рухомими елементами ЗП.



1 – корпус патрона; 2 – гайка; 3 – втулка; 4 – ЗЕ із плунжером; 5 – деталь

Рисунок 2 – Розрахункова схема ЗП

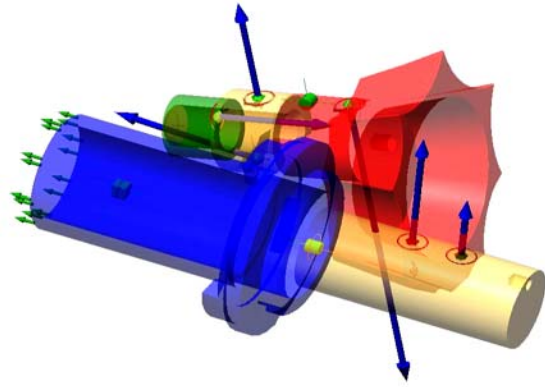


Рисунок 3 – Комп'ютерна модель для визначення динамічних силових характеристик ЗП з багатопрофільними ЗЕ

Моделювання руху ЗП, елементи якого навантажені осьювою силою від приводу затиску (діапазон навантажень $S_{\Sigma} = 10 \dots 45$ кН), проводилося при зміні частоти обертання від 0 до 4000 хв^{-1} та різних положеннях ЗЕ. За результатами обробки даних, отриманих в процесі моделювання (рис. 4), побудовано залежності розподілу сил затиску q^1 по довжині контактних ділянок затискного елемента (рис. 5,а) та сумарної радіальної сили затиску T_{Σ} (рис. 5,б) для його різних положень в залежності від частоти обертання затискного патрона та осьювої сили приводу затиску.

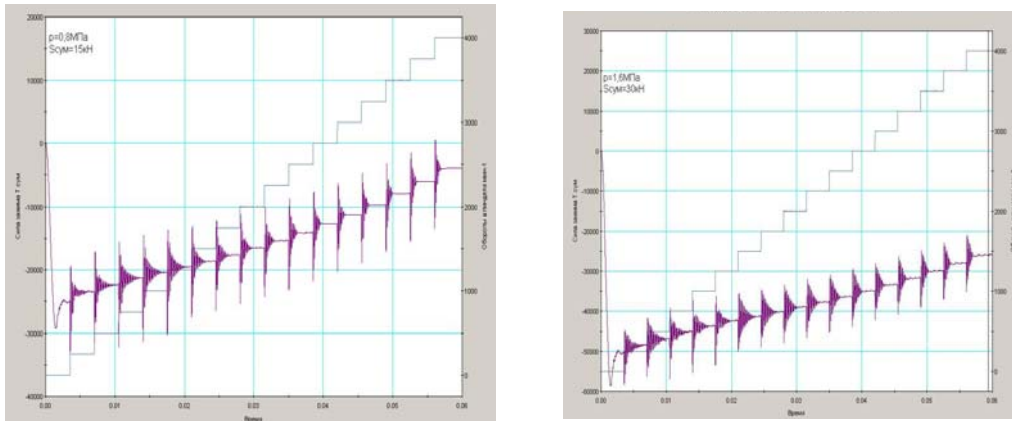


Рисунок 4 – Результати моделювання сумарної радіальної сили затиску в процесі обертального руху ЗП при ступінчастій зміні частоти обертання для одного з положень

багатопрофільного ЗЕ при двох значеннях сили приводу S_{Σ}

Аналіз отриманих залежностей розподілу сил затиску показує, що збільшення частоти обертання ЗП веде до втрати сили затиску по довжині контакту «ЗЕ елемент-деталь» і суттєво змінює закон її розподілу. Внаслідок дії відцентрових сил додатково навантажуються задня частина поверхні затиску ЗЕ та розвантажуються передня. Такий перерозподіл сил затиску виникає в результаті додаткового кутового та радіального зміщення плунжера із ЗЕ під дією відцентрової сили внаслідок податливості стиків ЗП та його елементів. Результати моделювання показують, що при певних частотах обертання ЗП ЗЕ працює не всією довжиною контакту, що призводить до збільшення контактних деформацій стику «ЗЕ-деталь» та погіршення умов його роботи. Інтенсивність зниження сумарної радіальної сили затиску T_{Σ} також суттєво залежить від кутового положення багатопрофільного ЗЕ, що спричиняється зміною положення його центра мас в радіальному та осьювому напрямі (наприклад, при $d = 20$ мм радіус розташування центра мас $R = 55$ мм,

а при $d = 100_{\text{мм}}$ – $R = 82_{\text{мм}}$; це призводить до зниження допустимої частоти обертання патрона в 1,67 рази). За результатами моделювання для спроектованого ЗП з діаметром корпусу 200 мм (рис.1) для оснащення токарно-револьверного верстату з ЧПК мод. 1В340Ф30 допустимі частоти обертання для затиску заготовок в діапазоні діаметрів 20...100 мм набувають значень від 3500 до 2100 хв^{-1} при максимальній силі приводу затиску 30 кН.

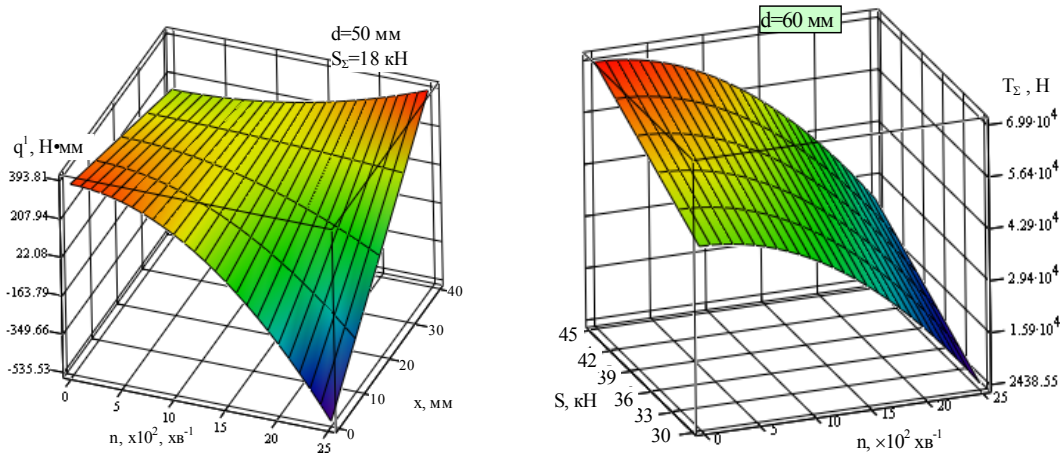


Рисунок 5 – Типові графічні залежності розподілу сил затиску q^1 по довжині контактної ділянки затискного елемента (а) та сумарної радіальної сили затиску T_z (б) від частоти обертання затискного патрона n

Висновки. 1. На основі розробленої комп'ютерної моделі ЗП плунжерного типу отримано його динамічні силові характеристики. 2. Встановлено вплив конструктивних та експлуатаційних параметрів, а також положення багатопрофільних ЗЕ на залежність сумарної радіальної сили затиску від частоти обертання. 3. Визначено допустимі частоти обертання спроектованого ЗП плунжерного типу з діаметром корпусу 200 мм, при яких забезпечується надійний затиск деталі в процесі обробки.

Список літератури

1. Ахрамович В.Н. Силовые характеристики зажимных патронов в процессе установившегося вращения// Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1993. - №3-4. – С.62 – 66.
2. Самонастраивающиеся зажимные механизмы: Справочник/ Под ред. Ю.Н. Кузнецова. – К.: Техника; София: Техника, 1988. – 222 с.
3. Ахрамович В.Н. Влияние жесткости элементов патронов на силу зажима// Машиностроитель. – 1996. - №1. – С.19 – 20.
4. Schulz H., Wagner H.-D. Bedeutung der Werkstücksteifigkeit beim Drehen// Werkstatt und Betrieb. – 1984. – №3. – S.173 – 174.
5. Schulz H., Wagner H.-D. Ermittlung der Betriebsspannkraft von Drehfuttern unter Berücksichtigung der Systemsteifigkeiten// Industrieanzeiger. – 1987. – №35/36. – S.53 – 54.
6. Фарук Ель-Дахабі. Синтез високошвидкісних затискних патронів токарних верстатів. Дис. канд. техн. наук, 050301. – К., 2006. – 165 с.
7. Pingfa Feng. Berechnungsmodell zur Ermittlung von Spannkraften beim Backenfutter. Technische Universität Berlin, Diss., 2003. – 213 S.
8. Алямовский А. Инженерный анализ в среде SolidWorks: новое в версии 2008// САПР и графика. – 2007. - №11. – С.78 – 84.

В статье приведены результаты моделирования динамических силовых характеристик токарных патронов плунжерного типа с многопрофильными позиционными зажимными элементами с использованием пакета прикладных программ, который позволяет выполнять совместный динамический и конечно-элементный анализ.

In the article the result of modeling of dynamic force characteristics of piston lathe chucks with multisectoral positional clamping jaw are presented. The result are received with the use of application package, which allows to make a compatible dynamic and finite-element analysis.