

І.В. Луців, В.Н. Волошин, Р.О. Бица
ПІДВИЩЕННЯ ГНУЧКОСТІ ТОКАРНИХ ПАТРОНІВ ШЛЯХОМ АДАПТАЦІЇ
КУЛАЧКІВ ДО ПОВЕРХНІ ЗАТИСКУ

У статті приведені результати теоретичних досліджень адаптивних затискних елементів токарних патронів, які створені шляхом навмисного введення в їх конструкцію зон деформації. З використанням CAD/CAE – систем проведена оцінка умов затиску в зоні контакту між адаптивними затискними елементами та поверхнею затиску. Проаналізовано напружений стан зони адаптації запропонованих затискних кулачків.

Ключові слова: токарний патрон, затискний елемент, поверхня затиску, металорізальний верстат, гнучкість, моделювання.

Табл. 1. Рис. 5. Літ. 7.

И.В. Луцив, В.Н. Волошин, Р.О. Быца
ПОВЫШЕНИЕ ГИБКОСТИ ТОКАРНЫХ ПАТРОНОВ ПУТЕМ АДАПТАЦИИ
КУЛАЧКОВ К ПОВЕРХНОСТИ ЗАЖИМА

В статье приведены результаты теоретических исследований адаптивных зажимных элементов токарных патронов, созданных путем умышленного введения в их конструкцию зон деформации. С использованием CAD/CAE - систем проведена оценка условий зажима в зоне контакта между адаптивными зажимными элементами и поверхностью зажима. Проанализировано напряженное состояние зоны адаптации предложенных зажимных кулачков.

Ключевые слова: токарный патрон, зажимной элемент, поверхность зажима, металлорежущий станок, гибкость, моделирование.

I. Lutsiv, V. Voloshyn, R. Bytsa
THE IMPROVEMENT OF FLEXIBILITY OF THE CHUCKS WITH THE HELP OF
ADAPTATION OF THE CLAMPING ELEMENTS TO THE CLAMPING SURFACE

The scientific paper deals with the theoretical investigations results of turning clamping chucks adaptive clamping elements made by intentional imposition of deformation zones in their design. The estimation of clamping conditions in the contact zone between adaptive clamping elements and clamping surface was carried out with a help of CAD/CAE systems. The stress state of the given clamping cam adaptive zone was analyzed.

Kew words: clamping chuck, clamping element, clamping surface, machine tool, flexibility, modeling.

Постановка проблеми. На сьогодні поряд з тенденціями підвищення продуктивності, точності, розширення функціональних можливостей обладнання для токарної обробки актуальним є ріст рівня автоматизації серійного і особливо дрібносерійного виробництва, який супроводжується підвищенням його гнучкості. В умовах ринкової економіки співвідношення продуктивності та гнучкості металорізальних верстатів, які використовуються в дрібносерійному і серійному виробництві, має велике значення. При токарній обробці це співвідношення суттєво залежить від технологічного оснащення для затиску заготовок, яким у більшості випадків служать механізовані токарні патрони. Можливість переналагодження затискного патрона при зміні типорозміру оброблюваної деталі, час та вартість такого переналагодження в значній мірі визначають ефективність механічної обробки.

При різних діаметрах затиску використовуються швидкопереналагоджувані (вручну чи автоматично) затискні патрони, якими оснащуються токарні верстати, побудовані в основному на дискретній схемі охоплення діапазону розмірних параметрів заготовок, яка передбачає наявність комплектів затискних елементів, а при умонтуванні верстатів у верстатні комплекси – пристроїв їх накопичення та швидкої заміни. Це все відбивається на собівартості переналагодження. Окрім того, при невідповідності діаметра поверхні затиску діаметру розточування «сирих» затискних кулачків, або діаметру шліфування загартованих кулачків в зоні контакту виникають високі поверхневі тиски, що може призвести до пошкодження поверхні, по якій проводиться затиск. Тому зменшення кількості затискних елементів для охоплення робочого діапазону заготовок, скорочення часу на їх переналагодження та адаптація затискних елементів до поверхні затиску є актуальною науковою задачею підвищення гнучкості токарних патронів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищенню гнучкості затискних патронів присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених. У роботах [1-6], закладені наукові основи створення самоналагоджувальних, широкодіапазонних, швидкопереналагоджувальних та багатофункціональних затискних механізмів, запропонований диференціально-морфологічний метод структурно-схемного синтезу, який дозволяє створювати нові структури затискних

патронів, що розширюють технологічні можливості автоматизованого обладнання для токарної обробки та верстатних модулів на його основі. Питанням затиску пруткових заготовок у широкому діапазоні присвячені роботи [3; 5], в яких теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені принципи широкодіапазонного цангового затиску та принцип використання декількох передавально-підсилюючих ланок. Використання цих принципів дозволяє реалізувати невеликий діапазон охоплення заготовок. В роботах [1; 2; 4] показано, що при широкому діапазоні затиску доцільно реалізовувати структури швидкопереналагоджувальних затискних патронів із дискретно-неперервною схемою охоплення, що зменшує кількість затискних елементів і скорочення часу на переналагодження. Це вимагає вирішення задач, зв'язаних із пошуком нових підходів до реалізації дискретно-неперервної схеми охоплення і її втілення в конструкцію затискного патрона [6]. Питанням створення і дослідження затискних патронів для затиску штучних заготовок в широкому діапазоні присвячена робота U. Bahrke [7], у якій проведено оцінку ряду конструкцій гнучких затискних елементів з поперечним перерізом кругоподібної форми, які самостійно пристосовуються до поверхні деталі в діаметральному перерізі.

Невирішені частини проблеми. Існуючі на сьогодні способи охоплення розмірів заготовок при затиску по циліндричних поверхнях затискними патронами на автоматизованому обладнанні для токарної обробки та модулів на його основі реалізуються по трьох основних схемах [4]: дискретній; неперервній; дискретно-неперервній. При реалізації таких схем охоплення затискний елемент має так звану «фіксовану» геометрію поверхні затиску, тобто геометрія його поперечного перерізу виконана під певний діаметр затиску. Затиск по циліндричній поверхні більшого чи меншого діаметрів призводить до того, що прилягання затискного елемента відбувається по певних зонах контакту, в яких виникають високі поверхневі тиски. При затиску заготовки по чорнових базах це допустиме явище, проте при затиску по оброблених чистових базах на кінцевих операціях технологічного процесу це призводить до пошкодження поверхні затиску, зниження точності та жорсткості затиску. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є розточування «сирих» затискних кулачків, або шліфування загартованих кулачків під певний діаметр затиску. Але в умовах швидкопереналагоджуваного виробництва це вимагає значних фінансових затрат. Тому невирішеною залишається проблема адаптації затискних елементів до поверхні затиску в певному діапазоні діаметрів при реалізації дискретно-неперервної та неперервної схеми охоплення діапазону діаметрів заготовок.

Метою дослідження є розробка конструктивних схем затискних елементів для механізованих токарних патронів, які в процесі затиску адаптуються до геометрії поверхні затиску заготовки визначеного діапазону діаметрів, а також дослідження з використанням CAD/CAE-систем їх впливу на заготовку в зоні контакту при затиску.

Основні результати дослідження. Токарний патрон, як технічна система, повинен забезпечити виконання основної функції – базування та закріплення деталей. Ця основна функція розділяється на ряд підпорядкованих функцій, які реалізуються відповідними функціональними підсистемами [4]. Однією з таких підсистем є підсистема безпосереднього впливу на об'єкт закріплення, що вирішує такі основні завдання: базування об'єкта закріплення; передавання зусилля затиску на об'єкт закріплення; підтримування відповідного положення і орієнтації об'єкта закріплення в процесі обробки при дії складових сили різання, сили тяжіння та відцентрових сил; передавання необхідного обертового моменту на об'єкт закріплення для здійснення процесу різання. Конструктивно система безпосереднього впливу виконана у вигляді системи затискних елементів, які для передавання зусилля затиску взаємодіють із кінематичною підсистемою токарного патрона (передавально-підсилювальними ланками), та певним чином розташовані у корпусі патрона.

Для досягнення поставленої мети необхідні принципово нові підходи до створення системи затискних елементів, яка повинна забезпечити їх адаптацію до поверхні затиску при реалізації типових кінематичних структур затискних патронів з дискретно-неперервною схемою охоплення заготовок. Дискретно-неперервна схема (рис.1) реалізується за рахунок неперервного охоплення вузького діапазону ΔD та переходу на потрібний розмірний діапазон маніпулюванням (заміна або перепозиціонування) затискними елементами, або їх комплектами [4]. Охоплення діапазону ΔD відбувається за рахунок таких параметрів кінематичної підсистеми токарного патрона, як робочого ходу вхідної ланки та передавального відношення передавально-підсилюючих ланок. При роботі затискного елемента із «жорсткою» геометрією поперечного перерізу в діапазоні ΔD

можливі наступні варіанти його контактування із заготовкою (рис.2): повний контакт ($R_3=R_k$); неповний контакт ($R_3 < R_k$); контакт по кромках ($R_3 > R_k$). Тому для забезпечення повного контакту затискні елементи $3E_1, 3E_2, \dots, 3E_n$ (рис.1) повинні адаптуватися до поверхні затиску саме у цьому вузькому діапазоні ΔD .

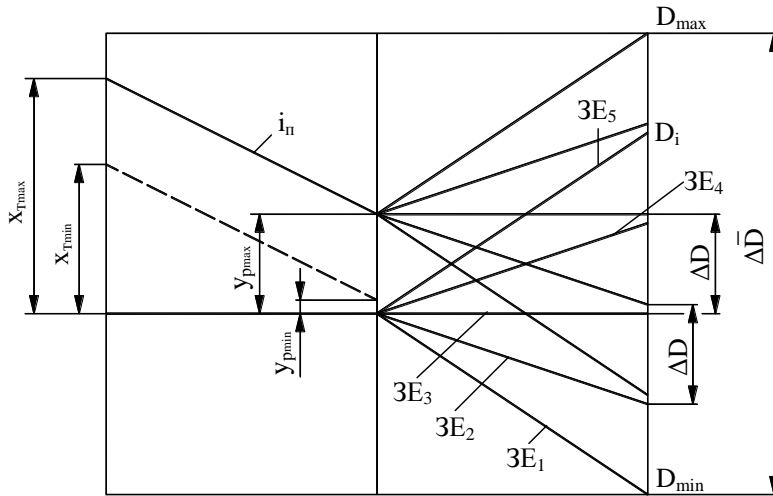


Рис. 1. Типова кінематична структура затискного патрона з дискретно-неперервною схемою охоплення з одним кінематичним ланцюгом

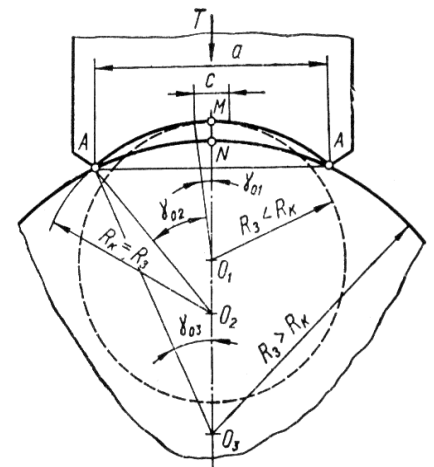


Рис. 2. Варіанти контактування кулачка з гладкою циліндричною поверхнею

Одним із принципів підходів створення адаптивних затискних елементів є навмисне введення в їх конструкцію зон деформації, що дозволяє забезпечити прилягання контактуючої поверхні затискного елемента до поверхні затиску заготовки. Такі зони можуть бути створені з використанням евристичних прийомів повного та неповного розчленування затискних елементів, створення пустот в затискному елементі, використання здатних до деформування кільцевих сегментів та ін. На рис.3,а приведений затискний кулачок, синтезований шляхом видалення матеріалу із цільного кулачка у вигляді кільцевої канавки, а на рис.3,б та рис.3,в затискні кулачки синтезовані шляхом неповного розчленування їх затискної частини. Затискні кулачки із здатними до деформування кільцевими сегментами приведені на рис.3,г та рис.3,д.

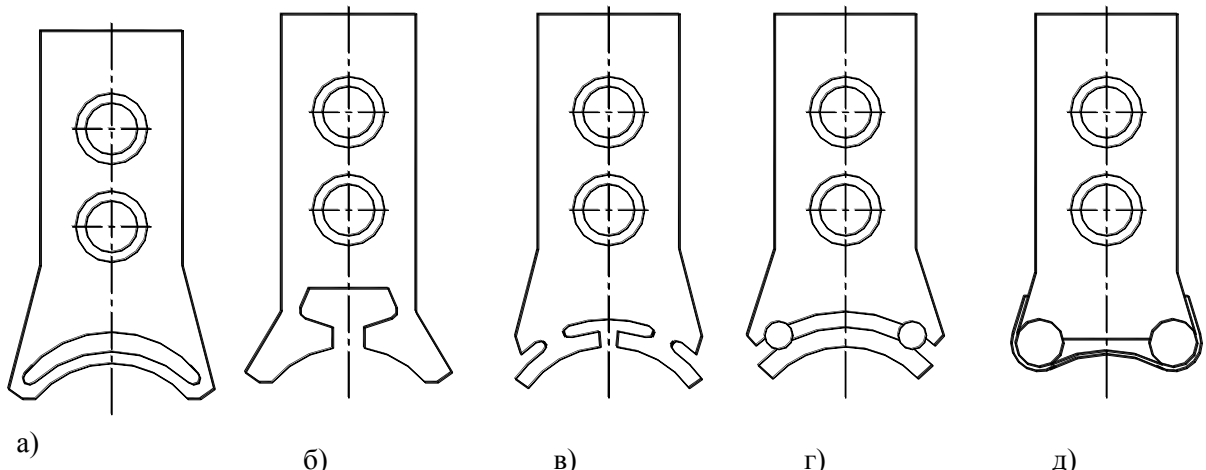


Рис. 3. Конструктивні схеми синтезованих адаптивних затискних елементів

У зв'язку з складною геометрією синтезованих затискних елементів для аналітичного дослідження умов затиску в зоні контакту затискним елементом і поверхнею затиску а також оцінки напружено-деформованого стану використано сучасну CAD/CAE-систему. Цикл моделювання за допомогою CAD/CAE-системи включав наступні основні етапи [4]: розробка геометрії затискного елемента; введення характеристик матеріалу кулачка; вибір типів скінченних елементів та введення їх параметрів; розбиття затискного елемента та деталі на скінченні

елементи; накладання граничних умов та формування системи навантажень; вибір та накладання граничних умов, які моделюють зону контакту; перевірка коректності розробленої моделі; моделювання умов контакту та напружено-деформованого стану адаптивних затискних елементів; візуалізація та аналіз результатів моделювання.

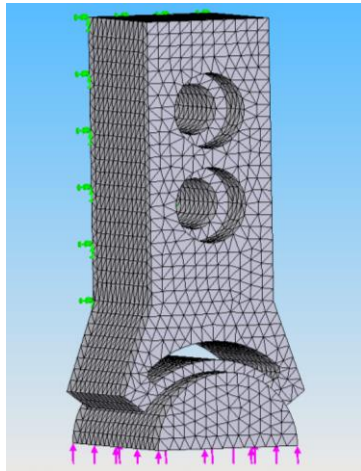


Рис. 4. Скінченно-елементна модель кулачка із накладеними граничними умовами

Моделювання напружено-деформованого стану проводилося для адаптивного кулачка, конструкція якого розроблена на основі конструктивної схеми зображеної на рис.3,а, для трикулачкового механізованого патрона з діаметром корпуса 210 мм. Згенерована автоматично скінченно-елементна сітка, граничні умови, система прикладеного навантаження та зони контактування заготовки із кулачком, які відповідають реальним умовам роботи в процесі затиску, приведені на рис.4. Геометрія заготовки та кулачка описана тетрадральними скінченними елементами. Сила затиску, прикладена до кулачка, варіювалася в діапазоні від 0,5 до 5 кН. Це відповідає сумарній силі затиску кулачками затискного патрона відповідно 1,5 – 15 кН. При моделюванні імітувався затиск заготовок в діапазоні $\Delta D = 10$ мм, який визначається конструктивними параметрами даного типорозміру токарного патрона.

Результатами моделювання затискного кулачка для різних діаметрів затиску, навантаженого силою затиску, є еквівалентні напруження, значення яких розраховувалися по гіпотезі енергії зміни форми Ріхарда Фон Мізеса. Картини напруженого стану затискного кулачка для різних діаметрів затиску приведені на рис. 5.

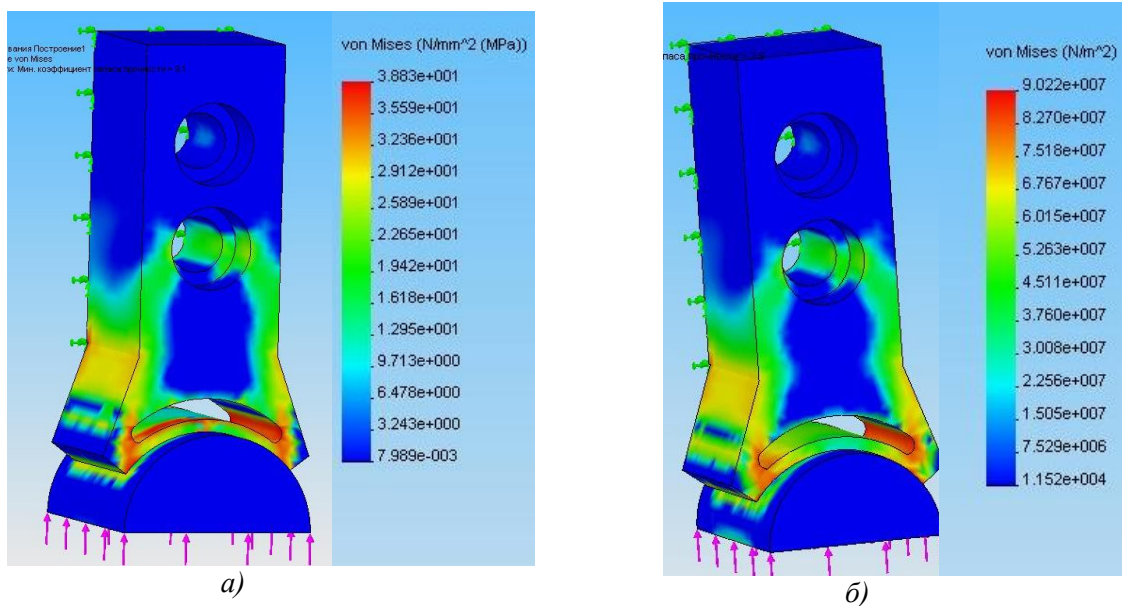


Рис. 5. Картина напруженого стану кулачка при затиску деталі силою затиску 4,5 кН: а) Ø47 мм; б) Ø42 мм

Отримані картини напружено-деформованого стану аналогічні для різних діаметрів затиску заготовок та навантажень силою затиску. Аналіз картин розподілу напружень по об'єму кулачка показує, що найбільші напруження виникають в крайніх зонах кулачка де сполучається кільцева затискна частина із тілом кулачка. Це викликано концентраторами напружень в цих зонах, якими є радіусні переходи. Максимальні еквівалентні напруження в затискному кулачку, отримані в результаті моделювання методом скінченних елементів при різних зусиллях затиску та діаметрах затиску, приведені в табл.1.

Результати моделювання показують, що із збільшенням зусилля затиску, яке припадає на один кулачок в 10 раз, максимальні еквівалентні напруження також збільшуються у 10 раз, тобто спостерігається прямопропорційна лінійна залежність між навантаженнями та максимальними

еквівалентними напруженнями. При цьому більші напруження характерні для менших діаметрів затиску, що пов'язано із меншою зоною контактування заготовок малих діаметрів та їх умовами контактування, які викликані і більшою радіальною деформацією затискної частини адаптивного кулачка. Із збільшенням діаметра затиску від 42 до 50 мм максимальні еквівалентні напруження зменшуються у 2,44 рази. Аналіз результатів моделювання показав те, що затискна частина адаптивного кулачка працює в зоні пружних деформацій і забезпечує її повний контакт із заготовкою в заданому діапазоні діаметрів при затиску.

Таблиця 1. Максимальні еквівалентні напруження в затискному кулачку, отримані в результаті моделювання методом скінченних елементів

		Зусилля затиску, яке припадає на один кулачок, Т, Н									
		500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
d, мм	Максимальне еквівалентне напруження, $\sigma_{\text{екв}}$, Н/мм ²										
42	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
45	6,9	13,9	20,9	27,8	34,8	41,8	48,7	55,8	62,7	69,6	
47	4,3	8,6	12,9	17,2	21,6	25,9	30,2	34,5	38,8	43,1	
50	4,1	8,2	12,3	16,5	20,6	24,7	28,8	32,9	37	41	

Висновки. Аналізуючи вище викладене, можна зробити наступні висновки:

1. Запропоновано принцип створення затискних елементів шляхом навмисного введення в їх конструкцію зон деформації, що дозволяє забезпечити адаптацію контактуючої поверхні затискного елемента до поверхні затиску заготовки.

2. На основі запропонованого принципу синтезу затискних елементів розроблено їх конструктивні схеми на основі стандартних затискних елементів.

3. З використанням CAD/CAE – систем проведена оцінка умов затиску в зоні контакту між адаптивними затискними елементами та поверхнею затиску. Проаналізовано напружений стан зони адаптації одного із запропонованих варіантів затискних кулачків. Проведений аналіз напруженого стану показав, що затискна частина працює в зоні пружних деформацій і забезпечує в заданому діапазоні діаметрів її повний контакт із заготовкою при затиску.

Перспективи подальших досліджень. В подальшому планується провести теоретичні та експериментальні дослідження впливу жорсткості контакту накладного адаптивного затискного елемента із основним кулачком та напрямними токарного патрона на розподіл контактної тиску по поверхні затиску в статичі, режимі усталеного обертання та в процесі токарної обробки.

1. Волошин В.Н. Синтез затискних патронів з позиційними багатопрофільними затискними елементами для токарних верстатів: дис. канд. техн. наук: 05.03.01/ Волошин Віталій Несторович – К., 2003. – 234 с.
2. Кузнецов Ю.М. Принципи швидкого переналадження затискних патронів токарних верстатів/ Ю.М. Кузнецов, В.Н. Волошин// Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: серія машинобудування. – 2002. – №43. – С. 126-128.
3. Кушик В.Г. Широкодіапазонні цангові патрони токарних горизонтальних багатошпindelних автоматів/ В.Г. Кушик// Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 1999 – №2. – С.81-85.
4. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ [Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
5. Ахрамович В.Н. Анализ и синтез клиноплунжерных широкодиапазонных зажимных патронов токарных автоматов: дисс. канд. техн. наук: 05.03.01/ Ахрамович Владимир Николаевич. – К., 1991. – 209 с.
6. Принципы создания самонастраивающихся и широкодиапазонных зажимных механизмов/ Ю.Н. Кузнецов, А.А. Вачев. – К.: Знание, 1985. – 24 с.
7. Bahrke U. Flexible Spannbacken für die Drehbearbeitung. Technische Universität Berlin, Diss., 1998.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2013.