

АДАПТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІЗМІВ ЗАТИСКУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

© І. Луців, В. Волошин, Р. Бица

Наведені 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.

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.

1. Постановка проблеми

Існуючі на сьогодні способи охоплення розмірів заготовок при затиску по циліндричних поверхнях затискними патронами (ЗП) на автоматизованому обладнанні для токарної обробки та модулях на його основі реалізуються по трьох основних схемах: дискретній; неперервній; дискретно-неперервній. При реалізації таких схем охоплення затискний елемент (ЗЕ) має так звану «фіксовану» геометрію поверхні затиску. Затиск по циліндричній поверхні більшого чи меншого діаметрів призводить до того, що прилягання ЗЕ 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 проходить пошкодження поверхні, 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 ЗЕ до поверхні затиску в певному діапазоні діаметрів при реалізації відповідних схем охоплення заготовок.

2. Аналіз останніх досліджень

Підвищенню гнучкості затискних патронів присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених. У роботах [1-5], 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. Питання затиску пруткових заготовок у широкому діапазоні висвітлені у роботі [3], де теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені принцип широкодіапазонного цангового затиску та принцип використання декількох передавально-підсилюючих ланок. Використання цих принципів дозволяє реалізувати невеликий діапазон охоплення заготовок. В роботах [1; 3] 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 [4]. Питанням створення і дослідження затискних патронів для затиску штучних заготовок в широкому діапазоні присвячена робота U. Bahrke [5], у якій проведено оцінку ряду конструкцій гнучких затискних елементів з поперечним перерізом кругоподібної форми, які самостійно пристосовуються до поверхні деталі в діаметральному перерізі.

3. Мета роботи

Метою дослідження є розробка конструктивних схем затискних елементів для затискних механізмів автоматизованого обладнання для токарної обробки, які в процесі затиску адаптуються до геометрії поверхні затиску заготовки визначеного діапазону діаметрів, а також дослідження з використанням CAD/CAE-систем їх взаємодії із заготовкою в зоні контакту при затиску.

4. Синтез конструктивних схем адаптивних затискних елементів

Затискний 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 [3]. Однією з таких підсистем є підсистема безпосереднього впливу на об'єкт закріплення. Конструктивно система безпосереднього впливу виконана у вигляді системи затискних елементів, які для передавання зусилля затиску взаємодіють із кінематичною підсистемою затискного патрона (передавальньо-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 [3]. 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 адаптовуватися до поверхні затиску саме у цьому вузькому діапазоні ΔD .

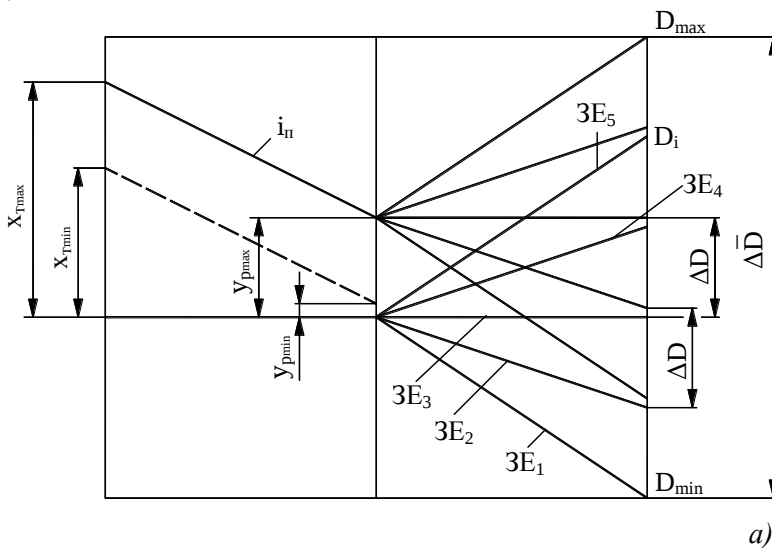


Рис. 1. Типова кінематична структура затискного патрона з дискретно-неперервною схемою охоплення з одним кінематичним ланцюгом

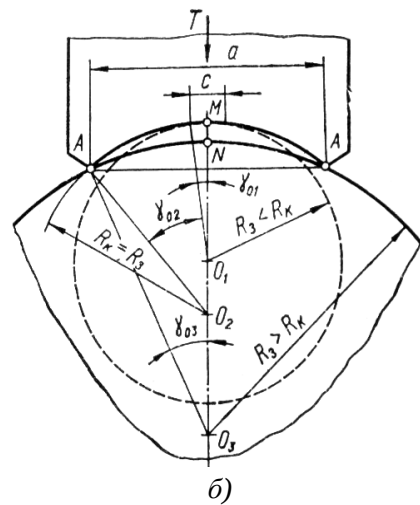


Рис. 2. Варіанти контактування кулачка з гладкою циліндричною поверхнею

Одним із принципових 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 елемент, синтезований шляхом видалення матеріалу із цільного кулачка у вигляді кільцевої канавки, а на рис.3,б та рис.3,в затискні елементи синтезовані шляхом неповного розчленування їх затискної частини. Затискні кулачки із здатними до деформування кільцевими сегментами приведені на рис.3,г та рис.3,д.

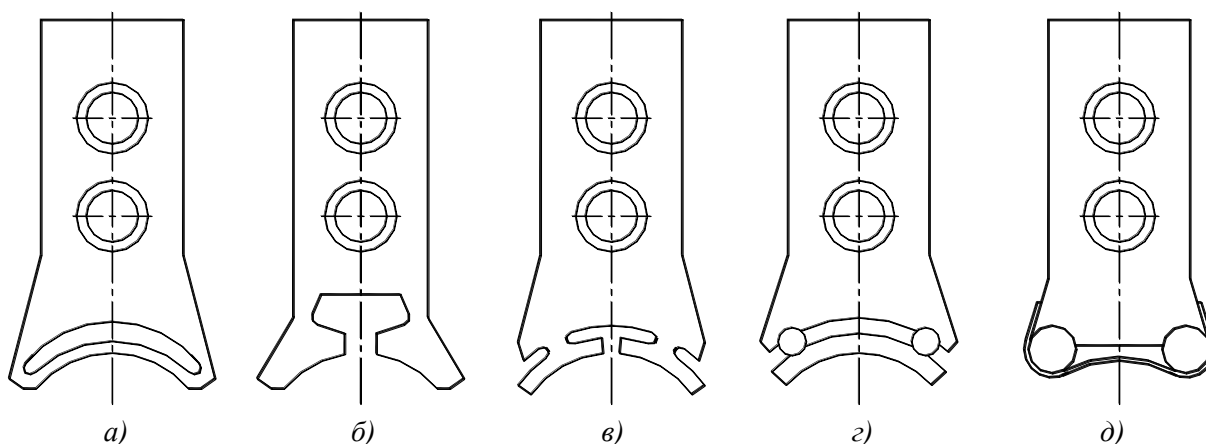


Рис. 3. Конструктивні схеми синтезованих адаптивних затискних елементів

5. Дослідження умов контактування адаптивних затискних елементів із заготовкою

У зв'язку з складною геометрією синтезованих затискних елементів для аналітичного дослідження умов контактування затискного елемента із заготовкою а також оцінки напружено-деформованого стану зони адаптації використано метод скінченних елементів, який реалізовувався САЕ-системою. Цикл моделювання за допомогою CAD/CAE-системи включав наступні основні етапи [3]: розробка геометрії затискного елемента; введення характеристик його матеріалу; 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.

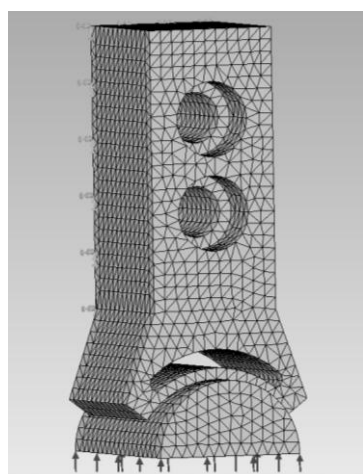


Рис. 4. Скінченно-елементна модель адаптивного затискного елемента із накладеними граничними умовами

Моделювання напружено-деформованого стану проводилося для адаптивного затискного елемента, 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 тетраедральними скінченними елементами. Сила затиску, прикладена до затискного елемента, 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 елемента 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.

Отримані картини напруженого стану аналогічні для різних діаметрів затиску заготовок та різних навантажень силою затиску. Аналіз картин розподілу напружень по об'єму зони адаптації затискного елемента показує, що найбільші напруження виникають в крайніх зонах 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.

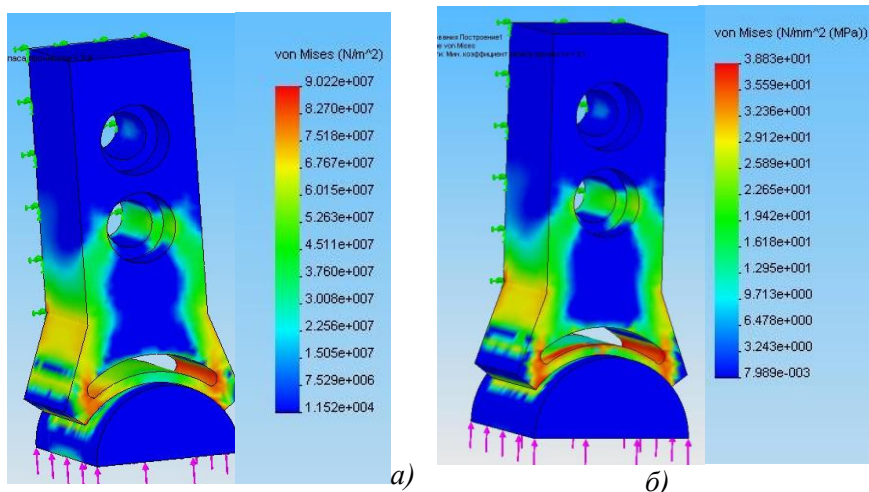


Рис. 5. Картини напруженого стану зони адаптації кулачка при затиску деталі силою затиску 4,5 кН для: а) Ø42 мм; б) Ø47 мм

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.

Результати моделювання напруженого стану затискних 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.

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. На основі запропонованого принципу синтезу затискних елементів розроблено їх конструктивні схеми на основі використовуваних типових затискних елементів. З використанням CAD/CAE – систем проведена оцінка умов контактування адаптивних затискних елементів із поверхнею затиску. Проаналізовано напружений стан зони адаптації одного із запропонованих варіантів затискних елементів, який показав, що затискна частина працює в зоні пружних деформацій і забезпечує в заданому діапазоні діаметрів її повний контакт із заготовкою при затиску.

Література.

1. Волошин В.Н. Синтез затискних патронів з позиційними багатопрофільними затискними елементами для токарних верстатів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.03.01/ Волошин Віталій Несторович – К., 2003. – 234 с.
2. Кузнєцов Ю.М. Принципи швидкого переналагодження затискних патронів токарних верстатів/ Ю.М. Кузнєцов, В.Н. Волошин// Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: серія машинобудування. – 2002. – №43. – С.126 – 128.
3. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ [Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
4. Принципы создания самонастраивающихся и широкодиапазонных зажимных механизмов/ Ю.Н. Кузнєцов, А.А. Вачев. – К.: Знання, 1985. – 24 с.
5. Bahrke U. Flexible Spannbacken für die Drehbearbeitung. Technische Universität Berlin, Diss., 1998.