

Изследване на точността при установяване на конусен инструментален държач ISO 40 във вретеното

Димитър Димитров, Светлана Йорданова, Виктория Карачорова

Abstract: *Investigation of random error in the attachment of an adapter cone instrumental in ISO40 spindle. The accuracy of performance processes control and three-coordinate measurements of machining centers depends the errors from fastening tool in spindle of the machine. Investigated theoretically and experimentally causes of errors.*

Key words: *measurement of random error, accuracy.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Обработващите центри (напр. MC 032) използват инструментална система [1] за автоматична смяна на режещите инструменти. За целта всеки инструмент се установява към т.нар. инструментален адаптор (държач). Единият край на адаптора има специална присъединителна част, предназначена за установяване на инструмента, а на другия има присъединителна част за установяване към вретеното на машината. Като такава обикновено се използва конусна сглобка напр. с конусност 7:24 (за MC 032 тя се означава като стандарт ISO 40). При разработването на инструменталната система, базирана на конусна сглобка с вретеното се цели постигане на бързо и удобно установяване и снемане на инструмента от вретеното на машината, надеждно предаване на въртящия момент, стабилност при работа, а също и точност на базиране. За осигуряване на последното стандартът [5,6] предвижда симетрични допускови полета при изработването на конусния отвор във вретеното и на конусните опашки на инструменталните държачи. Независимо от преимуществата на конусната сглобка е известно, че използването ѝ е източник на случайна грешка при установяване на държачите. Тази случайна грешка представлява съставна част от сумарните грешки, които се проявяват както при обработване, така и при осъществяване на координатни измервания върху машината с помощта на контактна трикоординатна измервателна глава (ТИГ)[2]. Следователно на тази съставна в посочените сумарни грешки е необходимо да се определи вида, причините, които я порождаат и големината ѝ.

ТЕОРЕТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ГРЕШКАТА ОТ УСТАНОВЯВАНЕ НА КОНУСЕН ИНСТРУМЕНТАЛЕН ДЪРЖАЧ ВЪВ ВРЕТЕНОТО

В разглеждания случай точността (грешката) на базиране (елемент на грешката от установяването) зависи от разликата в конусността между конуса на държача и конуса на вретеното. По задание симетрично разположените им допускови полета и безлабинната сглобка се очаква да осигуряват точността на базиране. Поради невъзможността конусите на държачите да бъдат във всички случаи напълно еднакви с конуса на вретеното разликата в конусността им предизвиква ъглова и осева грешка на положението на инструменталния държач съответно спрямо оста и челото на вретеното. За да се определи произхода и големината на ъловата грешка може да се използват принципните схеми, показани на фиг.1. След сравняване на вариант а) и вариант б) се установява, че за да е по-малка ъловата грешка се препоръчва конусността на държачите да бъде минимално, но гарантирано по-голяма от тази на вретеното (вариант "а"). Това се доказва и от съответните зависимости за пресмятане на радиалното отклонение $\Delta R_{ин.}$ на оста при еднакво базово разстояние за двата варианта.

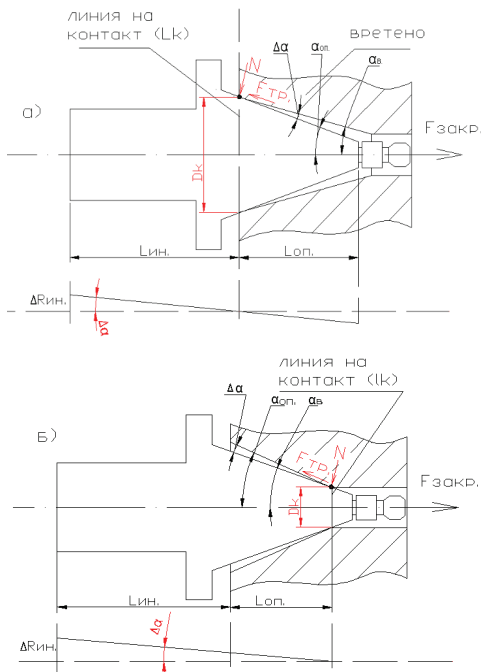
На фиг. 1.а) и по-голяма конусност на адаптора спрямо вретеното:

$$\Delta R_{ин.} = L_{ин.} \sin(\Delta\alpha) \quad (1)$$

На фиг. 1.б) и по-малка конусност на адаптора спрямо вретеното:

$$\Delta R_{\text{ин.}} = (L_{\text{ин.}} + L_{\text{оп.}}) \sin(\Delta\alpha) \quad (2)$$

При работа (завъртане около оста) изчисленото радиално отклонение ще се прояви чрез удвоената си стойност като радиално биене на оста и съответно на режещите ръбове на инструмента.



Фиг.1. Влияние на конусността при установяване на инструментален държач

съсно разположени тази линия е с форма и дължина на пълна окръжност и е в мястото с най-голямо по диаметър (D_k) напречно сечение на вретеното. По тази линия между вретеното и адаптора възникват и действат нормални сили (N) и сили на триене ($F_{\text{тр}}$). При идеални форми на конусите и съсно сглобяване нормалната сила се самоуравновесява равномерно. Щом контактът е по линия, то площта на въздействие на нормалните сили е малка, а от там и създаденото налягане е голямо. Това предизвиква съответни контактни, еластични деформации в двата детайла и съответно грешка от закрепващите сили. Дължината на теоретичната линия на контакт $C_{k,a}$ при вариант а) е по-голяма в сравнение със съответната $C_{k,b}$ за вариант б):

$$C_{k,a} = \pi \cdot D_k > C_{k,b} = \pi \cdot d_k \quad (3)$$

Следователно при еднаква закрепваща сила $F_{\text{закр.}}$ за вариант б) може да се очакват по-големи стойности на налягането по линията на контакт и съответно по-големи еластични, контактни деформации (грешки от закрепването).

На практика обаче е невъзможно да се повтарят по еднакъв начин всички условия, при които се осъществява установяването на инструмента. В резултат на това отклоненията във формата и от съсност на двата детайла, разсейването на

вретеното чрез цангово устройство адапторът се закрепва с постоянна осева сила ($F_{\text{закр.}} \approx 5300N$ за MC032), създавана от пакет тарелчати пружини. Свиването на пружините при освобождаване на държача става с помощта на пневмо-хидравлично устройство.

За предаване на въртящия момент от вретеното към държача се разчита на създаването на достатъчно големи сили на триене между тях (съответно моментът на триене) и допълнително се подсигурира с шпонкова връзка, която се използва и за ъглово ориентиране на инструмента.

При вариант а), спрямо вариант б), освен по-малка ъглова грешка, е осигурена възможност предаваният въртящ момент да е по-голям заради по-големия диаметър на контакт (D_k).

$$D_k > d_k$$

При така въведените изисквания за конусността на адаптора следва, че контактът между него и вретеното ще е само по линия. Ако конусите на адаптора и вретеното са без отклонение във формата в напречно сечение и са

условията на триене, заклиняване и еластични, контактни деформации предизвиква разсейване на осевото положение на инструмента. Известно е, че това разсейване се проявява като случайна величина с нормален закон на разпределение.

Освен разгледаното по-горе влияние върху точността на установяване, имащо конструктивно-геометричен произход, въздействие върху точността оказват и грешките поради замърсяване на конусните повърхности. Това обаче са груби грешки, които не следва да бъдат обект на изследването.

Износването на контактните конусни повърхнини на вретеното във времето в резултат на експлоатацията му предизвиква промяна на първоначалните геометрични параметри в дългосрочен план. Ефектът му може да се опише като „сработване“ и припасване, създаващо по-голяма конатактна площ и като цяло по-добри условия за базиране. Това въздействие върху точността на установяване има систематичен характер, но поради слабата интензивност и голяма продължителност на процеса неговото въздействие в рамките на един работен цикъл е пренебрежимо.

Друг съпътстващ фактор, оказващ негативно влияние върху точността на установяване на инструменталните държачи във вретеното е влиянието на топлинните деформации. Под влияние на триенето в лагерите на вретеното, на зъбните предавки в скоростната кутия и отделяната топлина при рязането на заготовката вретеният възел се загрева. Този процес протича с различна интензивност в зависимост от големината на оборотите и вида на обработването, като паузите между смените на инструментите и на заготовките оказват обратно и задържащо въздействие. Комплектованите инструменти с инструментални държачи също се загреват и търпят топлинни деформации. Тези въпроси като цяло са изследвани и анализирани и по други поводи, а проследяването и прогнозирането на топлинните деформации на машината и инструмента е възможно благодарение на систематичния им харктер на проявление. В случая се разглежда влиянието на топлинните деформации от гледна точка на точността на установяване на инструментите във вретеното. Ако технологичният процес изисква високи обороти вретеното може да се загрее до температура от порядъка на 60°. В същото време при многоинструментално обработване с достатъчна продължителност на циклите инструменталните комплекти се охлаждат при престоя си в инструменталния магазин преди поредното им използване. В резултат температурната разлика между вретеното и присъединителната конусна част на държача може да достигне 20°+30°С и повече. Поради различното топлинно разширение на вретеното слобката му с инструменталния държач ще се осъществи в друго вретенно сечение спрямо първоначалното и дори спрямо предходното. Това води до изместване положението на инструмента по оста на вретеното с посока навътре, т.е излетът $L_{ин}$ на инструмента намалява със стойност $\Delta L_{ин}$. Линейното изместване може конкретно да се пресметне ако са известни радиуса (диаметъра), по който се осъществява контактната зона, коефициента на линейно разширение за материала на вретеното, температурната разлика и като се отчете конусността. Абсолютната промяна $\Delta R_{к^*}$ на радиуса в зоната на контакт поради температурното разширение се пресмята по зависимостта:

$$\Delta R_{к^*} = R_{к} \cdot \beta \cdot \Delta t = 0.022 \cdot 11.25 = 6 \mu m$$

където: $R_{к} = D_{к}/2$ е разглеждания размер;

β – температурен коефициент на обемно разширение за материала;

$\Delta t = t_1 - t_2$ е температурната разлика.

В случая е прието, че конуса на инструменталния държач междуременно се е охладил до първоначалната температура. Ако последното не е изпълнено следва, че пресметната стойност трябва да се коригира. За конус по стандарта ISO40 конусността му се задава с отношението 7:24.

Следователно за приетите условия конкретното осево изместване $\Delta L_{ин}$ може да се пресметне от отношението:

$$R_{\alpha}/\Delta L_{ин} = 7/24 \rightarrow \Delta L_{ин} = 24 \cdot R_{\alpha}/7 = 24 \cdot 6/7 \approx 21 \mu m$$

Полученият числен резултат е с достатъчно голяма стойност за да компрометира или значително да повлияе върху точността на обработване или на измерване с ТИГ когато те са по направление на оста на вретеното на машината.

Освен разгледания ефект топлинните деформации предизвикват изменение и в конусността на вретеното поради различните им частни стойности при малкия и при големия диаметър на конуса му. Например при нарастване на температурата на вретеното с 25°C диаметърът при голямата основа на конуса нараства с 6µm, а при малката основа с 3µm. Макар и малки тези изменения увеличават ъгъла на конусност на вретеното с около 0,035°. Значението на тази стойност може да се прецени като се сравни с големината на допусковото поле на конусния отвор във вретеното. За 5-ти клас на точност и при размер на конуса на вретеното съответстващ на ISO40 допускът на конуса е $\pm 0,034^\circ$, а на едностранния ъгъл е $\pm 0,017^\circ$. Следователно дори ако първоначалната конусност (в незагрято състояние) на вретеното е близка или съпадаща с долния граничен размер (което е малко вероятно), то в резултат на топлинното разширение от загряването конусността би се изменила и би доближила или дори нахвърлила горната граница на допусковото поле. Тогава, след настъпило в резултат на това изменение в конусността на вретеното, ако се запази вариантът, показан на фиг.2, схема а), то условията на базиране ще се подобряват, поради намаляването на $\Delta\alpha$. В останалите случаи условията на базиране ще се влошават – получава се схемата за вариант б).

Друг аспект, оказващ влияние върху повторемостта на положението на инструменталните комплекти в осево направление са и промените в дължината на вретения възел в резултат на топлинните деформации. В практиката разгледаните резултатни влияния върху базирането, предизвикани от топлинни деформации на вретеното, макар и систематични по природа, по-често вместо непрекъсната систематична, имат циклична (стъпаловидна) форма на проявление заради редуващите се периоди на загряване и охлаждане. Това зависи от въздействието на околната среда, особеностите на технологичния процес, параметрите на режимите на рязане и др. Същото се отнася и за влиянието на топлинните въздействия върху геометричните размери на инструменталния държач. Следователно вретеното и инструменталният държач са източници на систематични по произход компоненти на топлинни деформации, които обикновено имат различно въздействие и периодичност. Поради това сумарното им въздействие спрямо точността и повторемостта на установяване на държачите във вретеното в много случаи не може точно да се предвиди или пресметне. Получените значими стойности от разгледаните числени примери показват, че за осигуряване точността както при обработване, така и при координатни измервания е необходимо да бъде уставено в реално време влиянието на топлинното разширение върху положението на режещите инструменти, респективно на трикоординатна измервателна глава за осъществяване на координатни измервания. Препоръчва се с цел постигане висока точност на установяване на ТИГ във вретеното на ОЦ да се подбере държач, чиято конусна опашка има конусност минимално по-голяма от тази на вретеното.

ИЗВОДИ

1. По-точно е установяването, когато конусността на опашката на инструменталния държач е по-голяма от тази на вретеното в сравнение с варианта, когато конусността на опашката е по-малка;

2. В случаите, когато изискванията за точност на установяване на инструменталния комплект са високи и следва да бъдат събразени с топлинните деформации се препоръчва избор на държач, чиято конусна опашка е с минимално по-голяма конусност от тази на вретеното;

3. За точното установяване въздействието на топлинното разширение е необходимо измерване на положението на инструменталния комплект в реално време.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Замфиоров, Ив. Технологична екипировка. Русе, РУ "Ан.Кънчев", 2003
- [2] Карачорова В., Д. Димитров" Възможности за автоматична самодиагностика на обработващи центри", НК на РУ и СУ-2011г.
- [3] Тодоров М. И др. Теоретична механика – част 1 (Кинематика и статика), ВТУ "Ангел Кънчев" Русе, 1983г.
- [4] Тошев И., Изпитване и изследване на металорежещи машини и автоматични комплекси, София 1989г
- [5] БДС 16884-1988 и 16690-1987 Машини металорежещи. Краища на вретена с конусност 7:24.Основни размери.
- [6] БДС 15260-1987. Опашки на инструменти с конусност 7:24 за автоматична смяна. Форма А. Основни рамери

За контакти:

гл.ас.Димитър Димитров, Катедра "ТММРМ" РУ"Ангел Кънчев", ddimitrov@uni-ruse.bg
маг.инж.В.Карачорова, Кат. "ТММРМ" РУ"Ангел Кънчев", vkarachorova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран