

Изследване влиянието на определящи фактори от трикоординатна глава върху силата на измерване

Димитър Димитров, Светлана Колева, Виктория Карачорова

Abstract: The influence of inertia, mass, contact deformation and stability of the base structure elements of 3D touch probe on the measurement force value are determined.

Key words: 3D touch probe, coordinate measurement, measurement force

ВЪВЕДЕНИЕ

Основните елементи на трикоординатната измервателна глава (ТИГ) са неподвижна и подвижна база, която се притиска с пружина. Като се изходи от изискването да се осигури минимален дял в сумарната грешка при измерване и се има предвид установената връзка между т.нар. мъртъв ход и големината на измервателната сила [1, 6, 7], съответно големината на пружинната сила (ТИГ), следва, че е важна задачата да се постигат условия за работата ѝ, осигуряващи минимална пружинна сила [4, 5]. Решението е обвързано с отчитане на всяко от трите ѝ основни работни състояния – установяване, готовност и измерване и определяне влиянието на всички фактори, имащи значимо въздействие.

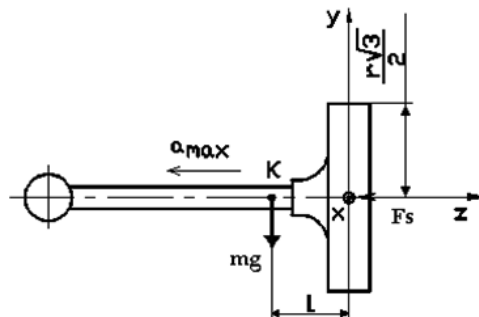
ИЗЛОЖЕНИЕ

В работата са анализирани следните фактори:

1. Влиянието на ускорението и масата при задаване на минимална пружинна сила

Състоянието "Готовност" на ТИГ изисква подвижният елемент да остане устойчиво в базирано положение когато измервателната глава заема позиция в пространството при най-неблагоприятните работни условия. Такъв е случаят, когато оста на ТИГ е хоризонтална, а металоуреждащата машина е в режим на линейно, ускорително движение (бърз ход) по хоризонтална работна ос Z. За показания на фиг.1 модел следва да се определи пружинната сила F_s във функция на масата на подвижния елемент и ускорението.

В случая е необходимо да бъде зададена пружинна сила F_s с големина, достатъчна за да не се допусне нарушаване на контакта между подвижния елемент



Фиг.1. Схема за определяне на силата F_s в състояние "Готовност"

и неподвижната база в базовите точки при движение с ускорение на ТИГ напред (посока $-Z$). От схемата следва, че трябва да е изпълнено условието:

$$(F_s - m \cdot a_{\max}) \cdot r \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} > mgL \quad (1)$$

или

$$F_s > m \left(\frac{2gL}{r\sqrt{3}} + a_{\max} \right) \quad (2)$$

Ако в получената зависимост (2) се зададат стойности на аргументите: $m = 22,9g$ - маса на подвижната част на ТИГ, включваща подвижна база заедно с накрайник и осезател;

K - център на тежестта на подвижната част;

$L = 17mm$ - разстояние от K до равнината на контакта;

$a_{\max} = 13.3m/s^2$ - максимално ускорение при движение на МРМ;

$r = 17mm$,

за F_s се получава:

$$F_s > 22,9 \cdot \left(\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 17 \cdot 10^{-3}}{17 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{3}} + 13,3 \right)$$

$$F_s > 0,564N$$

2. Влияние на контактните напрежения, ограничаващи максималната пружинна сила

Тъй като подвижната база е притисната към неподвижната от пружината с определена сила, в зоните на допирание възникват контактни напрежения. Големината им зависи от пружинната сила и формата на контактните повърхнини. Отчитайки наличието на нормални сили в зоните на контакт, сферичната форма на челата на иглените ролки на подвижната база и равнинната форма на челата на ролките от неподвижната база и размерите им може да се пресметне максималното налягане:

$$q = 0,388 \cdot 3 \sqrt{\frac{PE^2}{R^2}} \quad (3)$$

или след преобразуване да се пресметне максимално допустимата нормална сила в контактните точки.

$$P = \frac{q^3 \cdot R^2}{0,388^3 \cdot E^2} \quad (4)$$

където: $P = N_i = 0,6N$ е големината на нормалната опорна реакция във всяка контактна точка;

$E = 2,1 \cdot 10^{11} Pa$ - модул на еластичност за материала на базите;

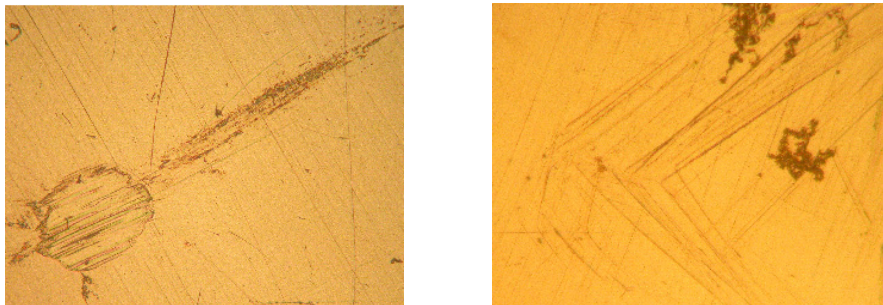
$R = 1mm = 1 \cdot 10^{-3}m$ - радиус на сферата в челото на иглената ролка

След заместване в (3) за q се получава: $q = 1,156 \cdot 10^9 Pa$

А след заместване в (5) се получава максимално допустимата опорна реакция:

$$P = 4,65N$$

Влиянието на контактните напрежения е изследвано чрез експеримент, при който е зададена нормална сила в контактите $P=0.6\text{N}$ и е реализирана циклична работа на ТИГ. След около 40 хил. работни цикъла е регистрирано нарушаване в целостта от повърхността на неподвижната база - фиг.2.



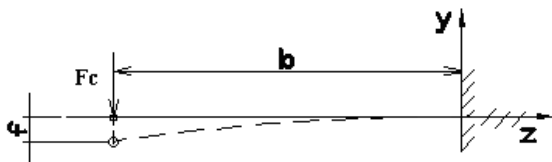
Фиг. 2. Износване на неподвижната база в резултат на контактни напрежения

Вследствие нарушаване на повърхността се затруднява изпълняването на състояние "установяване" и се влошава надеждността на работа на ТИГ. С цел намаляване ефекта на въздействие от контактни напрежения спрямо базовите елементи е приложено нанасяне на подходящи покрития по работните им повърхности. От експериментално изследваните най-удачно се оказва т.нар. вакуумно оксикарбонитриране [2,3], характеризиращо се с висока износоустойчивост и с нисък коефициент на триене. Ефектът от него се изразява в неколкосткратно удължаване на срока на работоспособност на измервателната глава.

3. Влияние на огъването на накрайника върху големината на мъртвия ход

Тъй като мъртвият ход на ТИГ е резултат и на огъването в отделните й елементи, следва да се определи това тяхно влияние. Отчитайки конструктивните особености на измервателната глава се очаква най-значимо да е влиянието от огъване на накрайника, особено като се има предвид съотношението между неговите размери - дължина/сечение и необходимостта да е възможно най-лек. За постигане на ниско тегло и същевременно голям съпротивителен огъващ момент удачни за накрайници са тела с форма на кух цилиндър или конус.

В случая, показан на фиг. 2, определянето на големината на огъването на накрайника се свежда до решаване на задача от механиката.



Фиг. 2. Схема за определяне деформацията на накрайника

Накрайникът се разглежда като запълната цилиндрична гредка, в края на която е приложена напречна сила, равна на измервателната сила в равнина XY . Ако накрайникът е от стомана, плътен, с цилиндрична форма за схемата на фиг. 2 се прилага зависимостта:

$$f = \frac{F \cdot b^3}{3EJ} \quad (5)$$

Приемат се следните конкретни стойности:

$F = 1\text{N}$ е възможна радиална сила при измерване;

$b = 50\text{mm} = 5 \cdot 10^{-2}\text{m}$ - дължина на накрайника;

$E = 2,1 \cdot 10^{11}\text{Pa}$ - модул на еластичността за стомана;

$$J = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi (2 \cdot 10^{-3})^4}{4} = \pi \cdot 4 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4 \quad (6)$$

След заместване в зависимост се получава:

$$\begin{aligned} f &= \frac{1 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^3}{3,2 \cdot 1 \cdot 10^{11} \cdot \pi \cdot 4 \cdot 10^{-12}} = \frac{5^3 \cdot 10^{-6}}{3,2 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 4 \cdot 10^{-1}} = \frac{125}{6,3 \cdot \pi \cdot 4} \cdot 10^{-5} \text{ m} \\ &= 1,5797 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 15,8 \cdot 10^{-6} \text{ m} \\ &= 15,8 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Ако накрайникът е цилиндрична тръбичка от стъкло:

$$E = 0,54 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad (7)$$

$$D = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{1 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 64}{3,0,54 \cdot 10^{11} \cdot \pi \cdot \left((5 \cdot 10^{-3})^4 - (2,5 \cdot 10^{-3})^4 \right)} = \\ &= \frac{5^3 \cdot 64 \cdot 10^{-6}}{3,0,54 \cdot 10^{11} \cdot \pi \cdot (5^4 - 2,5^4) \cdot 10^{-12}} \\ &= 2,684 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 26,84 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Трябва да се има предвид, че тъй като запънатото състояние на подвижния елемент към неподвижния се дължи на триенето между базите, то осигуряването на това условие е възможно единствено ако огъващият момент е по-малък от силата на триене.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сумарната маса на подвижния елемент, конструкционните му размери и ускорението на машината са един от критериите, задаващи минимална големина на пружинната сила F_s .

2. Независимо от неголемите стойности на силата на пружината в контактните точки възникват големи напрежения. Големината на контактните напрежения задава ограничително условие за максимална стойност на силата на пружината F_s .

3. Огъването на накрайника има значителен дял при формиране на систематичната съставна на грешката на ТИГ и зависи от големината на измервателната сила, съпротивлението на огъване на материала, сечението и дължината му.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] BLUM, Probe Catalog, 2006;
- [2] Данев, П., М. Николова, Вакуумно оксикарбонитриране на сплави на желязна основа легирани с карбидо и нитридообразуващи елементи – част I, част II, Национална конференция по машиностроене и машинознание, Варна, 8-10.септември. 2010.
- [3] Danev, P., D. Gospodinov, R. Radeva, Vacuum oxycarbonitriding of articles of X12 tool steel, 1st International Conference on Heat Treatment and Surface Engineering of Tools and Dies. Pula, 08.06-11.06.2005.
- [4] Димитров Д., "Трикоординатна измервателна глава" , АМТЕСН'07 ноември, Габрово
- [5] Димитров Д., "Статичен силов анализ на трикоординатна измервателна глава", Национална конференция по машиностроене и машинознание, Варна, 8-10.септември. 2010.
- [6] HEIDENHAIN, General Catalog, November, 2006;
- [7] RENISHAW, Touch-trigger probing technology Catalog, 2007

За контакти:

гл.ас. Димитър Димитров, катедра "ТММРМ", РУ"Ангел Кънчев" – Русе,
e-mail: ddimitrov@uni-ruse.bg,



РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ“
UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

ДИПЛОМА

Програмният комитет на
Научната конференция RU&SU'10
нагрждава с КРИСТАЛЕН ПРИЗ
“THE BEST PAPER”

**ДИМИТЪР ДИМИТРОВ, СВЕТЛАНА КОЛЕВА,
ВИКТОРИЯ КАРАЧОРОВА**
автори на доклада

“Изследване влиянието на определящи фактори
от трикоординатна измервателна глава
върху силата на измерване”

DIPLOMA

The Programme Committee of
the Scientific Conference RU&SU'10
Awards the Crystal Prize
"THE BEST PAPER"

**to DIMITAR DIMITROV, SVETLANA KOLEVA,
VIKTORIA KARACHOROVA**
authors of the paper

“Study of the influence of a 3D touch probe
defining factors on the measuring force”

РЕКТОР
RECTOR

доц. д-т н Христо Белоев
Prof. DSc Hristo Beloev

30.10.2010