

Изследване на връзката между наклона на неподвижните бази и силата при измерване с трикоординатна глава

Димитър Димитров, Иван Замфиров, Милко Енчев, Георги Ненов, Светлана Колева

Abstract: An experiment for verifying the conclusions from the theoretical force model of 3D touch probe was carried out. Samples with a different fixed base slope are tested. The testing results are presented

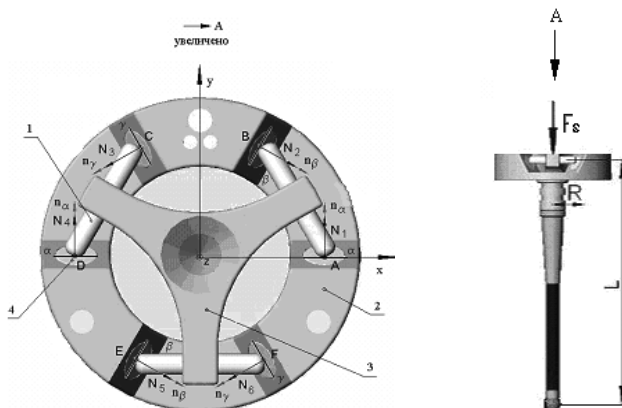
Key words: 3D touch probe, coordinate measurement, measurement force

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на трикоординатна измервателна глава (ТИГ) при реализиране на система за координатни измервания на металорежеща машина с цифрово-програмно управление поставя задачата за намаляване на дела на грешката на ТИГ във формиращата се сумарна грешка при измерване. Работата на ТИГ се описва с три работни състояния – установяване, готовност и измерване, като всяко от тях има дял в сумарната грешка. В случая е необходимо да се отчете, че основен дял в сумарната грешка има т.нар. мъртъв ход, който възниква при състояние “измерване”. Експериментално установено е [1,4,5], че мъртвият ход зависи право пропорционално от силата при измерване, която от своя страна също има постоянна, законопроменлива и случайна съставна. Следователно е необходимо да се определят и осигурят условия на работа на ТИГ при минимална измервателна сила.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За конструкцията на ТИГ (фиг.1) с равномерно разпределени базови точки, работеща по кинематично-съпротивителна схема е разработен теоретичен силов модел на състоянието „готовност” [3]. Моделът отчита влиянието на наклона и разположението на неподвижните бази (4), големината на пружинната сила и коефициента на триене в контактните точки.



Фиг. 1. Силов модел на ТИГ с равномерно разположени бази

Връзката между изброените фактори се описва при задаване на условие за равновесие, което се представя с израз (1) и (2):

$$\sum Z_i = 0; \quad (1)$$

$$-F_S + 6N_i \sin \delta + 6T_i \cos \delta = 0, \quad (2)$$

След съответни преобразувания и опростяване (2) добива вида:

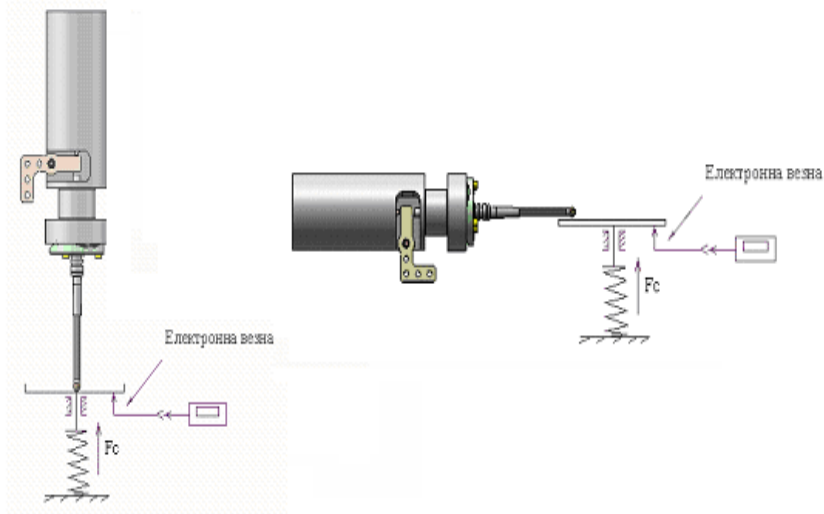
$$N_{i \min} = \frac{F_S \sin \delta_1}{6} \quad (3)$$

От анализа на зависимост (3) следва, че минимална сила при измерване и съответно минимална сила на пружината се получава при минимална нормална, опорна реакция. Такова условие може да се осигури при конструкция на ТИГ с наклон на неподвижните бази, равен на ъгъла на триене.

Ако се приеме, че за използваните базови елементи и работни условия в зоната на контакт възможният коефициент на триене може да бъде в границите $\mu_0=0.07 \div 0.2$, то за ъгъла на наклон се пресмята: $\delta = 4^\circ \div 12^\circ$

За проверка на теоретично установения минимум на измервателната сила и зависимостта ѝ от ъгъла δ на наклона на базите е проведен експеримент. При него е използвана измервателна установка (фиг.2), която включва:

- изпитвани детайли от конструкцията на ТИГ (пружина, подвижна и неподвижна база)
- машина с ЦПУ - център МС-032;
- специално приспособление за установяване на изпитваните детайли от ТИГ;
- електронна везна.

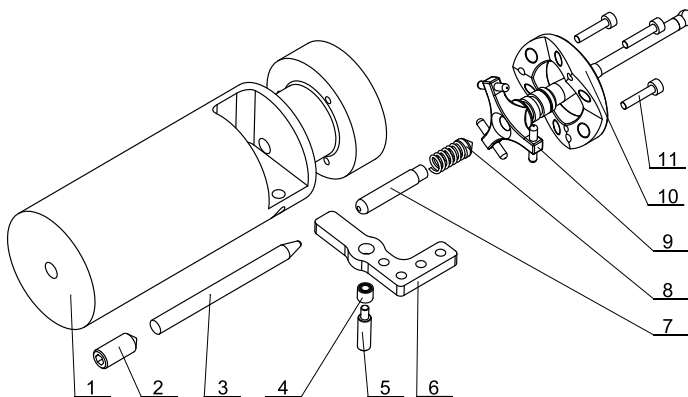


Фиг. 2. Схема на експерименталната установка в основни работни положения

За да се осигурят условията, при които трябва да се осъществят на експерименталните изследвания е конструирано специално приспособление (фиг.3), което осигурява:

- индентично взаимно разположение на изпитваните базови елементи както това в ТИГ;
- възможност при тестванията неподвижния базов елемент на ТИГ да бъде изпитван при различни работни ъгли положения в пространството;
- лесно задаване на различни определени стойности на измервателното усилие чрез регулирането на силата на пружината.

След сглобяване на всеки изследван образец заедно с останалите елементи от измервателната установка, чрез регулиращия винт (2) се настройва пружината (8), така че да се гарантира устойчиво „установяване“ на (9) към (10) и сигурно състояние „готовност“, независимо от ускоренията, които се получават при



Фиг. 3. Приспособление за изследване на ТИГ .

- 1 – корпус, 2 –винт регулиращ, 3 – дистанционен елемент, 4 – лагер, 5 – ос, 6 – лост, 7 – бутало, 8 – пружина, 9 – подвижен базов елемент, 10 – гривна, 11 – винт

позициониране по работните оси на МРМ с ЦПУ. Това може да се постигне след подходящи предварителни пресмятания или както в случая по метода на пробите като се започне от задаване на по-малки стойности, към по-големи и многократно се проверява надеждността на работа на ТИГ, когато тя се намира в пространството в най-неблагоприятно положение (фиг.2,б). В този случай сумарното тегло на подвижната база и накрайника затруднява установяването на подвижната база към неподвижната.

Такова работно състояние на ТИГ е характерно за обработващите центри с хоризонтална ос на вретеното и е различно от типичното за измервателните машини, при които оста е най-често вертикална.

При експеримента с електронна везна се отчита силата при измерване F_c .

Първоначално се изследва силата F_c по оста Z при вертикално работно положение на ТИГ в пространството.

След това се изследва силата F_c в равнината XY при хоризонтално работно положение на ТИГ в пространството.

Управлявани фактори в експеримента са:

- големина на пружинната сила;

- скорост на движение при измерване;
 - ъгъл на наклон на повърхнините на неподвижната база.
- Останалите условия на провеждане на експеримента са следните:

- Маса на отделните елементи:
 - * подвижна база - 14,5g.
 - * крайник стоманен с дължина 50mm и тегло - 8,4g.
 - * бутало с пружина - 10,3g.

- Измерванията са изпълнени при вертикално (по ос Z) и хоризонтално (в равнина XY) работно положения на ТИГ (фиг.2)

- За начално ъглово положение на неподвижната база при измерване в равнината XY на ТИГ е прието положението, при което измервателната сила е насочена срещу двойка базови точки.

- Следващите измервания са след завъртане около ос Z през 5°.

- Измерванията се осъществяват със стоманен, сферичен осезател чрез докосване към твърда повърхност.

- За удобство при отчитане на показанията на електронната везна е предвидено времезадържане 3s.

Изследвани са три образеца на неподвижната база с δ , съответно 60°, 30° и 15°. като пръстенът (2) за всяка неподвижна база е изработен в лабораторията по ресурсоспестяващи технологии и бързо прототипиране към РУ^А. Кънчев” на триизмерен принтер по метода, представен в [6].

Наклонът от 60° е избран въз основа на практическия опит при установяване на валове между центри.

Наклонът от 15°, в сравнение с определения въз основа на теоретичния анализ е завишен поради възникващи конструктивни проблеми при изработване и сглобяване на двойка подвижна и неподвижна база.

Наклонът от 30° е избран като междинна стойност на по-горе посочените.

Скоростта на движение при измерване е 3mm/min, 30mm/min и 300mm/min.

Големината на пружинната сила се подбира опитно, така че да осигури надеждна работа на ТИГ.

Стойностите са получени след петкратни еднопосочни измервания и изчисляване на средната стойност във всяка „точка”.

Данните от измерванията на силата F_{Cz} при сила на пружината $F_s=1,91N$ и скорост на подаване $S=3mm./min$ във вертикално положение (по ос Z) са представени в таблица1.

Табл. 1

№ на измерването	$F_{Cz}, [N]$		
	$\delta=15^\circ$	$\delta=30^\circ$	$\delta=60^\circ$
1	1,30	2,00	2,125
2	1,16	1,98	2,169
3	1,26	2,03	2,159
4	1,32	2,04	2,194
5	1,24	1,98	2,105
средна стойност	1,256	2,006	2,150

При измерване в равнината XY през интервал от 5° и ъгъл на наклона $\delta=60^\circ$ е отчетена измервателна сила в границите $0,33\pm 0,4N$, а при $\delta=30^\circ$ - в границите $0,42\pm 0,7N$

Анализ на получените резултати.

1. При използване на неподвижна база с ъгъл 15° се получава ниска надеждност на работата на ТИГ при хоризонтално работно положение и не се постига устойчива работа независимо от промяната на скоростта на измерване и големината на пружинната сила.

2. За неподвижни бази с ъгъл 60° и 30° е установена еднаква пружинна осева сила 1.6N, гарантираща надеждно „установяване“ и „готовност“.

3. При изследване във вертикално работно положение, т.е. когато измервателната сила е по оста на ТИГ, най-голяма сила е отчетена за база с ъгъл 60° , а най-малка за ъгъл 15° , което потвърждава теоретичния резултат.

4. При изследване в хоризонтално работно положение измервателната сила, получена при база 60° е по-голяма в сравнение с тази при база 30° .

5. Увеличаването на скоростта на измерване води до увеличаване на средната стойност на измервателната сила и разликата между максималната и минималната сила.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Експерименталното изследване потвърждава теоретичния извод, че измервателната сила намалява с намаляване на ъгъла на наклон на работните повърхнини на неподвижната база.

2. Ненадеждната работа на ТИГ в хоризонтално работно положение при 15° на работните повърхнини се дължи на недостатъчните по големина центроваци сили, които трябва да преодолеят теглото на подвижната база и съпротивлението на силите на триене.

3. Определянето на ъгъла на наклон на неподвижната база се превръща в оптимизационна задача, свързана с едновременно удовлетворяване на изискванията към наклона при изпълняване на състоянията „измерване“ и „установяване“.

ЛИТЕРАТУРА

[1] BLUM, Probe Catalog, 2006;

[2] Димитров Д., „Трикоординатна измервателна глава“, АМТЕСН'07 ноември, Габрово

[3] Димитров Д., „Статичен силов анализ на трикоординатна измервателна глава“, Известия на Съюза на учените – Варна, 2010;

[4] HEIDENHAIN, General Catalog, November, 2006;

[5] RENISHAW, Touch-trigger probing technology Catalog, 2007

[6] Иванов Ал., „Ресурсоспестяващи технологии и бързо прототипиране – мост между образование, наука и промишленост“, списание CIO - CAD/CAM & GIS, брой 8, септември 2008, стр80

За контакти:

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

Докладът е рецензиран.