

## Изследване точността на статичното настройване на обработващи центри при вариантност на базите

Димитър Димитров

**Abstract:** *Using the verification and temporary supporting base of CNC machine tools. Comparison about accuracy of technology system static setting in CNC machines upon automatically sizes receiving using verification, temporary and supporting technology base is made.*

**Key words:** *static adjustment, comparison*

### ВЪВЕДЕНИЕ

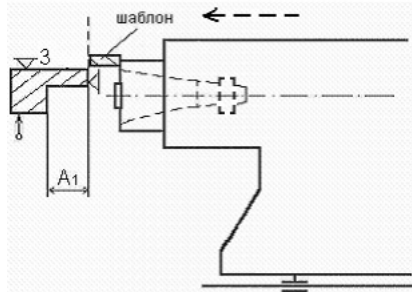
Използването на опорна и настройваща база при механично обработване на детайлите чрез рязане е теоретично и практически доказана препоръка за осигуряване на точността на размерите, зададени спрямо тях без въвеждане на грешка от базиране. Често поради конструктивни причини и специфика в оразмеряването на даден детайл обаче е невъзможно спазването на принципа за съвместване на базите, а именно осигуряване съвпадане на измервателна (конструкторска) база с опорна или настройваща технологична база. От друга страна, когато се прилага автоматично получаване на размерите при обработване на детайл върху металорежеща машина (МРМ) с цифрово-програмно управление (ЦПУ) съществуват удобни възможности за въвеждане на условна (временна) опорна база. Такива възможности при обработващите центри са използването на повърхнини от вретеното, използването на подходящ дорник или дори на повърхнини от първия режещ инструмент за условна опорна база на заготовката при нейното установяване в приспособлението. Аналогична е възможността [1, 2] при струговете с ЦПУ за същата цел да се използват елементи и повърхнини от инструменталната револверна глава или от първия режещ инструмент. Друга възможност е въвеждане на проверочна база чрез координатни измервания като за целта МРМ с ЦПУ работи в измервателен режим с помощта на трикоординатна измервателна глава (ТИГ). Ако не се анализира и отчита евентуалното опростяване на конструкцията на приспособлението и удобството при работа основен интерес представлява осигуряваната точност на изброените варианти. Това определя и целта на настоящата работа да бъдат сравнени по точност описаните възможности за статично настройване на технологичната система на обработващ център (в частност за обработващ център MC032).

### ИЗЛОЖЕНИЕ

За всеки от вариантите точността се оценява аналитично чрез големината на сумарната грешка ( $\varepsilon_{Ai}$ ) на получаван размер ( $A_i$ ). Отчитайки характеристиките на съставните на  $\varepsilon_{Ai}$ , при нейното определяне е приложен вероятностният метод на сумиране, а за пресмятане са използвани експериментални данни за съставните грешки.

На фиг.1 е представена типична схема за установяване на корпусен детайл към приспособление на обработващ център MC 032. Целта е при обработване да се осигури точността на размер  $A$ , зададен от опорна технологична база. При настройване на машината за работа трябва да се определи положението на опорната база от приспособлението по направление на работна ос  $Z$ . За целта, както е показано на фигурата може да се използва подходящ твърд шаблон, хлабиномерна пластина или плоскопаралелна краищна мярка. В ръчен режим на управление челото на вретеното се доближава до базата като същевременно настройчикът извършва възвратно-постъпателни движения с шаблона между

вретеното и базата на приспособлението за да контролира наличието на хлабина между тях до нейното изчерпване.



Фиг.1 Настройване на опорна база с шаблон

В случая по вероятностния метод се пресмята сумарна грешка от настройване  $\Delta_{\omega}$ , която по произход е случайна, но впоследствие при обработване на партида детайли проявлението ѝ е с постоянна големина и посока, т.е. тя има характеристиките на постоянна грешка:

$$\Delta_{\omega} = \Delta_{ш} + \frac{1}{k_{\Sigma}} \cdot \sqrt{k_i \cdot \omega^2_{\text{поз.м.н.}} + k_i \cdot \omega^2_{\text{контр.хл.}}} \quad (1)$$

където:

$\Delta_{ш}$  е постоянната грешка в размера на шаблона, включително и грешката от топлинните му деформации и износване .

$\omega_{\text{поз.м.н.}}$  е случайната грешка от позициониране на машината при настройване;

$\omega_{\text{контр.хл.}}$  е случайната грешка при контролиране на хлабината с шаблона;

$k_i$  - са коефициенти на относително разсейване на всяка компонента;

$k_{\Sigma}$  - тук и в следващите зависимости е обобщен коефициент на относително разсейване на изходната величина.

Сумарната грешка  $\varepsilon_{A_1}$  на размера  $A_1$  се получава по следната зависимост:

$$\varepsilon_{A_1} = \Delta_{\omega} + \frac{1}{k_{\Sigma}} \cdot \sqrt{k_i \cdot \omega^2_{\text{закр.}} + k_i \cdot \omega^2_{\text{поз.м.обр.}} + k_i \cdot g^2_{\text{т.д.}}} \quad (2)$$

където:

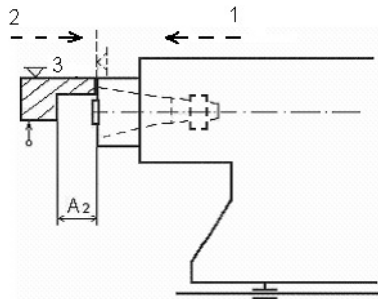
$\omega_{\text{поз.м.обр.}}$  е случайната грешка от позициониране на машината при обработване на повърхнината за получаване на размера  $A_1$ ;

$\omega_{\text{закр.}}$  е случайната грешка от закрепване на заготовката;

$g_{\text{т.д.}}$  е систематична законопроменлива грешка от топлинни деформации в технологичната система.

За партидата сумарната грешка от настройване ( $\Delta_{\omega}$ ) при получаване на размера  $A_1$  в последния израз може да се пренебрегне тъй като съществува възможност да се компенсира чрез поднастройване на технологичната система. Следователно може да се приеме, че:

$$\varepsilon_{A_1} = \frac{1}{k_{\Sigma}} \cdot \sqrt{k_i \cdot \omega^2_{\text{закр.}} + k_i \cdot \omega^2_{\text{поз.м.обр.}} + k_i \cdot g^2_{\text{т.д.}}} \quad (3)$$



Фиг.2 Настройване по условна опорна база

На фиг.2 е показана схема на вариант за установяване на заготовката, при който челото на вретеното се използва за условна опорна база. По команда, в автоматичен режим на управление на машината челото на вретеното се позиционира в предварително избрана точка в зоната на приспособлението. След частично базиране на заготовката към приспособлението, тя се премества до допиране с вретеното, т.е. до окончателно базиране и се закрепва. По нататък се продължава с обработването по програма.

За този вариант сумарната грешка  $\varepsilon_{A_2}$  на размера  $A_2$  се получава по следната зависимост:

$$\varepsilon_{A_2} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \cdot \sqrt{k_i \cdot \omega^2_{\text{поз.м.уст.}} + k_i \cdot \omega^2_{\text{закр.}} + k_i \cdot \omega^2_{\text{поз.м.обр.}}} \quad (4)$$

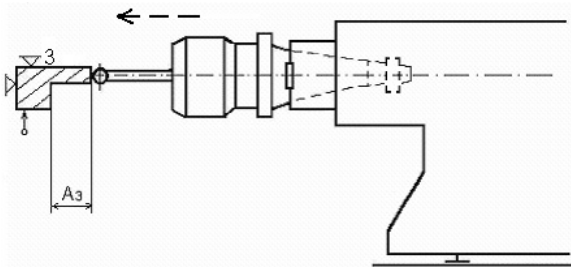
където:

$\omega_{\text{поз.м.уст.}}$  е случайната грешка от позициониране на машината при установяване на заготовката;

$\omega_{\text{поз.м.обр.}}$  е случайната грешка от позициониране на машината при обработване на повърхнината и получаване на размера  $A_2$ ;

$\omega_{\text{закр.}}$  е случайната грешка от закрепване на заготовката.

На фиг. 3 е показана схема на варианта с въвеждане на проверочна база чрез координатни измервания с ТИГ. След установяване на заготовката в приспособлението чрез системата за координатни измервания, при която обработващият център с помощта на ТИГ работи като измервателна машина е



Фиг.3 Настройване по проверочна база чрез координатни измервания

възможно чрез координатни, едноточкови, еднопосочни измервания по повърхнината (конструкторска база за размера  $A_3$ ) да се определи нейното

положение и да се зададе като проверочна база. За този вариант сумарната грешка ( $\varepsilon_{A3}$ ) на размера  $A_3$  се получава по следната зависимост:

$$\varepsilon_{A_3} = \frac{I}{K_{\Sigma}} \cdot \sqrt{k_i \cdot \omega_{\text{поз.м.обр.}}^2 + k_i \cdot \omega_{\text{СКИ}}^2} \quad (5)$$

където:

$\omega_{\text{СКИ}}$  е случайната грешка от измерване със системата за координатни измервания (СКИ);

$\omega_{\text{поз.м.обр.}}$  е случайната грешка от позициониране на машината при обработване на повърхнината и получаване на размера  $A_3$ ;

При сравняване на изрази (3), (4) и (5) могат да се направят някои възможни допускания и опростявания:

- Приема се, че съответните коефициенти  $k_i$  и  $k_{\Sigma}$  във всеки от изведените изрази на разгледаните варианти са едни и същи.

- Приема се, че случайната грешка от позициониране на машината при настройване на опорната база ( $\omega_{\text{поз.м.н.}}$ ), при установяване на заготовката ( $\omega_{\text{поз.уст.}}$ ) и при обработване на заготовката ( $\omega_{\text{поз.м.обр.}}$ ) е една и съща:

$$\omega_{\text{поз.м.н.}} = \omega_{\text{поз.м.уст.}} = \omega_{\text{поз.м.обр.}} \quad (6)$$

- Приема се, че случайната грешка от закрепване на заготовката ( $\omega_{\text{закр.}}$ ) е еднаква.

- Следователно при сравняване на изразите (3), (4) и (5) за разгледаните вариантите на установяване на заготовката общите съставни могат да бъдат изключени и да бъдат взети предвид само разликите в тях съответно:

$$\varepsilon_{A1} = f(\omega_{\text{закр.}}, g_{\text{м.д.}}) \quad (7)$$

$$\varepsilon_{A2} = f(\omega_{\text{закр.}}, \omega_{\text{поз.м.уст.}})$$

$$\varepsilon_{A3} = f(\omega_{\text{СКИ}})$$

По данни на производителя и на [1] измерената случайна грешка при позициониране  $\omega_{\text{поз.м.}}$  по ос Z на обработващ център MC 032 е от порядъка на:

$$\omega_{\text{поз.м.}} = 0.005 \text{ mm}$$

В [1] са публикувани и изследвания на топлинните деформации  $g_{\text{т.д}}$  на MC 032 по ос Z. След 3 и 6 часа работа на машината са отчетени съответно стойности:

$$g_{\text{м.д.}} = 0.045 \text{ mm} \quad \text{и} \quad g_{\text{м.д.}} = 0.1 \text{ mm}$$

Случайната грешка  $\omega_{\text{СКИ}}$  на системата за координатни измервания при подавателна скорост 30mm/min. съответно е:

$$\omega_{\text{СКИ}} = 0.006 \div 0.008 \text{ mm}$$

Експериментално е установено, че при закрепване на призматична заготовка, базирана по начините, разгледани в първия и втория вариант, т.е. използва се опорна база, се получава случайна грешка от закрепване, дължаща се на еластични и контактни деформации в заготовката и опорите. В резултат се формира случайна грешка от закрепване  $\omega_{\text{поз.}}$ , чиято големина достига стойности от порядъка на:

$$\omega_{\text{закр.}} = 0.005 \div 0.007 \text{ mm}$$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на приведените конкретни стойности за съставните грешки ( $\omega_{\text{закр.}}$ ,  $\vartheta_{\text{т.д}}$  и  $\omega_{\text{ски}}$ ) след използване на зависимости (3), (4) и (5) и анализ на получените резултати могат да се формулират следните изводи:

1. При получаване на размера  $A_2$  от условна опорна база грешката от настройване е по-малка от съответната грешка при получаване на размера  $A_1$  от постоянна опорна база поради изключване влиянието на топлинните деформации.

2. С въвеждането на проверочна база чрез координатни измервания с ТИГ се изключва грешката от закрепване ( $\omega_{\text{закр.}}$ ). И тъй като въведената при този вариант грешка от системата за координатни измервания ( $\omega_{\text{ски}}$ ) винаги е по-малка от сумарната грешка ( $\varepsilon_{A2}$ ) за варианта с условна опорна база следва изводът, че сумарната грешка ( $\varepsilon_{A3}$ ) при настройване със СКИ по проверочна база е по-малка от съответната ( $\varepsilon_{A2}$ ) при използване на условна опорна база.

3. От разгледаните три варианта размера  $A_3$  се получава с най-малка грешка ( $\varepsilon_{A3}$ ) при въвеждане на проверочна база със СКИ, а с най-голяма ( $\varepsilon_{A1}$ ) размерът  $A_1$  при използване на опорна база след настройване с шаблон, което се представя със следния израз:

$$\varepsilon_{A3} \leq \varepsilon_{A2} \leq \varepsilon_{A1} \quad (8)$$

4. За аналогични случаи на установяване, обработвани повърхнини на заготовката и стойности на съставните грешки с подобно съотношение на големините им се препоръчва използването на условна опорна или на проверочна база, определена чрез координатни измервания.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] М.Енчев "Автоматично настройване и поднастройване на стругове с ЦПУ", дисертационен труд за присъждане на ОКС доктор, Русе 2005г.

[2] Ив.Замфиров, М.Енчев, Св. Колева, Точность автоматической наладки токарных станков с ЧПУ, част 1 – Начальная наладка, Машиностроение и техносфера XXI века // сборник трудов XVI МНТК в г. Севастополе, 14-19 септ. 2009, в 4 тома, Донецк: ДонНТУ, 2009, т.1, с.248-252;

[3] Г.Гатев "Размерни вериги" Техника, София 1979г.;

[4] И.Замфиров "Технология на машиностроенето-1", Русе 2000г.

### За контакти:

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

### Докладът е рецензиран