

РАЗМЕРНО НАСТРОЙВАНЕ НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА ПАРТИДА ДЕТАЙЛИ

РАЗМЕРНАЯ НАСТРОЙКА МЕТАЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ

DIMENSION ADJUSTMENT OF MACHINE-TOOLS FOR PROCESSING OF BATCH OF PARTS



Eng. Salapateva S., PhD, Eng. Lengerov A., PhD, Eng. Chetrokov I., PhD,
 Assoc. Prof. Eng. Georgiev V., PhD
 Technical University of Sofia, Plovdiv branch, Bulgaria
 E-mail: mtpt@tu-plovdiv.bg

Abstract: The dimension adjustment of automated machine-tools depends the accuracy of processed parts and the continuance of machining until the process parameters are disrupted. The present paper specifies the limit conditions for supplying of dimension adjustment using test parts it also inserts evaluation criteria for accomplishment of dimension adjustment.

KEYWORDS: CNC MACHINE TOOLS, CNC TURNING, REGRESSION EQUATION

1. Въведение

Размерното настройване при автоматично получаване на размерите се свързва с целесъобразно разполагане на диаграмата на точността на процеса в допусковото поле на размера на обработваната повърхнина. Това изисква да е налице априорна информация за характера на процеса – статистически стабилен или технологично стабилен [5,7]. Централната линия на диаграмата на точността в началото на процеса определя работния настроен размер L_{np} . Това е размерът, с който трябва да се получат първите обработени детайли след размерното настройване. Общоприето е [1, 2, 3, 4] при статистически стабилни процеси L_{np} да е равен на средния размер:

$$L_{np} = L_{cp} = \frac{L_{min} + L_{max}}{2} \quad (1)$$

При технологично стабилни процеси формулата за L_{np} се определя в зависимост от знака на тренда \tilde{b} в уравнението на регресия за средната стойност на размера:

$$L_{np} = L_{min} + \frac{\omega}{2}, \text{ при } \tilde{b} > 0; \quad (2)$$

$$L_{np} = L_{max} - \frac{\omega}{2}, \text{ при } \tilde{b} < 0, \quad (3)$$

където ω е мигновеното поле на разсейване на технологичния процес.

Когато точността на обработването не е висока (9 ÷ 10 степен), размерното настройване се извършва статично с помощта на еталонен детайл [2, 3, 4]. При по-висока точност се прилага метода на пробните детайли [8].

2. Изложение

Размерното настройване по метода на пробните детайли се осъществява на три етапа:

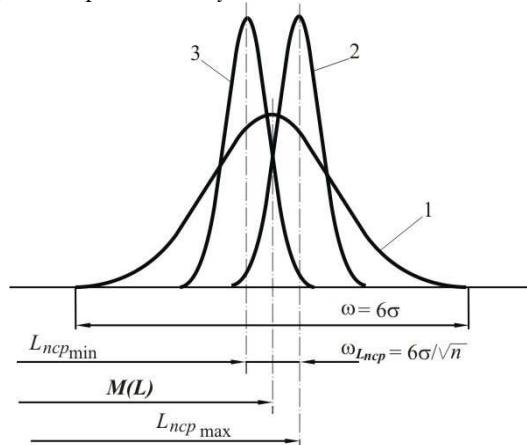
- начално размерно настройване;
- статистическа проверка за точността на настройването;
- внасяне на корекция в началното настройване.

Пробните детайли, обработени при началното размерно настройване представляват малка извадка от генералната съвкупност. Следователно, разсейването на средната им стойност спрямо средата на генералната съвкупност е

$\omega_{L_{np}} = \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$. Това е представено графично на фиг.1. Кривата

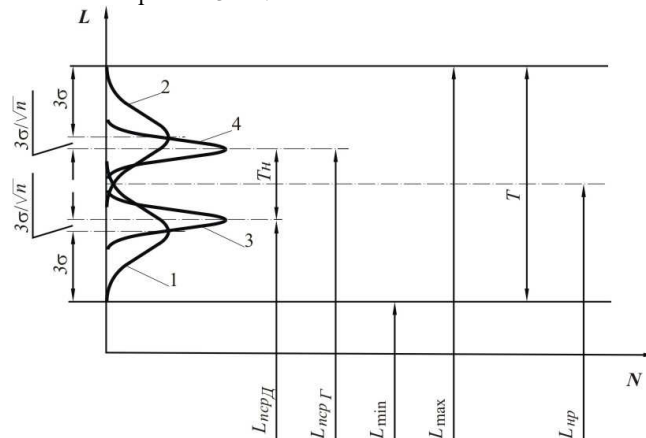
1 представя разсейването на генералната съвкупност, а

кривите 2 и 3 – на пробните детайли. Показано е възможното най-голямо изместване на средната стойност на пробните детайли в ляво и дясно спрямо математическото очакване $M(L)$ на генералната съвкупност.



Фиг.1

Ако технологичният процес е статистически стабилен в процеса на настройването е допустимо изместване на центъра на групиране на генералната съвкупност спрямо работния настроен размер, както е показано на фиг.2. Граничните положения под и над работния настроен размер тангират към долната и горна граници на допуска на обработваните детайли, съответно кривите 1 и 2 на фигурата. Допустимото изместване на средната стойност на пробните детайли, за да не се получи брак след настройването, е показано с кривите 3 и 4.



Фиг.2

Допустимите най-малка и най-голяма средни стойности на пробните детайли са:

$$L_{n_{cpD}} = L_{\min} + \omega_{изм} + 3\sigma + 3\sigma/\sqrt{n}; \quad (4)$$

$$L_{n_{cpT}} = L_{\max} - \omega_{изм} - 3\sigma - 3\sigma/\sqrt{n}. \quad (5)$$

Допускът на размерното настройване, като разлика на изразите (5) и (4), ще бъде:

$$T_n = T_p - 6\sigma(1 + 1/\sqrt{n}). \quad (6)$$

Ако във формула (6) се замести $6\sigma = \omega$, ще се получи:

$$T_n = T - \omega \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right). \quad (7)$$

За пълноценно използване на ресурса от точност на процеса се препоръчва [5,7] $\omega = (0,75 \div 0,85)T$. Ако се приеме средната стойност $\omega = 0,8T$, формулата (7) ще добие вида:

$$T_n = 0,2T \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}}\right). \quad (8)$$

От (8) следва, че за да е възможно размерното настройване по метода на пробните детайли трябва да е изпълнено условието:

$$1 - \frac{1}{\sqrt{n}} > 0, \quad (9)$$

т.е., необходимо е броят на пробните детайли да е $n > 16$, което е лишено от практически смисъл.

Следователно, при размерно настройване с пробни детайли не може да се изпълни препоръката $\omega = (0,75 \div 0,85)T$. Необходимо е полето на разсейване да е значително по-малко. За да се осигури $T_n > 0$, от уравнение (7) се получава условието:

$$\omega < \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n} + 1} T. \quad (10)$$

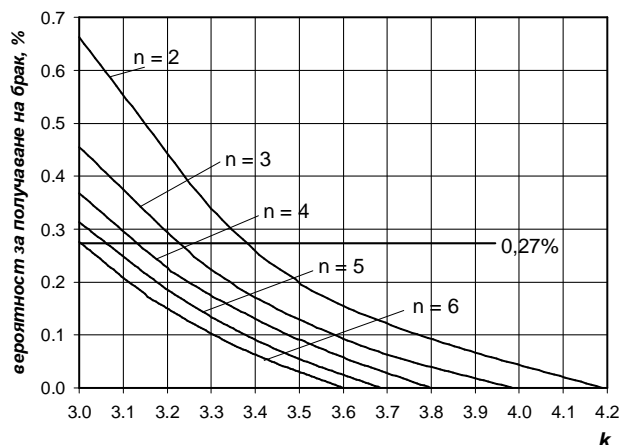
Например, при $n = 4$ е необходимо $\omega < \frac{2}{3}T$.

За да се облекчи размерното настройване се предлага [8] планиране на определен процент брак. Той се определя като събитие с условна вероятност. В този случай допускът на размерното настройване се получава:

$$T_n = T - 2k\sigma, \quad (11)$$

където k се определя в зависимост планирания процент брак и броя на пробните детайли.

За облекчение при определяне на k е предложена номограмата на фиг.3 [8].



Фиг.3

Вижда се, че при планиран брак 0,27% и 6 пробни детайла се получава $k = 3$. За този случай:

$$T_n = T - 6\sigma = T - \omega. \quad (12)$$

При тези предпоставки е изпълнима препоръката $\omega = (0,75 \div 0,85)T$.

Изложените разсъждения се отнасят за статистически стабилни процеси. При технологично стабилни процеси, когато се проявяват доминиращи систематични фактори, изискванията към мигновеното поле на разсейване се стесняват. Доказано е [6], че за размерно настройване с пробни детайли е необходимо $\omega \leq 0,5T$.

В съвременното машиностроене все по-рядко се наблюдава устойчиво едросерийно и масово производство. Конструкцията на изделията се променя динамично в резултат на ускореното техническо и технологично развитие, и промяната на пазарното търсене. При тези условия се налага намиране на решения за размерно настройване при неизвестни параметри на технологичния процес и честа смяна на обекта на производство.

При липса на априорна информация за процеса е необходимо да се осъществява наблюдение и да се приемат решения по натрупваща се информация от последователно обработените при едно размерно настройване детайли. Може да се приложи следния подход [6]:

1. Извършва се статично размерно настройване на размер равен на L_{cp} .

2. Обработка се малка извадка пробни детайли.

3. Определят се статистическите оценки на извадката – среден размер \bar{L}_1 , дисперсия S_1^2 и вероятно поле на разсеяване $\omega = 2kS$ на генералната съвкупност.

4. Определя се работния настроен размер по формулите (1), (2) или (3), според предполагаемия характер на процеса.

5. Определя се поправката в размерното настройване:

$$\Delta L_i = \bar{L}_1 - L_{цр}. \quad (13)$$

6. Въвежда се корекция в размерното настройване и започва обработване на партидата.

След обработване на всеки един детайл се измерва получения размер и се запълва масив от данни. След третия и всеки следващ детайл се определя уравнението на регресия по натрупания обем информация за размерите на обработените детайли:

$$\bar{L} = \tilde{a} + \tilde{b}N, \quad (14)$$

където N е броят на обработените детайли;

\tilde{a} и \tilde{b} - статистически коефициенти в уравнението на регресия.

В началото на процеса, поради малкия обем информация, се наблюдава значително колебание на ъгловия коефициент \tilde{b} на уравнението на регресия. Това явление може да се определи като прецесия на уравнението на регресия.

За да се използва уравнението на регресия за целите на размерното настройване е необходимо да са изпълнение две условия:

1. Уравнението на регресия да е адекватно.

2. Прецесията на уравнението на регресия да е затихнала до практически целесъобразно ниво.

Първото условие се проверява статистически по критерия на Фишер.

Второто условие се проверява, като разлика в достигнатите средни размери в две последователни уравнения на регресия:

$$\Delta \bar{L}_i = \bar{L}_i - \bar{L}_{i-1} \leq 0,1T, \quad (15)$$

където \bar{L}_i е средната стойност на размера от уравнението на регресия при $N = i$;

\bar{L}_{i-1} - средна стойност на размера от уравнението на регресия при $N = i - 1$.

Допустимото колебание $\Delta \bar{L}_i$ е прието да бъде по-малко от 10% от допуска на размера.

Ако са изпълнени двете условия може да се извърши проверка за статистическа значимост на разликата между достигнатия среден размер \bar{L}_i и работния настроен размер L_{np} :

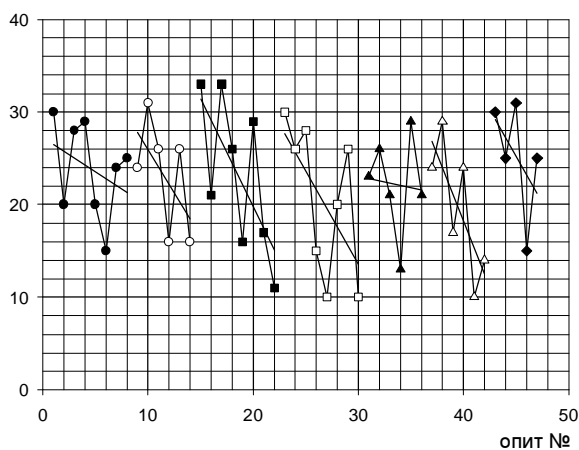
$$\Delta L_i = \bar{L}_i - L_{np} . \quad (16)$$

Проверката за статистическа значимост на ΔL_i се извършва по критерия на Стюdent.

Ако се установи статистическа значимост на разликата се извършва размерно поднастройване за нейното компенсиране. След поднастройването започва попълване на нов масив от данни и аналогична на изложената обработка на информацията.

Представеният алгоритъм на работа е приложен при разстъргване на партида втулки на струг с ЦПУ СТ161. Използва се компютърна обработка на информацията чрез специализиран софтуер за статистически анализ. По резултатите от анализа се извършва автоматично размерно поднастройване чрез системата за ЦПУ, управлявана от персоналния компютър.

На фиг.4 е показана точкова диаграма на резултатите от обработването на партидата. В резултат на въведеното динамично размерно поднастройване е постигнато сумарно поле на разсейване $\omega_{\Sigma} = 32 \mu m$ при мигновено поле на разсейване $\omega = 26 \mu m$.



Фиг.4

3. Заключение.

Проведеното изследване дава възможност да се направят следните изводи:

1. За размерно настройване по метода на пробните детайли е необходимо процесът да притежава значителен резерв от точност. При статистически стабилни процеси не може да се изпълни препоръката разсейването на размерите ω да е в границите $0,75T \leq \omega \leq 0,85T$, ако не се планира брак.

2. При технологични процеси, в които се появява доминиращ систематичен фактор, като размерно износване на инструмента и топлинни деформации на системата, прилагането на метода на пробните детайли е невъзможно при $0,75T \leq \omega \leq 0,85T$. Необходимо е $\omega \leq 0,5T$.

3. Пълноценно използване на зададения допуск на размера на обработваната повърхнина може да се постигне, като се следи процеса в реално време с контрол на обработените детайли и динамично се променя размерното настройване по резултатите от статистическа обработка на натрупващата се информация.

При прилагане на динамично размерно поднастройване може да се получи сумарно поле на разсейване на размерите близко по големина до мигновеното поле на разсейване.

Литература

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. Машиностроение. Москва, 1966.
2. Георгиев В., Ст. Пашов. Технология на машиностроенето. Основи на технологията на машиностроенето. ТУ – София, филиал Пловдив, 2003.
3. Пагарински П. Д. Технология на машиностроенето – част първа. Техника, София, 1964.
4. Пашов Ст. К. Технология на машиностроенето – част първа. ТУ – София, 1990.
5. Под редакцията на Пашов Ст. К. Справочник на технолога по механична обработка, част 1. Техника, София, 1989.
6. Салапатева С. Технологични изследвания за активен контрол при струговане на ММ с ЦПУ. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен “доктор”. Пловдив, 2005.
7. Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. Машиностроение. Москва, 1972.
8. Яхин А. Б., Ефремов П. В. Технология приборостроения. Оборонгиз. Москва, 1955.