

Изследване на процеса обстъргване за въвеждане на активен контрол с поднастройване при СТ161

Васил Георгиев, Силвия Салапатева

Research on the process of lathe turning with the purpose of implementing sub tuning active control in CT161: The usage of CNC metal-working machine-tools in serial production has created possibilities to increase their precision by implementing active control. With CNC lathes it is particularly suitable to carry out the control after finishing the operation. In this case the active control is best conducted through sub tuning. To apply this method, however, the process of dimensioning should meet certain requirements. This research assesses the suitability of the process of turning for implementing sub tuning active control.

Key words: machine engineering, mechanical processing, CNC metal-working machine-tools, active control.

ВЪВЕДЕНИЕ

Разширяването на областта на приложение на ММ с ЦПУ и в серийното производство е предпоставка, която дава възможност да се въведе активен контрол (АК) за повишаване на точността на обработването.

При стругове с ЦПУ разполагането на устройства за контрол на размера на обработваната повърхнина в зоната на рязане е затруднено от интензивното стружкоотделяне. Освен това рязането е съпроводено с трептения и висока температура при сравнително не високо качество на повърхнината. Това са фактори, които намаляват точността на контрола при разполагане на измервателното устройство върху машината. Ето защо е за предпочитане контролът да се извършва на отделно работно място, след обработването. Това определя като приложим за случая активния контрол с размерно поднастройване.

За да се приложи метода, процесът на размерообразуване трябва да отговаря на определени изисквания. Поради това, че контролът се осъществява след обработването, методът не може да намали влиянието на случайните фактори, които в реално време въздействат на размерообразуването. От тук следва, че случайните фактори не трябва да доминират при формиране на точността на процеса. Мигновеното поле на разсейване ω на размерите, което те създават, трябва да е относително малко. То трябва да удовлетворява следните неравенства [1]:

$$\omega \leq \frac{0.8T}{\sqrt{4 + \left(\frac{b}{\sigma}\right)^{0.5}}}, \quad (1)$$

при АК по индивидуалните стойности на размерите на обработените детайли;

$$\omega \leq \frac{0.8T}{\sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{t_{\alpha,k}^2}{6n}}}, \quad (2)$$

при АК по извадковите средни на размерите на обработените детайли.

Във формулите (1) и (2) :

T е допускът на размера на обработваната повърхнина;

σ - средно-квадратичното отклонение на мигновеното поле на разсейване;

b – коефициент в линейното уравнение на регресия за средната стойност на размерите, който определя интензивността на доминиращия систематичен фактор;

n – обем на малките текущи извадки;

$t_{\alpha,k}$ - критична стойност на критерия на Стюдент при избрано ниво на значимост α и степени на свобода $k=2(n-1)$.

Друго изискване към процеса за прилагане на АК с поднастройване е да има доминиращо влияние на систематичен фактор, което се проявява като закономерна промяна на центъра на групиране на размерите във функция от времето на работа (поредния номер на обработения детайл). Това означава в уравнението на регресия

$$\bar{A} = \tilde{a} + \tilde{b}N, \quad (3)$$

коэффициентът \tilde{b} да е значим.

В уравнението (3) \bar{A} е средната стойност на размера;

\tilde{a} - статистически коефициент, определящ средния размер в началото на работа;

N – пореден номер на обработения детайл.

При чистото обстъргване, където е целесъобразно използването на АК, основният доминиращ систематичен фактор е размерното износване на инструмента. Приложимостта на метода се определя още от възможния брой N_p на поднастройванията в границите на размерната трайност на инструмента:

$$N_p = \frac{h_r}{\Delta A} = \frac{VB_k \operatorname{tg} \alpha_0}{\Delta A} > 1, \quad (4)$$

където: h_r е допустимото радиално износване на инструмента;

VB_k – критичната стойност на износването по задната повърхнина;

α_0 - задният ъгъл на инструмента;

ΔA - поднастроечния импулс.

В настоящото изследване се оценява пригодността на процеса обстъргване на СТ161 за въвеждане на активен контрол с поднастройване, като се отчетат дефинираните изисквания.

ИЗСЛЕДВАНЕ ТОЧНОСТТА НА МАШИНАТА

Формулите (1) и (2) са изведени, като е пренебрегната грешката на поднастройването. Това е допустимо при системи за АК, които използват специални механизми за поднастройване с висока точност. При осъществяване на АК на ММ с ЦПУ размерното поднастройване ще се извършва от нейните работни органи. В този случай точността на позициониране и отработване на зададения размер на поднастройването ще влияят на точността на АК.

Сумарното поле на разсейване на размерите ω_Σ при АК се определя [1,2] от сумата:

$$\omega_\Sigma = \sqrt{\omega^2 + 3(\Delta A)^2 + \Delta_H^2 + B^2}, \quad (5)$$

където: Δ_H е грешката на поднастройването;

B – изместването на центъра на групиране при изчакването на сигнал за поднастройване.

Като се има предвид, че поднастройването се извършва чрез позициониране с напречния супорт, грешката на поднастройването ще е грешката от позициониране

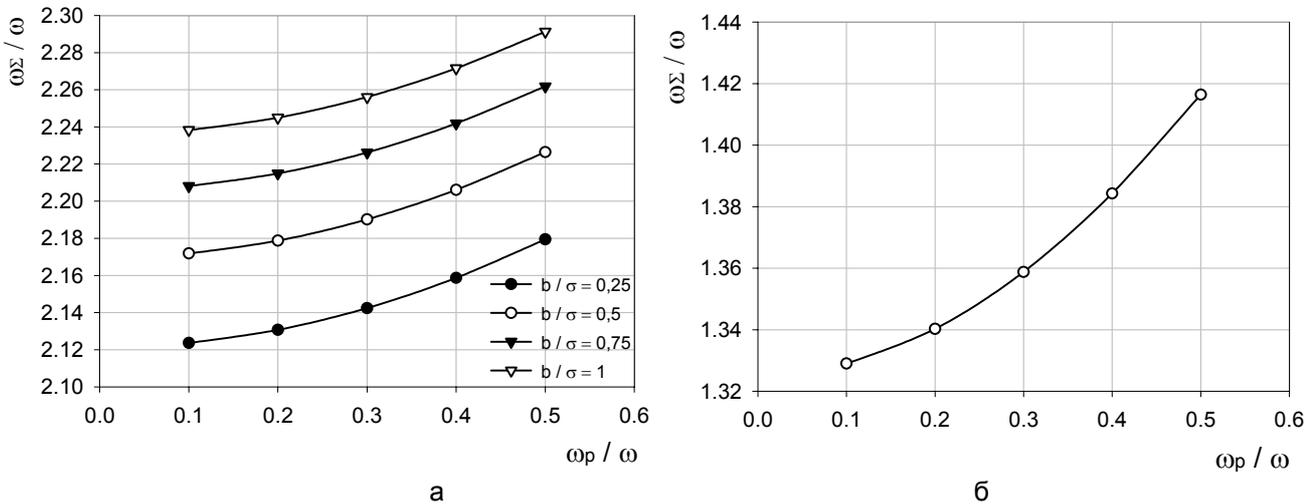
$$\Delta_H = \omega_p. \quad (6)$$

Като се замести Δ_H в (5) с израза (6) и не се пренебрегва тази грешка, формулите (1) и (2) ще добият съответно вида:

$$\omega \leq \frac{0.8T}{\sqrt{4 + \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{b}{\sigma}\right)^{0.5}}}; \quad (7)$$

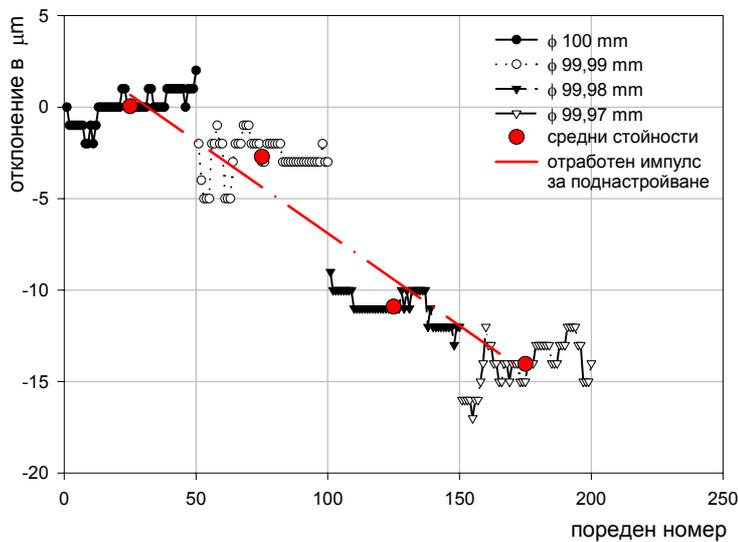
$$\omega \leq \frac{0.8T}{\sqrt{1 + \frac{1}{n} + \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2 + \frac{t_{\alpha,k}^2}{6n}}}. \quad (8)$$

Графичната интерпретация на зависимостта (7) е представена на фиг.1а, а на зависимостта (8) – на фиг.1б. Вижда се, че грешката от позициониране слабо влияе на общата грешка при АК. При достигане на ω_p до 80% от мигновеното поле на разсейване, общата грешка нараства с около 6% при АК по индивидуалните стойности и със 17% при АК по груповите средни. Доминиращо влияние върху точността на АК има мигновеното поле на разсейване.



Фиг.1. Влияние на грешката от позициониране върху точността на активния контрол.

Грешката на позициониране и на отработване на поднастроечен импулс са изследвани експериментално за струг СТ161. Позиционирането за чисто обстъргване се осъществява след извършване на цикъл за грубо обстъргване. По този начин се отчита и позиционирането на револверната глава. Преместването е еднопосочно по (-x). Позиционирането е с дължина на бързия ход за подвеждане на инструмента по-малка от 125mm.



Фиг.2. Грешка от позициониране на СТ161

Резултатите от изследването са представени на фиг.2. Направени са по 50 позиционирания на четири настроечни размера. Усредненото средно квадратично отклонение е 1,005 μm . Тази стойност

съответства на препоръчителната [3] за ММ с ЦПУ с повишена точност, която за дължина на позиционирането до $125mm$ е $1\mu m$. Вероятното поле на разсейване на размера при позициониране, определено на базата на извършените 200 опита е $\omega_p = 4,5\mu m$.

ИЗСЛЕДВАНЕ ТОЧНОСТТА НА ПРОЦЕСА

За изследване на точностните възможности на обстъргване с АК при СТ161 е проведен експеримент в лабораторни условия. Извършено е обстъргване на партида заготовки от стомана 45 с диаметър $60mm$ и дължина $100mm$, установени конзолно в патронника на струга. Цикълът на работа включва грубо обстъргване с нож от Р30 при скорост на рязане $120m/min$ и чисто обстъргване с нож от Р15 при скорост на рязане $300m/min$. Дълбочината на рязане е съответно $0,75mm$ при грубото и $0,25mm$ при чистото обработване, а подаването $0,4mm/об$ и $0,15mm/об$.

Специфична особеност на процеса при ММ с ЦПУ е, че партидите са със сравнително малък обем, което ограничава приложението на малки текущи извадки за управлението му. Освен това, поради нерегламентирана по време повторваемост на партидите, липсва натрупана статистическа информация за процеса и той е неидентифициран, понеже не е известна диаграмата му на точност. Следователно, не може да се приложи АК по груповите средни и липсва достатъчна начална информация за да се определят контролните граници и големината на импулса за поднастройване, за да се приложи алгоритъма на АК по индивидуалните стойности. В случая решението за поднастройване трябва да се приеме в хода на технологичния процес на базата на текущата информация за размерите на обработените детайли.

В настоящото изследване е приложен оригинален алгоритъм за АК, подходящ за ММ с ЦПУ. В хода на технологичния процес след обработването на четвъртия и всеки следващ детайл се определя уравнението на регресия (3) и се изчислява дисперсията s_N^2 на размерите на обработените детайли спрямо него:

$$s_N^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (A_i - A_{Ti})^2}{N - 1}, \quad (9)$$

където N е броят на обработените детайли;

A_i – размерът на детайла с пореден номер i ;

A_{Ti} - размерът на детайла с пореден номер i , определен от уравнението на регресия:

$$A_{Ti} = \tilde{a} + i \cdot \tilde{b}. \quad (10)$$

Оценката за необходимост от поднастройване се извършва чрез проверка на значимостта на разликата:

$$\Delta A = \tilde{a} - A_{T_N}. \quad (11)$$

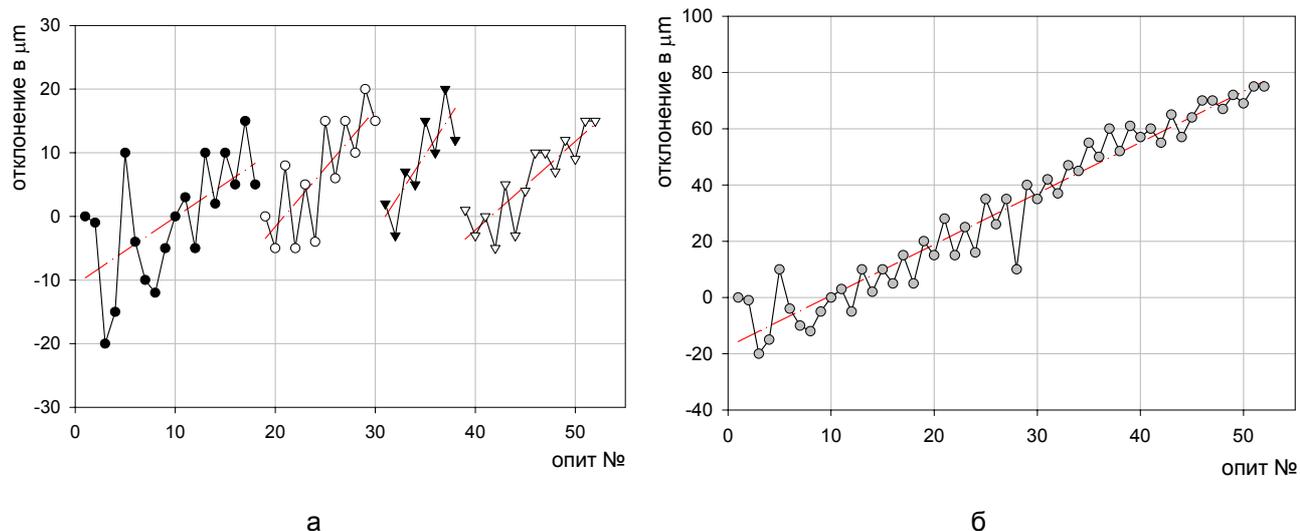
Това става с критерия на Стюdent:

$$t = \frac{|\tilde{a} - A_{T_N}|}{s_N} \sqrt{\frac{N}{2}} > t_{\alpha, k}, \quad [k=2(N-1)] \quad (12)$$

В момента, когато разликата (11) стане значима, се извършва размерно поднастройване с големина и знак съответстващи на ΔA . Следващият детайл, след поднастройването, се разглежда като първи от нов процес, при който се прилага по същия начин описания алгоритъм на активен контрол.

На фиг.3 са представени точковите диаграми с резултатите от изследването при работа с АК (фиг.3а) и за същия процес, без поднастройване, чрез композиране

на отделните части на диаграмата от фиг.3а с премахване на поднастроечните импулси (фиг.3б).



Фиг.3. Точкови диаграми при обстъргване: а-с активен контрол; б-без активен контрол

Резултатите от изследването показват, че при обстъргване на партида детайли до износване на инструмента $VB=0,27mm$, при използване на АК (фиг.3а) разсейването на размерите е в границите от $-0,02mm$ до $0,02mm$, т.е. $R=0,04mm$. Без АК (фиг.3б) разсейването на размерите е в границите от $-0,02mm$ до $0,075mm$, т.е. $R=0,095mm$. Следователно, разсейването на размерите е намалено 2,4 пъти с активния контрол по предложения алгоритъм.

Мигновеното поле на разсейване от фиг.3б е $33,7 \mu m$. При това сумарното поле на разсейване без АК ще бъде $\omega_{\Sigma} = \omega + \tilde{b}N = 128 \mu m$. Сумарното поле на разсейване с АК ще бъде $\omega_{\Sigma} = \omega + \Delta A = 53 \mu m$. Тяхното отношение отново е 2,4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеното изследване доказва, че активният контрол с поднастройване по резултатите от измерване на обработените детайли е приложим при струг СТ161, като за поднастройването не са необходими допълнителни устройства, а се използва напречния супорт и системата за ЦПУ.

Предложеният алгоритъм за активен контрол при ММ с ЦПУ, когато партидите са с малък обем и липсва статистическа информация за характеристиките на процеса, е работоспособен и дава възможност за съществено повишаване на точността при чисто обстъргване.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георгиев В. И., С. Ч. Салапатева. Влияние на точността на процеса и размерната трайност на инструмента върху ефективността на активния контрол с поднастройване. Сб. Машиностроителна техника и технологии. ТУ-Варна, 2003.
- [2] Под ред. д-ра техн. наук Г. Д. Бурдуна и д-ра техн. наук С. С. Волосова. Технологическое обеспечение качества продукции в машиностроении (активный контроль). Машиностроение, Москва, 1975.
- [3] Кузнецов Ю., Г. Иванов. Пресмятане и конструиране на металорежещи машини с ЦПУ. ВМЕИ-Габрово, 1989.

За контакти:

Доц. д-р инж. Васил Иванов Георгиев; инж. Силвия Чавдарова Салапатева.
Катедра "Машиностроителни технологии и производствена техника". ТУ-София,
Филиал Пловдив. Тел.: 032 659 611. E-mail: mtpt@tu-plovdiv.bg