

WOJCIECH KAŁUŻNY
ATR w Bydgoszczy

TERESA TOMASZEWSKA
WSP w Bydgoszczy

KOREKCJA UKŁADÓW OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE W EKONOMICZ-
NYM ASPEKCIE OBRÓBKI

1. Wstęp

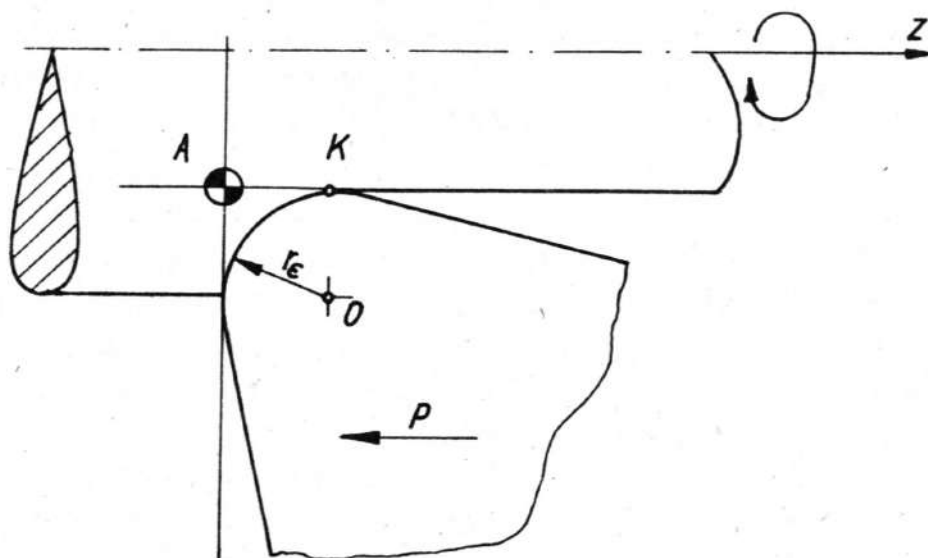
Podczas obróbki na obrabiarkach sterowanych numerycznie /OSN/ występują odkształcenia elementów, które w określonych warunkach skrawania posiadają niezmienny znak wartości i zmienną tylko w niewielkich granicach wartość. Odkształcenia te przyczyniają się do powstawania nieraz dość znacznych błędów wymiarów obrobionych powierzchni. Niezależnie jednak od wartości tych błędów, obrobione powierzchnie charakteryzują się znaczną powtarzalnością wymiarów. Ta właściwość OSN zapewnia możliwość uzyskiwania znacznych dokładności wymiarów obrobionych powierzchni, poprzez przeprowadzenie korekcji programowych przemieszczeń sterowanych numerycznie zespołów obrabiarki.

Zagadnienie korekcji układów sterowanych nieczęsto jest omawiane w dostępnej literaturze technicznej. Proponowane zasady doboru wartości nastawów korekcyjnych [2,5,6] wzbudzają poważne zastrzeżenia w przypadkach obróbki powierzchni o niewielkich dopuszczalnych tolerancjach wykonania wymiarów. Dobór nastawów korekcyjnych według tych zaleceń przyczynia się do powstawania braków i wzrostu przerw w pracy obrabiarek.

W niniejszym artykule podano sposób określania wartości nastawów korekcyjnych w sposób uwzględniający technologiczne i ekonomiczne aspekty obróbki. Proponowany sposób korygowania układów sterowania omówiono na przykładach obróbki na tożarkach sterowanych numerycznie.

2. Przyczyny błędów podczas obróbki na OSN i ich wpływ na dokładność obróbki

Błędy wymiarów powierzchni obrabianych na OSN są spowodowane kilkoma przyczynami. Przyczyny te w przypadku obróbki narzędziem punktowym powodują różne od założonego położenia punktu charakterystycznego ostrza narzędzia względem powierzchni obrabianego przedmiotu [3,4]. Punkt ten podczas obróbki toczeniem, pokrywa się w osi sterowanej obrabiarki równoległej do kierunku posuwu narzędzia z punktem charakterystycznym A ostrza /Rys.1/.



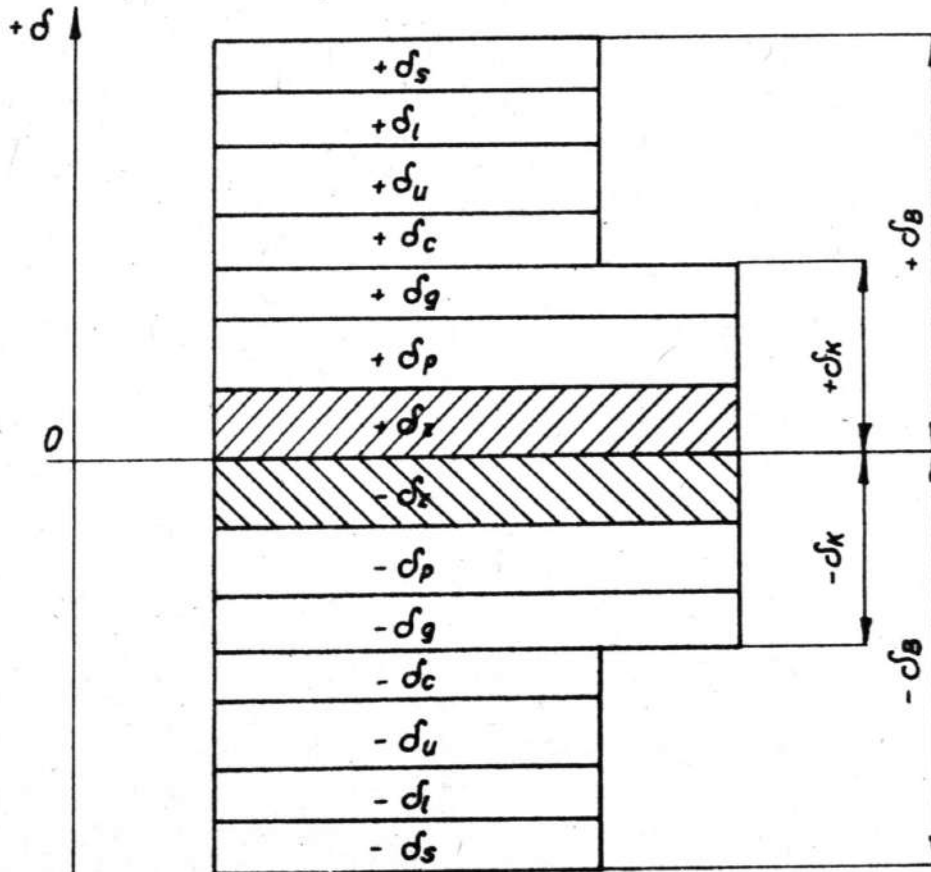
Rys.1. Usytuowanie punktu charakterystycznego A ostrza narzędzia skrawającego

Najczęstszymi przyczynami powodującymi zmianę położenia punktu A w stosunku do położenia przewidzianego w programie pracy obrabiarki są:

- δ_s - sprężyste odkształcenia elementów i zespołów obrabiarki oprzyrządowania i narzędzi pod wpływem sił skrawania i obciążeń własnych,
- δ_l - wyeliminowanie luzów i odkształceń stykowych,
- δ_u - błędy ustawienia bazy obrabiarki i bazy obrabianego przedmiotu oraz błędy ustawienia charakterystycznego punktu ostrza narzędzia skrawającego,

- δ_c - ciepłe odkształcenia zespołów konstrukcyjnych,
- δ_g - geometryczne błędy obrabiarki np. błędy prostoliniowości prowadnic itp.,
- δ_p - błędy pozycjonowania zespołów przesuwnych i wykonujących ruch obrotowy /np. głowic rewolwerowych/,
- δ_z - zużycie ostrza narzędzia skrawającego powodującego zmianę położenia punktu charakterystycznego A względem teoretycznego zarysu obrabianej powierzchni przedmiotu.

Powstałe w wyniku działania wymienionych przyczyn odchyłki położenia mogą przyjmować znak dodatni /+/ lub ujemny /-/ i sumując się w sposób losowy tworzą pole błędów, którego obszar zobrazowano na Rys.2.



Rys.2. Obszar pola błędów położenia punktu A względem teoretycznego zarysu obrabianych powierzchni

Wymienione odchyłki z wyjątkiem δ_z , δ_p , i δ_g posiadają na ogół stałą wartość lub wartość zmieniającą się w zależności od zmian wywołujących te przyczyny. Zwłaszcza w warunkach obróbki kształtującej zmiany te są nieznaczne i związane z nimi odchyłki przyjmuje się na ogół praktycznie niezmiennie w określonych warunkach obróbki.

Odchyłki δ_z , δ_p i δ_g posiadają zmienną i niemożliwą do określenia w konkretnym przypadku wartość. Z tego względu odchyłek tych nie można w odróżnieniu od pozostałych wyeliminować na drodze korekcji układu sterowania.

Wyeliminowanie wpływu odchyłek δ_g , δ_l , δ_u i δ_c na wartość rzeczywistych wymiarów obrobionych powierzchni przedmiotu, ogranicza obszar pola błędów do sumy wartości odchyłek $\pm \delta_k$.

Oszacowanie największej wartości tego pola odchyłek jest istotne ze względu na określanie dokładności obróbki na OSN, jak też ze względu na ograniczenie do koniecznego minimum przestojów obrabiarek. Straty te można ograniczyć poprzez bardziej odpowiednie, w określonym przypadku obróbki, usytuowanie pola błędów w polu tolerancji wykonania powierzchni. Usytuowanie to przy danej wartości szerokości pola tolerancji i oszacowaniu pola błędów zapewnia określenie możliwości obróbki na OSN ze względu na wymagania dokładności obróbki, a także pozwala na określenie wartości nastawu korekcyjnego.

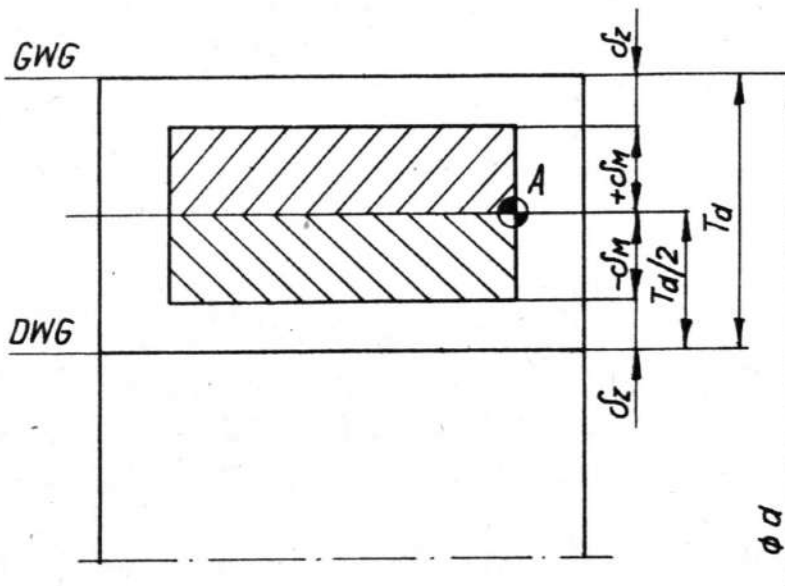
3. Określanie położenia punktu charakterystycznego ostrza w polu tolerancji wykonania

Sposób usytuowania pola błędów w polu tolerancji wykonania w sposób istotny wpływa na wartość nastawów przyjmowanych do korygowania układu sterowania w poszczególnych osiach sterowanych. Dobrana wartość nastawu korekcyjnego powinna zapewniać możliwie najmniejsze w danych warunkach obróbki prawdopodobieństwo przekroczenia granicznych wymiarów obrobionych powierzchni. Przekroczenie wymiarów granicznych jest równoznaczne z powstaniem braku. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku nie dysponowania dostatecznymi naddektkami obróbkowymi w operacjach poświęconych naprawie braków, braki mogą w rezultacie stać się nienaprawialne.

W odniesieniu do kosztownych półfabrykatów, powstawanie takich braków jest przyczyną znacznych strat.

Nieracjonalne usytuowanie pola błędów w polu tolerancji wykonania obrabianych powierzchni, może spowodować przekroczenie granicznych wymiarów obrabianych powierzchni po czasie skrawania nie zapewniającym uzyskania zużycia ostrza, odpowiadającego kryterium stopnia ostrza. W rezultacie po niedługim okresie pracy ostrza musi wystąpić przestój obrabiarki, niezbędny dla przeprowadzenia odpowiedniej korekcji układu sterowania. Przestoje takie są również źródłem znanych strat ekonomicznych, wobec wysokiego kosztu zakupu OSN.

W literaturze technicznej [2,3,5] napotyka się zalecenia przewidujące taki dobór wartości nastaw korekcyjnego, który zapewnia usytuowanie punktu charakterystycznego A ostrza w połowie szerokości pola tolerancji $T_d/2$ rozpatrywanego wymiaru powierzchni przedmiotu /Rys.3/.



Rys.3. Usytuowanie punktu charakterystycznego A narzędzia w polu tolerancji wykonania powierzchni walcowej o średnicy d

Przedstawione rozwiązanie korekcji układu sterowania nie uwzględnia zmian położenia punktu charakterystycznego ostrza w wyniku zużycia ostrza. Założone pole błędów określane jest zatem następująco:

$$\delta_M = \pm / \delta_k - \delta_z /$$

Przy doborze nastawu korekcyjnego w sposób uwzględniający omawiane założenie, możliwa jest poprawna obróbka tych powierzchni, których tolerancja T_d wykonania wymiaru d jest większa co do wartości obszaru pola błędów $\pm \delta_M / T_d - 2 \delta_M \geq 0$ /. Im bardziej wartość różnicy $T_d - 2\delta_M$ jest zbliżona do zera, tym szybciej w danych warunkach obróbki nastąpi przekroczenie granicznego wymiaru obrabianych powierzchni w wyniku zużycia ostrza. W przypadku, gdy $T_d = 2 \delta_M$ obróbka nie jest praktycznie możliwa ze względu na wystąpienie zużycia ostrza już po minimalnym czasie skrawania.

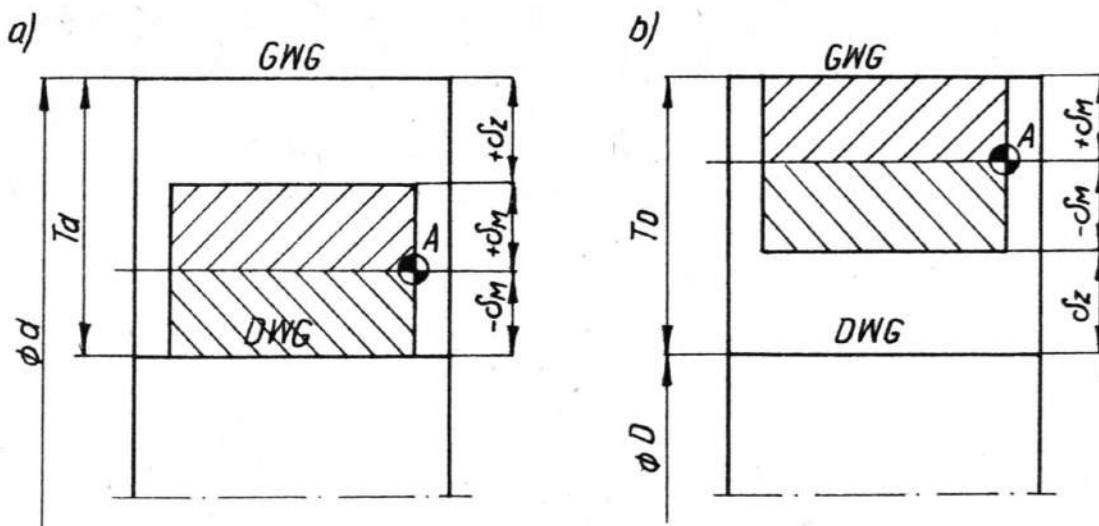
W przypadku nieco większych wartości różnicy $T_d - 2 \delta_M$ należy liczyć się z przypadkami obróbki, w których przekroczenie wymiarów granicznych powierzchni następuje przy stopniu zużycia ostrza nie odpowiadającym kryterium stępienia ostrza /fizycznemu lub kryterium np. chropowatości powierzchni/. W takich razach może wystąpić nawet kilkakrotnie potrzeba przeprowadzenia korekcji układu sterowania w ciągu jednego okresu pracy ostrza. Potrzeba taka powoduje konieczność przestoju obrabiarki w celu dokonania koniecznych pomiarów obrobionych powierzchni i dokonania niezbędnych czynności regulacyjnych. Przedmiot wykonany przed korekcją układu sterowania na ogół kwalifikuje się do braków.

Jedyny przypadek stabilnej obróbki partii przedmiotów występuje przy dużych różnicach $T_d - 2\delta_M$, zapewniających wystarczający "zapas" na zużycie ostrza. Wynika stąd, że stabilna obróbka przedmiotów przy założeniu usytuowania punktu A w środku szerokości pola tolerancji wykonania powierzchni jest możliwa jedynie przy niższych wymaganiach dotyczących dokładności wykonania.

Z przedstawionych rozważań wynika, że pełniejsze wykorzystanie możliwości sterowania numerycznego w przypadkach dokładnej obróbki przedmiotów można osiągnąć przewidując z góry odpowiedni "zapas" tolerancji na zużycie ostrza. Zapas ten wpływa na wartość nastawu korekcyjnego układu sterowania, gdyż jego usytuowanie w polu tolerancji zależy od wpływu zużycia ostrza na wartość rzeczywistych wymiarów obrobionych powierzchni. Dla toczenia różnice występują w przypadku obróbki powierzchni

zewnątrznych i wewnętrznych.

Na Rysunku 4. przedstawiono usytuowanie punktu charakterystycznego A ostrza w polu tolerancji wykonania, uwzględniające poprawne wykonanie przedmiotu, a zarazem zapewniające rezerwę możliwie dużego "zapasu" na zużycie ostrza.



Rys.4. Określenie położenia punktu charakterystycznego A ostrza narzędzia uwzględniające stabilność procesu obróbki
a- powierzchni walcowych zewnętrznych
b- powierzchni walcowych wewnętrznych

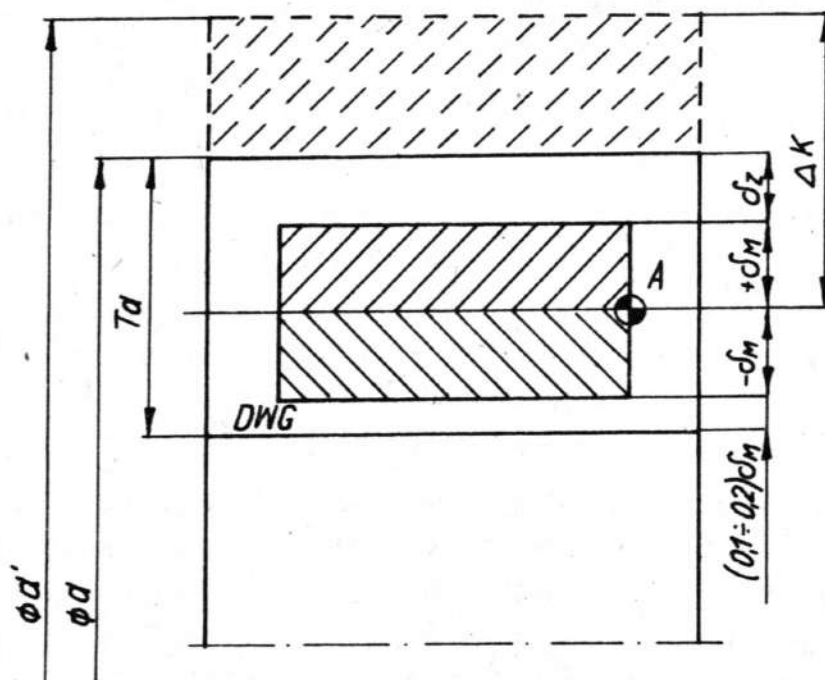
W warunkach praktycznych ze względu na uniknięcie przekroczenia wymiarów granicznych wskutek błędnego oszacowania wartości δ_M , wydaje się celowe przesunięcie punktu charakterystycznego o wartości $/0,1 - 0,2/ \delta_M$ w kierunku przeciwnym do kierunku tolerowania obrabianych powierzchni. Zalecenia te nie dotyczą wymiarów mieszanych.

4. Proponowany sposób określania wartości nastawu korekcyjnego

W przypadku obróbki powierzchni toczeniem na tokarkach sterowanych numerycznie celowe jest określenie wartości nastawu korekcyjnego ΔK na podstawie pomiaru próbnej powierzchni. Powierzchnia taka jest uzyskiwana przy zrealizowaniu nastawów na nastawnikach korekcyjnych obrabiarki. Zapewnia to po dokonaniu pomiarów wykonanie przejścia obróbkowego przy grubości warstwy

skrawanej umożliwiającej uzyskanie wymaganej dokładności i chropowatości obrabianych powierzchni. Podczas obróbki powierzchni walcowych powierzchnia taka posiada po obróbce średnicę d'/D' , której wartość z reguły jest o około 1-2 mm większa /lub mniejsza/ od średnicy nominalnej d/D .

Pomiar wymiaru średnicy d'/D' jest podstawą do określenia wartości nastawu korekcyjnego ΔK układu sterowania obrabiarki. Szkic stanowiący podstawę określenia nastawu ΔK w sposób uwzględniający przebieg zużycia ostrza i warunki dokładności obróbki omówionej w poprzednio przeprowadzonych rozważaniach przedstawia Rys.5. Przypadek ten dotyczy obróbki zewnętrznej powierzchni walcowej.

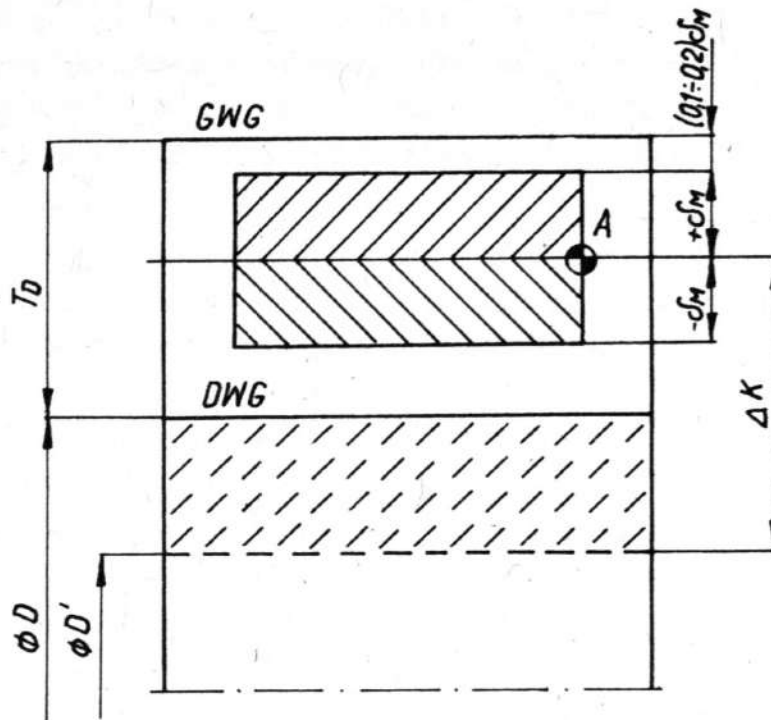


Rys.5. Określenie wartości nastawu korekcyjnego dla toczenia zewnętrznej powierzchni walcowej

Na podstawie szkicu /Rys.5./ można wyznaczyć

$$\Delta K = \frac{d' - d}{2} + \frac{T_d}{2} - /1,1 - 1,2/ \delta_M$$

W podobny sposób można wyznaczyć wartość nastawu korekcyjnego przy obróbce walcowych powierzchni wewnętrznych /Rys.6./.



Rys.6. Określenie wartości nastawu korekcyjnego dla toczenia wewnętrznej powierzchni walcowej

Wartość nastawu korekcyjnego ΔK w tym przypadku można wyznaczyć następująco:

$$\Delta K = \frac{D - D'}{2} + \frac{T_D}{2} - /1,1 - 1,2/ \delta_M$$

Proponowana wartość współczynnika poprawkowego w granicach od 10 % do 20 % zależy od warunków obróbki oraz od rodzaju i stanu fizycznego obrabiarki, na której odbywa się obróbka przedmiotów. Przy dobrej znajomości obrabiarki /częste badania dokładności pozycjonowania i geometryczne pomiaru dokładności/ współczynnik ten może przyjmować niższe wartości, a niekiedy można pominąć go całkowicie. W przypadkach natomiast braku tych danych oraz uzasadnionych obawach wystąpienia innych wpływów zwiększających błąd obróbki, celowe jest przyjmowanie większych wartości, przekraczających niekiedy 50 % wartości δ_M .

5. Wnioski

1. Stosowanie proponowanej metody określenia wartości nastawów korekcyjnych obrabiarek sterowanych numerycznie jest szczególnie uzasadnione w przypadkach obróbki dokładnych powierzchni.
2. Określenie według podanych formuł wartości nastawów korekcyjnych sprzyja zmniejszeniu ilości powstających braków i wpływa w licznych przypadkach na zwiększenie stopnia wykorzystania OSN.
3. Analizy i dane niezbędne dla wyznaczenia wartości nastawów korekcyjnych sprzyjają podniesieniu technicznego poziomu eksploatacji OSN, między innymi poprzez potrzebę gromadzenia danych informujących użytkownika o możliwościach obróbkowych posiadanych obrabiarek z punktu widzenia dokładności obróbki.
4. Celowe wydaje się zaadaptowanie podanych w artykule zaleceń doboru wartości nastawu korekcyjnego podczas obróbki toczeniem dla innych sposobów obróbki.

LITERATURA

- [1] Bacie A., Metody oceny jakości pozycjonowania obróbek NC, Mechanik nr 2, 1976
- [2] Index - Werke KG Hahn a Tessky: Automaty tokarskie sterowane numerycznie - konstrukcja, eksploatacja, ekonomika stosowania, program produkcji, Bydgoszcz 1975
- [3] Kałużny W., Wpływ przemieszczeń punktu charakterystycznego ostrza na dobór programowych przesunięć zespołów OSN, Mechanik nr 10, 1973
- [4] Kałużny W., Techniczne i ekonomiczno-organizacyjne aspekty racjonalnej eksploatacji OSN, Bydgoszcz TNOiK 1978
- [5] Mazur Z., Błędy obróbki na frezarkach NC i ich kompensacja, Mechanik nr 10, 1975

- [6] Zasady programowania obrabiarek sterowanych numerycznie, praca zbiorowa, Warszawa 1976
- [7] Shah R., Sterowanie numerycznie obrabiarek - poradnik, Warszawa WNT 1975
- [8] Stöckmann P., Küster W: Drehmaschinen in der Praxis, Werkstatt u. Betrieb nr 1 1970

КОРРЕКЦИЯ СИСТЕМ НОМЕРНО УПРАВЛЯЕМЫХ СТАНКОВ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ ОБРАБОТКИ

Содержание

В статье представлено метод определения стоимости установок коррекционных систем номерно управляемых. Этот метод гарантирует уменьшение количества браков и ограничивает простои станков, в особенно в случае точной обработки поверхности.

Подано образцы дающие возможность вычисления стоимости коррекционной установки имея в распоряжении результаты исследований точности положения, а также результаты геометрических исследований станка, на котором планирована обработка.

THE ECONOMICAL ASPECT OF CONTROL-SYSTEM CORRECTION IN NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOLS

Summary

The article deals with a method of stating the value of correction setting in numerically controlled machine tools. Thy method reduces the number of wasters and lay-offs, expecially under the perfect surfacing.

Formules are given to calculate the correction set valure when results of testing the accuracy of positioning are given as the results of geometrical testing of the machine tool where the processing is intended to take place.