ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980

Seria: MECHANIKA z. 68 Nr kol. 664

Jan DARLEWSKI, Ryszard ZDANOWICZ,
Henryk SŁUPIK

ZAGADNIENIA DOKŁADNOŚCI OBRÓBKI OTWORÓW W SYSTEMIE AUTOMATYCZNEGO PROJEKTOWANIA TECHNOLOGII KORPUSÓW

Streszczenie. Określono czynniki o istotnym wpływie na dokładność położenia osi otworów w korpusach.
Przedstawiono zasadę budowy podprogramu analizy dokładności obróbki pozwalającego na określenie warunków technologicznych obróbki, zapewniających wymaganą jej dokładność.

WPROWADZENIE

Rzeczywiste błędy obrobionych przedmiotów są wynikiem oddziaływania różnych czynników, które można podzielić na dwie zasadnicze grupy [1]:

a) czynniki niezależne od obciążeń działających na obrabiarkę,
b) czynniki wywołane odkształceniami układu OUPN podczas procesu skrawania.

Najważniejsze przyczyny powstawania błędów obróbki zestawiono w tablicy 1.

Udział błędów wywołany niedokładnością geometryczną obrabiarki, niedokładnością ustawienia osi wrzeciona względem bez obróbkowych i odkształceniami elementów układu OUPN pod wpływem sił skrawania wynosi 85-95% w ogólnym bilansie błędów [2]. Odkształcenie przedmiotu pod wpływem ciężaru własnego i sił zamocowania ma istotny wpływ na dokładność obróbki jedynie przy obróbce przedmiotów mało sztywnych [3]. Błędy spowodowane zmianą naprężeń własnych można zmniejszyć przez rozdzielenie obróbki zgrubnej od wykańczającej oraz przez stabilizowanie [4]. Odkształcenia cieplne układu OUPN pod wpływem pracy sił skrawania mają znaczący wpływ na dokładność obróbki do chwili osiągnięcia równowagi cieplnej. Po osiągnięciu równowagi cieplnej odkształcenia cieplne obrabiarki można pominąć [2] pod warunkiem, że pomiar błędów geometrycznych obrabiarki będzie dokonywany w stanie ustalonym cieplnie. Odkształcenia obrabiarki spowodowane ciężarem własnym przedmiotu obrabianego można uwzględnić dokonując pomiaru błędów geometrycznych obrabiarki obciążonej ciężarem, umieszczonym w miejscu zamocowania przedmiotu.

Tablica 1

Ważniejsze czynniki wpływające na dokładność obróbki

Czynniki	Podstawowe przyczyny błędów obróbki		
Niezależne od procesu skrawania	1. Niedokładności geometryczne elementów układu OUPN	a	Niedokładność geometryczna obrabiarki
		b	Niedokładność geometryczna uchwytu
		c	Niedokładność geometryczna przedmiotu obrabianego
		d	Niedokładność geometryczna narzędzia
	2. Niedokładności wzajemnego położenia elementów układu OUPN	a	Niedokładność nastawiania osi wrzeciona wg baz obróbkowych
		b	Niedokładność ustawienia uchwytu na obrabiarce
		c	Niedokładność ustawienia przedmiotu w uchwycie lub na obrabiarce
		d	Niedokładność ustawienia narzędzia w uchwycie lub na obrabiarce
	3. Podatność na odkształcenia elementów układu OUPN	a	Odkształcenia spowodowane ciężarem własnym
		b	Odkształcenia spowodowane siłami zamocowania
	4. Odkształcenia cieplne układu OUPN spowodowane zmianą temperatury otaczającego środowiska		
	5. Zmiana baz obróbkowych		
Zależne od procesu skrawania	6. Podatność na odkształcenia elementów układu OUPN	a	Odkształcenia spowodowane siłami skrawania
		b	Odkształcenia spowodowane siłami bezwładności na skutek niewyrównoważenia
	7. Odkształcenia cieplne układu OUPN spowodowane nierównomiernym nagrzaniem elementów układu OUPN		
	8. Odkształcenia przedmiotu spowodowane zmianą naprężeń własnych		
	9. Odkształcenia przedmiotu spowodowane niejednorodnością materiału obrabianego		

ZAŁOŻENIA OGÓLNE

W systemie APTK przyjęto jako kryterium bezwarunkowe jakość technologiczną, tzn. że może zostać wybrany tylko taki wariant procesu, który zapewnia uzyskanie żądanej dokładności wyrobu. W odniesieniu do obróbki powierzchni obrotowych przyjęto dwojaki sposób zapewnienia dokładności: 1 - dokładność wymiaru i kształtu jako wynik realizacji określonego typowego procesu technologicznego, 2 - dokładność położenia osi jako wynik wariantu procesu, wykorzystującego warunki obróbki wskazane przez podprogram analizy dokładności położenia osi.

Typowe procesy technologiczne opracowano wielowariantowo dla każdej elementarnej powierzchni (tzw. elementu technologicznego), przyporządkowując określonej klasie dokładności otworu w danym przedziale wymiarowym szeregi zabiegów realizowanych określonymi narzędziami [5]. Dla opracowania podprogramu analizy dokładności położenia osi w korpusach przyjęto, że wymagania mogą dotyczyć:

a) położenia osi otworów względem płaszczyzn bazowych korpusu,
b) położenia osi otworów o nominalnie wspólnej osi, znajdujących się w jednej lub kilku ścianach korpusu,
c) położenia osi otworów względem osi wybranych jako bazy.

W wyniku analizy czynników wpływających na dokładność obróbki [1,2,3,6] wyselekcjonowano czynniki o wpływie istotnym na dokładność położenia osi otworów w korpusach (tablica 2).
Układ współrzędnych prostokątnych XYZ przyjęto zgodnie z normą PN-72/M-55251.

PODPROGRAM ANALIZY DOKŁADNOŚCI OBRÓBKI

Na podstawie analizy związków zachodzących pomiędzy wielkościami geometrycznymi opisującymi przedmiot obrabiany, warunkami obróbki a czynnikami zestawionymi w tablicy 2 opracowano podprogram analizy dokładności obróbki.

Podprogram analizy dokładności obróbki umożliwia obliczenie dokładności położenia osi elementu obrotowego po obróbce przeprowadzonej na wiertarko-frezarce poziomej wg wariantu technologicznego ustalonego przez system APTK.

Przy opracowywaniu podprogramu analizy dokładności dokonano następujących założeń, które były niezbędne ze względu na małoprecyzyjne określenia zawarte w normach dotyczących błędów kształtu i położenia:

a) analizą dokładności objęto elementy technologiczne, których klasa dokładności średnic lub położenia osi w formie technologicznej nie przekracza więcej niż o trzy klasy dokładności wg ISO tolerancji elementu najdokładniejszego analizowanej formy,

Tablica 2

Najważniejsze czynniki wpływające na dokładność położenia osi otworów w korpusach obrabianych na wiertarko-frezarkach

Podstawowa przyczyna błędów		Błędy składowe			
		Błędy współosiowości otworów o nominalnej wspólnej osi	Błędy położenia otworów osi 1 względem osi 2, wybranej jako baza	Błędy położenia otworów osi 1 względem płaszczyzny bazowej B	Błędy położenia otworów w osi 1 względem płaszczyzny bazowej A
Niedokładność geometryczna	1. Nierównoległość płaszczyzny stołu do kierunku ruchu posuwowego stołu lub wrzeciona				x
	2. Nieprostopadłość rowka stołu do kierunku ruchu posuwowego stołu lub wrzeciona			x	
	3. Nieprostoliniowość ruchu posuwowego stołu lub wrzeciona w płaszczyźnie YZ i XZ	x		x	x
	4. Nierównoległość powierzchni stołu w płaszczyźnie XY do kierunku ruchu ustawczego stołu		x		x
	5. Nieprostopadłość powierzchni stołu w płaszczyźnie XY do kierunku ruchu ustawczego wrzeciennika		x	x	
	6. Nieprostoliniowość ruchu ustawczego stołu w płaszczyźnie XY		x		x
	7. Nieprostoliniowość ruchu ustawczego wrzeciennika w płaszczyźnie XY		x	x	
	8. Błąd pozycjonowania stołu przy przesuwie w kierunku osi x		x	x	
	9. Błąd pozycjonowania wrzeciennika		x		x
	10. Nieprostopadłość osi obrotu stołu do płaszczyzny stołu	x			x
	11. Zmienność poosiowa stołu	x			x
	12. Błąd obrotu stołu	x		x	
	13. Błąd ustawienia przedmiotu na stale obrabiarki	x	x	x	x
	14. Nierównoległość powierzchni stołu dostawianego do płaszczyzny podstawy				x
Podatność	15. Odkształcenie od sił skrawania wywołane nierównomiernym naddatkiem na obróbkę	x	x	x	x
	16. Odkształcenia od sił skrawania wywołane zmianą podatności układu wrzeciono-narzędzie w zależności od kierunku przyłożenia siły	x	x	x	x

b) współosiowość jest analizowana dla elementów, dla których podane są wymagania w dokumentacji konstrukcyjnej, zaś dla elementów o nie ustalonych bezpośrednio wymaganiach zostaje określona pośrednio jako połowa sumy tolerancji średnic elementu analizowanego i najdokładniejszego w formie,

c) forma technologiczna jest uznana za formę prawidłowo obrobioną, jeśli błędy położenia elementów formy okażą się mniejsze od wymaganych tolerancji.

Przy rozważaniu zagadnienia wpływu sztywności układu obrabiarka-uchwyt przedmiot-narzędzie stwierdzono brak w literaturze szeregu danych, zwłaszcza dotyczących obróbki narzędziami wieloostrzowymi. Ze względu na to nie uwzględniono w analizie dokładności wpływu nawiercania oraz rozwiercania zgrubnego otworów odlanych lub odkutych.

W przypadkach stosowania rozwiercania otworów uprzednio wytaczanych przyjęto, że zabieg ten nie zmienia położenia osi otworu obrabianego. Dokładność położenia osi otworów wierconych oraz rozwiercanych po wierceniu przyjęto wg Kowana [7]. Ponadto założono, że przedmiot obrabiany jest sztywny, co w odniesieniu do większości korpusów jest dopuszczalne.

Ogólny schemat podprogramu analizy dokładności obróbki przedstawiono na rysunku.

Danymi wejściowymi do podprogramu są:

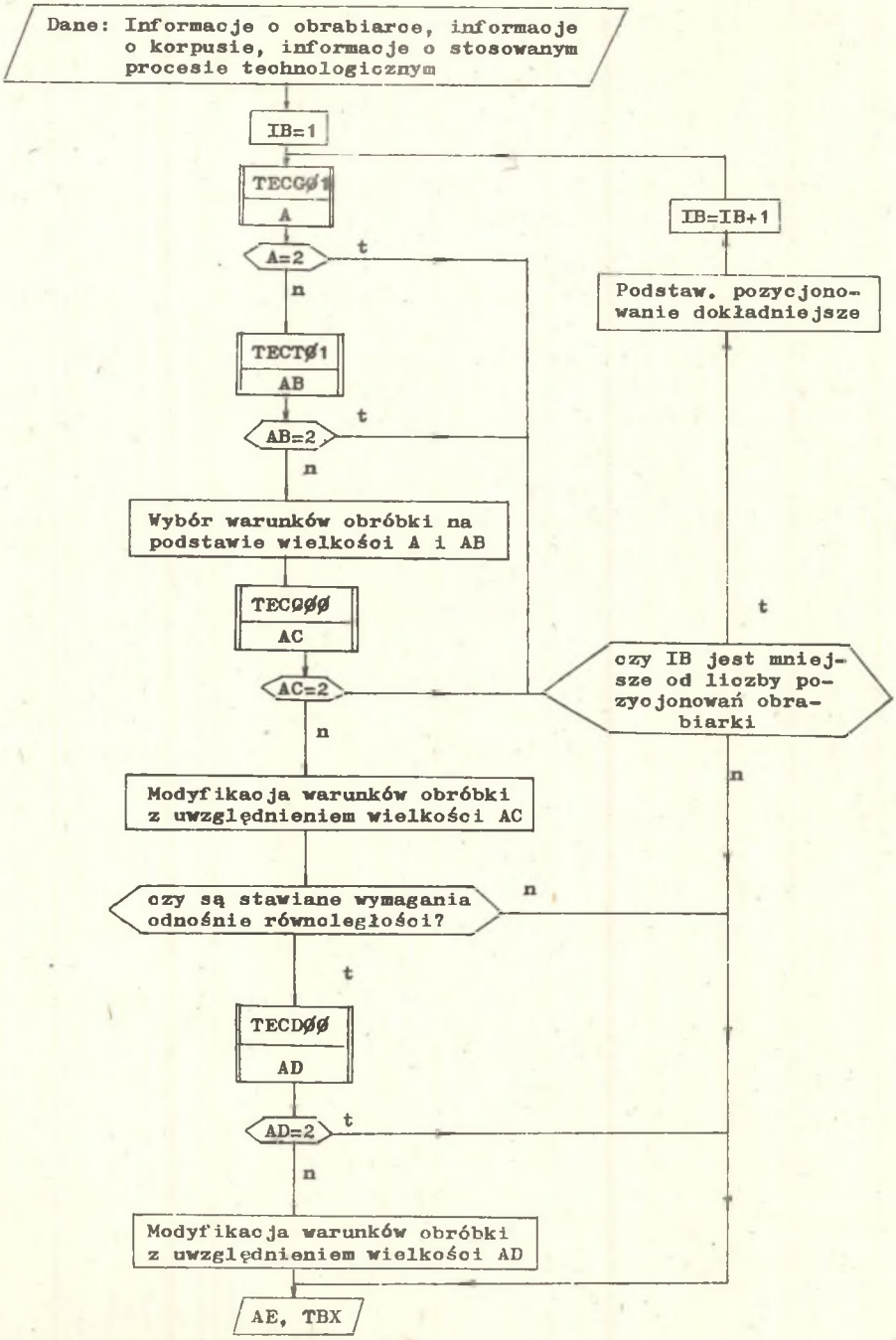
- informacje geometryczne elementu technologicznego, jego położenie w formie technologicznej i przedmiocie obrabianym oraz geometria stanu wejściowego elementu,
- informacje o obrabiarce,
- informacje o stosowanym procesie technologicznym.

Zasadniczymi częściami składowymi podprogramu analizy dokładności są:

- podprogram TECGØ1, analizujący dokładność w płaszczyźnie równoległej do stołu,
- podprogram TECTØ1, analizujący dokładność w płaszczyźnie prostopadłej do stołu,
- podprogram TECCØØ, analizujący współosiowość,
- podprogram TECDØØ, analizujący równoległość.

Informacją wyjściową jest wielkość zmiennej AE oraz tablica TBX. Wielkość zmiennej AE jest informacją o warunkach obróbki, w których uzyskuje się żądaną dokładność. Wielkość zmiennej AE informuje o następujących ewentualnościach:

1. Technologia zapewnia żądaną dokładność i można ją osiągnąć przy obróbce:
   A1 - posuwem roboczym wykonanym przez wrzeciono,
   A2 - posuwem roboczym wykonanym przez stół obrabiarki,
   A3 - posuwem roboczym wykonanym zarówno przez wrzeciono, jak i stół obrabiarki,



Schemat algorytmu podprogramu dokładności położenia osi elementu obrotowego, obrabianego na wiertarko-frezarce poziomej

B1 - formy w jednym ustawieniu z bazą wymiarową,

B2 - elementu w tej samej pozycji wrzeciona co elementu bazowego,

B3 - formy w jednym ustawieniu z bazą wymiarową i elementu w tej samej pozycji wrzeciona co elementu bazowego,

B4 - formy lub elementu w dowolnej kolejności.

2. Technologia nie zapewnia żądanej dokładności.

3. Brak możliwości oceny współosiowości.

4. Brak możliwości oceny równoległości.

Warunki te stanowią dodatkowe informacje, które zostają wykorzystane przy porządkowaniu procesu obróbki korpusu. Przy nierozpatrzonym elemencie bazowym nie ma możliwości oceny współosiowości lub równoległości. W tym przypadku wielkości elementarnych błędów składowych elementu są zapisywane w tablicy TBX. Zostają one wykorzystane później po analizie elementu bazowego. Szczegółowe algorytmy podprogramów analizy dokładności znajdują się w Instytucie Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej [8,9].

WNIOSKI

Zaprojektowany sposób uwzględniania dokładności obróbki w systemie automatycznego projektowania technologii obróbki korpusów na wiertarko-frezarkach pozwala na dotrzymanie kryterium jakości produkcji. Warunkiem niezbędnym jego wdrożenia jest jednak skompletowanie zbiorów danych wejściowych i stała ich aktualizacja. Szczególne trudności stwarza opracowanie zbioru informacji o obrabiarkach, gdyż wymaga to dokonania pomiarów ich dokładności, w zakresie obszerniejszym niż określonym normami odbiorczymi.

LITERATURA

[1] SOKOŁOWSKI A.P.: Nauczniyje osnowy technołogiii maszinostrojenija. "Maszgiz", Moskwa 1955.

[2] KORSAKOW W.S.: Tocznost' mechaniczeskoj obrabotki. "Maszgiz", Moskwa 1961.

[3] KOLMAN R., MELLER E., MELLER A.: Dokładność kształtu i położenia w procesach technologicznych. WNT, Warszawa 1969.

[4] TYMOWSKI J.: Technologia budowy maszyn. WNT, Warszawa 1970.

[5] DARLEWSKI J., SOBCZYK W.J., BŁASZCZAK M. i inni: Typizacja procesów technologicznych powierzchni obrotowych występujących w korpusach. Prace IBM Pol. Śl. 1975 (nie publikowane).

[6] KOWAN W.M.: Obliczanie naddatków na obróbkę w budowie maszyn. PWT, Warszawa 1956.

[7] Praca zbiorowa: Instrukcja badania prototypów obrabiarek. IOS. Materiały instruktażowe, nr 110, Kraków 1973.

[8] SOBCZYK W.J. i inni: Opracowanie systemu projektowania obróbki korpusów. Prace IBM Pol. Śl. 1976 (nie publikowane).

[9] SOBCZYK W.J. i inni: Prace nad systemem automatycznego projektowania technologii obróbki korpusów oraz współudział w jego wdrożeniu w Zakładzie Przemysłu Obrabiarkowego. Prace IBM Pol. Śl. 1979 (nie publikowane).

ПРОБЛЕМЫ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОРПУСОВ

Р е з ю м е

Были определены факторы, влияющие существенным образом на точность расположения осей отверстий в корпусах. Представлен принцип построения подпрограммы анализа точности обработки, позволяющей определить технологические условия обработки, обеспечивающие требуемую точность обработки.

THE HALES' MACHINING ACCURACY IN AN AUTOMATIC BODY TECHNOLOGICAL PROCESS DESIGN SYSTEM

S u m m a r y

The vital factors influencing the position accuracy of body holes' axies are defined.

The principle of subroutine for machining accuracy is given; the subroutine enables to state the machining conditions securing the demanded machining accuracy.