

МЕТОДИКА ЗА АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ И АКТИВЕН КОНТРОЛ В ПРОЦЕСА НА ФРЕЗОВАНЕ НА ПРАВОЪГАЛЕН ДЖОБ

ПЛАМЕН КАСАБОВ, СЪБИ СЪБЕВ

Технически Университет София, Филиал Пловдив
kasabov_p@tu-plovdiv.bg sabi_sabev@tu-plovdiv.bg

Резюме: В тази статия авторите са предложили методика за изпълнение на адаптивно управление и активен контрол по време на процеса на фрезование. Посочен е начин за използване на измервателната система на машината за активен контрол в реално време. Разписана е макро програма за извършване на адаптивно управление за коригиране на диаметъра на фрезовия инструмент.

Ключови думи: адаптивен управление, активен контрол, измервателна система.

METHODOLOGY FOR ACTIVE AND ADAPTIVE CONTROL IN THE MILLING PROCESS OF A RECTANGULAR POCKET.

PLAMEN KASABOV, SABI SABEV

Technical University Sofia, Branch Plovdiv
kasabov_p@tu-plovdiv.bg sabi_sabev@tu-plovdiv.bg

Abstract: In this paper, the authors have proposed a methodology to implement adaptive control and active control during the milling process. A way to use the machine measurement system for real-time active control is indicated. A macro program is written to perform adaptive control to correct the diameter of the milling tool.

Keywords: adaptive control, active control, measurement system.

1. Въведение

Основна цел на технологията на машиностроенето е въздействието върху изходната заготовка с цел получаването на даден продукт с конкретни точност на размерите и качество на повърхнините. Методите въздействие варират в широк спектър. Те могат да бъдат методи за получаване на заготовка близки до формата на крайното изделие- леене, коване, щамповане и др.; или за пък методи за получаване на формата чрез стружко образуване, такива като: струговане, фрезование претегляне, дълбане и др. Също така може да говорим и за методи които променят физико- механичните свойства на детайла- различните видове термична обработка[1].

Независимо от вида на въздействие, всяка една обработка се характеризира с нейната точност и грешки (систематични или случайни). С развитието на машиностроенето през годините все повече се е засилвал стремежа за получаване

на по- точни и качествени изделия. Това от своя страна е довело до появата на методи на контрол и управление на процесите. Принципите на статистиката и отделните клонове на приложната математика са дали възможност да изследваме и моделираме различни явления и свързаните с тях систематични грешки в процеса на обработка, като например силовите деформации при различните видове механична обработка.

С развитието на технологията и тези високи изисквания към нея за получаване на серии от все по- точни машиностроителни изделия се появява нов неин раздел – контрол и адаптивно управление. Неговата същност е да намери начин и опише методология за управление на точността с която се получават изделията.

С времето са развити редица методики за активно управление постигнато с след машинно измерване на партида детайл и генериране на регресионен модел на влиянието на

систематични и несистематични грешки. Стъпвайки на него можем да предскажем оптимални стойности на значимите фактори, с което да повишим точността на изделието [2,4,5,6].

Развитието на металоорежещите машини и по-конкретно металоорежещите машини с цифрово програмни устройства дава възможност за едни по-нов, иновативен подход при активното управление и контрол. Сега е изключително лесно металоорежеща машина с ЦПУ да бъде оборудвана с измервателна система, която да бъде включена, като част от установка за адаптивно управление с машинно измерване на готовия детайл.

2. Методика

За реализиране на адаптивно управление и активен контрол при фрезование на правоъгълен джоб е използване технологична система включваща следните елементи:

- металоорежеща машина с ЦПУ,
- измервателна система имплементирана в металоорежещата машина
- макро програма за прилагане на условно управление на елементите на процеса на рязане.

Използваната машини е HAAS VF-2SS.

Кратко описание на машината може да намерите в фиг. 1.




СПЕЦИФИКАЦИЯ

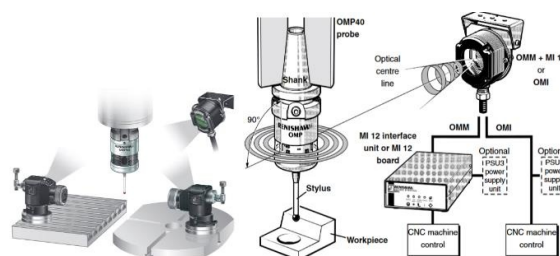
ХОДОВЕ	SAE	METRIC
Ос X	30.0 in	762 mm
Ос Y	16.0 in	406 mm
Ос Z	20.0 in	508 mm
Чело на шпиндела към масата (~ макс)	24.0 in	610 mm
Чело на шпиндела към масата (~ мин)	4.0 in	102 mm

SPINDLE	SAE	METRIC
Максимална мощност на шпиндела	30.0 hp	22.4 kW
Максимални обороти	12000 rpm	12000 rpm
Максимален въртящ момент	90.0 ft-lbf @ 2000 rpm	122.0 Nm @ 2000 rpm
Задвижваща система	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive
Конус	CT40 BT40 HSK-A63	CT40 BT40 HSK-A63
Мазане на лагерите	Air / Oil Injection	Air / Oil Injection

Фиг.1. Спецификация на използваната металоорежеща машина[7]

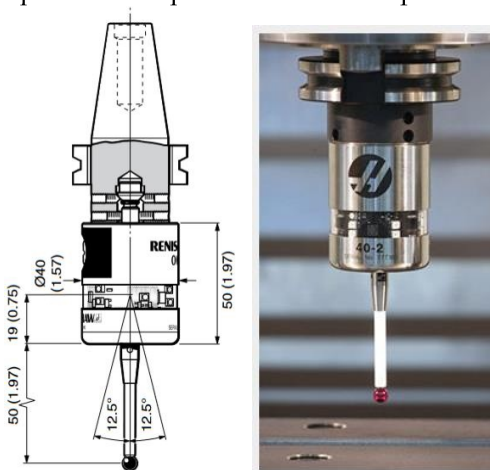
Особено важна нейна характеристика, за конкретните ни нужди, е възможността за прилагане на макро програмиране и наличните

шаблони за извършване на измервания с автоматичната измервателната система.



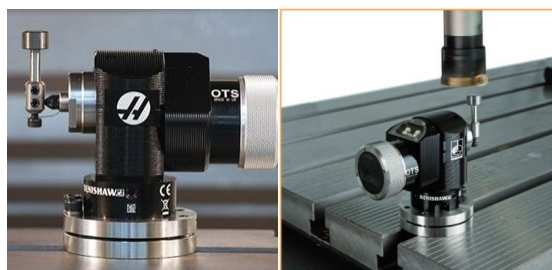
Фиг. 2. Измервателна система ReniShaw

За измерване на получените размери след фрезование използване измервателна система ReniShaw OMP40 показана на фиг. 2. Точността ѝ при повтаряемост е 1µm при скорост на измерване 480mm/мин при 50mm стилус [3]. Това напълно удовлетворява нужната ни точност за провеждане на измерванията. Размерите на измервателната проба са оказани на фиг.3.



Фиг. 3. Измервателна проба ReniShaw OMP40

Заготовката на тестовия образец е шина с размери 100x60x20 мм от алуминий с марка 6082 В нея ще се фрезова джоб с размери 40x80 с дълбочина 15мм фиг 6.

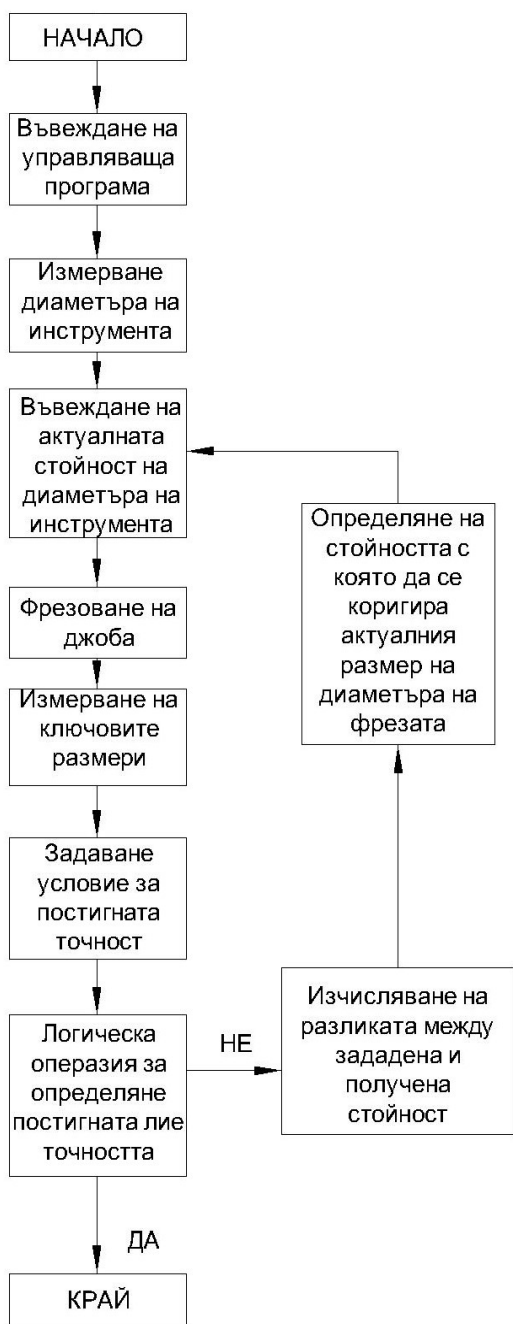


Фиг. 4. Измервателна проба ReniShaw OTS

За по-добра визуализация на логиката на макропрограмата е направена блокова схема, фиг.5. Както е показано на блок-схемата първата

стъпка е въвеждане на управляващата програма. Тя съдържа пет основни пасажа.

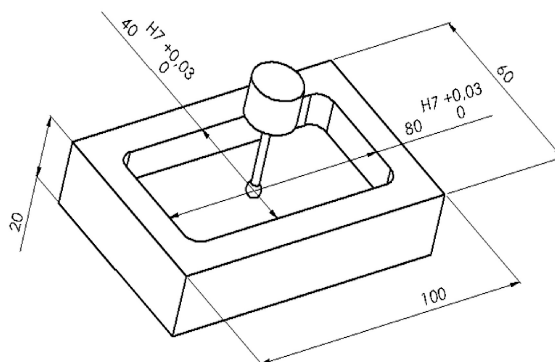
Първият е макро подпрограма задаваща на машината да извърши измерване на диаметъра на инструмента с помощта на проба OTS, фиг.4. След измерването ЦПУ системата автоматично въвежда диаметъра на инструмента в корекционния регистър на инструментите, за да може по късно да отмести траекторията на движение на инструмента със тази стойност.



Фиг. 5. Блок схема на алгоритъм за адаптивно управление и активен контрол

Вторият пасаж е подпрограмата за същинската обработката на правоъгълния джоб. В нея е описана траекторията на движение на инструмента за получаване на желания контур при желаната точност на размерите. Особено важно условие за прилагане на предложената методика на адаптивно управление, е да се използва програмиране на обработка на контура с, така наречената, радиусна компенсация.

В третият пасаж имаме макро програма за измерване на получените ключови размери на изработвания детайл (фиг.4.)



Фиг. 6. Принципна схема на измервателния процес

Четвъртият абзац включва макро програма с логическо условие за определяне дали е постигната желаната точност на размерите. За дадено е ниво на грешка на измерването. След логическата операция са възможни два изхода-край на програмата при постиганата точност на размерите или преминаване към петия абзац на програмата извършващ поднастройване на технологичната система.

Поднастройването на технологичната система се състои в това, макро- подпрограма да сравни разликата между зададената стойност на ключовите размери и получените в действителност такива. Тъй като в началото на програмата сме направили измерване на диаметъра на инструмента и това, че обработваме вътрешна повърхнина, то очакваната грешка на размера ще се дължи на силова деформация на инструмента по време на фрезването. Под нейното въздействие получените действителни размери на джоба трябва да са по- малки от зададените. Това на свой ред означава, че тази силова деформация може да бъде компенсирана чрез умишлено намаляване на диаметъра на инструмента с стойност равна на половината на получената разлика между зададените и получените размери на детайла.

След като с помощта на макро програмата машината напълно автономно е променила стойността на диаметъра на инструмента в корекционния регистър се повтарят абзаците от 3 до 5 до получаване на детайла с желаната точност.

```
G00 G53 Z0.  
(CALCULATIONS)  
IF [ #10188 LE 40.00 ] GOTO1100  
IF [ #10188 GE 40.01 ] GOTO1200  
  
N1200 #10010= #10188 -40.00  
#2621= #10010  
GOTO20  
M99  
  
N1100 M30.  
  
%
```

Фиг. 7. Абзац от макро програмата

3. Заключение

Предложената методика гарантира повишаването на точността, благодарение на прилагане на активен контрол по време на обработка посредством измервателно устройство с висока точност.

Работата по тази методика намалява грешките от пребазиране, заради снемането на детайла от приспособлението за установяване, с цел извън машинно измерване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васил Георгиев, Станчо Пашов „Технология на машиностроенето“ Пловдив 2013.
2. Georgiev V. I. Chetrokov, Research of the Adaptive Control During CNC Turning As A Part of the Intelligent Computer Control System, 2005, Technical University at Plovdiv Plovdiv, BULGARIA
3. <https://www.renishaw.com/media/pdf/en/6b011c26a15445a6a0d2b76c1e768aab.pdf>
4. Orra, Kashfull & Choudhury, S.K.. (2016). Development of flank wear model of cutting tool by using adaptive feedback linear control system on machining AISI D2 steel and AISI 4340 steel. Mechanical Systems and Signal Processing. 81. 10.1016/j.ymsp.2016.03.011.
5. Oren Masory, Yoram Koren, Variable gain adaptive control system for turning, Journal

of Manufacturing Systems, Volume 2, Issue 2, 1983, Pages 165-173, ISSN 0278-6125, [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(83\)80029-6](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(83)80029-6).

6. Y. Liu, T. Chang, and L. Zuo, "Adaptive control constraint of machining processes," Int. J. of Advance Manufacturing Technology, vol. 17, no. 10, pp. 720-726, May 2001.
7. <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/vf-series/models/small/vf-2ss.html>

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от проект BG05M2OP001-1.002-0023 – Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“ на ТУ-София, филиал Пловдив