

## ADAPTIVE CONTROL IN DRILLING ON CNC MACHINE TOOLS

VASIL GEORGIEV, SVETLIN LILOV

**Abstract.** This paper presents a developed by the collective system of adaptive control in drilling on CNC machine tools. The applicability of this control at different diameters and depths of the drilling holes is being analyzed.

**Key words:** drilling, CNC, adaptive control

### АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СВРЕДЛОВАНЕ НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ С ЦПУ

#### 1. Въведение

Свредловането като процес на механична обработка е широко разпространен при производството на корпусни детайли, като често заема над половината от общото време за обработване. При проектирането на технологичния процес, с цел завишаване ресурса на режещия инструмент, работното подаване ( $f$ ) се определя чрез външно оптимизиране за най-тежките условия, без да бъдат отчетени реалните условия на работа. Този подход не дава възможност за рационално използване качествата на инструмента, което води до понижаване на производителността на процеса свредловане при избрана трайност на инструмента.

Причините за претоварване и счупване на режещия инструмент могат да бъдат наблюдавани при локални твърди включения в заготовката, нееднородна твърдост по дълбочина на отвора и при обработване на отвори с пресичащи се оси. За да се избегнат тези проблеми се използват Адаптивни Управления (АУ) с контрол на натоварването на инструмента в реално време. При свредловане като най-подходящи параметри за контрол се използват въртящия момент и осовата сила [4]. за тази цел в реализираните системи се използват динамометрични устройства за контрол на тези параметри [5]. Като регулиращ параметър за поддържане на определени нива на натоварване на свредлото се използва работното подаване [7].

#### 2. Изложение

В последното десетилетие новите разработки в областта на адаптивното управление на различни типове сензори и измервателна техника дават възможност за измерване на различни параметри на процеса на механична обработка. Тези измервателни техники могат да бъдат класифицирани като два типа: директни и индиректни. При индиректните измервания информацията се придобива след обработване на сигналите от сензорите и интерпретирането им на базата на модели.

При директните измервания, нужният контролен параметър се получава директно от сигнала. Този тип измервания се извършва периодично, например при измерване на размер на обработена повърхнина.

Индустриалното приложение на допълнителни динамометрични сензори в металорежещите машини с ЦПУ (ММ с ЦПУ) е твърде ограничено, въпреки дългогодишни изследвания и разработки в тази област. Причина за това са високите им цени, ниска универсалност и надежност при различни процеси на механична обработка извършвани върху един детайл, и трудното им напасване при такова разнообразие на типове цифрови управления. [8]. Това налага реализирането на адаптивна система за свредловане да се осъществи без вграждане на допълнителни измервателни устройства в металорежещата машина, а да се използват наличните такива.

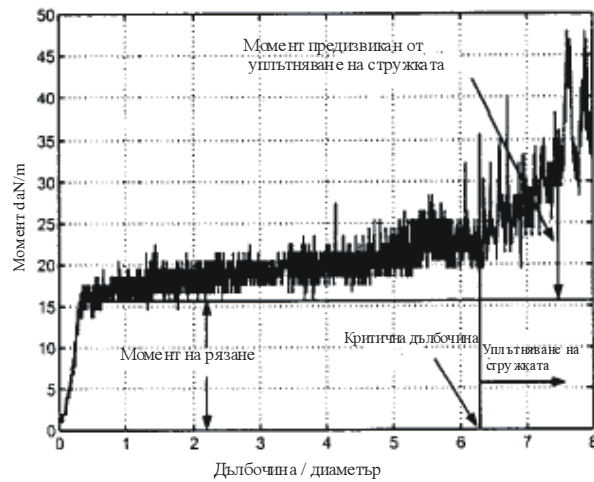
В съвременните ММ с ЦПУ задвижванията на вретената се осъществяват от асинхронни електродвигатели с инверторно управление с векторен контрол. Това управление има възможност осигури изходен сигнал към системата за управление на машината за мощността на главното движение по време на работа. Използването на мощността на рязане като параметър за осъществяване на този тип АУ има своите ограничения. Измерената мощност на главното движение по време на работа включва както мощността на рязане така и загубите в двигателя (електрически и механични) и тези във вретения възел. Тези загуби са пропорционални на честотата на въртене и температура на двигателя [6]. В зависимост от диаметъра на свредлото, режимите на рязане и вида на обработваемия материал мощността на рязане може да бъде от същия порядък или по малка от тези загуби. Това ограничава приложението на предложени тип АУ при свредловане със свредла с малки диаметри. Използването на АУ по мощност при тези условия изисква прецизно калибриране на системата за голям брой различни условия на работа и размери на свредлата, което е свързано както с използването допълнителна точна динамометрична измервателна техника, така и до разход на високо квалифициран труд.

### **3. Реализация на адаптивното управление**

Предложеното АУ реализира свредловане с постоянен въртящ момент (Мв). Моментът на рязане се установява от системата, такова че да не превиши допустимия момент на усукване за конкретния инструмент. Допустимият момент за всяко свредло се пресмята по добре известни зависимости [2]. Моментът на рязане се измерва от системата в реално време с отчитане на мощността на главния двигател и честотата на въртене на инструмента. Като елемент от режима на рязане с най-голямо влияние върху момента на рязане, управляемият параметър от системата за АУ е работното подаване. Избора на работно подаване за стартиране на процеса свредловане се извършва от системата и то е максимално допустимото за якостта на инструмента. Това води до повишаване на производителността на обработката и точността на отворите [1]. Скоростта на промяната на работното подаване (Fраб) се ограничава от продължителността на вътрешния цикъл на системата за ЦПУ (при HAAS VF2 е 10ms). Поради това забавяне на системата, зададеният от АУ допустим въртящ момент е 80% от разрушаващия момент на свредлото. При достигане стойност на подаването до 10% от първоначалното зададено, АУ прекъсва процеса на рязане и изтегля инструмента в начална точка.

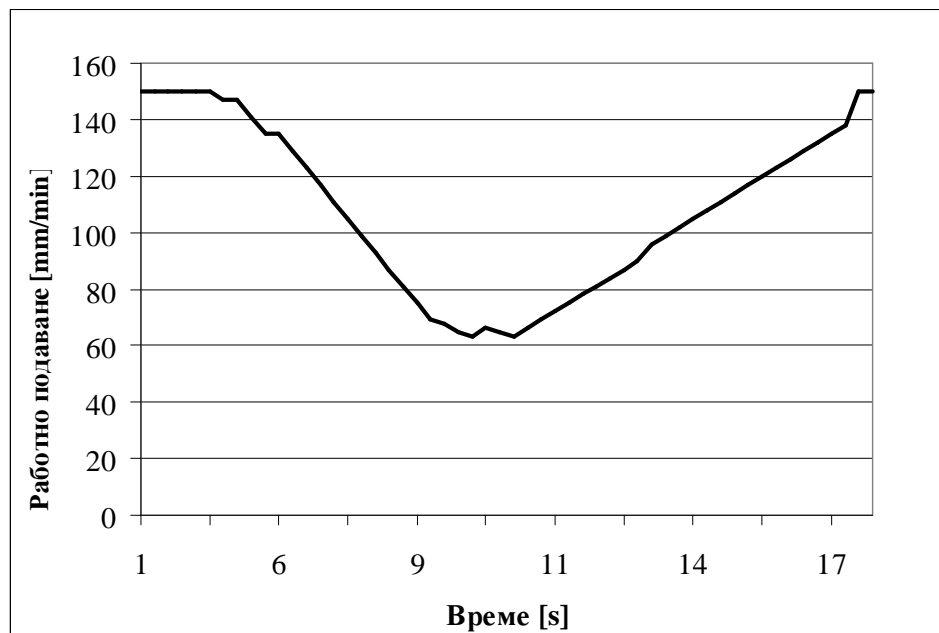
Адаптивно управление чрез управление скоростта на работните ходове е особено подходящ при свредловане на недълбоки отвори. При свредловане след определена дълбочина на пробиване се забелязва значително повишаване на момента

на рязане породено от уплътняване на на стружката между стените на отвора и винтовите канали на свредлото (фиг. 1)

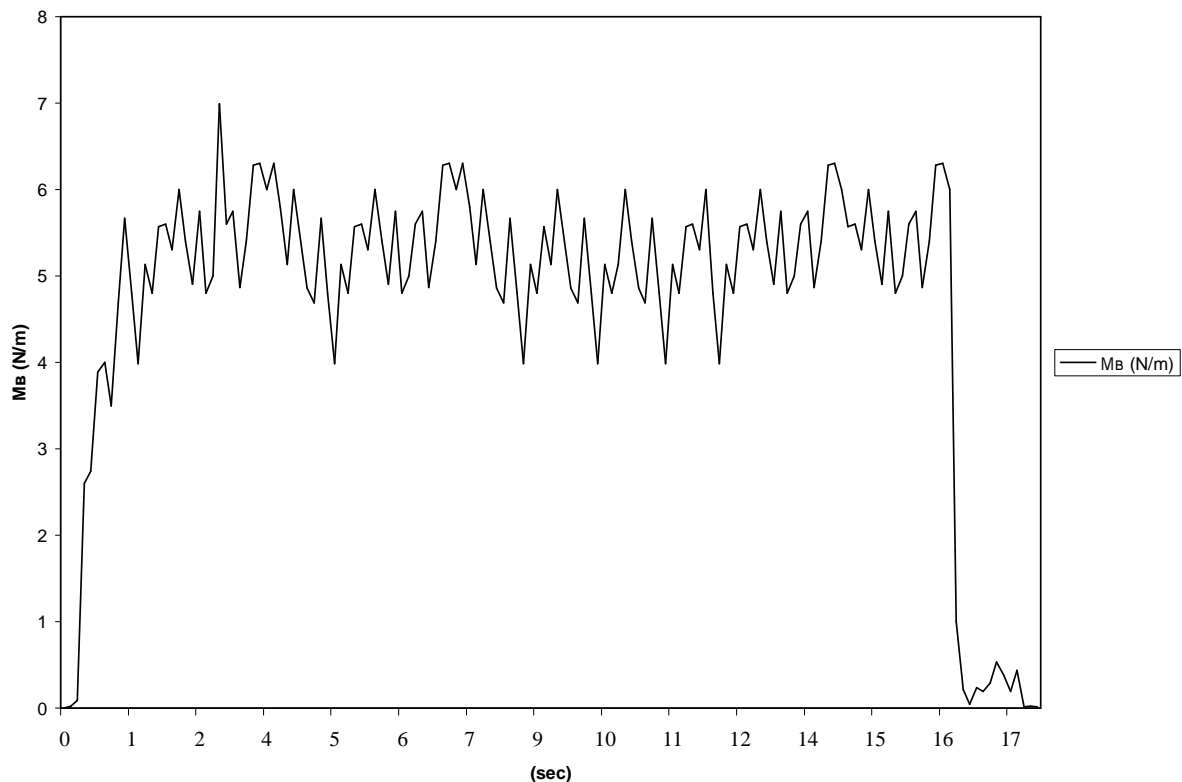


Фиг. 1 Изменение на въртящия момент при свердловане

Тестването на работоспособността на разработеното АУ е извършено на обработващ център HAAS VF2. Адаптивната система е реализирана на езика за програмиране Масро. Обработената заготовка е трислойна. Първият и третият слой са с дебелина 7мм от материал Д16Т, а втория, междинен слой с дебелина 12мм е от стомана 40Х. Режимите на рязане са: първоначално зададено работно подаване  $V_f=150\text{mm/min}$ , скорост на рязане  $V_c=28\text{m/min}$ , диаметър на свредлото 10мм. На фигура 2 е дадена промяната на работното подаване по време на свердловане, а на фигура 3 е показано промяната на момента на рязане при тази обработка.



Фиг. 2 Изменение на работното подаване



Фиг. 3 Изменение на момента на рязане

#### 4. Заключение

Разработената система за АУ е Подходяща за приложение при свредловане със свредла с диаметър над 6мм на отвори с дълбочина до 5d (d-диаметър на свредлото). Това управление е особено ефективно при следните технологични ограничения:

- свредловане на заготовки с нееднородна структура и твърдост по дължина на отвора
- свредловане на отвори с пресичащи се оси
- свредловане на отвори в заготовки, къдетосчупване на свредлото в отвора ще предизвика непоправим брак

*Авторите изказват благодарност на НФНИ при МОН за финансирането на проект ВУ-ТН-953/06, в рамките на който е проведено настоящото изследване.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивное управление станками, под ред. Балакшина Б.С., "МАШИНОСТРОЕНИЕ", Москва, 1973
2. **В. Георгиев**, **А. Ленгеров**, Модель оптимального врезания инструмента при сверление на металорежущих станках с числовым программным управлением и адаптивным управлением. Известия на Технически Университет в Пловдив, Том 4 "Фундаментални науки и приложения", 1996.
3. **С. Попов**, Рязане на металите. София, Техника, 1975
4. **Erkki Jantunen**, A summary of methods applied to tool condition monitoring in drilling, Machine tools & Manufacture 42, 2002
5. **E. Brinksmeier**, Prediction of tool fracture in drilling, Annals of the CIRP 39 (10), 1990

6. **Ch. Schuyler**, Cutting power model-sensor integration for a smart machining system, Department of Mechanical Engineering University of New Hampshire, 2004
7. **M. Fujishima**, Integration of adaptive control functions for drilling in intelligent machine tools, Mori Seiki Co., LTD, 2004
8. **S. Liang**, Machining process monitoring and control: the state-of the art, ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2004

Department of Mechanical Equipment and Technologies  
Technical University–Sofia, Plovdiv Branch  
25, Tsanko Dystabanov Str.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: [mtpt@tu-plovdiv.bg](mailto:mtpt@tu-plovdiv.bg)