

## Метод за активен контрол и адаптивно управление на процеса кръгло надлъжно шлифоване

Част 1: Варианти за установяване на устройства за активен контрол

Лъчезар Стоев

### **Method for active control and adaptive control of the process round longitudinal grinding:**

*There are suggested active control devices (ACD) for machines for round grinding of different constructions. This new method operates with selected parameters of the cutting conditions by round longitudinal grinding, short or long pass honing, lapping or polishing. This technology ensures the achievement of simultaneous high form and dimensions accuracy of parts with changing diameters by optimal output. The green body and the machined parts could be measured, scanned and attested on the very same machine, using ACD before, at the same time and after the machining.*

**Key words:** active control, adaptive control, longitudinal grinding.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Известен е класическият метод за активен контрол (АК) при врезно шлифоване на външни цилиндрични повърхнини и отвори, прилаган при кръглошлифовъчни машини с цифрово програмно управление. При тази технология диаметърът на обработвания детайл се следи непрекъснато от устройство за активен контрол (УАК). Контактните накрайници на измервателното приспособление се разполагат в постоянна позиция в рамките на широчината на абразивния инструмент. Устройството е относително неподвижно в надлъжно направление спрямо обработвания детайл. УАК управлява процеса на врезно шлифоване в напречно направление по ос „Х“. То подава сигнали към системата за ЦПУ при достигане на предварително програмираните диаметри за превключване на подавателните скорости, за стартиране на зададените времезадържания (отискряния) и за достигнат окончателен размер. Недостатък на този метод е осъществяването на активен контрол само в едно напречно сечение по ос „Х“.

Позната е система за адаптивно управление (САУ) на процеса надлъжно шлифоване на ротационни патронникови или центрови детайли, при която се следи и поддържа постоянна мощност на главния електродвигател, чрез управление на параметрите на режима на рязане: най-често надлъжната скорост на масата или честотата на въртене на детайла. Недостатък на тази система е косвеното контролиране на промяната на прибавката при надлъжно шлифоване и на обработвания диаметър чрез следене на мощността на главния електродвигател.

Известно е осъществяването на интелигентно компютърно управление (ИНС) при съчетаване на адаптивно управление и контрол на процесите струговане и свредловане [1, 2, 3, 4 и 5], при което се използват възможностите на съвременните системи за ЦПУ. Конкретната машина може да се свърже в режим на директно програмно управление (DNC) с външен компютър. В този случай той разполага с база данни и модел на деформационното поведение на технологичната система. В него се въвежда информация за размерите и точността на заготовките и обработените детайли преди и съответно след обработване. Този подход дава възможност адаптивното управление да се извършва от съвременните системи за ЦПУ на машините без необходимост от допълнителни измервателни датчици при използване на специално разработен софтуер и бази данни. Размерното поднастройване се осъществява по време на обработването чрез програмирано адаптивно управление. В програмите се въвеждат модели за силовите деформации на технологичната система по разработени алгоритми за осъществяване на

стратегията за управление. Използват се и допълнителните възможности на така нареченото „самообучение“ на системата.

При процесите, реализирани с инструменти с дефинирани режещи ръбове, като струговане, фрезование, свредловане и др., не може да се осъществи действителен активен контрол в зоната на рязане по време на самото обработване, поради геометрията на инструментите, големината и вида на стружките, високите силови и температурни деформации и получаваната грапавост. Адаптивното управление се основава на измервания на детайлите не по време на обработването в зоната на рязане, а преди или след него.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

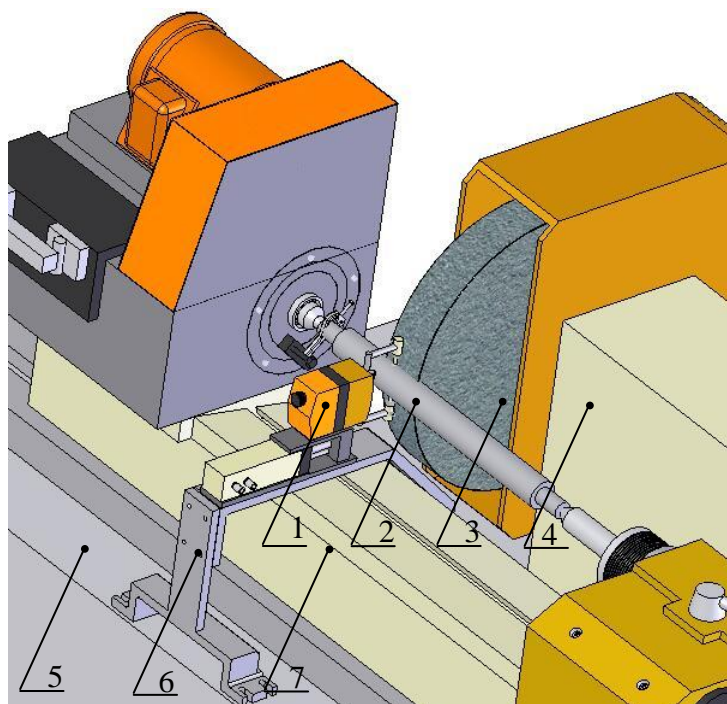
Целта на поредицата от два доклада е предлагане и популяризиране на нов метод за активен контрол и адаптивно управление на процеса кръгло надлъжно шлифование на външни цилиндрични повърхнини и стъпални отвори на ротационни центрови или патронни детайли. Методът може да се прилага и при външно (късо или дълго ходово) надлъжно хонинговане, притриване и полиране. В първия доклад се изясняват вариантите за установяване на устройствата за активен контрол, било то едноконтатни или широкообхватни (ШУАК), в работната зона на кръглошлифовъчни машини с различни компоновки. В предвид ограничените изисквания за обема на докладите се илюстрират и анализират технологичните възможности на метода за АК и АУ само при кръглото надлъжно шлифование, което е характерен типопредставител на всички изброени по-горе процеси. На мястото на шлифовъчните дискове на приложените схеми в докладите биха могли да се илюстрират други абразивни инструменти с геометрично неопределена режеща геометрия реализиращи споменатите методи за окончателно обработване. Вторият доклад по темата е посветен на възможностите и предимствата на предлаганата нова система за адаптивно управление. За метода за АК и АУ е подадена заявка за изобретение в Патентното ведомство на Р България за патентна защита на интелектуалната собственост.

Методът за активен контрол на външни цилиндрични повърхнини на ротационни центрови или патронникови детайли при надлъжно шлифование е експериментално изследван и е доказана ефективността от неговото практическо приложение [6]. В настоящия доклад се представят възможностите за прилагане на едноконтатни и широкообхватни устройства за активен контрол (ШУАК) при различни компоновки на кръглошлифовъчни машини. При всички тях активният контрол се осъществява непрекъснато в зоната на рязане по време на надлъжното обработване. При промяна на активно измервания текущ диаметър се подават сигнали за адаптивно управление към ЦПУ на машината или към специализирана система за адаптивно управление (САУ), (тема, която се разглежда във втората част на доклада), или към система за интелигентно компютърно управление (INC) в DNC режим, за мигновена адаптивна промяна на избран/и параметър/ри от режима на рязане с оглед поддържане на постоянен диаметър и точна форма на надлъжно обработваната повърхнина или отвор. Използваното УАК се разполага винаги в постоянна позиция в рамките на широчината на абразивния инструмент: диск, сектор от абразивен кръгов венец, брус, шкурка или лента и е относително подвижно спрямо обработвания детайл. УАК може предварително да измерва, сканира и атестира в надлъжно направление чисто струговани или ротационно фрезовани заготовки или да извършва това в определени напречни сечения по дължината на заготовката като стартира съответен шлифовъчен или друг обработващ цикъл, адаптиран с измерената геометрия. Устройството може и да се използва за измерване, сканиране и атестиране след обработването на

цилиндричните външни повърхнини или стъпални отвори на ротационни центрови или патронникови детайли, т. е. способства използваната обработваща машина да поеме функциите на измервателна станция.

### Техническа същност на метода за АК

За осъществяване на метода за активен контрол на процеса кръгло надлъжно шлифование, (късо или дълго ходово надлъжно хонинговане, притриване или полиране) на външни цилиндрични повърхнини и стъпални отвори на ротационни центрови или патронникови детайли с инструменти с геометрично неопределена режеща геометрия, се използват стандартни или модифицирани модели на безконтактни, едноконтактни, двуконтактни УАК или широкообхватни УАК (ШУАК), които извършват непрекъснат активен контрол в зоната на рязане по време на надлъжното обработване. За контактни крайници на УАК е удачно да се прилагат взаимно кръстосани ролки [6] (кръстосани една спрямо друга и спрямо оста на детайла) с малко по-голям диаметър от обичайно използвания, с оглед минимизиране на влиянието на грапавостта на обработваната повърхнина в надлъжно направление върху размаха на показанията при отчитане на контролирания диаметър и върху моментите за подаване на управляващи сигнали.



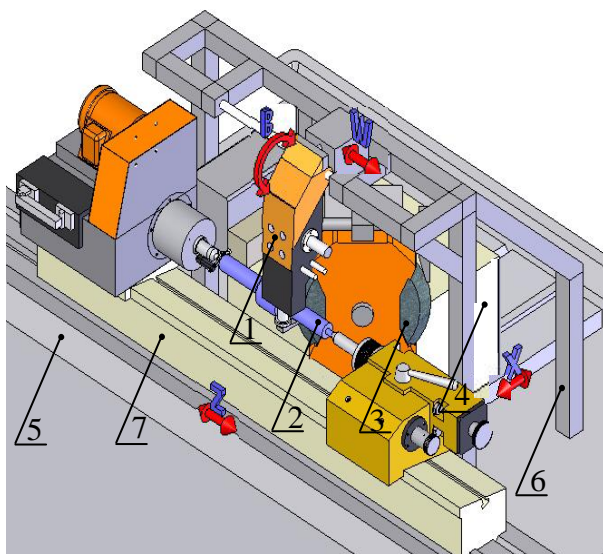
Фиг. 1 Установяване на двуконтактно устройство за АК при надлъжно шлифование

На фигура 1 е показано едноразмерно УАК, поз. 1, установено неподвижно към тялото, поз. 5, върху мост, поз. 6 над масата, поз. 7, на една от най-разпространените компоновки на кръглошлифовъчни машини, при която супортът, поз. 4 се премества само в напречно направление по ос "X", а масата се движи по ос „Z“. Устройството за активен контрол е разположено в постоянна позиция в рамките на широчината на абразивния инструмент, поз. 3 и е относително подвижно спрямо надлъжно преместващия се детайл, поз. 2 по ос „Z“ [6].

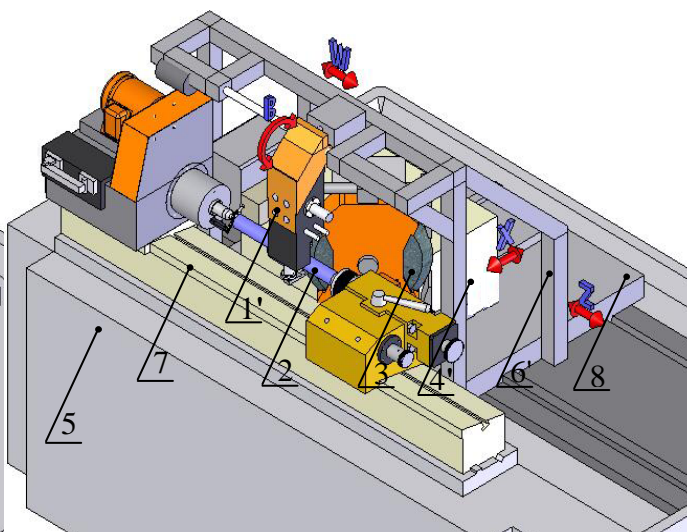
Последователността на действието на едноразмерното УАК за реализиране на метода за активен контрол при надлъжно шлифование е следната:

Стартира се стандартен цикъл за врезно напречно шлифование при активиран датчик за докосване (мощностен или акустичен) за зачистване на стъпало в десния или ляв край на детайла до програмиран начален диаметър за осъществяване на следващия цикъл за надлъжно шлифование. При сработване на датчика за докосване се извиква УАК в измервателна позиция. От този момент нататък УАК поема функциите на контрол и управление на процеса надлъжно шлифование с периодични напречни подавания в края на всеки ход или всеки двоен ход. УАК извършва непрекъснат контрол на размерите, на формата на шлифования детайл в надлъжно и напречно сечение, на радиалното биене и биенето на оста на детайла. При достигане на предварително зададения окончателен диаметър, в произволно напречно сечение по дължината на детайла, измервателното устройство подава сигнал за отработване на един или няколко отискрящи хода.

При шлифване на многостъпални детайли с активен контрол се използват ШУАК. Разполагането на тези скъпи устройства върху моста над надлъжната маса не е подходящо поради тяхната конструкция и габарити и възникващите в случая затруднения при установяването на детайлите. Устройствата разполагат с допълнителна ос „W”. Тя се използва при врезно шлифване, а при предлагания метод - при надлъжно шлифване на стъпала с различни дължини. За да не се получават нежелани колизии на фиг. 2 е представено подходящо установяване на ШУАК, поз. 1 към неподвижна носеща конструкция, поз. 6 към тялото, поз. 5 на машина със супорт, поз. 4, преместващ се по ос „X” и надлъжно движеща се маса, поз. 7 по ос „Z”. Подобно разполагане се използва при българската шлифовъчна машина ШК 322.41. Оста „B” е необходима за повдигане на ШУАК при смяна на обработения детайл, поз. 2 и зареждане на нова заготовка.



Фиг. 2 Установяване на ШУАК при машина със супорт движещ се по ос „X”



Фиг. 3 Установяване на ШУАК при машина с кръстат супорт движещ се по осите „X” и „Z”

При другата известна компоновка на кръглошлифовъчни машини с кръстат супорт, който се премества в надлъжно и напречно направление по осите „X” и „Z”, е подходящо установяване на ШУАК към надлъжната шейна, поз. 8 на супорта, поз. 4', фиг. 3. През цялото време на относително преместване на абразивния инструмент, поз. 3 спрямо обработвания неподвижен детайл, поз. 2 в надлъжно направление, контактните крайници на ШУАК, поз. 1' са разположени винаги в постоянна позиция срещу инструмента.

При обработване на стъпало с друг диаметър контактните крайници на ШУАК 1' се поднастройват автоматично по програма на новия размер.

Всички устройства за активен контрол, показани на фигурите в доклада, могат да осъществяват непрекъснат сигналнообмен със система за адаптивно управление или с ЦПУ на машината, или с INC за адаптивна промяна на избран/и параметър/и на режима на рязане според колебанията на размера на активно измерваната цилиндрична повърхнина с оглед подържане на постоянство на програмирания текущ диаметър на етапите за грубо, чисто или фино надлъжно обработване.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предимството на метода за активен контрол на процесите: кръгло надлъжно шлифование, късо или дълго ходово хонинговане, притриване или полиране на външни цилиндрични повърхнини и стъпални отвори на ротационни центрови или патронни детайли с абразивни инструменти с геометрично неопределена режеща геометрия като: дискове, сектори от кръгови брусове, ленти, шкурки или други инструменти е в осъществяването на непрекъснато измерване на повърхнината по време на рязането не само в едно напречно сечение, а в извършване на контрол на колебанията на диаметралния размер в рамките на всеки ход по цялата дължина на обработвания детайл при едновременно атестиране на надлъжната форма, радиалното биене и биенето на оста на детайла. Прилагането на АК при надлъжно обработване елиминира възможността за предварително подаване на управляващи сигнали към системата за ЦПУ поради неконтролируемо износване на инструмента и гарантира достигането на точен окончателен размер. Носещите конструкции за установяване на УАК могат да се монтират към всички компоновки продукционни и цифрови машини и не представляват сериозна инвестиция.

Съществува възможност чисто струговани или ротационно фрезовани заготовки предварително да се измерват, сканират и атестират на самата машина (струг, фреза, обработващ или многооперационен център или машина за окончателно обработване) с помощта на (безконтактни, едно- или многоконтактни) УАК или ШУАК в надлъжно направление в определени напречни сечения и да се стартира съответен обработващ (стругов, ротационно-фрезови, шлифовъчен, хонинговащ, притриващ, полиращ или друг) цикъл, адаптиран с тяхната геометрия. Машините и устройствата за активен контрол могат да се използват и за измерване, сканиране и атестиране след обработването на повърхността на обработените детайли, т. е. те могат да поемат функциите на измервателни станции.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георгиев В., С. Лилов. Адаптивно управление при свредловане на металорежещи машини с ЦПУ. Известия на ТУ в Пловдив, том 13(6), 2006.
- [2] Георгиев В., С. Салапатева. Изследване за активен контрол при струговане с ЦПУ като елемент на система за интелигентно компютърно управление. Известия на ТУ в Пловдив, том 11, 2004.
- [3] Георгиев В., И. Четроков. Влияние на грешките на формата на заготовката върху алгоритъма за адаптивно управление на точността при струговане. Юбилейна международна научна конференция AMTECH 2005, том 44, серия 2.
- [4] Георгиев В., И. Четроков. Изследване за адаптивно управление при струговане с ЦПУ като елемент на система за интелигентно компютърно управление. Известия на ТУ в Пловдив, том 11, 2004.
- [5] Георгиев В., И. Четроков, С. Лилов, С. Салапатева. Информационните технологии в управлението на технологичния процес. Известия на ТУ в Пловдив, том 13(6), 2006.
- [6] Стоев Л., Ст. Христов. Метод за активен контрол при надлъжно шлифование. Международна научна конференция „Авангардни машиностроителни обработки“, АМО 2008, стр. 313÷318, 18-20 юни 2008 г., Кранево.

### За контакти:

доц. д-р Лъчезар Стоев, катедра “Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, ТУ-София, тел.: 029653919, E-mail: [lstoev@abv.bg](mailto:lstoev@abv.bg), [lstoev@tu-sofia.bg](mailto:lstoev@tu-sofia.bg)