

Системи за активен контрол.

Когато изделието се контролира по време на обработването САК е *система за непосредствен активен контрол (СНАК)*. Поради съвместяването на контрола с технологичния процес условията, при които се провежда контрола не винаги са “комфортни” и това понижава точността и качеството му. *Системите за автоматично поднастройване (САП)* коригират настройката на процеса след контролиране на едно или няколко обработени изделия. Освен за управление на процеса, резултатите от контрола се използват и за сортиране на готовите изделия. За повишаване на точността на контрола се използват *комбинираните системи за активен контрол (КСАК)*, които представляват комбинация на СНАК и САП, като поднастройката се извършва за СНАК и по този начин се компенсират голяма част от нейните грешки. КСАК съчетават функции, средства и предимства на пасивния и активния контрол. Тяхното приложение е оправдано при високи изисквания по отношение на точност, когато само СНАК или САП не могат да ги удовлетворят.

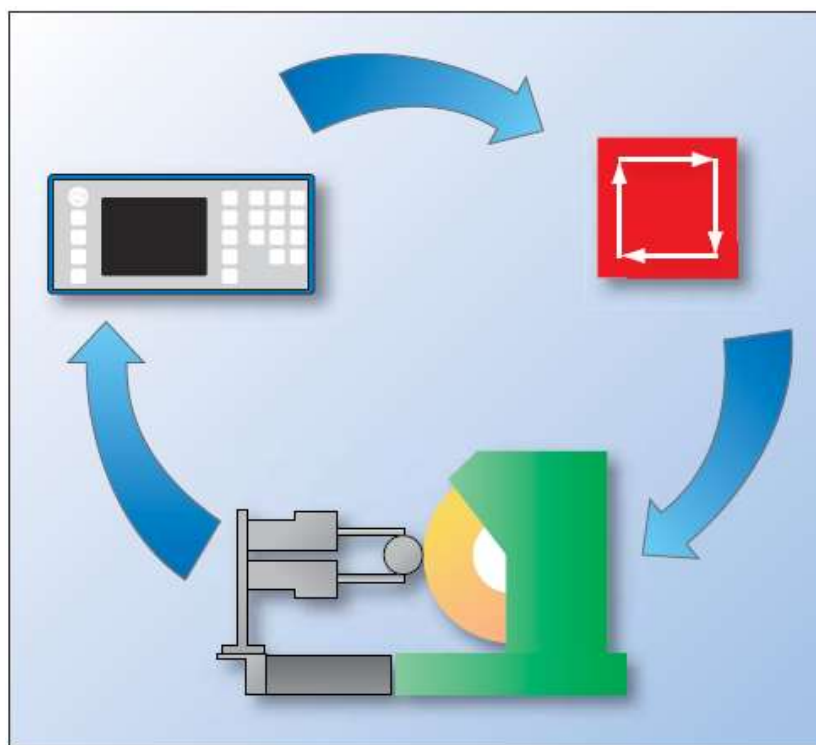
Повечето от системите за пасивен и активен контрол работят по твърда програма. Системата се задейства при съгласуване на стойността на контролирания параметър с предварително зададени стойности и реакцията е еднозначно определена. Това в редица случаи е недостатъчно. За да се получи оптимален резултат е необходимо да се изменят характера, величината и знака на въздействие в зависимост от изменение на вътрешните и външните условия на технологичния процес, т.е. да се работи по гъвкава програма. Този начин на действие имат *адаптивните системи за контрол (АСК)*. При тези системи се използва информация за изходните условия, напр. размер на заготовка, текущото състояние на контролираното изделие и технологичния процес по време на производството и на тази основа се формира управляващо въздействие. То може да се изразява в коригиране на параметрите на процеса, изменение на програмата и др.

Контролно-блокиращите устройства (КБУ) имат опростена структура и функции, например сигнализиране за неизправност, спиране на процеса, отстраняване на негодни заготовки и др., т.е. те осигуряват правилното протичане на технологичните процеси. Те се използват най-често при автоматизирани процеси - автоматични технологични линии и гъвкави комплекси, като се поставят в “тесните” места на процеса. Чрез тях се реализира принципа “Рока - Yoke” за предотвратяване на грешки и дефекти, но докато той е разработен главно за фазата на монтажа, КБУ го реализират на етап производство.

5.7.5.1 Системи за непосредствен активен контрол.

Системите за непосредствен активен контрол (СНАК) намират най-голямо приложение при довършителните технологични процеси в машиностроенето (шлифване, хонинговане), при които се формира крайното качество на детайлите по отношение на геометричните показатели. Тяхната основна функция е управление на процеса по резултатите от контрола на обработвания детайл (фиг. 5.23). По този начин се управлява качеството по време на самия процес и контролът има превантивни функции по отношение на брака. Най-често управлението се реализира по твърда програма. При съгласуване на текущата стойност на контролирания параметър с предварително зададени стойности СНАК формира и изпраща управляващ сигнал към изпълнителните органи, напр. за смяна на режима или за прекратяване на обработката.

Информация за контролирания обект може да се получи освен от него (пряк метод) и от обработващата машина (косвен метод). Оптимален е прякият метод поради максимално компенсиране на технологичните грешки - износване на режещия инструмент, топлинни и силови деформации на машината и инструмента и частично силовите деформации на детайла. При косвените методи могат да се компенсират само някои от тези грешки.

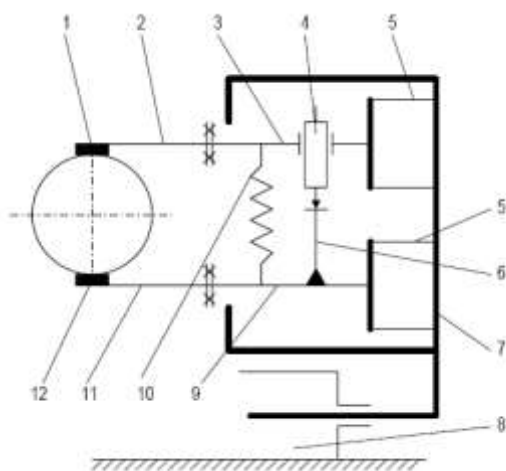


Фиг.5.23 Принципна схема на СНАК.

СНАК могат да намалят съществено разсейването на параметрите на изделията. Основен проблем при тях е силното влияние на условията при които работят. Това е причина за невисоката точност на контрола с тях.

Видът на технологичния процес и обработваното изделие, както и методът на измерване не оказват съществено влияние върху структурата на СНАК, само върху отделни нейни модули. Най-съществено е влиянието върху ПКО и отчасти върху КПУ. Ето защо в разглежданите примери ще бъде акцентирано предимно върху особеностите, структурата и функциите на ПКО.

При центрово шлифование най-често използват дву- и три контактни ПКО (скоби). Двуконтактните ПКО контролират отклонението на диаметъра на обработвания детайл чрез сумиране на отклоненията на двата радиуса. При моноблоковите скоби (фиг.5.23) сумирането се извършва механично в ПКО и се използва един първичен преобразувател (най-често пневматичен или индуктивен). Те се закрепват на транспортиращо устройство (8) върху масата на машината и контролират детайла в едно сечение, затова се прилагат за относително къси в осово направление повърхнини. Моноблоковите ПКО се произвеждат за диаметри до 150-200 mm.



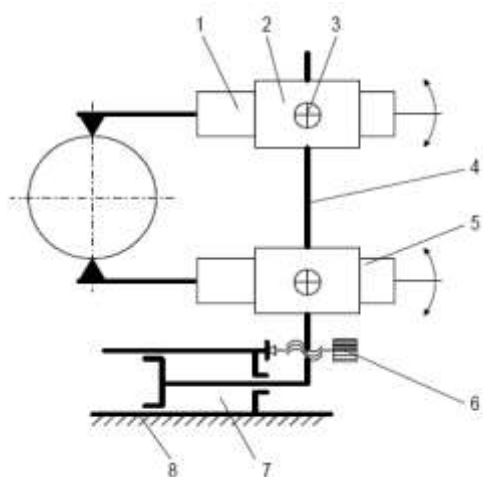
а) принципна схема



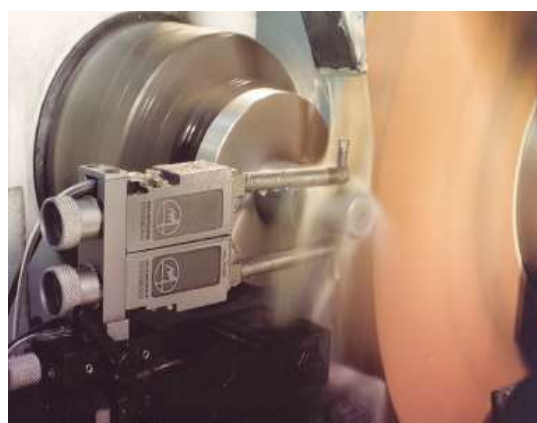
б) външен вид (фирма Etamic)

Фиг.5.23 Двуконтактна скоба за активен контрол на гладки валове.

При по-големи размери се използват ПКО от агрегатно-модулен тип - фиг.5.24. Двата радиуса или техните отклонения се измерват от отделни преобразуватели (2 и 5) и сигналите от тях се сумират в КПУ.



а) принципна схема



б) скоба на фирма MARPOSS

Фиг.5.24 Модулен двуконтактен ПКО.

Точността на СНАК с двуконтактни ПКО е в интервала 5 - 10 μm разсейване на размерите на готовите детайли. Вграждането на допълнителни устройства (аретир, успокоител) в ПКО ги прави универсални. ПКО на фирмата Marposs (Италия) може да се използва за контрол на външни и вътрешни диаметри на непрекъснати и прекъснати повърхнини (фиг.5.25).

Разгледаните ПКО могат да се използват за контрол на дължини, напр. при челно шлифование, само чрез промяна на закрепването върху машината. Скобата се използва също и за контрол на отвори. В последния случай е необходимо да се смени посоката на измервателния натиск на ПКО и да се предвиди аретиращо устройство за измервателните контакти.

Три контактните ПКО са “пионери” в активния контрол. Те се появяват през 1922г. и въпреки многобройните си конструктивни варианти, могат да се сведат до две групи - с обхващане на детайла и седлообразни скоби.



а) контрол на прекъснатата повърхнина

б) контрол на отвор

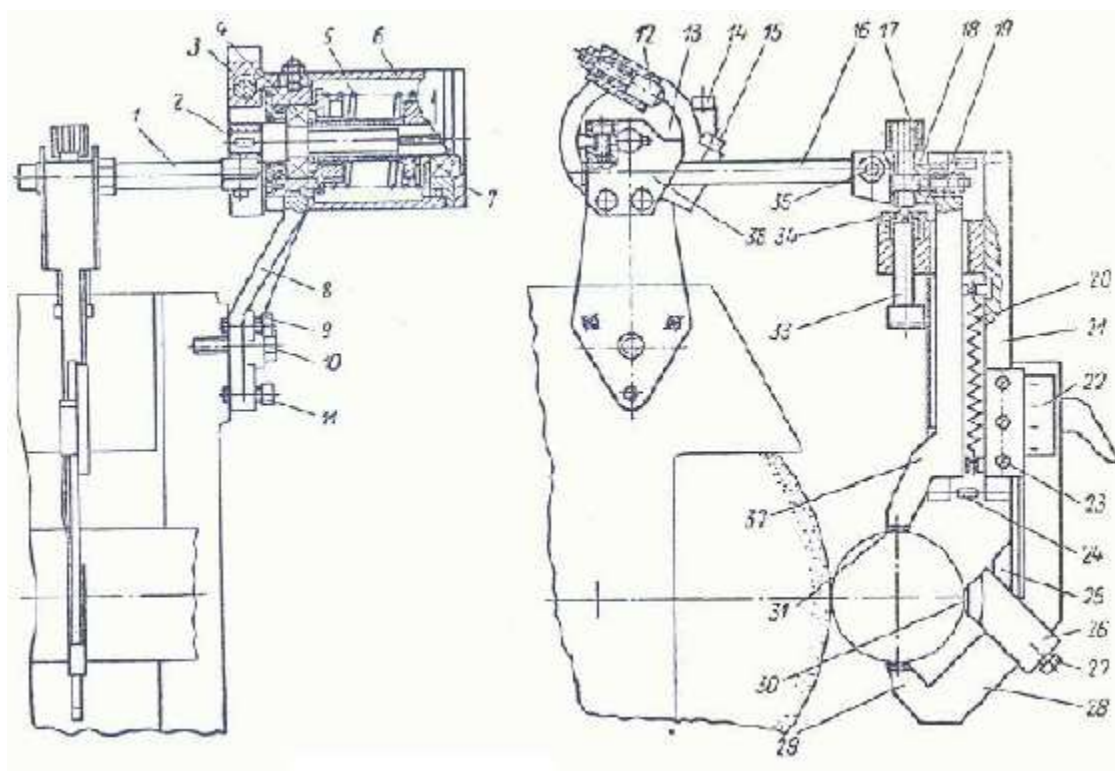
Фиг.5.25 Скоби за активен контрол на фирма “MARPOSS”.

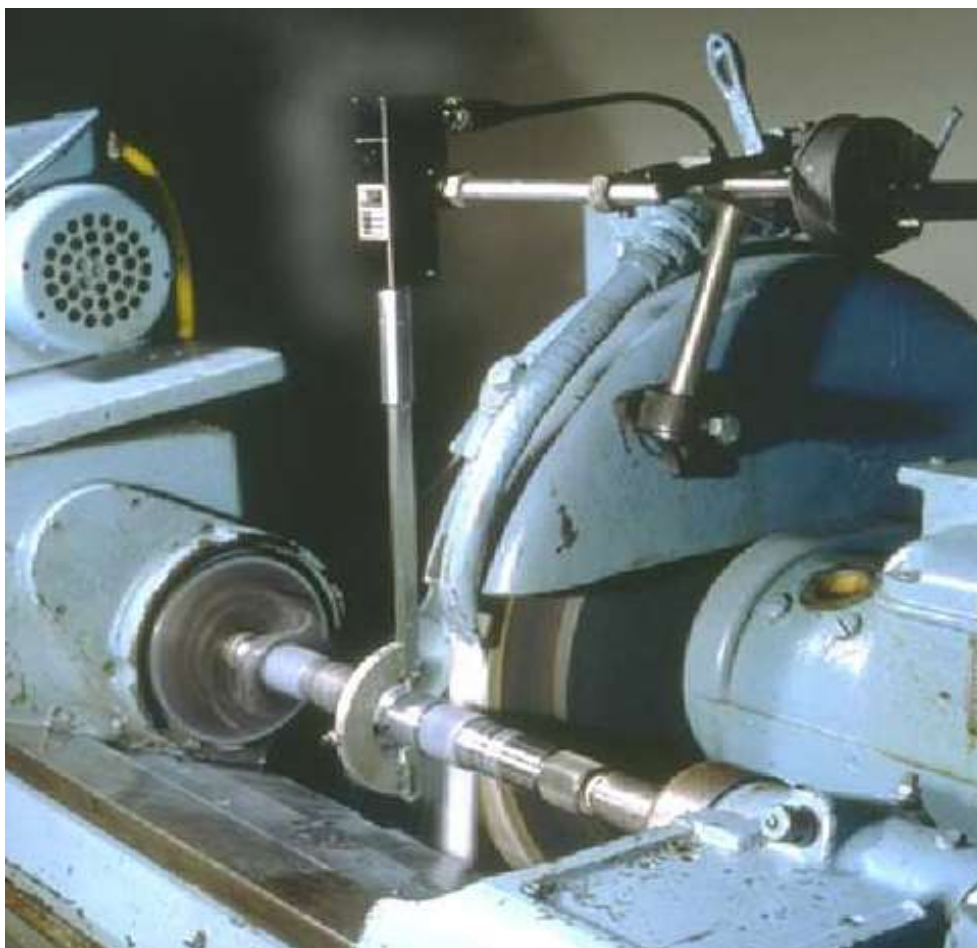
На фиг.5.26 е показана скоба от първия вид. Неподвижните базиращи контакти 26 и 28 могат да се пренастроят за различни диаметри (до 200mm), а подвижният 32 служи за предаване на отклонението на диаметъра към преобразувателя 33. Скобата се закрепва към кожуха на шлифовъчния диск чрез окачващо устройство 13. Това позволява скобата да контролира непрекъснато обработваното сечение по цялата дължина на детайла. Поставянето и снемането

на скобата от детайла става ръчно, което не позволява пълна автоматизация на технологичния процес.

За преодоляване на този недостатък и за контрол на големи диаметри се използват седлообразните скоби (фиг.5.27). Неподвижните контакти образуват базираща призма. Подвижният контакт може да се разположи по оста на симетрия на призмата или под ъгъл. И в двата случая отклонението на диаметъра на детайла се контролира по косвен метод и зависи от ъглите на призмата и на предаване на сигнала. Ако обработваните детайли имат овалност, се получава грешка, която зависи от ъгъла на призмата. Затова използване на седлообразни ПКО се препоръчва при процеси осигуряващи висока точност на формата.

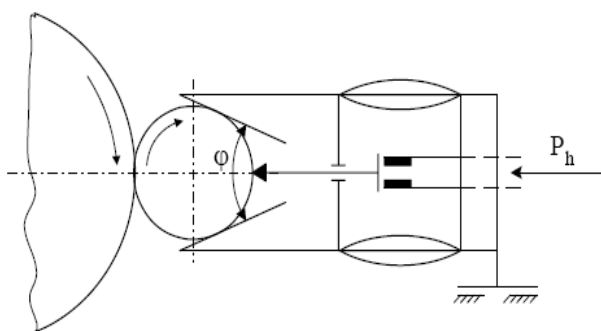
Точността, която се постига с три контактните ПКО е като при двуконтактните.





Фиг.5.26 Три контактна скоба с обхващане на детайла.

а) принципна схема

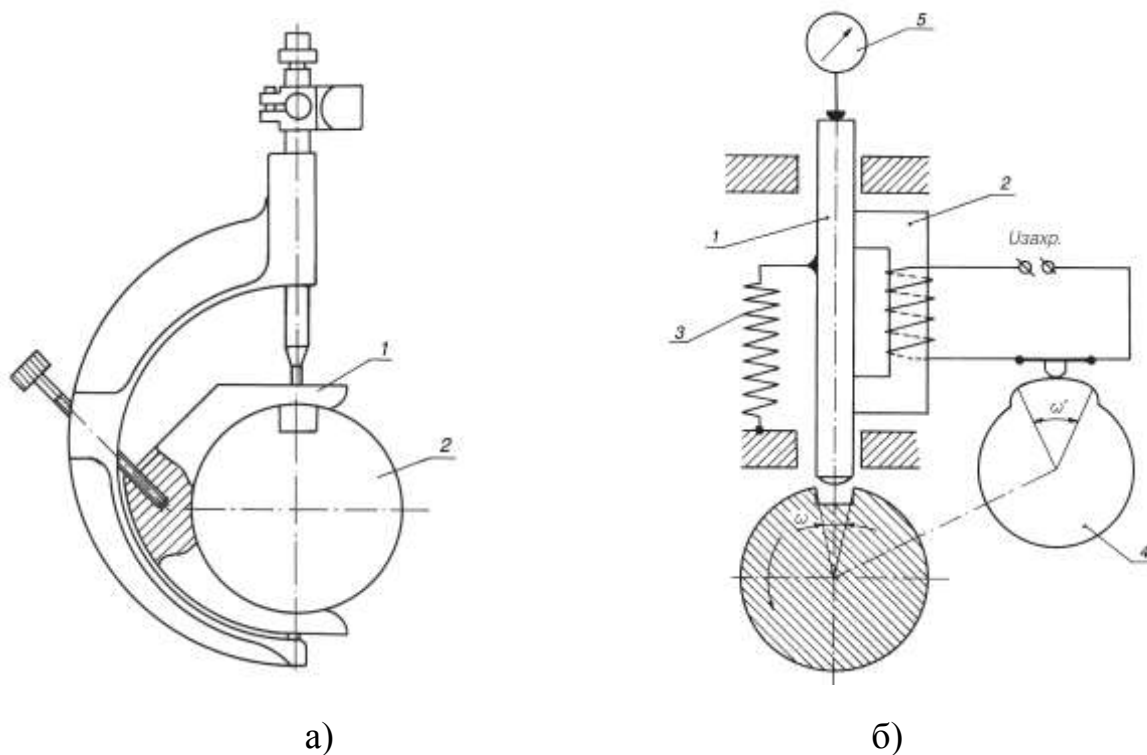


б) модел "Fenar" на MARPOSS

Фиг.5.27 Седлообразна скоба

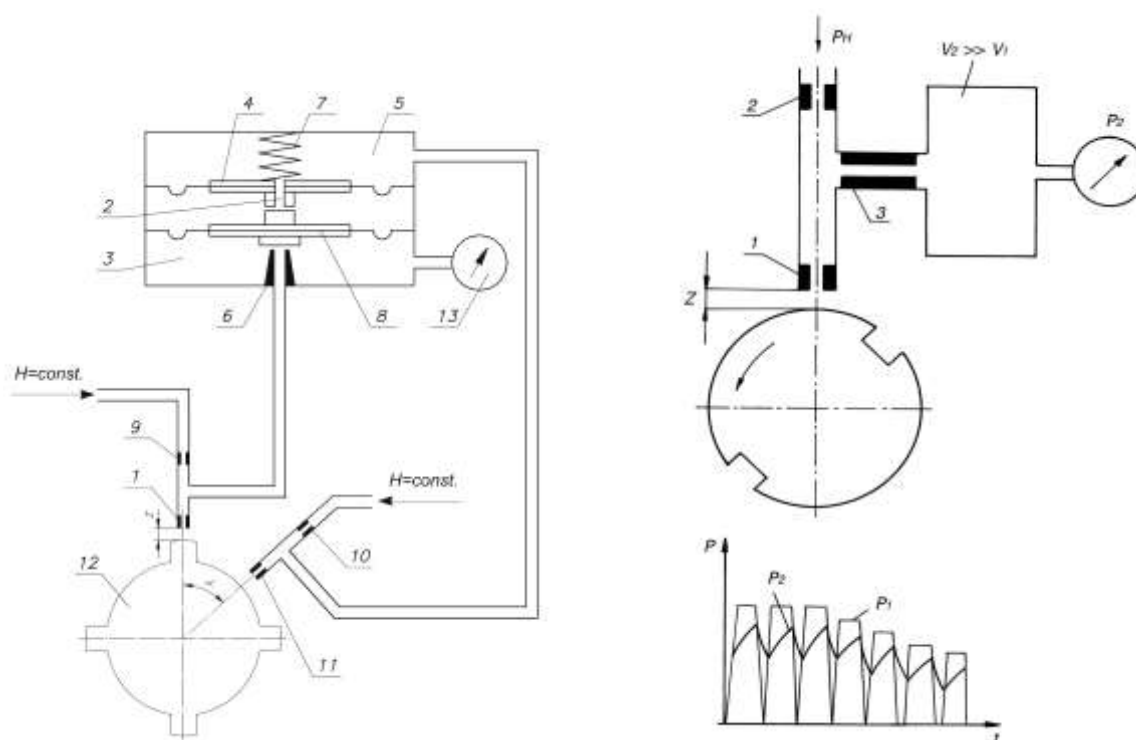
При контрол на стъпални валове, а също и в ГАПС, намират приложение ПКО с широкообхватни преобразуватели за абсолютно измерване. Например в скобите на фирмата “Heidenhein” се използват растерови преобразуватели, което позволява абсолютни измервания до 100 mm с грешка $\pm 2\mu\text{m}$. Тези скоби не изискват настройка по атестиран образец и пренастройка на обхвата, което повишава производителността и ефективността на СНАК.

Контролът на прекъснати повърхнини (цилиндрични и плоски) създава допълнителни трудности, което в повечето случаи налага използване на специализирани ПКО. На фиг.5.28 са показани принципни схеми на контактни ПКО. За контактните ПКО са взети мерки за предпазване на измервателните накрайници от повреждане чрез предотвратяване на пропадането им в прекъсванията на контролираната повърхнина. За целта могат да се използват специални накрайници (фиг.5.28.а), устройства за задържане (фиг.5.28.б) на накрайниците.



Фиг.5.28 СНАК на прекъснати повърхнини. Контактни ПКО.

При безконтактните (най-често пневматични) ПКО този проблем отпада, но остава проблемът с “лъжливия” измервателен сигнал от прекъснатия участък. Прилага се блокиране на “лъжливия” и запомняне на полезния сигнал (фиг.5.29.а) или осредняване на сигнала (фиг.5.29.б).



а) с блокиране на “лъжливия” сигнал б) с осредняване на сигнала

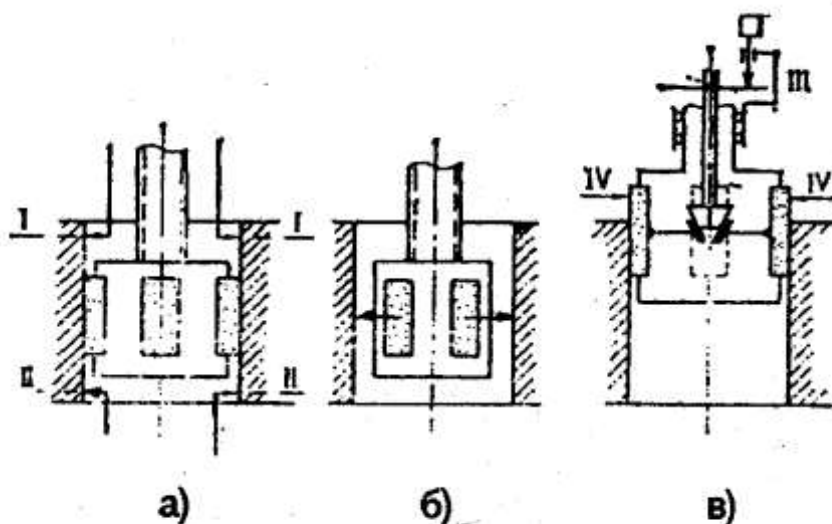
Фиг.5.29 Безконтактни СНАК на прекъснати повърхнини.

За точно обработване на отвори в едросерийното и масово производство се прилага хонинговането. Точността на обработка се осигурява от СНАК работещи по пряк и косвен метод на измерване (фиг. 5.30в). Прекият метод може да се реализира чрез разполагане на ПКО извън хонинговачната глава (пред или след нея – фиг. 5.30а) или чрез вграждане в нея (фиг. 5.30б).

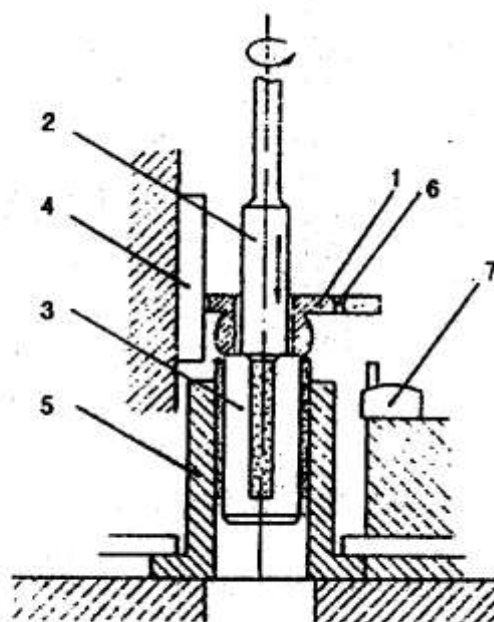
Първият вариант на прекия метод може да се реализира чрез ПКО за отвори или чрез устройство от типа “падащ калибър”. На фиг.5.31 е показана схема на такова устройство на фирмата Nagel. При изравняване на диаметъра на отвора с

този на калибъра, последния влиза в отвора и задейства крайния изключвател за прекратяване на процеса.

Вграждането на ПКО в хонинговачната глава конструктивно е по-трудно поради сложното движение на главата. То се реализира за по-големи диаметри като се използват основно пневматични преобразуватели.



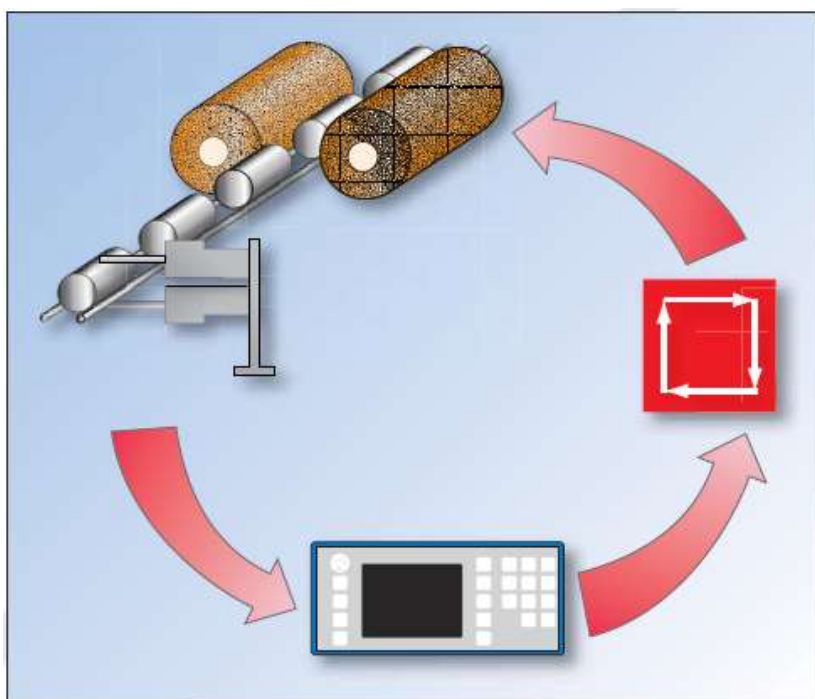
Фиг. 4.43. Схеми на измерване при хонинговане



Фиг. 4.44. СНАК при хониговане с калибър

5.7.5.2 Системи за автоматично поднастройване

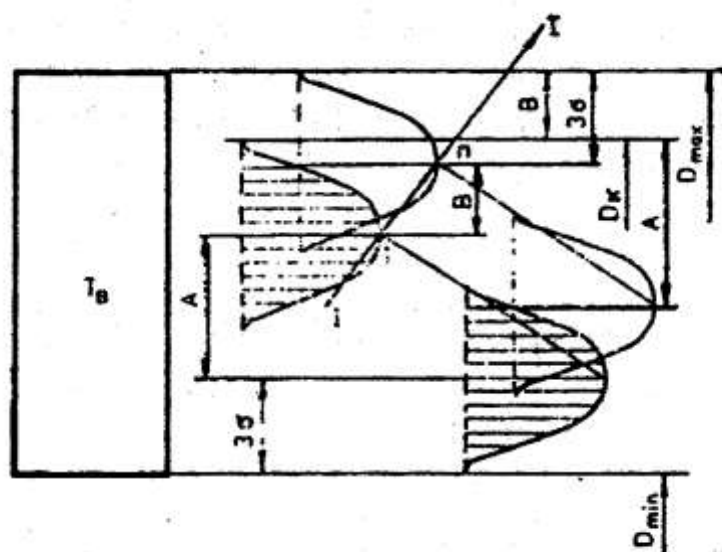
При технологични процеси, при които е технически затруднено използването на СНАК (безцентрово шлифование, струговане) се прилагат системи за автоматичното поднастройване (САП). При този вид активен контрол изделието се контролира след неговото обработване и при достигане на контролни стойности на контролирания параметър се осъществява поднастройка на машината (процеса). По този начин се компенсира в определена степен систематичната част на грешката при обработване. Освен за управление на процеса, резултатите от контрола се използват и за сортиране на готовите изделия, т.е. съчетават се функциите на активния и пасивния контрол.



5.33. Принципна схема на САП.

Точността на автоматичното поднастройване зависи освен от точността на контролните средства и от начина на формиране на сигнала за поднастройка. Най-често се използва статистически параметър на “пълзяща извадка” с обем 3-8 изделия (всяка следваща извадка се формира като се изключва първото изделие и се включва последното обработено изделие) - средно аритметично или

медиана. На фиг.5.32 е показана схема на основните параметри на автоматичното поднастройване.



Фиг. 4.45. Схема на параметрите на автоматичното поднастройване

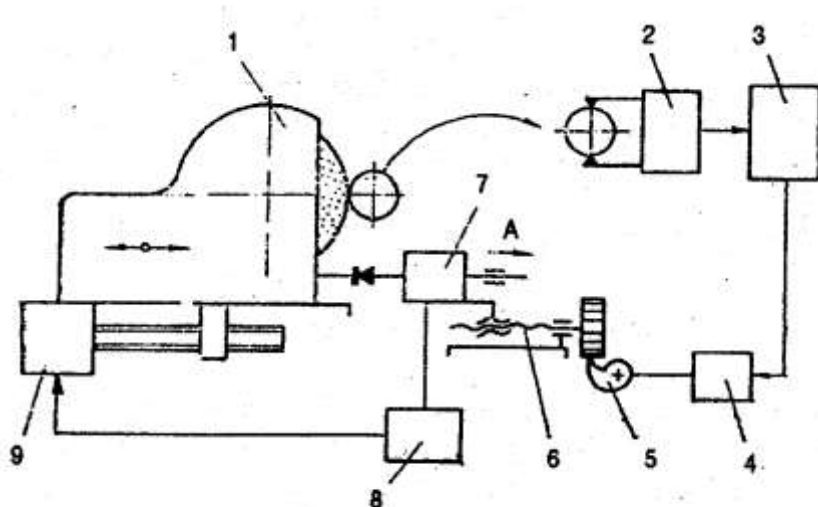
Фиг.5.32 (4.45)

За да се реализира автоматичното поднастройване е необходимо:

- сумарната зона $(A+6\sigma+B)$ на разсейване на контролирания параметър да бъде по-малка от допуска T ;
- зоната на разсейване (6σ) на извадката да бъде съществено помалка от допуска T ;
- параметъра $B = 6\sigma^{0.75}a^{0.25}$, където a е скоростта на изместване на моментния център на групиране. Трябва $B < A$ за не се получи повторна поднастройка, която ще увеличи разсейването. В стойността на B се включва и грешката на контролното средство;
- величината на поднастройка A да е $A = T - B - 6\sigma > 0$ и $A > A_T$, където A_T е граничната чувствителност на изпълнителните органи, т.е. минималната възможна поднастройка.

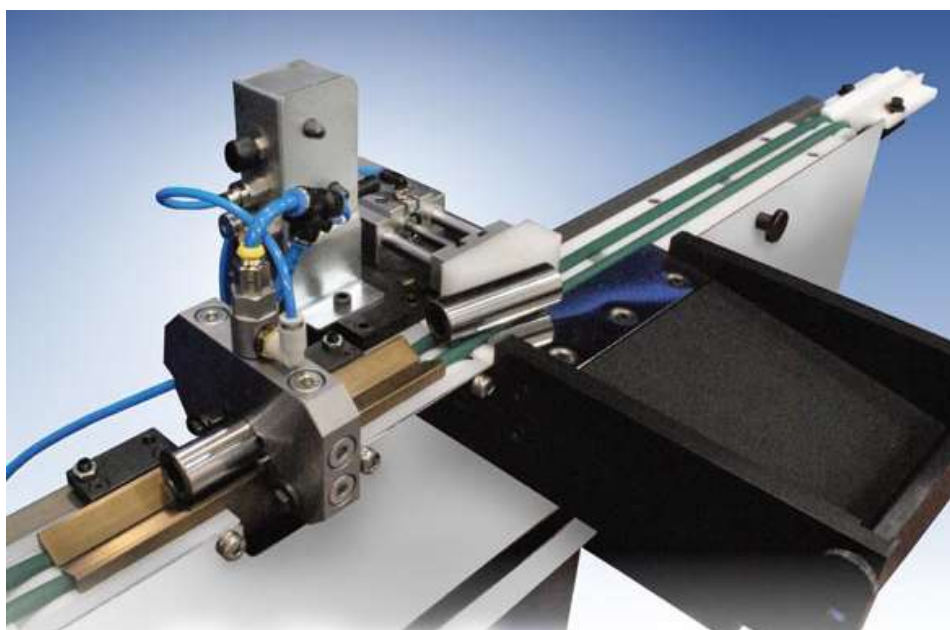
Автоматичното поднастройване се извършва по твърда програма - при фиксирана контролна стойност D_k и постоянна стойност на величината на поднастройка Δ .

На фиг.5.33 е показана схема на система за автоматично поднастройване при врезно шлифване. Особеност на схемата е това, че поднастройката се реализира не върху масивния супорт, а върху чувствителен упор с краен изключвател, който има значително по-голяма гранична чувствителност.



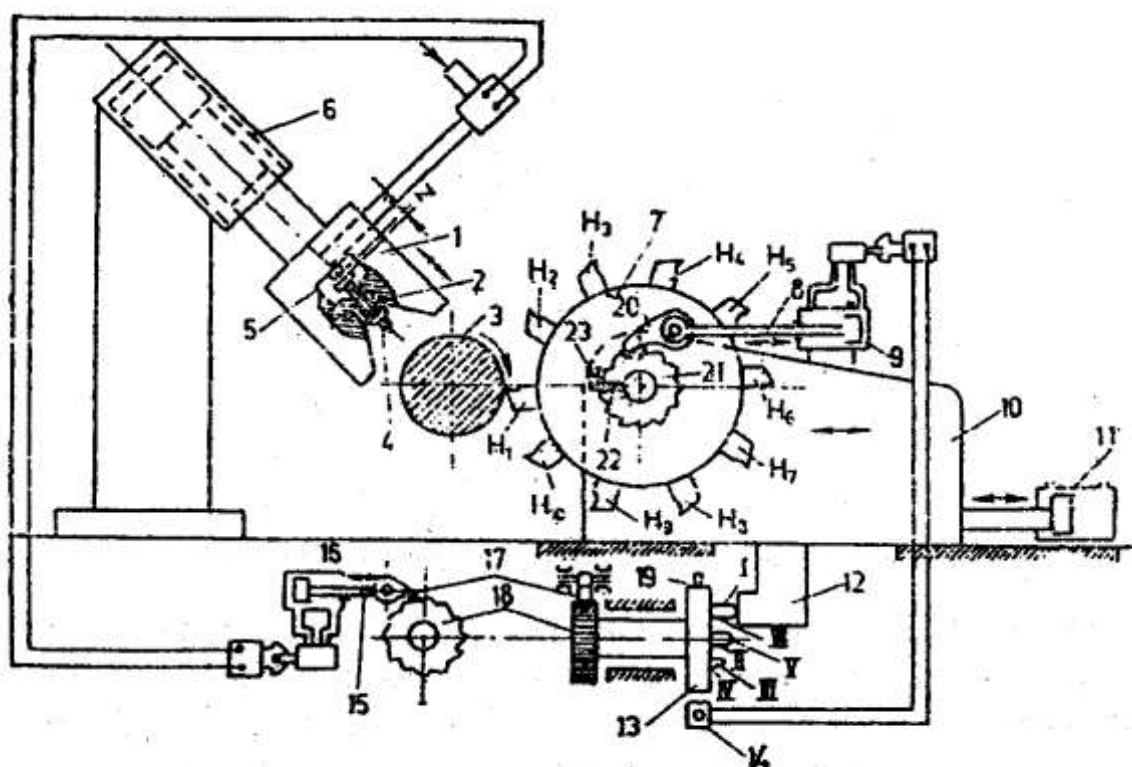
Фиг. 4.46. Схема на САП при шлифване

Фиг.5.33 (4.46)



Фиг.5.34 Контролна станция на САП при безцентрово шлифване.

САП са най-често използвания метод на активен контрол при процеса струговане. На фиг.5.34 е показана САП на стругов автомат на фирмата "Sanstrand" (САЩ) за обработка на ротори за електродвигатели. Поднастройката се реализира на два етапа. Първо се поднастройва всеки нож H_{1-10} от револверната ножова глава чрез система от упори (I - VI), след което се сменя ножа и цикълът се повтаря. По този начин се получава продължителност на работа на ножовата глава една работна смяна, а разсейването на размерите на готовите детайли е $\pm 0,025$ mm.



Фиг. 4.47. Струг-автомат със САП

Фиг.5.34 (4.47)

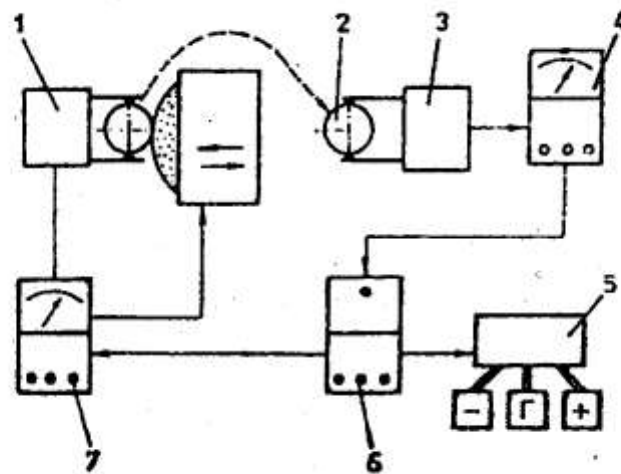
САП се използват широко и при безцентрово шлифване (фиг. 5.34), зъбошлифване, плоско шлифване и др.

5.7.5.3 Комбинирани системи.

СНАК и САП компенсират известна част от технологичните грешки на изделията, като собствените грешки на контролните средства остават не компенсирани. За преодоляване на тези недостатъци се използват комбинираните (двустепенни) системи за активен контрол (КСАК), които представляват комбинация между СНАК и САП. При тази комбинация се съчетават предимствата на СНАК (компенсиране на голяма част от случайните и систематични грешки на обработването) с високата точност на след операционния контрол и възможност за компенсиране на грешките на СНАК. Главната особеност на КСАК е реализацията на поднастройката, която в този случай се отнася не за технологичния процес, а за настройката на СНАК. В повечето КСАК е предвидена и периодична автоматична проверка на настройката на САП, което дава основание за определянето им като самонастройващи се.

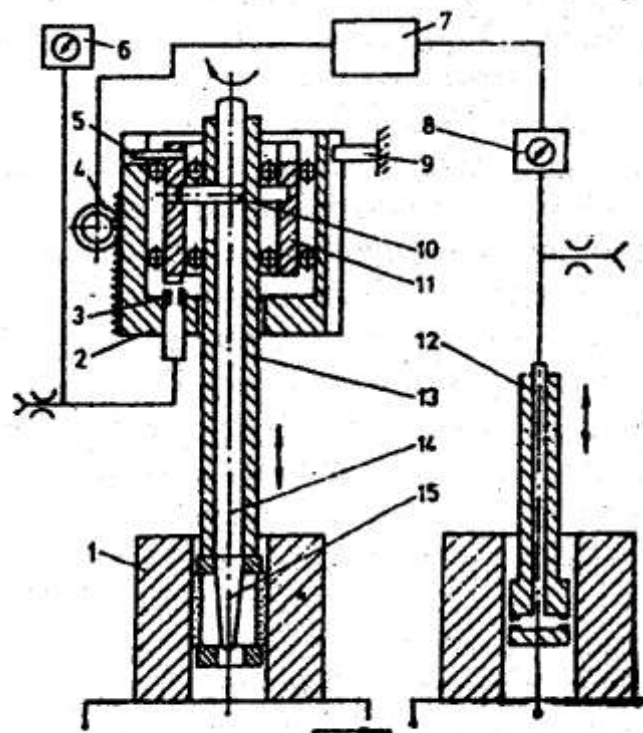
На фиг. 5.35 е показана КСАК за шлифване на фирмата Federal (САЩ), която е типична за системи с пряк метод на измерване. Първата степен е СНАК, която се състои от ПКО 1 и КПУ 7. След обработка, детайлът 2 се контролира от втората степен - САП с ПКО 3 и КПУ 4. Резултатите от първичния и вторичния контрол се подават на сумиращия КПУ 6, който подава управлява настройката на КПУ 7 и едновременно с това - сортиращото устройство 5.

На фиг. 5.36 е показана КСАК при хонинговане на фирмата Nagel (Германия), която е основана на косвен метод на измерване - контролира се положението на конусния прът 14, който разтваря брусчетата на хонинговъчната глава, чрез пневматичния преобразувател 3. След обработка детайлът 1 се контролира с пневматична пробка 12 и уреда 8. При сигнал за поднастройка от уреда 8 изпълнителният блок 7 променя настройката на преобразувателя 3 чрез зъбнорейков механизъм 4. По данни на фирмата точността на обработените детайли е 0,003 mm.



Фиг. 4.48. Комбинирана система за активен контрол при шлифване

Фиг. 5.35 (4.48)



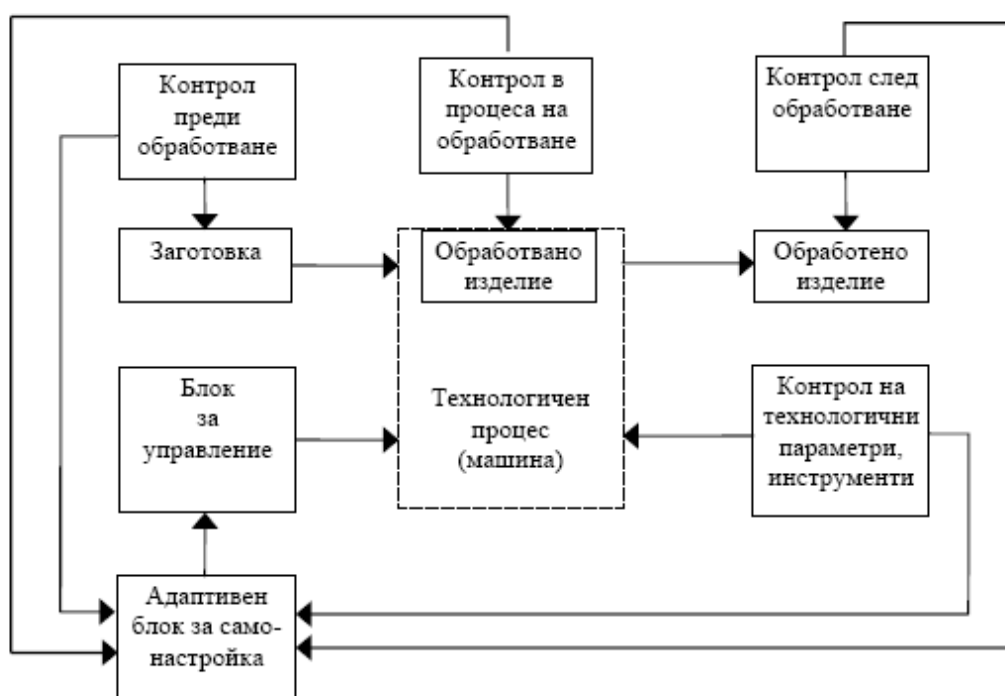
Фиг. 4.49. Комбинирана система за активен контрол при хонинговане

Фиг. 5.36 (4.49)

5.7.5.4 Адаптивни системи за активен контрол.

Разгледаните до тук системи за активен контрол работят по твърда програма, което не им позволява да реагират на външни въздействия върху технологичния процес и контролните средства. Най-перспективното направление за развитие на системите за активен контрол са адаптивните системи. Адаптивните системи за активен контрол (АСАК) изменят начина си на действие в зависимост от: външните условия, промяната на параметрите на технологичния процес, на собствените параметри и др. По начина на действие АСАК могат да бъдат отнесени към системите за автоматично регулиране.

Информацията, която се използва в АСАК може да бъде предварителна, текуща и последваща. На фиг.5.37 е показана обобщена блокова схема на АСАК.



Фиг.5.37 Блокова схема на адаптивна система за активен контрол.

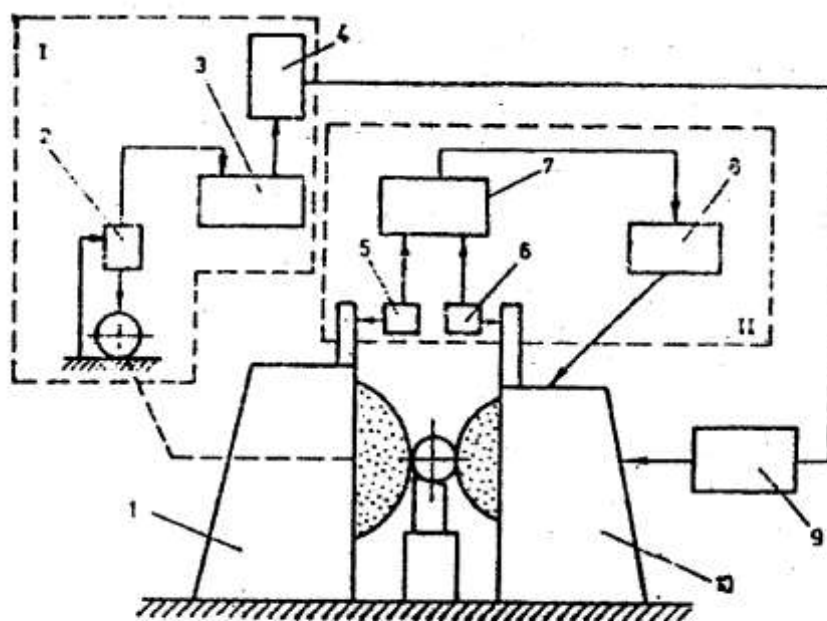
При синтеза на АСАК се отчитат особеностите на технологичния процес и преди всичко доминиращите фактори за качеството. На тази основа се

реализират системи с краен брой информационни източници и съответно контролни контури.

На фиг.5.38 е показана АСАК при безцентрово шлифване. Контурът I представлява САП, състояща се от измервателна позиция 2, КПУ 3 и статистически анализатор 4. По резултата от този контрол на готовите детайли се управлява микроподаването 9 на супорта 10 на водещия диск. По този начин се компенсира износването на дисковете, т.е. систематичните грешки.

Контурът II представлява СНАК, състояща се от измервателните глави 5 и 6, сумиращия КПУ 7 и блока 8 за управление на режима на обработване. Входна информация на контура са еластичните деформации на супортите 1 и 10, дължащи се на изменение на силите на рязане, което е следствие от различните размери на заготовките и тяхната твърдост. В зависимост от тази информация се изменя подаването, респ. времето за обработка, като по този начин се стабилизират силите на рязане и се намалява разсейването на размерите на готовите детайли.

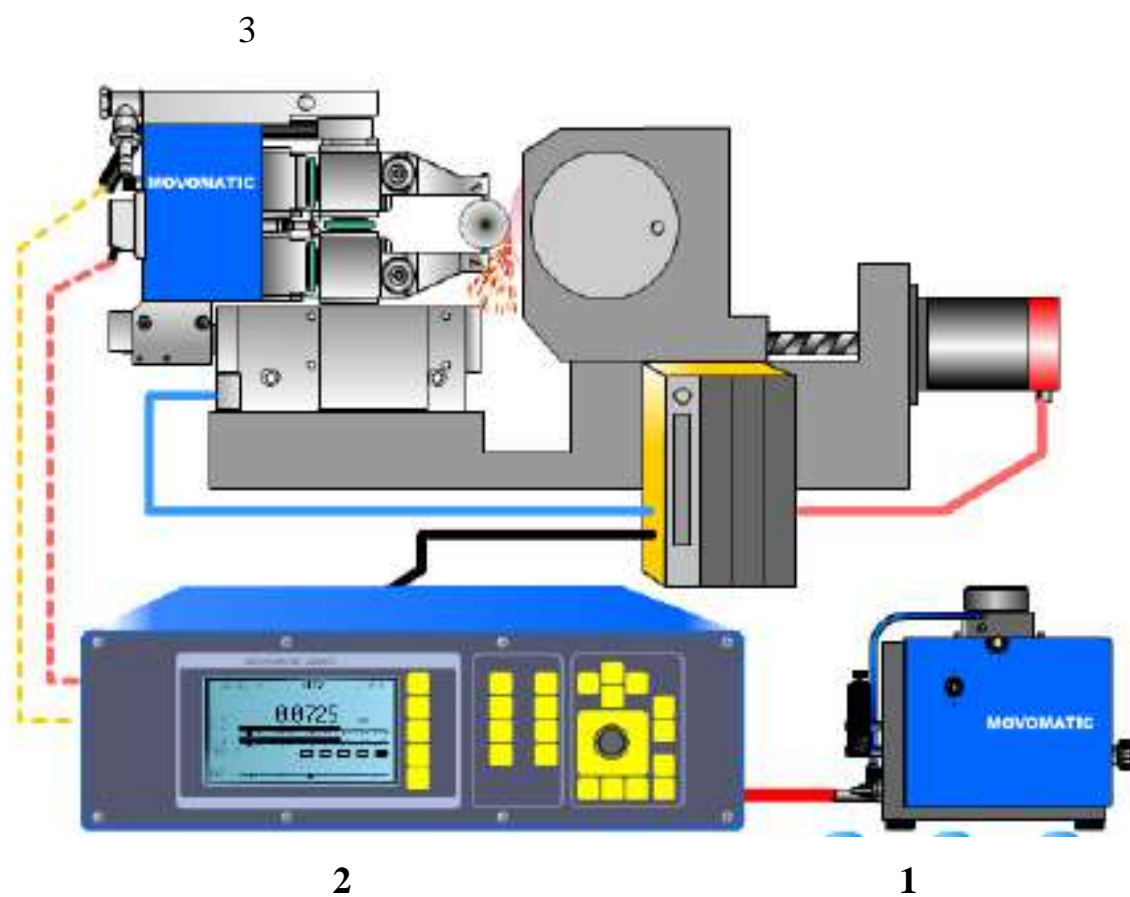
АСАК се прилагат също за управление на силите на рязане при разстъргване (фирма Срегі, Канада) и шлифване (фирма Toyota, Япония), за компенсиране на температурните грешки при тънкостенни детайли (фирма БВ, Русия) и др.



Фиг. 4.51. Адаптивна система за активен контрол при безцентрово шлифване

Фиг.5.38 (4.51)

Една разновидност на адаптивните системи са системите за активен контрол при съгласувано обработване (фиг.5.39). Това е метод за постигане на висока точност на сглобката (напр. вал – втулка) чрез индивидуално напасване на сглобяемите детайли по време на обработка. Първоначално се обработва отвора с невисока точност и се поставя на измервателна позиция (1), свързана с единия канал на сумиращ командно-показващ уред (2). Към другия канал е свързан ПКО (3) за контрол на вала по време на шлифване. Когато разликата в диаметрите на вала и отвора достигне желаната стойност уредът изпраща сигнал за прекратяване на обработката на вала.



Фиг.5.39 Система за активен контрол при съгласувано обработване на фирма "Etamic".