



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépészmérnöki Kar

Gyártástudomány és - technológia Tanszék



**Műszer- és Méréstechnika – 2. Laborgyakorlat**  
*Méréstechnika-Koordináta mérés technika*

**MŰSZER- ÉS MÉRÉSTECHNIKA**  
BSc képzés

**2. Laborgyakorlat**

**Koordináta mérés technika alkalmazása**

**2011/2012**

**Összeállította**

**Czampa Miklós**

## **Bevezetés**

Az angol CMM a Coordinate Measuring Machines rövidítése. A mai értelemben vett koordináta mérőgépeket az Egyesült Államokban fejlesztették ki a GM, Boeing és IBM óriás cégek igényeinek kielégítésére. Az első mai értelemben vett CMM elkészítése Russ Shelton cégéhez a Shelton Metrology-hoz köthető. Ő alkalmazott először gránit asztalt és légcsapágyakat a mérőgépek gyártása során, ettől kezdve a mérőgépek alap építőelemei lettek ezek az anyagok és megoldások.



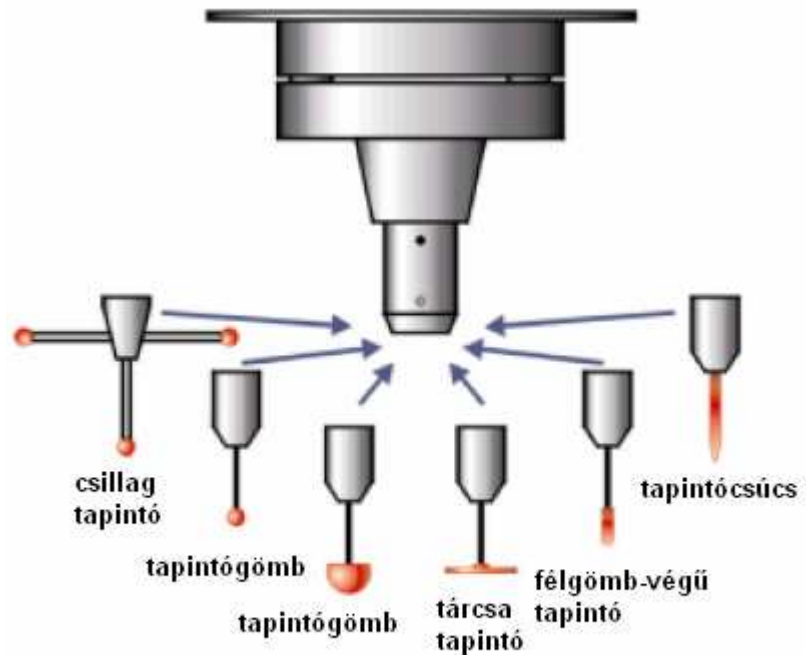
A mérőgépek létrejöttét a számítógépes technológiák fejlődése tette lehetővé, ugyanis működésüknek elve az, hogy a mérendő munkadarabról, alakzatokról pontokat veszünk fel, és a mért méretet a pontokból a számítógép számítja ki. A mérőgépek szerves része a számítógép és a mérő szoftver. Ennek nagy előnye, hogy bonyolult hagyományos módon nem mérhető alakzatok méretei is meghatározhatók, a mért elemek egymással kapcsolatba hozhatók.

Ahhoz hogy pontokat tudjunk felvenni a mérőgéppel szükség van a munkadarab és koordináta mérőgép közötti kapcsolat megvalósítására. Ezt a kapcsolatot a tapintó biztosítja. A tapintó a tapintó fejhez csatlakozik, ami a mérőgépre van szerelve. A csatlakozás a fej és a tapintó között általában mágneses, ez védi a tapintófejet az esetleges ütközés során. A tapintó ekkor csak elmozdul, nem történik károsodás. A mérőgépek között vannak olyan kivitelek, amelyek mozgó oszloposak, és vannak olyanok, amik mozgó asztalosok. A koordináta mérőgépek felépítése a legtöbb esetben a portális marógépek felépítésére hasonlít. A mozgatást általában golyósorsó és anya párral oldják meg, de léteznek más alternatívák, mint a lineáris motor és a fém szalagos hajtás. Az orsók hajtását szervo motorok végzik, amik megfelelően nagy pozicionálási pontossággal rendelkeznek. Az elmozdulások mérése közvetlen útmérő rendszerrel történik, ami lehet abszolút és inkrementális útdő is. A vezetékek kialakításának is többféle módja van, a legelterjedtebbek a légcsapágyas vezetékek, de görgős megvezetések is léteznek. A mérőgép működtetéséhez, a légcsapágyak miatt elengedhetetlen a folytonos táplevegő ellátás biztosítása. Levegőkezelő és nyomás szabályozó egységek szintén a mérőgép részei. Ezeken kívül rendelkezik a joystick-kal, ami gép mozgatását segíti, továbbá mérőfej tároló egységgel. A számítógép, pedig az a része a koordináta mérőgépnek, ami az egész mérési folyamatot, a mozgások irányítását, szabályozását, kiértékeléseket, és a CNC funkció vezérlését végzi.

# A mérőgép felépítése

## 1. Tapintó

A tapintó van közvetlen kapcsolatban a mérendő munkadarabbal. Többféle kialakítása létezik, az általános a gömb kialakítás. A tapintó elem általában rubintból készítik. A különböző mérési feladatokhoz léteznek különleges tapintó elemmel ellátott tapintók, ilyenek például: a hengeres tapintó, a lyuktapintó, a tapintó pálca. Nem csak pálca alakú tapintók léteznek, hanem olyanok is, amelyek elágaznak, ezt csillag tapintónak nevezik. Mindig az adott mérési feladatnak megfelelő tapintót kell választani.



A tapintó golyó a mérete függvényében mechanikus szűrőként is funkcionál, ezt figyelembe kell venni a kiválasztás során.

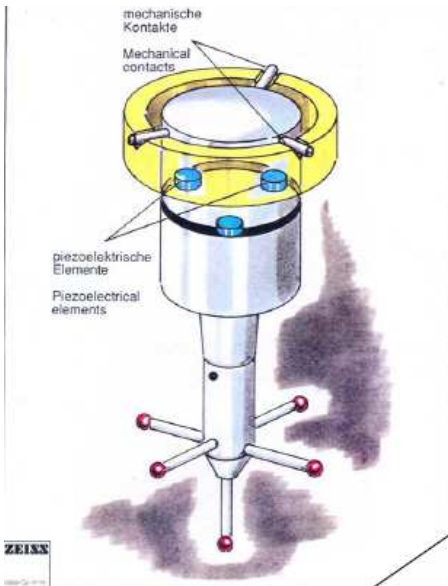
A gömbsugarat és a tapintók gyártásából és szereléséből eredő hibákat figyelembe kell venni a mérőgéppel történő mérések során. Ezt kalibrációval tudjuk megtenni. Alaptartozék a mérőgéphez a nagy pontosságú kalibráló gömb. Kalibrációs program lefuttatása során meghatározott korrekciós értékeket tárolja tapintási irányonként.

A tapintók tárolására tapintó tartó alkalmas. A tapintó tartó a gép munkaterén belül található. Több tapintót is tárol, mindegyik helyen különböző tapintókat. A koordináta mérőgépek megadjuk, hogy a beváltani kívánt tapintó melyik helyen található. A beváltási parancs után a csere automatikusan megtörténik. A tapintóhoz a kalibrálás során meghatározott korrekciós értéket is hozzá kell rendelni.

## 2. Tapintó fej

Két nagy típust különböztetünk meg, a kapcsolótípusú fejet és a mérőtípusú fejet. A kapcsoló típusú fej a legelterjedtebb. Lényege, hogy a tapintó elmozdulásakor egy kapcsoló jelet generál, a vezérlés kiolvassa mérőrendszer kapcsolás pillanatában mutatott értékeit, így határozza meg az adott pont koordinátáit. A mérőtípusú fej pedig saját belső útmérő rendszerrel rendelkezik, képes elmozdulások leolvasására, így alkalmas felületek folyamatos szkennelésére. Tapintó fejek sok esetben különböző meghatározott pozíciókba állíthatók a munkadarabokhoz történő jobb hozzá férés érdekében. Minden

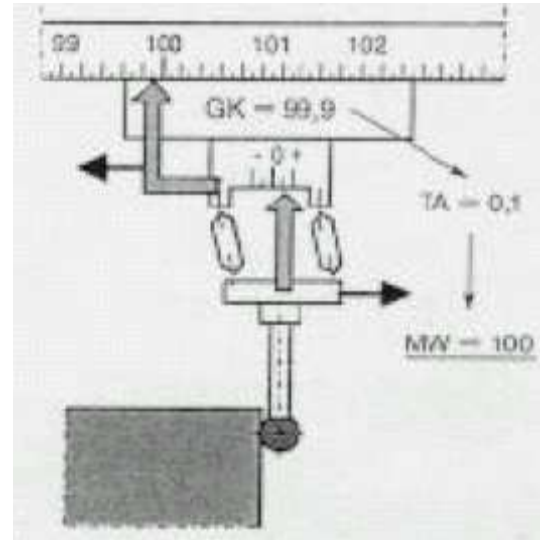
egyres pozíció kalibrálása szükséges. A forgó lengő típusú fejek folyamatosan képesek a fej pozícióját változtatni, nem csak fix pozíciókba állíthatók be. A tapintóval a tömegük nem haladhatja meg a fejre megengedett maximális terhelést.



**Kapcsoló típusú fej**



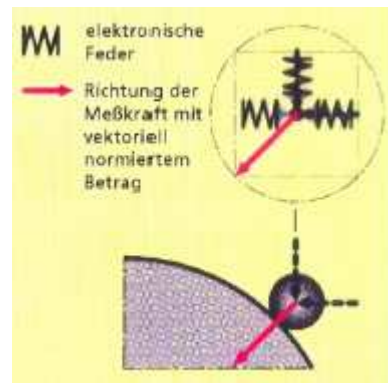
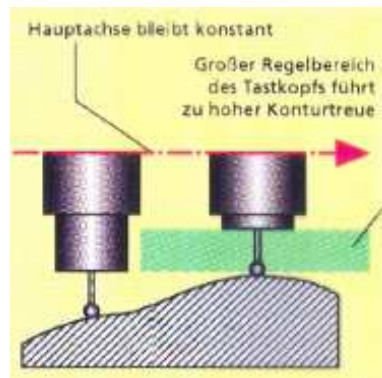
**Forgó lengő fej**



**Mérő típusú fej, belső útmérő**



**VAST típusú fej**



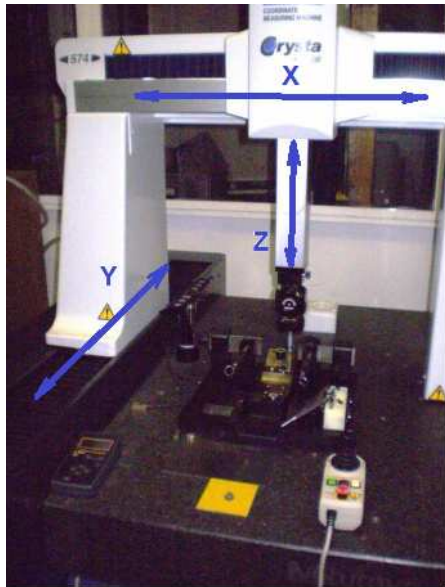
### 3. Felépítés

A legtöbb koordináta mérőgép portális felépítésű. Ez a felépítési mód zárt szerkezetű és nagy munkateret biztosít. A mérőgépek nagy részénél az oszlop mozog Y tengely irányban, ez a mozgóoszlopos kivitel, ha az asztal mozog Y tengelyirányban, akkor mozgóasztalos gépről beszélünk. Az oszlopkereten található tapintó fejet hordozó egység, ez képes a kereten X tengely irányban elmozdulni. A tapintó pedig az Z tengelyirányú elmozdulást végzi. A felépítés általában olyan, hogy az oszlop egyik lábát mozgatja egy golyósorsós mechanizmus, a másik lábát nem hajtja semmi, ez légcsapágyakon csúszik a márványasztalon.

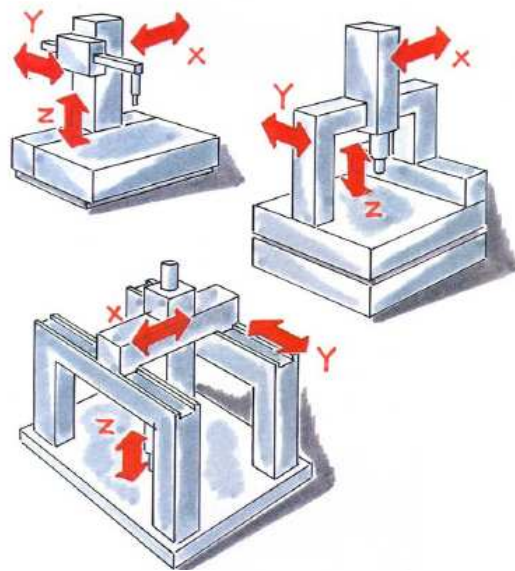
Az oszlop szerkezet burkolattal van ellátva, amely védi a sérülékeny részeket, eltakarja a levegőt biztosító csöveket, az áramot és információkat szállító kábeleket, védi a golyósorsót, szervomotorokat és a mérőrendszert a szennyeződésektől.

Mérőgép asztalának fő funkciója a munkadarab, a tapintó tartó és az oszlopszerkezet tartása, Legelterjedtebb mérőgép asztal anyag a gránit. Főként fekete/kék gránit felhasználásával készülnek az asztalok, tökéletesen feszültségmentesek több millió éves koruknak köszönhetően. A gránit acél keménységű, nem vezeti az áramot, nem korrodál, könnyű tisztítani és sérülés esetén könnyen javítható.

Az asztalt egy acélszerkezet tartja, amely megfelelő rezgés csillapító rendszeren keresztül csatlakozik a talajhoz. Ebben van felszerelve a levegő előkészítő egység is.



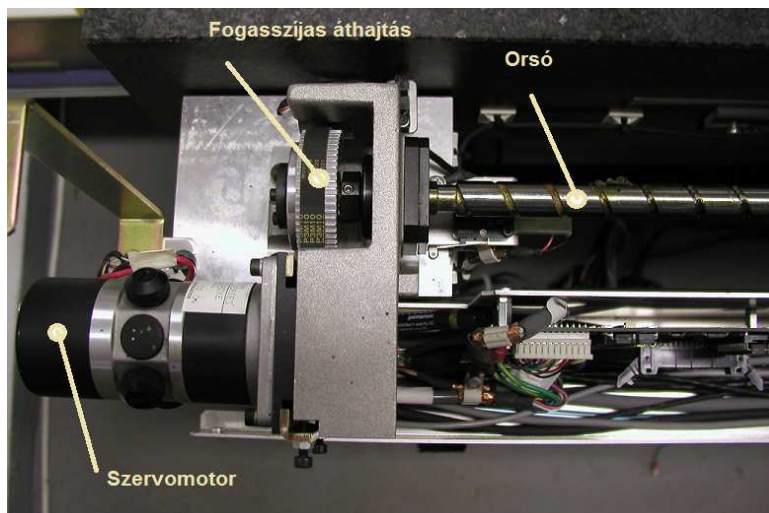
**A G épületi koordináta mérőgép a mozgástengelyek feltüntetésével**



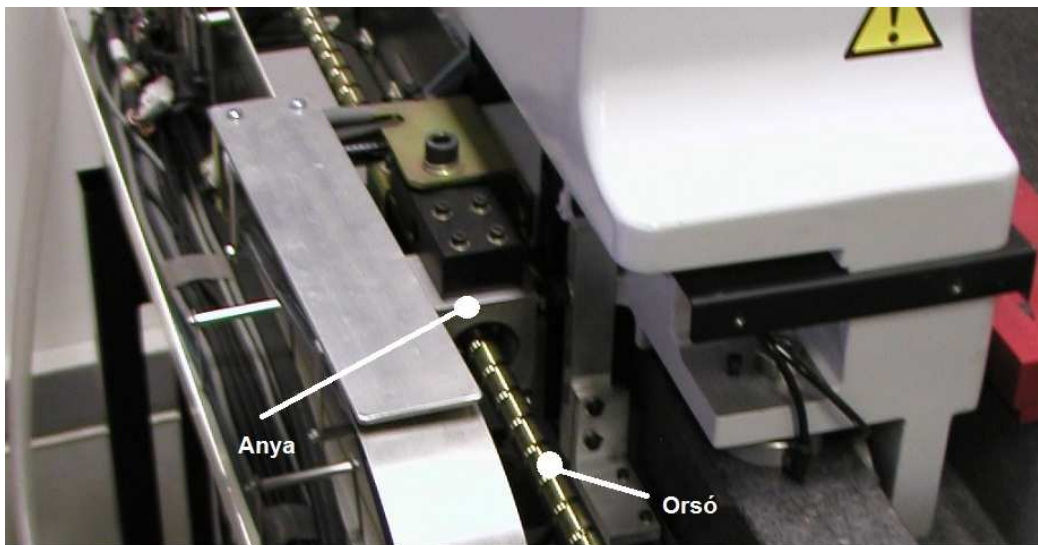
**Mérőgép felépítés változatok**

#### 4. Golyósorsós hajtás

Mérőgépek legnagyobb hányada golyós orsós hajtással rendelkezik. A G épületben található Mitutoyo mérőgépen a szervó motorról a ráhajtást a motorról az orsóra egy lassító áttételes fogasszíj hajtáson keresztül történik.



Golyókosaras golyós orsó kis súrlódással és kis mozgatási ellenállással rendelkeznek. A golyókosárban lévő zsír zsebek biztosítják a megfelelő kenést. A kis súrlódás miatt alacsony a melege, így kicsik az üzem közbeni hőtágulások, ezzel is biztosítva a megfelelő pontosságot. A golyósorsó előfeszítése szükséges a holtjátékok megszüntetéséhez.

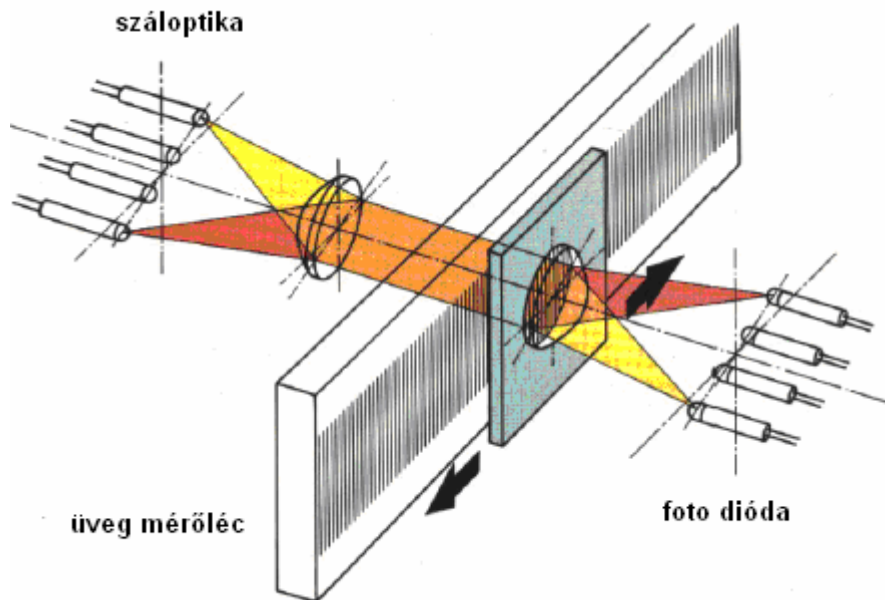


Alternatív lehetőség a mérőgépek mozgására a lineáris motoros hajtás. A motor álló része ki van terítve a mozgás teljes tartományán, a tekerceszt rész pedig az álló rész felett végez lineáris mozgást. Lineáris motorok nagy gyorsulásokat tudnak biztosítani, jó pozicionálási és ismétlési pontosságuk is. Hátrányukat a melege okozza. Szükséges a hűtése, és a mozgórészhez a hűtés hozzátartozását is meg kell oldani.

## 5. A mérőrendszer

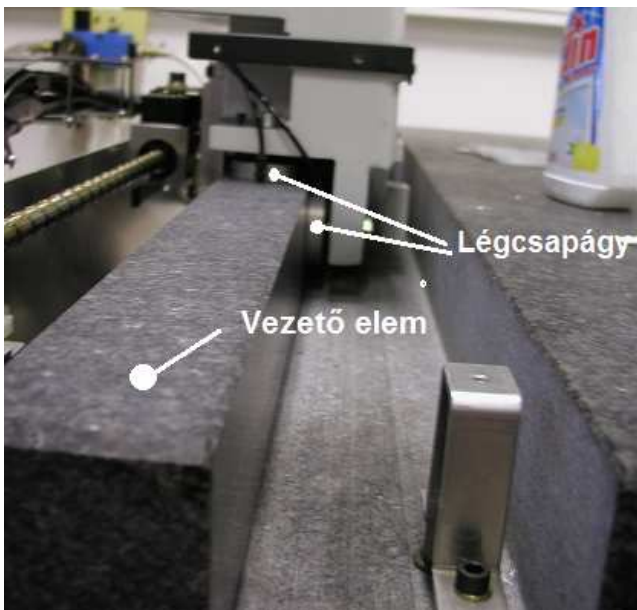
Koordináta mérőgépek esetében mindig közvetlen útmérő rendszert használnak. Az elmozdulást lineáris mérőléc segítségével mérik, a mérőléc a mozgástartomány teljes hosszán fekszik. A szán pozícióját közvetlenül olvassa le, így a golyósorsó pontatlanságai kiküszöbölhetők a pozicionálás során. Abszolút és növekményes módon történhet az elmozdulás mérése. Az abszolút mérőrendszer a mérőléc kezdőpontjához képest bármelyik pontban le tudják olvasni pillanatnyi helyzetüket, teljes egész hossz mentén kódolt mérőléc szükséges. A növekményes, inkrementális útmérő rendszer a szán által megtett út hosszát tudja mérni, ön magában a tényleges pozíciót nem képes felismerni. Mindig ugyanarról a pontról kell indítani a szánt, így a vezérlés már tudja számítani a pozíciót. Ezért növekményes mérőrendszerrel ellátott szerszámgépek esetében mindig bekapcsolás után referencia pontra kell küldeni a gépet.

A működésük szempontjából lehet áteső fényes és visszavert fényes is a leolvasó egység.

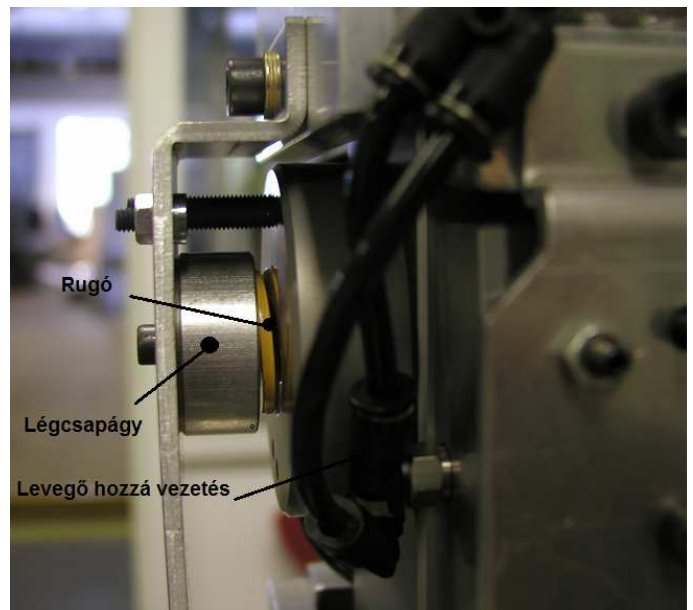


## 6. A vezetékek

A vezetékek általában aerosztatikus vezetékek, légcsapágyakból és vezetékekből áll. Az asztallal csatlakozó vezetékek esetében futópálya a gránitágyban kerül kialakításra. A légcsapágy előnye, hogy megszünteti a fizikai kapcsolatot a szán és a vezeték között, így nincs súrlódás a két elem között, ez lehetővé teszi a pontosabb pozícionálást.



Légcsapágyazott vezeték



Rugós légcspágy

## 7. Levegő szabályozó egység

A hálózati táplevegő nyomását szükséges a mérőgép számára megfelelő nyomású levegővé alakítani és megfelelő áramlási mennyiséget biztosítani. Továbbá a hálózati levegő további szűrésére tisztítására szűrők és leválasztók vannak beépítve a levegő szabályozó egységbe. A Légcsapágyakhoz szükséges megfelelő minőségű levegő pára és olajmentesítésére szolgáló elektromos készülék a

levegőszárító egység. Ha valamilyen oknál fogva nem áll rendelkezésre a megfelelő mennyiségű és nyomású levegő, a mérőgép leállítja a mozgásokat.

## **8. Koordináta mérőgép számítógépnek feladatai**

A mérőgépek működéséhez elengedhetetlen a számítógépes vezérlés. A mérőgép számítógépnek fő feladatai a program szervezés, a kapcsolat tartó interfész a mérőgép és a használó között, a mérőgép vezérlése, a felvett pontokra geometriai elemek illesztése, elemek számítása, jegyzőkönyvek létrehozása és adatfájlok kezelése. A számítógép folyamatosan figyelembe veszi a korrekciókat: vezetékek, mérőlegességek, hőmérséklet, tapintóelem méret és deformáció, tapintó kilendülés korrekciókat. Számítógép elvégzi a különböző koordináta rendszerek közötti transzformációkat. A számítási műveletek során alapelemek adatait, elemek kapcsolását, funkcionális számításokat, szabadformájú felületek illesztését végzi el. Mérési eredmények kiértékelése során összeveti az előírt és tényleges értékeket, statisztikákat és protokollokat készít, adatátviteli lehetőséget biztosít. A vezérlés lehet pont, szakasz és pálya vezérlés.

A megfelelő működéshez a számítógépre a megfelelő a mérőgéphez tartozó szoftvert kell telepíteni. Fő jellemzője ezeknek a szoftvereknek, hogy felépítésük moduláris. Van egy univerzális mérőprogram része és ezt további speciális, célorientált szoftverekkel lehet bővíteni (speciális alakok mérésére alkalmas szoftverek, speciális kiértékelő szoftverek). Univerzális mérőprogram fő programcsomagjai: geometriai alakelemek meghatározására szolgáló programok, mérési eredmények felvétele és kiértékelése, kapcsolási elemek számítása, alak és helyzet meghatározás, koordinátarendszer transzformációk, vezérléssel kapcsolatos programok, tapintó rendszerek meghatározása, CNC mód kezelése, körasztal működtetés, vezérlési adatok korrekciója és kiértékelése.

## **Mérés koordináta mérőgéppel**

**Míg a hagyományos mérés során a vizsgált elem jellemző méretének mérőszámát a mértékegységgel történő összehasonlítás segítségével kapjuk, addig a koordináta mérés technika a vizsgált alakelemről a mérőgép tapintója segítségével pontokat veszünk fel, a pontokra a megfelelő elemet illesztjük, és számítógép segítségével a mérendő méretet kiszámoljuk.**

### ***Elvi alapok:***

- a mérőgép tengelyei elméletileg mérőleges koordináta rendszert alkotnak
- A mérési tartomány minden pontja leírható 3 koordináta értékkel ebben a rendszerben
- A munkadarab felületét alkotó geometriai elemek az elemnek megfelelő számú pontból letapintva meghatározhatóak
  - pont 1
  - egyenes 2



- kör 3
- gömb 4
- ....

- a geometriai elemek jellemzői kiértékelhetőek, az elemek egymással kapcsolatba hozhatók.

### **Előnyök:**

- a hagyományos módon és egyébként nem elvégezhető, vagy nehezen elvégezhető mérési feladatok is elvégezhetőek
- a mért alakelemek egymáshoz viszonyított helyzete is meghatározható
- a vezérlést a számítógép végzi
- megteremtődik a mérési eredmények visszacsatolásának lehetősége

### **Hátránya:**

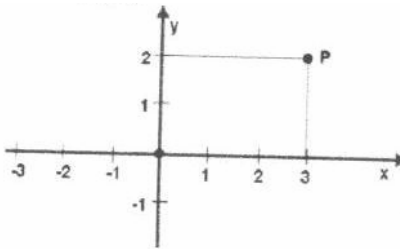
- egyszerű elemek mérésekor időigényesebb a hagyományosan

### A mérés kétféle lehet:

1. Mérés koordináta mérőgéppel, mely során az alkatrész geometriai jellemzőit alkatrészrajz, vagy CAD modell szerint ellenőrizzük.
2. Digitalizálás koordináta mérőgéppel, mely során az alkatrész szabadformájú felületeit letapogatása segítségével CAD modellt hozunk létre.

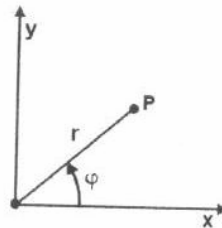
### **Koordináta rendszerek**

1. 2D- koordináta rendszerek
  - a. Descartes féle derékszögű



$P(x,y)$

- b. Polárkoordináták



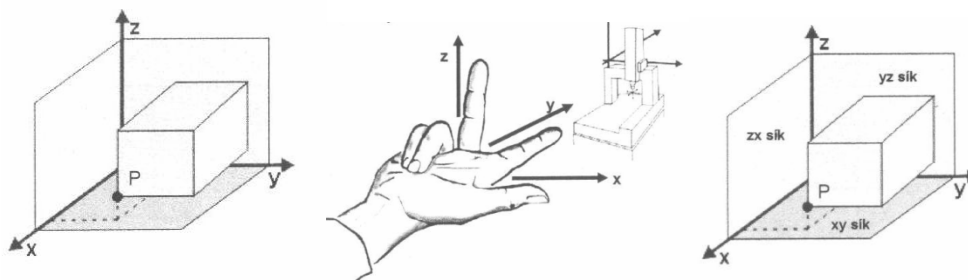
$P(x,y)$

$$x=r*\cos\varphi$$

$$y=r*\sin\varphi$$

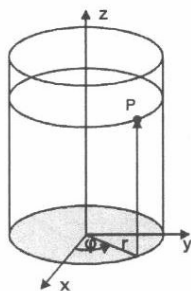
## 2. 3D koordináta rendszerek

### a. Descartes féle



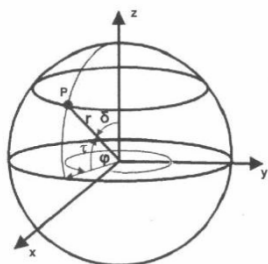
$$P(x,y,z)$$

### b. Henger koordináta rendszer



$$P(r, \varphi, z)$$

### c. Gömbi koordináta rendszer



$$P(r, \varphi, \tau)$$

A koordináta mérés technikában legtöbbször a mérendő alakelemnek megfelelő koordináta rendszert választanak ki a mérés során.

Legtöbbször azonban a Descartes – féle derékszögű koordináta rendszert alkalmazzák, mivel a hagyományos mérőgépek felépítése ehhez igazodik.

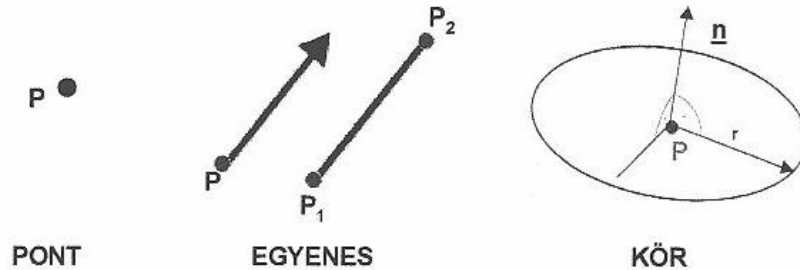
Szükséges megemlíteni, hogy a portál felépítés mellett a humanoid robotok felépítésével azonos, úgynevezett FARO típusú mérőkarokat is alkalmaznak. A sok szabadságfoknak köszönhetően ezek a mérőkarok szabadon mozgathatók, és méretük miatt legtöbbször hordozhatóak is. A karok legtöbbször saját hajtást nem tartalmaznak, a kezelő mozgatja őket emberi erővel. Mérés során pedig a csuklóknál levő útmérő rendszerek segítségével határozzák meg a letapintott pont koordinátáját.



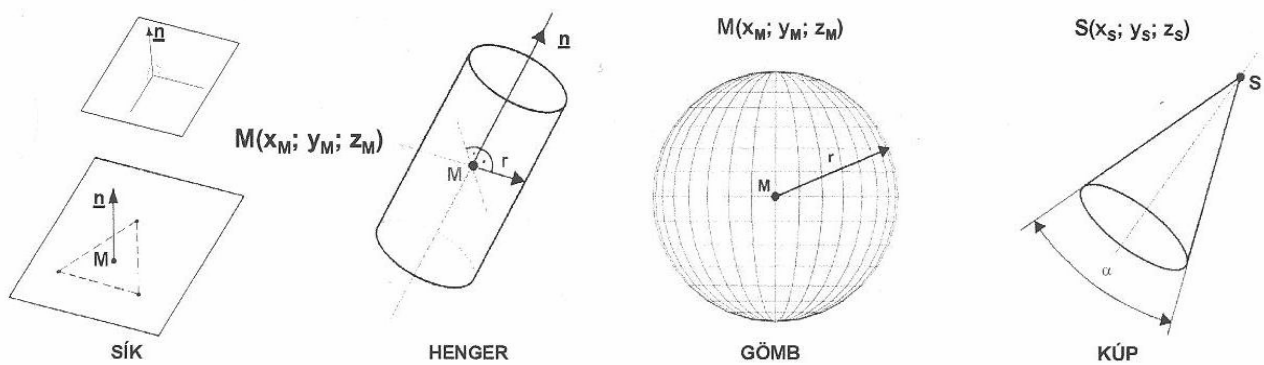
## Geometriai elemek:

A koordináta mérés technikában legtöbbször az alábbi geometriai elemekkel dolgozunk, ezen elemeket illesztjük a mért pontokra:

### Síkbeli:



### Térbeli:

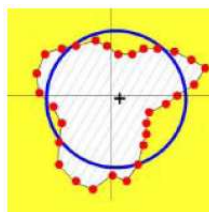


## Elemek számítási módszere:

A koordináta mérés technikában a mérendő alakelemnek megfelelő geometriai elemet rá kell illeszteni a mért pontokra, ami a következő módon történhet a munkadarab felhasználási módjának előírásaitól függően:

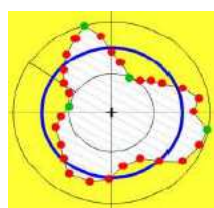
### 1. Gauss módszer:

legkisebb négyzetes eltérések elve

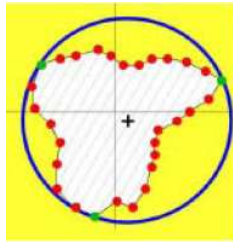


### 2. Csebisev:

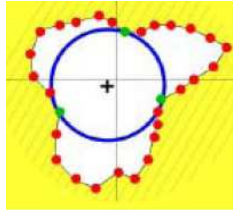
a legkisebb lineáris eltérések elve



3. **Külső burkoló elem** szereléskor



4. **Belső burkoló elem** szereléskor



Minden számítási módszernek megvan a maga előnye és hátránya. A Gauss módszer gyors eredményt ad, de „elkeni” az alakhibákat, így szerelésnél nem használható.

A Csebisev módszert akkor használjuk, ha kifejezetten az alakhibákat szeretnénk felderíteni.

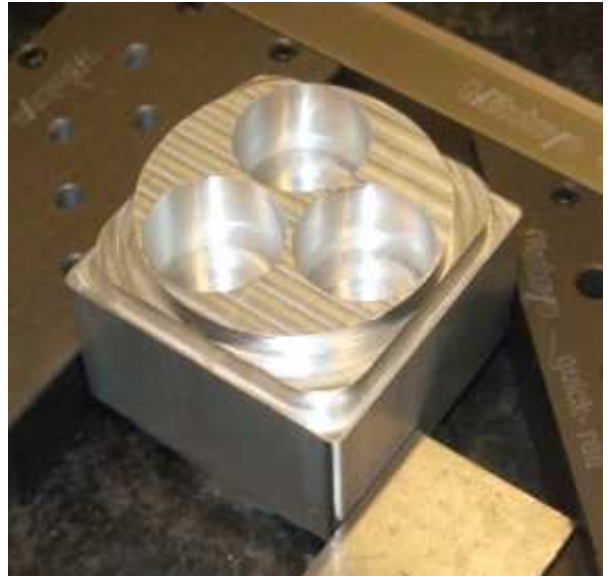
Továbbá ha szerelést szeretnénk megvalósítani, akkor pl. kör mérésekor külső vagy belső burkolóelemet kell illeszteni a mért pontokra, hogy megtudjuk, hogy az adott furatba behelyezhető-e az előírt méretű csap, vagy sem.

## **Laborgyakorlat lebonyolítása**

A **laborgyakorlat** során egy szabványos, koordináta mérőgéphez gyártott próbatest geometriájának ellenőrzését végezzük el.

A gyakorlat során megismerkedünk a koordináta mérőgép felépítésével, kezelésével, működésének elvi alapjaival. Ezt követően egyéneként mindenki megismerkedik a mérőgép használatával, és a gyakorlatvezető által kijelölt felületelem geometriai ellenőrzését végzi el.

A mérési eredményeket mindenki saját jegyzőkönyvébe rögzíti és a gyakorlat végén aláírhatja a gyakorlatvezetővel.



### **Ajánlott irodalom**

- Dr. Zatykó Erika – Koordináta méréstechnika előadás és gyakorlati anyagok
- [www.faro.com](http://www.faro.com)
- [www.zeiss.de](http://www.zeiss.de)



**Műszer- és Méréstechnika – 2. Laborgyakorlat**  
*Méréstechnika-Koordináta mérés technika*

**1. Az alkalmazott koordináta mérőgép fontosabb adatai:**

**2. A mért próbatest jellemzői:**

**3. A mért jellemzők:**

Megnevezés	Felvett pontok száma	Mért érték

**4. Egyéb megjegyzések:**

Név:.....NEPTUN kód:.....Dátum:.....

.....  
Oktató aláírása