

AZ ALAKHŰSÉG ÉS A HELYZETPONTOSSÁG ELLENŐRZÉSÉNEK MÓDSZEREI

Összeállította: Kiss Ferenc

A gyártás folyamán meghatározott elméleti méretű és alakú, valamint előírt helyzetpontosságú munkadarabokat a szerszámgép, a megmunkálási szerszám, a munkadarab anyagának fizikai-mechanikai tulajdonságai miatt abszolút pontossággal legyártani nem lehet.

Az alakhűségi és helyzetpontossági vizsgálatok célja, a méretellenőrzésekhez hasonlóan annak megállapítása, hogy az eltérések a megengedhető határok között vannak-e.

Alakhűségi és helyzetpontossági alapfogalmak:

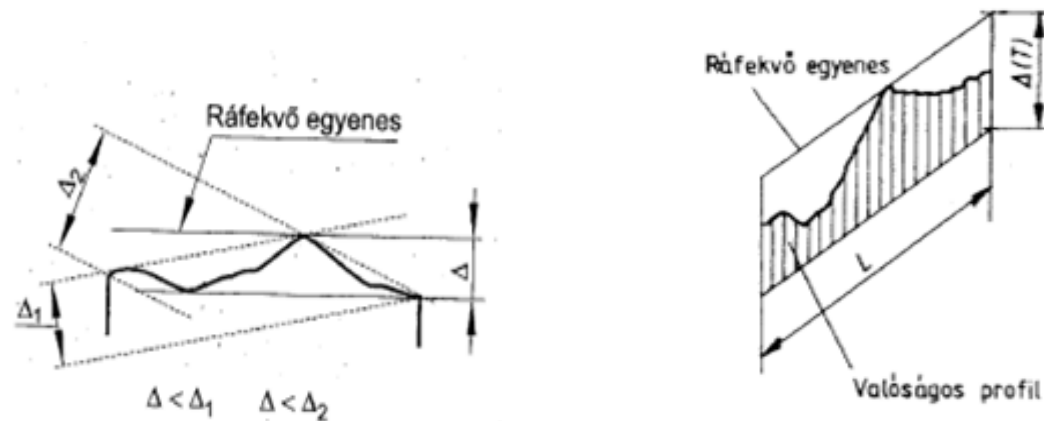
Az alakhűséggel és a helyzetpontossággal kapcsolatos legfontosabb alapfogalmak a következők:

Valóságos felület: a testet határoló, vagyis a test anyagát a környezetétől elválasztó felület.

Névleges felület: ideális felület, amelynek névleges alakját a rajz vagy egyéb műszaki dokumentáció szabja meg.

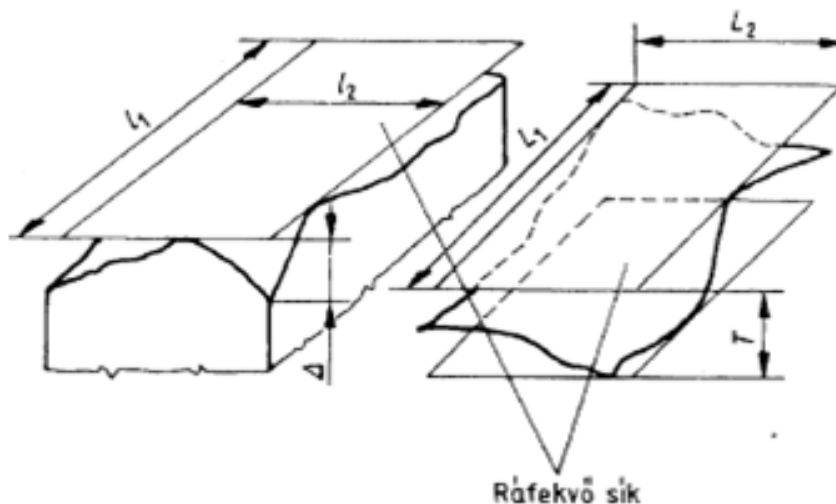
Profil: a felületnek metszősíkkal vagy bármely metszőfelülettel alkotott metszészvonala.

Ráfekvő egyenes: a valóságos profillal érintkező egyenes, amely a test anyagán kívül úgy helyezkedik el, hogy, a vonatkoztatási hossz határain belül közte és a valóságos profil legtávolabbi pontja között az eltérés a legkisebb legyen (1. ábra).



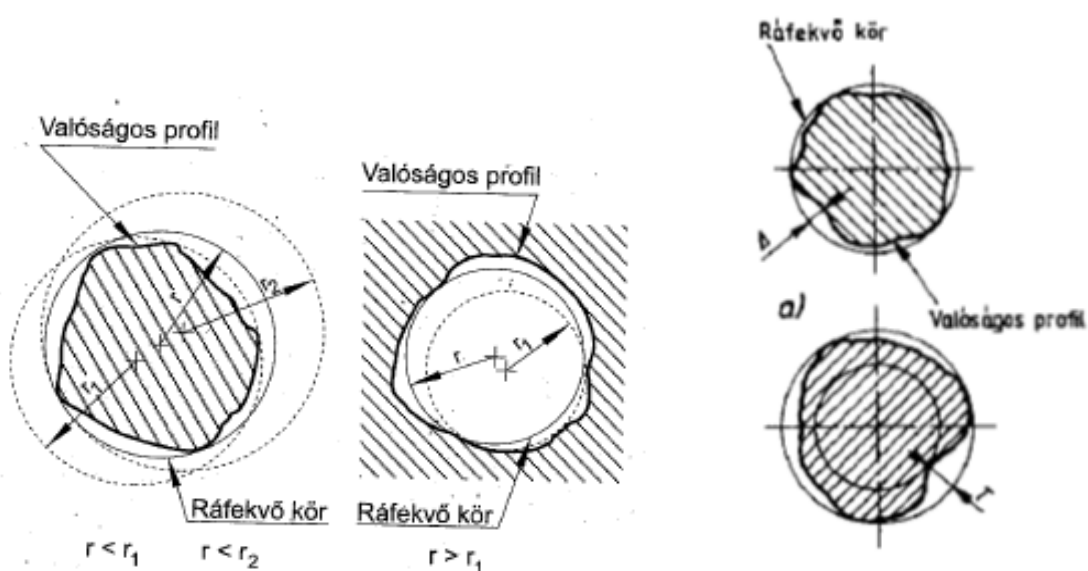
1. ábra. Ráfekvő egyenes

Ráfekvő sík: a valóságos felülettel érintkező sík, amely a test anyagán kívül úgy helyezkedik el, hogy a vonatkoztatási hossz határain belül közte és a valóságos felület legtávolabbi pontja között az eltérés a legkisebb legyen (2. ábra).



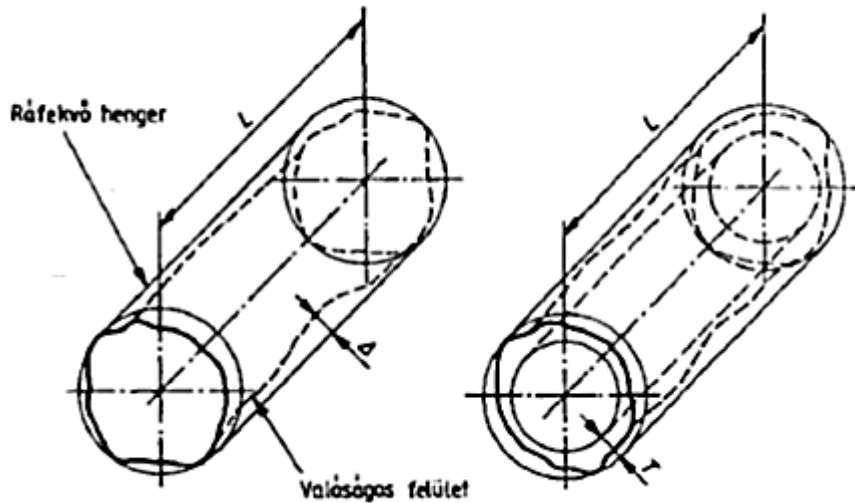
2. ábra. Ráfekvő sík

Ráfekvő kör: a külső forgásfelület keresztmetszetének valóságos profilja köré írható legkisebb átmérőjű kör, vagy a belső forgásfelület keresztmetszetének valóságos profiljába írható legnagyobb átmérőjű kör (3. ábra).



3. ábra. Ráfekvő kör

Ráfekvő henger: a valóságos külső hengerfelület köré írt legkisebb átmérőjű henger, illetve a valóságos belső hengeres felületbe írt legnagyobb átmérőjű henger (4. ábra).



4. ábra. Ráfekvő henger:

Alakeltérés: a valóságos felület vagy profil alakjának eltérése a névleges felület vagy profil alakjától. Mennyiségileg az alakeltérés a valóságos felület (profil) egyes pontjainak a ráfekvő felülettől (profiltól) mért merőleges távolsága.

Alaktűrés: meghatározza egy vonal (pl. test körvonala, palástvonala, tengelye) vagy egy felület (sík, henger- vagy kúppalást-felület, horonyfelület) megengedett eltérését az ideális (névleges) geometriai alaktól.

Helyzeteltérés: a valós felület helyzetének, tengelyének, szimmetriasíkjának eltérése a névleges helyzettől.

Helyzettűrés: egy vonal, egy felület, egy tengely, stb. megengedett eltérését határozza meg a névleges (előírt) helyzettől. Itt az eltérés a párhuzamosságban, a merőlegességben, a hajlásszögben stb. keresendő. A helyzettűrés mindig az adott elem és egy vonatkoztatási elem közötti viszonyt (megengedett eltérést) adja meg.

HENGERES TESTEK ALAKHIBÁINAK MÉRÉSE, ELLENŐRZÉSE

A hengeres testek alakhibái:

A hengeres testek alakhibáit két síkban kell vizsgálni: tengelyre merőleges metszetben és a henger hosszmetszete mentén.

A hengeres tárgyak alakhibáinak csoportosítása:

- köralakhibák
- hengerességi hibák

Köralakhibák fajtái:

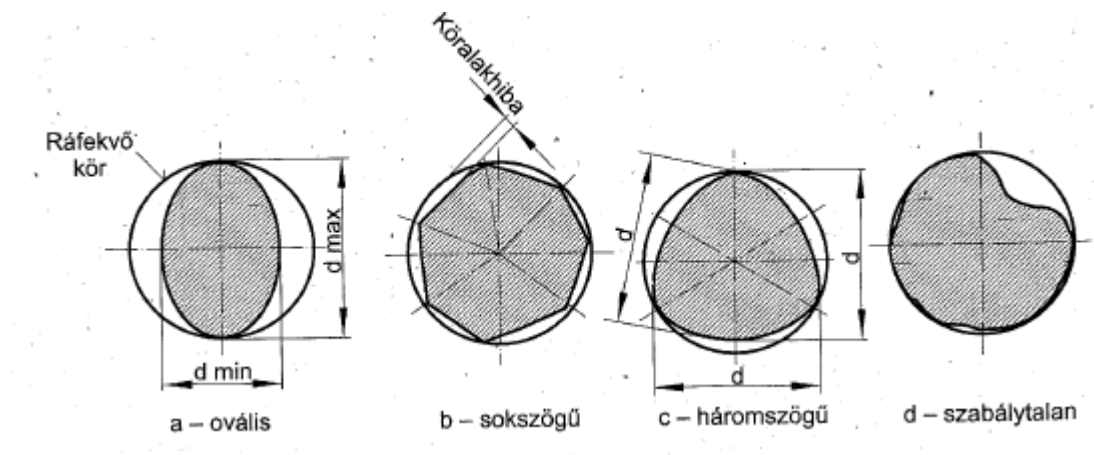
A tengelyre merőleges metszetben különböző köralakhibák (körkörösségi hibák) vizsgálhatók, melyek előfordulhatnak mind külső, mind belső hengeres felületű alkatrészen:

Ovalitás (5.a ábra): az egymásra merőleges vagy közel merőleges, két irányban mérhető legnagyobb és legkisebb átmérő különbsége (a köralakhiba kétszerese).

Szögletesség (5.b ábra): a köralaktól való olyan eltérés, amelynél az eltérés szélső értékei kettőnél több, megközelítőleg szabályosan elhelyezkedő irányban mutatkoznak.

Álkörösség (5.c ábra): a szögletesség különleges fajtája (háromszögű).

Bütykösség (5.d ábra): a köralaktól dudorként (horpadásként) mutatkozó eltérés.



5. ábra. Köralak hibák

Hengerességi hibák fajtái:

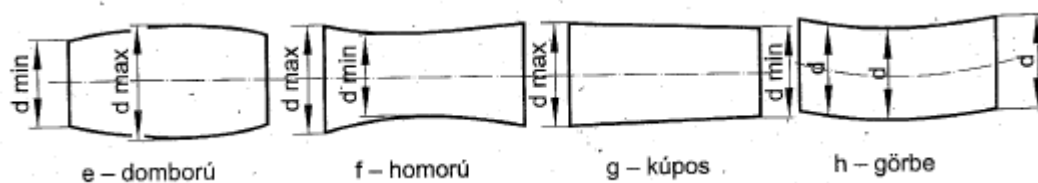
A hengeresség hibái tengelyt tartalmazó hosszmetszetben vizsgálhatók:

Hordósság (6.e ábra): az alkotók olyan eltérése az egyenességtől, hogy az átmérők a hengeres test végeitől a közép felé haladva növekednek.

Nyergesség (6.f ábra): az átmérők a közép felé haladva csökkennek.

Kúposág (6.g ábra): a henger alkotói egyenesek, de hosszmetszetben nem párhuzamosak.

Görbeség, hullámosság (6.h ábra): ha az egymás után következő metszetek középvonalait összekötő tengelyvonal az egyenestől eltér, de az egymást követő keresztmetszetek egyenlő átmérőjűek és szabályos körök.



6. ábra. Hengerességi hibák

A hengeres testek köralakhibáinak mérése:

A köralakhibákat általában egyszerű méréssel kézi mérőeszközökkel (tolómérővel, mikrométerrel) lehet meghatározni úgy, hogy a keresztmetszet több átmérőjét több irányban megmérjük.

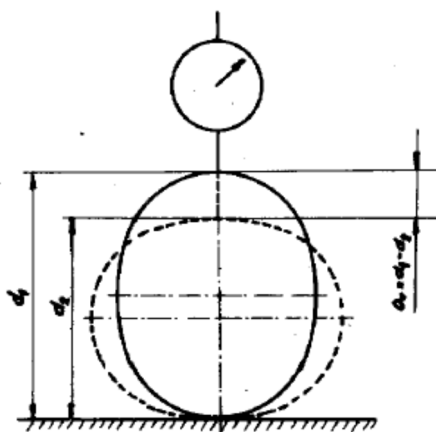
A két irányban végzett mérés esetén gondolni kell arra, hogy a vizsgált henger háromszögű is lehet. Ezt a kétirányú mérés nem mutatja ki. Ezért célszerűbb a méréseket három irányban végezni.

Az ovalitás - mint alakhiba - alatt a keresztmetszet legnagyobb és legkisebb átmérője közötti különbséget értjük:

$$o_v = d_1 - d_2$$

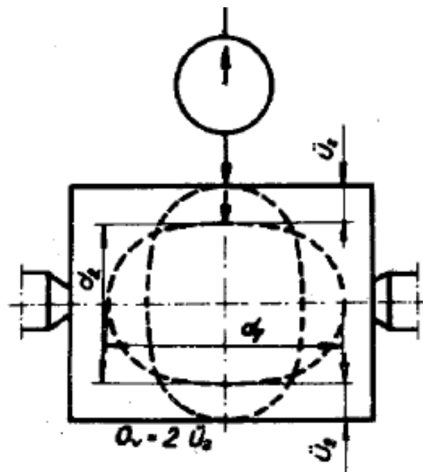
Az ovalitás kimutatható egymásután több szemben lévő két pont közötti távolság mérésevel, szokásos mérőeszközökkel. A tolómérő, mikrométer, vagy más hossz mérő műszer megválasztása az alkatrész előírt pontosságától függ.

Kimutatható az ovalitás úgy is, hogy a munkadarabot sík asztalon mérőóra vagy más finomtapintó alatt elforgatjuk a 7. ábrának megfelelően. A műszeren leolvasott értékek közvetlenül az ovalitást adják.



7. ábra. Ovalitás kimutatása

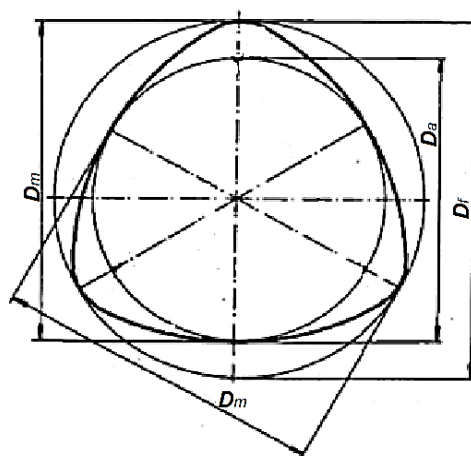
Ha a munkadarab csúcsok közé fogható, az ovalitás a 8. ábrának megfelelően a sugárirányú ütésből meghatározható: $o_v = 2 \cdot \bar{u}_s = d_1 - d_2$



8. ábra. Ovalitás kimutatása

Hengeres furatok ovalitása kimutatható valamennyi furatmérésre alkalmas két ponton mérő műszerrel (tolómérő, furatmikrométer, intó, stb.).

A szögletesség több ívből összetevődő körvonal. Jellemzésére a körülírt és a beírt kör átmérőjének különbségét vesszük. A szögletesség leggyakrabban előforduló alakja a 9. ábrán látható ívháromszög (álkör), mely egyben pszeudókör is, mivel a kerületén szemben fekvő pontok távolsága azonos. Álkörös hengeres csap leggyakrabban a csúcs nélküli köszörüléskor keletkezik. Sok páratlan szögű szögletes alak is lehet pszeudókör (öt, hét, kilenc szög). A pszeudókörök mérésénél két szemben fekvő ponton minden helyzetben azonos méretet kapunk eredményül, ezért a szokásos hossz mérő műszerekkel (tolómérő, mikrométer stb.) vagy síkasztalon mérőóra tapintója alatti elforgatásukkal eltérést nem találunk, s így az alakhiba nem mutatható ki, az nem állapítható meg. A 9. ábra szerint tehát két ponton való mérés esetén a mért érték minden esetben: D_m



9. ábra. Ívháromszög (álkör)

Ha a csap megengedett legnagyobb átmérőméretét D_f - el az alsó határméretét D_a - val jelöljük, akkor a 9. ábra szerint a csap szelvénye is csak e körök között helyezkedhet el. A két átmérőméret közötti különbség a munkadarab tűrése:

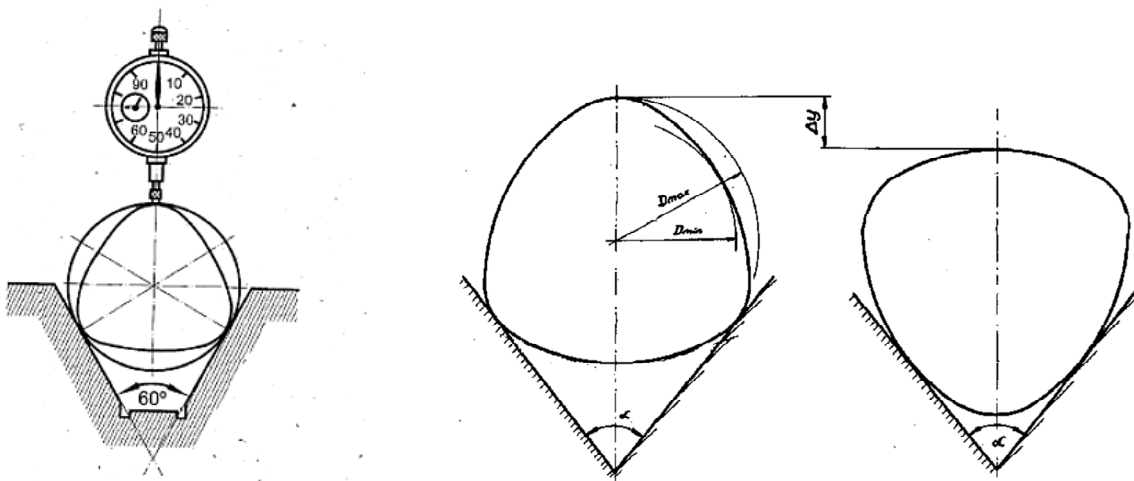
$$D_f - D_a = T$$

Ha a csap tényleges szelvényét érintő körök átmérőjét $D_{\max}$ ill. $D_{\min}$ -al jelöljük, akkor a jónak minősíthető munkadarabnál a következő feltételeknek kell teljesülnie:

$$D_{\min} \geq D_a \text{ és } D_{\max} \leq D_f$$

Az álkörösség mérésénél az alakhiba felderítésére három ponton való mérési eljárást kell alkalmazni, ami legegyszerűbben egy prizma és egy mérőóra segítségével oldható meg. A geometriai viszonyokat és a mérés elvét a 10. ábra szemlélteti.

A munkadarabot a prizmában megforgatva a mérőóráról, az alakhibával összefüggő a Δy érték olvasható le.



10. ábra. A hengeres csapok álkörösségének ellenőrzése

Meg kell határozni a Δy mutatott érték és a ΔD alakhiba ($\Delta D = D_{\max} - D_{\min}$) közötti összefüggést, amely a következő általános alakot adja: $\frac{\Delta y}{\Delta D} = f(\alpha)$ ahol α a prizma nyílásszöge.

Háromszögű pszeudókör (álkör) és $\alpha = 60^\circ$ -os prizma esetén a $\frac{\Delta y}{\Delta D} = 1,5$ értéket ad.

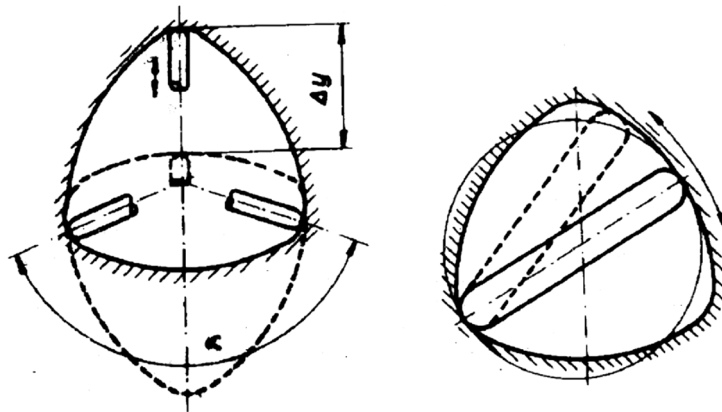
Ez alapján, Δy ismeretében meg lehet határozni az alakhiba (ΔD) nagyságát.

A munkadarab tényleges méretének megállapításához tehát meg kell mérni kétpontos méréssel a D_m - et és hárompontos méréssel a ΔD alakhibát. Ezek ismeretében:

$$D_{\min} = D_m - \frac{\Delta D}{2} \quad \text{és} \quad D_{\max} = D_m + \frac{\Delta D}{2}$$

Ha $D_{\min}$ és $D_{\max}$ a rajz szerinti tűrésmezőbe esnek, a munkadarab mérete jónak minősíthető.

A sokszögű furatokat célszerű három ponton tapintó műszerrel ellenőrizni a 11. ábra szerint.



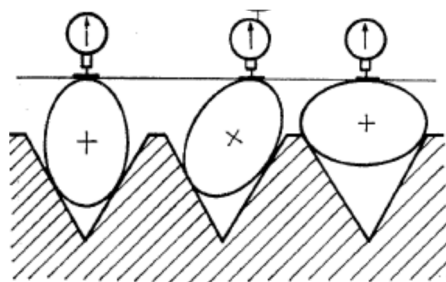
11. ábra. Sokszögű furatok ellenőrzése tapintó műszerrel és idomszerrel

Az ilyen műszer jelzi az ovalitást és a sokszögű alakhibát is, de a mutatott érték nem mérethelyes. A műszert a furatban körbe kell forgatni és figyelni kell a műszer mutatójának az ingadozását. A tényleges alakhiba ΔD és a műszer által mutatott Δy érték közötti függvénykapcsolat a csapoknál levezetett módszer analógiája alapján határozható meg.

Kisegítő módszer, ha gömbösvégű vagy hengeresvégű lapos idomszert, esetleg egy két ponton mérő tapintóműszert a furatban egy ponton megtámasztva a 11. ábra szerint próbáljuk meglengetni, s ilyenkor elmozdulás csak az álkör alaknál lehetséges, körszelvénynél nem.

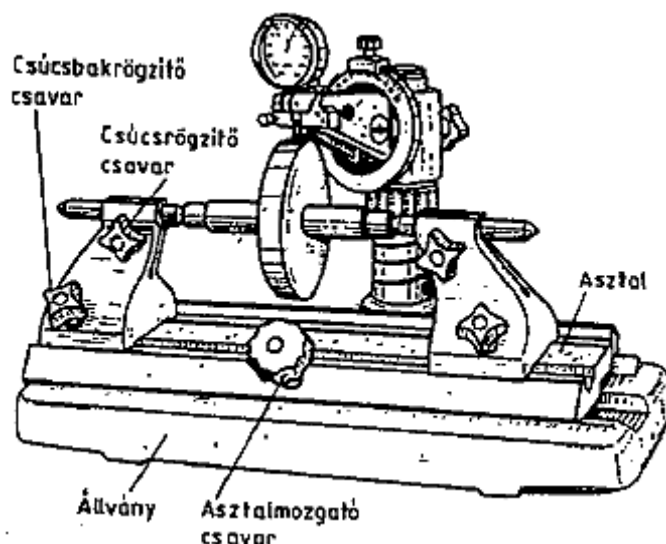
A bütykösség a köralaktól való szabálytalan eltérés, mely a tengelyre merőleges metszetben dudorodásként vagy horpadásként jelentkezik az 5.d ábrának megfelelően. Az ovalításra megadott tűrés általában a bütykösségre is vonatkozik. A bütykösség megállapítása mind kétpontos, mind hárompontos méréssel lehetséges. A mérés elvégezhető a sugárirányú ütés mérésével is.

Az álkörön kívüli köralakhibák meghatározásának kevésbé pontos módszere, ha prizmában helyezzük el a munkadarabot és körbeforgatjuk, miközben a finomtapintó az alkotójára támaszkodik. A bizonytalanságot az okozza, hogy maga a bázisfelület, amely a prizmára támaszkodik, az is hibás, így a munkadarab elméleti tengelye a körbeforgatás közben a helyzetét állandóan változtatja (12. ábra), így a hibáról valóságos értéket megtudni nehéz.



12. ábra. Mérés prizmában

A köralakhibák ellenőrzésére az egyik legalkalmasabb általánosan használt berendezés a körfutást ellenőrző pad (13. ábra). Az ellenőrző pad csúcsai közé a különböző hengeres munkadarabokat behelyezhetjük, melyeket elforgatva az alakhibák mérőórával kimérhetők.



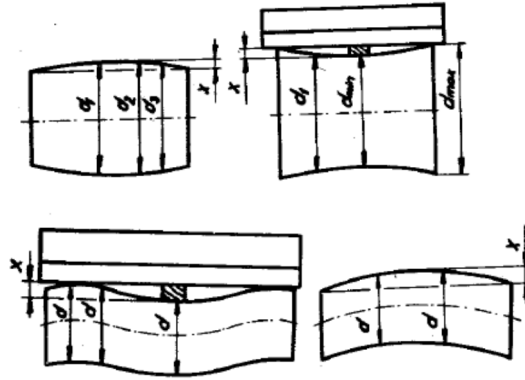
13. ábra. Köralakjellemzők mérése mérőórával, csúcsok között

Tömeggyártásban mérőgyűrűvel (idomszerrel) lehet ellenőrizni, hogy a köszörült munkadarab a megengedett alakhibán belül van-e. Például a körháromszögű tengely villás idomszerrel (mert az két ponton mér) jónak minősül, de ellendarabjába nem helyezhető a körháromszög csúcsai miatt. Gyűrűsidomszerrel ez a hiba észlelhető, mert az idomszer körháromszögre nem húzható fel.

Hengeres testek hengerességi hibáinak mérése:

Az alkotók egyenességtől való bármely eltérése élvonalzóval (14. ábra) és részmérővel mindenkor megállapítható.

A hordó- és nyeregalakból származó hiba mindig megállapítható egyszerű átmérőméréssel. A mérést tengelyirányban több helyen kell elvégezni. A mért értékekből az eltérés egyszerűen számítható.

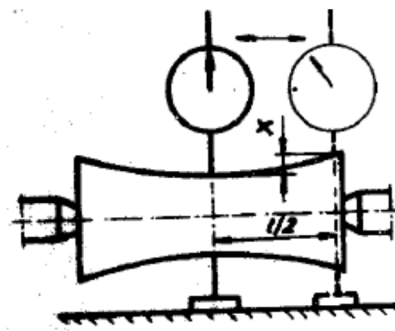


14. ábra. Egyenességtől való eltérés

Az egyenességtől való x eltérés mérete annak a két párhuzamos egyenesnek a távolsága, amelyek közé teljesen berajzolható a tényleges felületnek a tengelyen átmenő síkkal alkotott metszésvonala.

A hullámosság és a görbeség így nem állapítható meg, mert az ilyen testeken a tengelyre merőleges metszetben az átmérők azonosak.

Az alkotók bármilyen eltérése az egyenességtől mérőórával ellenőrizhető a következők szerint.



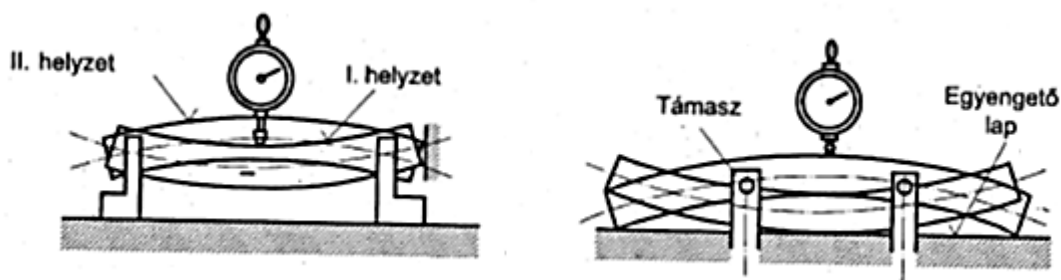
15. ábra. Alkotók eltéréseinek mérése

A munkadarabot ilyenkor két csúcs közé fogjuk (15. ábra) és a mérőóra tapintójával letapogatjuk a legfelső alkotót. Az eltéréseket egy referencia ponthoz képest mérjük.

Amennyiben a mérést két egymásra merőleges síkmetszetben végezzük (4 alkotó letapogatásával), a kapott mérési eredmények alapján megállapíthatjuk a hengeres test alakhibáját.

A kisebb méretű alkatrészek minden hengerességi hibájának vizsgálatára alkalmas a körfutást ellenőrző pad (13. ábra).

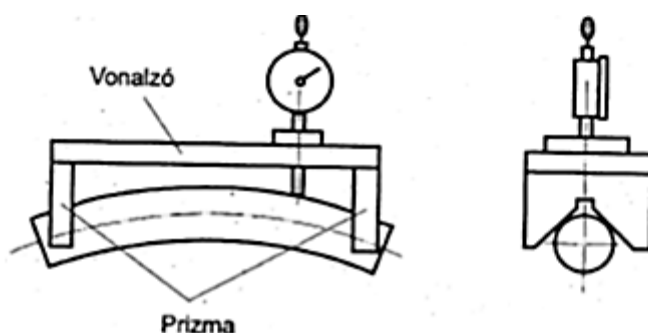
A hengeresség vizsgálatát prizmák között és síklapon is elvégezhetjük. (16. ábra)



16. ábra. A hengeresség ellenőrzése prizmák között és síklapon

A nagy munkadarabok hengerességének ellenőrzését vagy a szerszámgépen végezzük el, vagy a méréshez mérőhidat használunk (17. ábra).

A mérés úgy történik, hogy a hídon a mérendő munkadarabot, vagy a munkadarabon a mérőhidat körbeforgatva, a hídra fogott mérőóra a legnagyobb eltérés (görbület) irányát mutatja. Ebben az irányban (ezen az alkotón) a mérőórát a vonalzón eltolva a görbület mértékét állapíthatjuk meg.

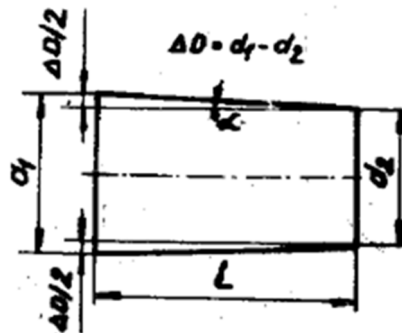


17. ábra. A nagy munkadarabok hengerességének ellenőrzése mérőhíddal

A kúposágot mérhetjük úgy is, hogy a munkadarabot síkra helyezzük, és a síkon a talpas mérőórát a tengely irányában mozgatjuk a legmagasabban fekvő alkotón vezetve. A mérőóra kitéréséből adott hosszúságon, a kúposágot meghatározhatjuk. A másik lehetőség az, hogy a

munkadarabot csúcsok közé fogjuk és a mérőórát a csúcsok középvonalával párhuzamosan mozgatjuk. A tapintót ebben az esetben is a legmagasabban fekvő alkotón kell vezetni.

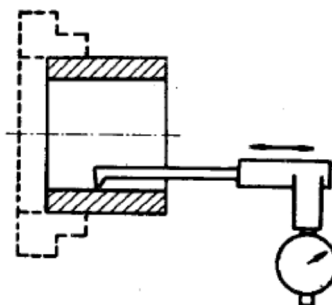
A kúposság legegyszerűbben kétpontos méréssel állapítható meg. Az L hosszon mért d_1 és d_2 átmérők különbségéből a kúposság számítható (18. ábra).



18. ábra. Kúposság megállapítása

Az előző alakhibák ellenőrzése furatokban eléggé körülményes, különösen problematikus a görbeség és hullámosság számszerű kiértékelése, éppen ezért erre csak ritkán kerül sor. Ha az átmérőt a furat hossza mentén kétponton mérő műszerrel ellenőrizzük, a hordóalak és a nyeregalak hibája számszerűleg is kimérhető.

Az alkotók bármely eltéréseinek számszerű kiértékelésére ad lehetőséget az a módszer, amikor emelőkaros mérőórás szerkezettel mérjük az alakhibát a 19. ábrának megfelelően. A furatos alkatrészt pl. tokmányba fel kell fogni és a mérőórás szerkezetet a furat tengelyével párhuzamosan el kell mozgatni, miközben a szögemelős tapintó a furat palástfelületén felfekszik. A műszer (mérőóra) mutatójának két kitérése közötti érték az x alakhibát adja. Ez a módszer csak akkor alkalmazható, amikor a szögemelős tapintórudazat a furatba akadály nélkül befér.



19. ábra. Alkotók bármely eltéréseinek mérése

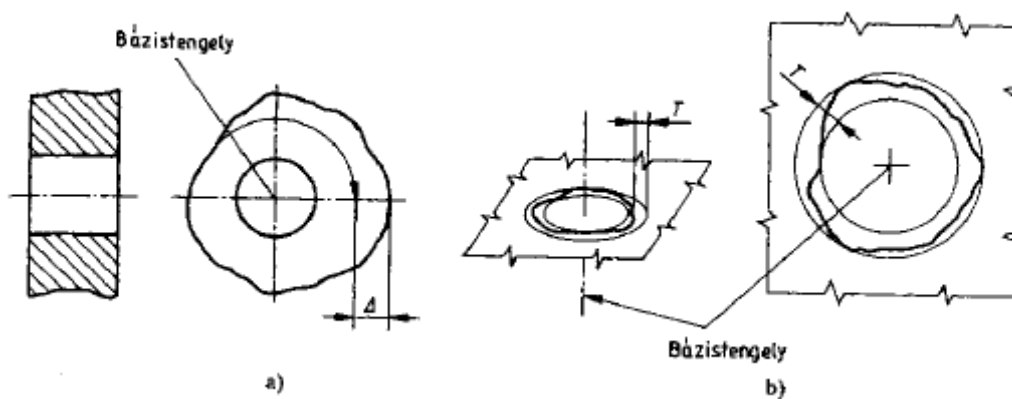
Az ellenőrzés elvégezhető a furat hosszát meghaladó dugós idomszerrel is. Az idomszer átmérője a furat alsó határméretének felel meg. Ez azt jelenti, hogy a furat görbesége nem lehet nagyobb, mint a furat tűrése. A legnagyobb tényleges méretet külön kell ellenőrizni.

HENGERES TESTEK HELYZETHIBÁINAK MÉRÉSE, ELLENŐRZÉSE

Hengeres testek jellemzői helyzethibái:

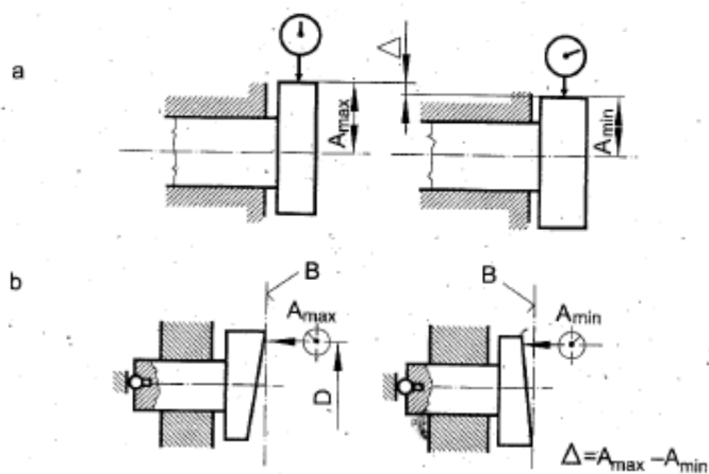
- ütés (radiális- és homlokütés),
- egytengelyűségi hiba
- párhuzamossági hiba (tengelyvonalak párhuzamosságának, távolságának ellenőrzése)
- merőlegességi hiba (egy síkban lévő tengelyvonalak, kitérő tengelyvonalak)
- szimmetria hiba

Ütés: A radiális ütés a forgásfelület valóságos profilja pontjainak a bázistengelyre merőleges síkban mért legnagyobb és legkisebb távolság különbsége (20. ábra).



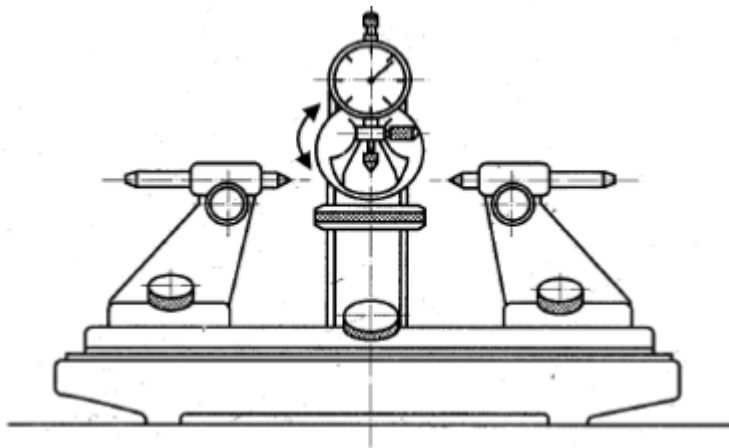
20. ábra. Radiális ütés értelmezése

A radiális ütést és a homlokütést úgy mérhetjük, hogy a munkadarabot a megfelelően beállított *prizmákba* helyezzük és körbeforgatjuk, miközben az eltérést mérőórával mérjük (21. ábra).



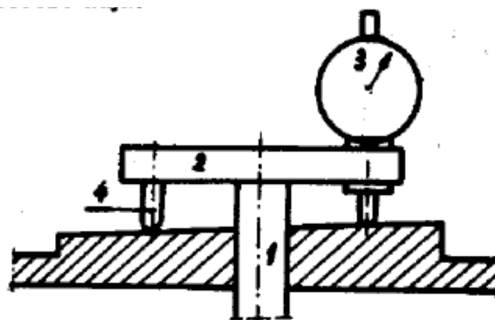
21. ábra. A radiális ütés (a) és a homlokütés ellenőrzése (b)

Ennél pontosabb eredményhez jutunk, ha *körfutást ellenőrző padon* végezzük a mérést (22. ábra). Az ellenőrző pad csúcsai közé a hengeres munkadarabot behelyezzük, és elforgatva azt, mérőórával kimérhető a sugárirányú ütés. Ez a hiba a munkadarab görbeségéből vagy a csúcsfészkek hibájából eredhet. (Az egytengelyűség hibájából adódó ütés a köralakhibától azzal különböztethető meg, hogy az előbbi egy körülfordulás alatt egy maximumot és egy minimumot ad, míg a köralakhiba rendszertelen.)



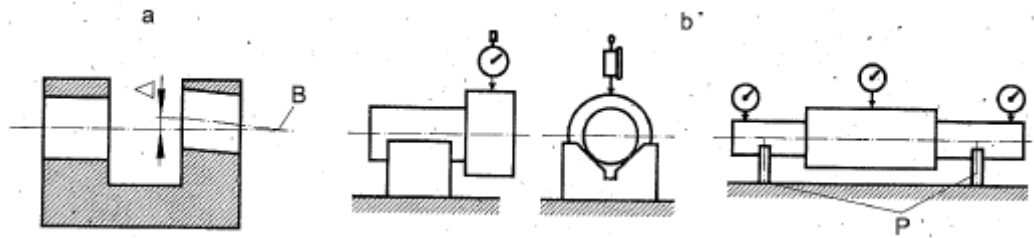
22. ábra. Körfutást ellenőrző pad

Nehezen mozgatható munkadarabokon (öntvények, hajtóműszekrények) a homlokfelület ütését a 23. ábra szerint a tárcsás mérőbetétre (2) erősített mérőórával (3) ellenőrizzük. A tárcsa a furatba helyezett mérőtüske (1) végére van erősítve. A tárcsába helyezett mérőcsap (4) a tengely körbeforgatásakor érintkezik az ellenőrzendő felülettel. Egyszeri körbeforgatással a mérőóra kitéréséből a vizsgált felület merőlegességtől való eltérése megállapítható.



23. ábra. Homlokfelület ütésének mérése

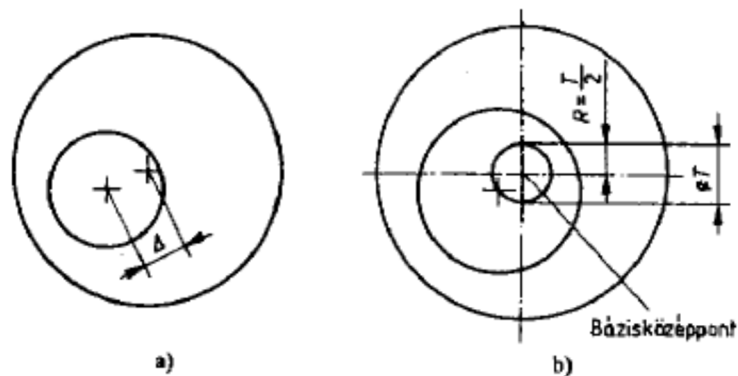
Egytengelyűségi hiba: valamely vizsgált felület tengelyének eltérése a bázisul kijelölt másik tengelytől (24. ábra). A tengelyszerű munkadarabok egytengelyűségi hibája az ütészhez hasonló módon mérhető.



24. ábra. Az egytengelyűség hibája (a),
a tengelyszerű darabok egytengelyűségi
hibájának mérése (b)

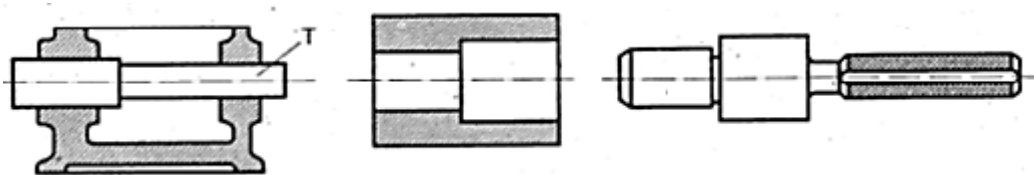
Az egytengelyűség hibája a névlegesen kör alakú profilok középpontjai közötti eltérés az adott síkban (Δ : excentricitás) (25.a ábra).

Az egytengelyűség tűrésmező olyan kör által határolt sík terület, amelynek átmérője egyenlő az átmérőszerűen mért T tűréssel, középpontja pedig egybeesik a bázistengellyel (25.b ábra).



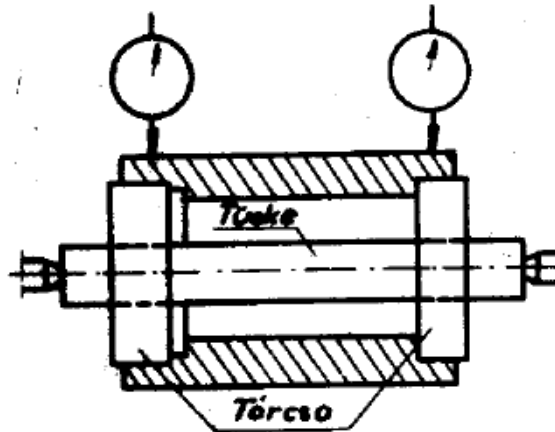
25. ábra. Az egytengelyűség értelmezése

A hengeres furatok egytengelyűségi hibája mérőtűskékkel, mérőcsapokkal vagy idomszerekkel mérhető (26. ábra).



26. ábra. Egytengelyűségi hiba mérése mérőtűskékkel, mérőcsapokkal vagy idomszerekkel

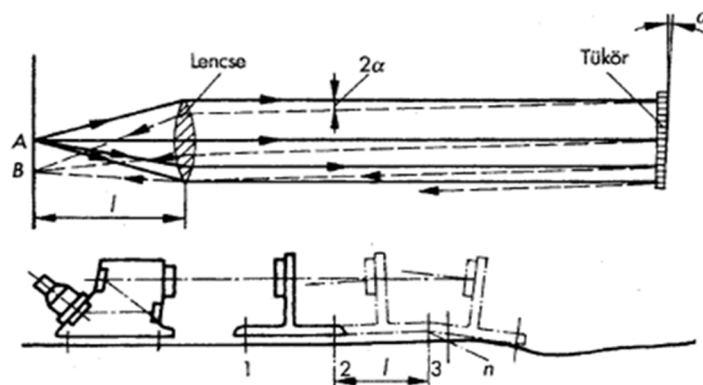
Nagy átmérőjű furatok egymáshoz, vagy a külső hengeres felületekhez viszonyított egytengelyűségét a 27. ábra szerint betétmérőtárcsákkal és ellenőrző tengellyel vizsgáljuk.



27. ábra. Egytengelyűség vizsgálata

Nagyobb átmérőjű, egymástól nagyobb távolságra lévő furatok egytengelyűségi hibájának mérési módja lehet az autokollimátorral (28. ábra) történő mérés.

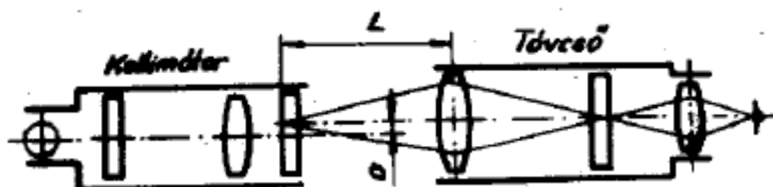
A berendezés távcsőből és tükörből áll. A fényforrásból érkező sugarakat a lencse a távcső optikai tengelyével párhuzamos sugárnyalábbá alakítja, és egy szátkereszt képével együtt a tükörrre vetíti. Ha a tükör merőleges a távcső optikai tengelyére, akkor a tükörből visszavert szátkereszt képe (B pont) egybeesik a szemlencsében levő szátkereszt képével (A pont). Ha a tükör síkja α szöget zár be az optikai tengelyre emelt merőlegessel, akkor a beeső párhuzamos sugarakat 2α szöggel eltérítve veri vissza. Ezért a szátkereszt képe AB távolsággal eltolódik a szemlencsében levő szátkereszthez képest. A tükör helyzetét tetszőleges távolságokkal változtatva az egytengelyűségtől való eltérést pontosan meg tudjuk határozni.



28. ábra Autokollimátorral történő mérés

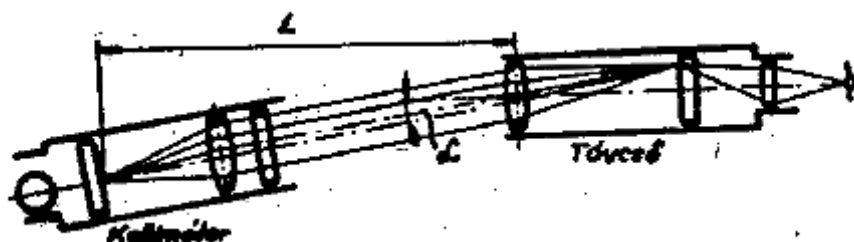
Az egymástól 800 mm-nél távolabb levő csapágyhelyek egytengelyűségét, azok esetleges egymással bezárt szögét célzó távcsővel is ellenőrizhetjük (29. ábra).

A távcsövet és a kollimátort központosan a furatokba helyezzük és a távcsövet a szemben fekvő furatba helyezett kollimátor osztással ellátott szállemezére élesre beállítjuk. Ha a furattengelyek nem esnek egybe, akkor az ábra szerint a kitérés értéke a kollimátor milliméter beosztású szállemezének és távcsőben levő jelvonalaknak az állásából leolvasható.

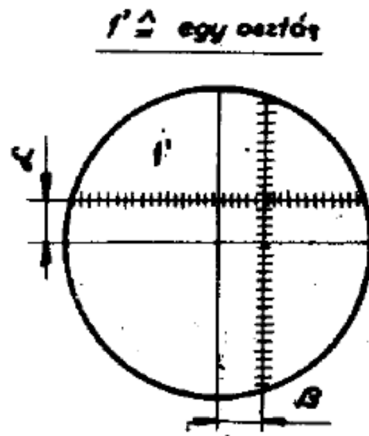


29. ábra. Célzó távcsővel történő ellenőrzés

Az irányeltérés mérésének elvi vázlata a 30. ábrán látható. Mérés-kor a kollimátorból kilépő párhuzamos fénysugarak a szállemezén levő osztásjelek képét a távcsőbe vetítik. Ha egytengelyűség el fenn, akkor a távcső szállemezének és a kollimátor szállemezének középpontja egybeesik. Ha azonban a tengelyek különböző irányúak, akkor a távcső szállemezje és a kollimátor 1' beosztású szállemezje a 31. ábrának megfelelően nem fedi egymást. A kitérés értéke $\pm 25'$ mérési határon belül 1' pontossággal leolvasható. Egy skálaosztás 1 m távolságon 0,3 mm eltérésnek felel meg. Mérési távolság maximálisan 15 méter.

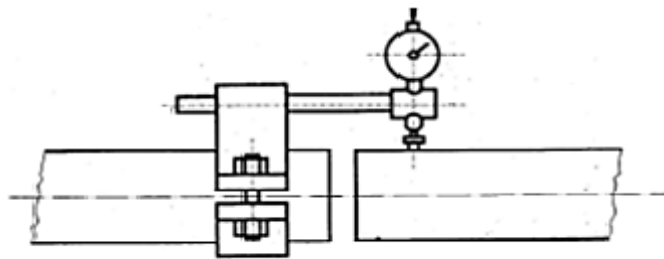


30. ábra. Irányeltérés mérése



31. ábra. Irányeltérés mérése

Az egymással szemben fekvő tengelyek egytengelyűségét az egyik tengelyre erősített mérőóra körbeforgatásával mérjük (32. ábra).

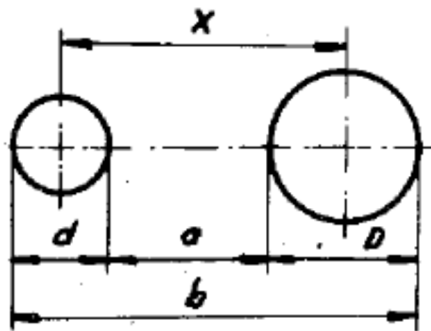


32. ábra. Egymással szemben fekvő tengelyek egytengelyűségi hibájának mérése

Tengelyvonalak távolságának és párhuzamosságának ellenőrzése: furatok, hengeres felületek tengelyeinek távolságát és párhuzamossági hibáját vizsgálhatjuk:

- egyetemes kézi mérőeszközökkel,
- egyetemes mérőgépeken,
- műhelymikroszkópokkal vagy mérőprojektorral.

Csapok és furattengelyek távolsága és párhuzamossága egyszerű mérőeszközökkel vizsgálható. A vizsgálatkor az átmenő furatokba illő tengelyt vagy mérőtüskét helyezünk. A tengelytáv kiszámításakor a vizsgálathoz használt tengelyek átmérőinek felét a mért **a** vagy **b** értékhez hozzá kell adni vagy levonni aszerint, hogy a tengelyek külső vagy belső érintői közötti távolságot mérjük-e meg. A tengelytáv **x** értéke a 33. ábra alapján számítható:



$$x = a + \frac{d + D}{2} \quad \text{vagy}$$

$$x = b - \frac{d + D}{2}$$

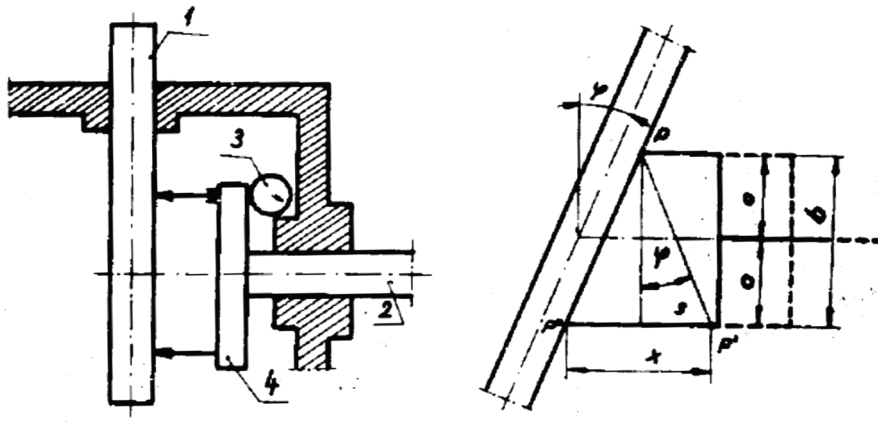
33. ábra. Tengelytávolság meghatározása

A mérés pontosságát a mérőtest (tüske, tengely stb.) és az ellenőrzendő furat közötti hézag csökkenti. Ezért sorozatméréseknél a mérőtüskét nem közvetlenül a furatba illesztik, hanem hasított kúpos perselyt iktatnak a tüske és a furat közé. A persely külső kúpos felülete a furat gyártási eltéréséből származó méretkülönbségeket kiegyenlíti és a hasított persely rugalmassága következtében a mérőtüske hézagmentes illesztését biztosítja.

Merőlegesség hibát legegyszerűbben derékszöggel (hézagmérővel és mérőhasábbal) mérhetünk. Ez a vizsgálat nem szolgáltat pontos eredményt.

Az egy síkban lévő merőleges tengelyű furatok merőlegességi hibáját a furatokba helyezett ellenőrző tüskékkel és mérőórával is vizsgálhatjuk. Ez a vizsgálati mód már számszerűen is pontos eredményt ad. Az egyik furatba egy sima ellenőrző tüske kerül (1), a másik furatba helyezett tüske (2) végére a tárcsa (4) van erősítve, ebbe kell befogni a mérőórát (3). Az ellenőrzést úgy végezzük, hogy a tárcsát körbeforgatva a mérőóra két legnagyobb kitérését leolvassuk. Az eltérést a két leolvasás különbségéből értékeljük ki. Ha a mérőórát mindig azonos irányban fordítjuk, legnagyobb kitérést az ellenőrző tüske legmagasabb pontján, tehát a tengelyközépvonalban kapjuk. Ha a furatok merőlegesek egymásra, a mérőóra eltérést nem mutat. A 1.59.b. ábra a mérőóra két helyzetét tünteti fel, amikor a merőlegességtől való eltérés szöggel jellemezhető. Látható, hogy a tárcsa 180°-os elfordítása után a mérőóra tapintójának P pontja a P' -be kerülne, mivel azonban a mérőerő hatására a tapintó kénytelen a nyíl irányába kifelé elmozdulni a P'' pontban fogja érinteni a tengelyt. Így a tapintó elmozdulása P''P' = X. Ha a mérőóra tapintója és az s segédtapintó azonos sugáron helyezkedik el, akkor a φ szög az alábbiak szerint meghatározható:

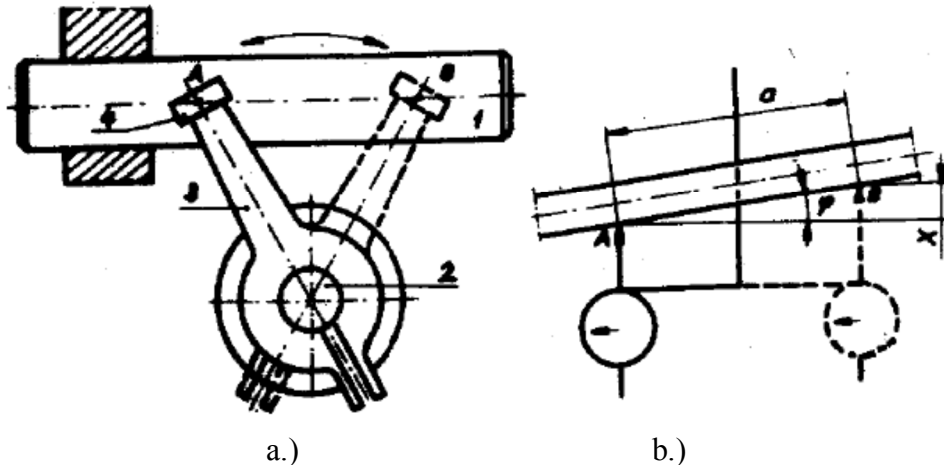
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{4a} = \frac{X}{2b}; \quad b = 2a$$



34. ábra. Egy síkban lévő merőleges tengelyű furatok merőlegességi hibájának mérése

Kitérő furatok tengelyének merőlegességét pl. a 35.a ábra szerint ellenőrizhetjük. A tengelyre (2) a megfelelő tartóba (3) a mérőórát (4) erősítjük. Az tengelyhez (1) viszonyított merőlegességet vagy az attól való eltérést a mérőórátartó **B** állásba forgatásával, a mérőóra kitéréséből kapjuk meg. A tapintó elmozdulása a 35.b. ábrán látható. Ha a kitérés nagysága **X**, akkor a merőlegestől való φ eltérés számítható:

$$\sin \varphi = \frac{X}{a}$$



35. ábra. Kitérő furatok tengelyének merőlegesség ellenőrzése

Szimmetriahibát az ellenőrizendő elemek szimmetriasíkjaiknak (szimmetriatengelyeinek), legnagyobb eltérést többféle módon (csúcsok közötti átfordítással, mérőprojektoron, vagy kézi mérőeszközök segítségével) végezhetjük el.

A gépipari mérések között igen gyakran előforduló alak- és helyzethiba-mérési feladatokat az előzőekben felsorolt módszerek mellett, még többféleképpen, az adott mérési feladatnak megfelelően használt mérési segédeszközökkel (és mérési ötletek felhasználásával) végezhetjük el.

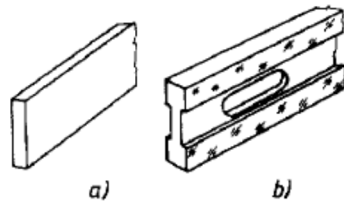
AZ EGYENESSÉG ÉS A SÍKLAPÚSÁG MÉRÉSE, ELLENŐRZÉSE:

Az egyenesség és síklapúság *nagy pontossággal, csak speciális mérőgépekkel* (több koordinátás mérőgéppel, profilvizsgálóval, lézeres útmérővel) mérhető.

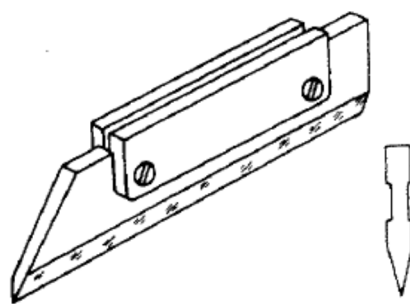
Az egyenesség és síklapúság *egyszerű ellenőrzésének legfontosabb segédeszközei a vonalzó*, amelyek egyrészt alkalmasak közvetlenül az eltérések becslésére, másrészt *mérőórás, finomtapintós mérések* estén vonatkoztatási alapokként funkcionálnak („etalonok”).

A vonalzókkal tehát az adott pontossági osztálynak megfelelően egyenes és sík felületek testesíthetők meg, és etalonnal együtt (pl. mérőhasábbal) alkalmasak a munkadarab összehasonlító vizsgálatára.

A lapos acélvonalzót (36. ábra) vagy az élvonalzót (37. ábra) megmunkált felületek egyenességének ellenőrzésére használjuk.



36. ábra. Vonalzó



37. ábra. Élvonalzó

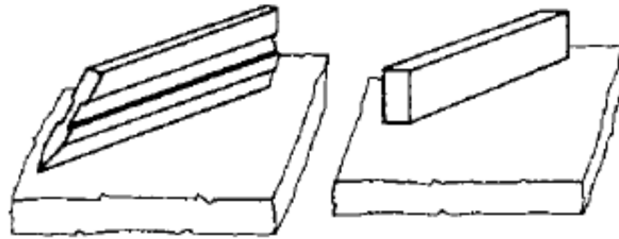
Egyenesség mérése:

A legegyszerűbb egyenességvizsgálati módszer a következő. A vizsgálandó felület egyenességét valamilyen *vonalzóval* hasonlítjuk össze úgy, hogy a kettőt egymásra fektetjük, és megfigyeljük (37. ábra) a kettő közötti fényrést. A két felület egymáson elmozdítva, a már észlelt fényrésnek vagy fényréseknek jelentősen változniuk, helyükről elmozdulniuk nem szabad. Ellenkező esetben a vizsgálatához kiválasztott ellenőrző vonalzó hibás, ilyen vizsgálatokra nem alkalmas. Az észlelt fényrés vagy fényrések nagyságából összehasonlító módszerrel kiértékelhetjük a felület egyenességét.

Az egyenességtől való eltérés arányos a résen átszűrődő fénysáv erősségével, amely függ:

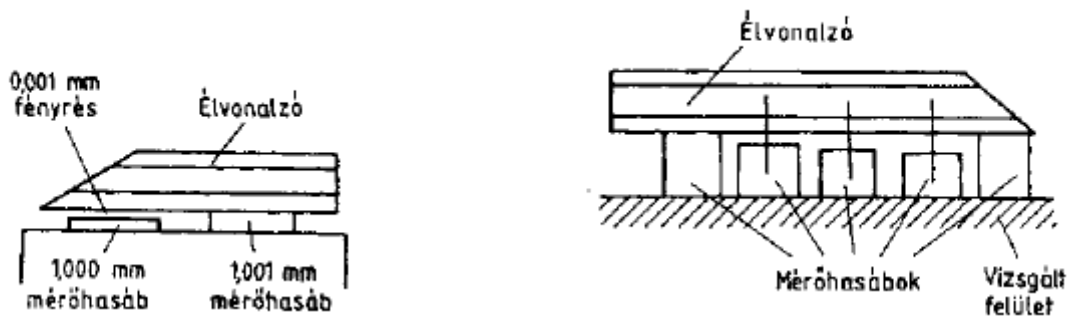
- a fényforrás erősségétől,
- a fényforrás helyzetétől,
- a felület érdességétől,
- a hiba nagyságától.

Az eljárás elég bizonytalan, a hiba meghatározása szubjektív, a fénysáv erősségét, szélességét sem tudjuk közvetlenül mérni, csak becsléssel meghatározni. Kellő gyakorlattal már 0,001-0,0005 mm fényrés észlelhető.



37. ábra. Vonalzó és felület közvetlen összehasonlítása

A felületek egyenességét megvizsgálhatjuk a 38. és 39. ábrák szerint elrendezésben is, amikor a felület és az élvonalzó közötti rések nagyságát mérőhasábokkal több helyen mérjük. A mért értékek különbségei adják a felület hullámosságát, ill. eltérését az egyenestől.



38. ábra. Rövid felület egyenességének vizsgálata és 1 μ -os fényrés előállítása élvonalzóval és mérőhasábbal

39. ábra. Hosszabb felület egyenességének vizsgálata élvonalzóval és mérőhasábbal, (különböző méretű fényrések előállítása)

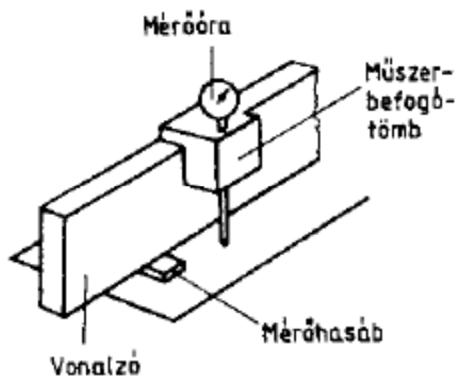
Az egyenesség-eltérések konkrétan, számszerűen csak *műszeres mérésekkel* határozhatók meg, amelynek egyszerű módszerei a következők lehetnek:

- mérőórás, finomtapintós,
- keretes szintező műszeres,
- autokollimátorral történő mérés.

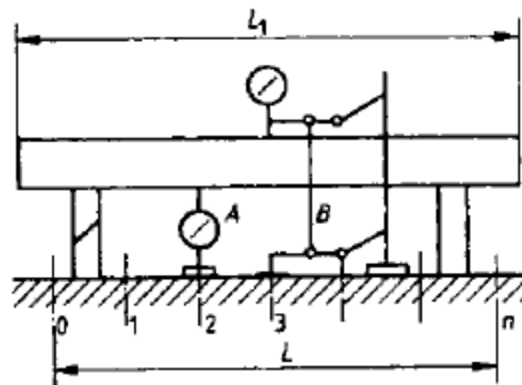
A 40. ábra szerinti esetben a vizsgálandó felületre mérőhasábokkal két helyen alátámasztott vonalzót helyezünk. *A vonalzón egy megfelelően kialakított műszerbefogó tömb mozdítható el, amelybe megfelelő érzékenységű mérőóra helyezhető.* A mérőóra beállítása után a műszerbefogó tömböt és ezzel együtt a műszert a vonalzón elcsúsztatjuk.

A vizsgált felület egyenetlensége és hullámossága a mérőórán leolvasható. E módszer hibája, hogy a vonalzó felületi egyenetlenségeit és a műszerbefogó tömb súlyából létrejövő behajlást nem veszi figyelembe.

A mérővonalzók mérőhasábokkal az ún. Bessel-féle alátámasztási pontokon támaszthatók alá ($2/9$, $5/9$, $2/9$ L), így legkisebb a vonalzó saját súlyától eredő lehajlás.



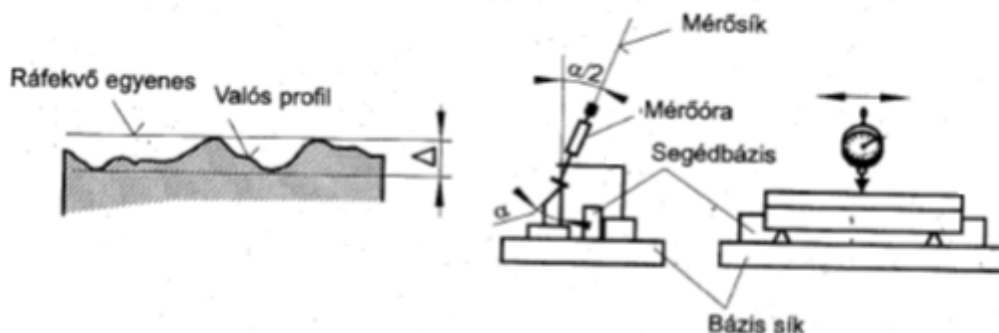
40. ábra. Egyenességvizsgálat vonalzó és mérőóra segítségével



41. ábra. Egyenességvizsgálat vonalzóval és mérőkészülékkel

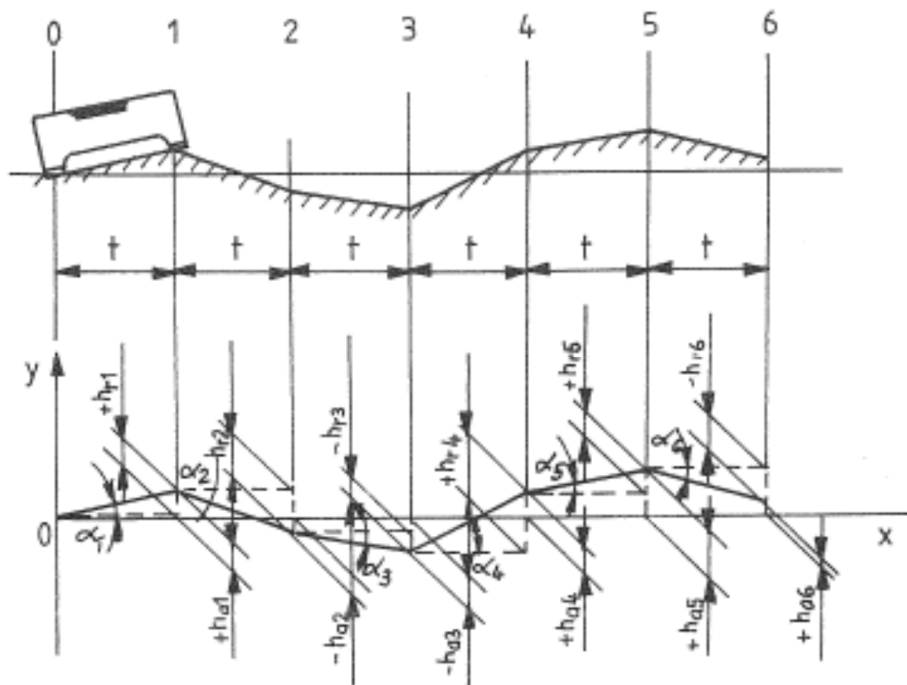
Igényesebb, de a tanműhelyben is elkészíthető *mérőkészülék* mutatunk a 41. ábrán. A mérőkészülék előnye, hogy a vonalzót alig terheli erő, így annak behajlása elhanyagolható.

Az egyenesség ellenőrizhető *finomegyengető lapon* (mérőasztalon) mérőórával. A tárgyat úgy kell beállítani, hogy az ellenőrizendő tárgy élének ráfekvő egyenese párhuzamos legyen a bázissík és a segédbázissík metszévonalával. A mérőóra által mutatott legnagyobb és legkisebb érték közti különbség az egyenesség hibája (42. ábra).



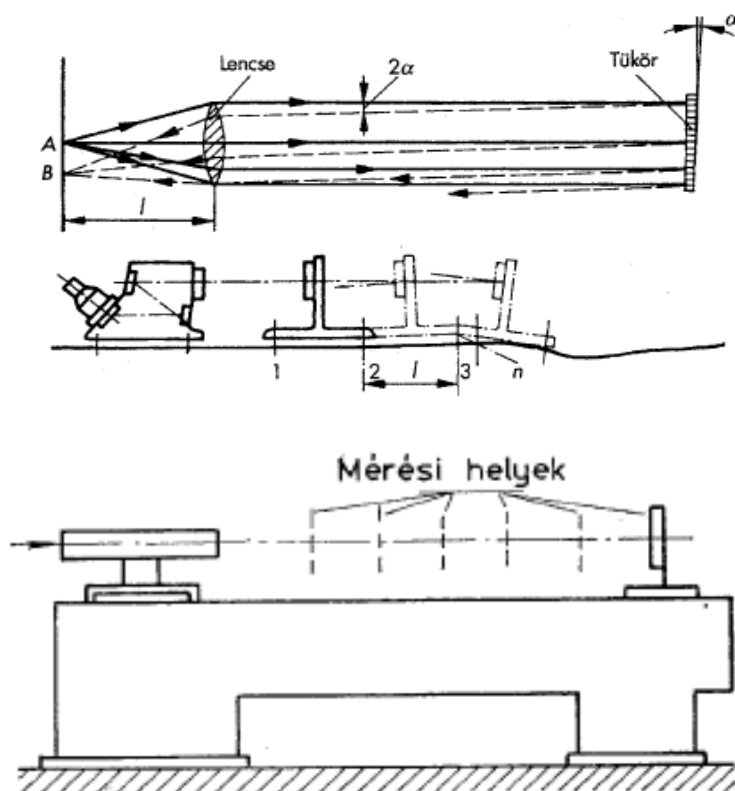
42. ábra. Az egyenességi hiba ellenőrzése

Keretes szögmérő (szintező) műszerrel történő mérésre mutat be példát a 43. ábra. A leolvasott értékek átszámítását koordinátaértékekre és a hozzátartozó grafikon szerkesztését szabvány tartalmazza.



43. ábra. Egyenességmérés keretes szögmérővel

Hosszabb egyenes felületeket - vezetékeket, az ún. *autokollimátorral vizsgálhatunk* (44. ábra). A berendezés távcsőből és tükörből áll. A fényforrásból érkező sugarakat a lencse a távcső optikai tengelyével párhuzamos sugárnyalábbá alakítja, és egy szálkereszt képével együtt a tükörrre vetíti. Ha a tükör merőleges a távcső optikai tengelyére, akkor a tükörből visszavert szálkereszt képe (B pont) egybeesik a szemlencsében levő szálkereszt képével (A pont). Ha a tükör síkja α szöget zár be az optikai tengelyre emelt merőlegessel, akkor a beeső párhuzamos sugarakat 2α szöggel eltérítve veri vissza. Ezért a szálkereszt képe AB távolsággal eltolódik a szemlencsében levő szálkereszthez képest. A tükör helyzetét tetszőleges távolságokkal változtatva az egyenességtől való eltérést pontosan meg tudjuk határozni.



44. ábra. Egyenességmérés autokollimátorral

Síklapúság mérése:

A síklapúság hibája lehet domborúság vagy homorúság.

Felületek síklapúságát *festékfoltos módszerrel* is ellenőrizhetjük (45. ábra). A módszer lényege, hogy a vizsgálandó síknál pontosabb sík felületű finomegyengető lap (vagy vonalzó) felületét bekenjük olajjal kevert berlini kék (indigó) festékkal, majd az egyengető lapot óvatosan a mérendő felületre helyezzük, és néhányszor elmozgatjuk. A mozdítás után visszamaradt festékfoltok elhelyezkedéséből és nagyságából következtethetünk a vizsgált felület alakhibájára.

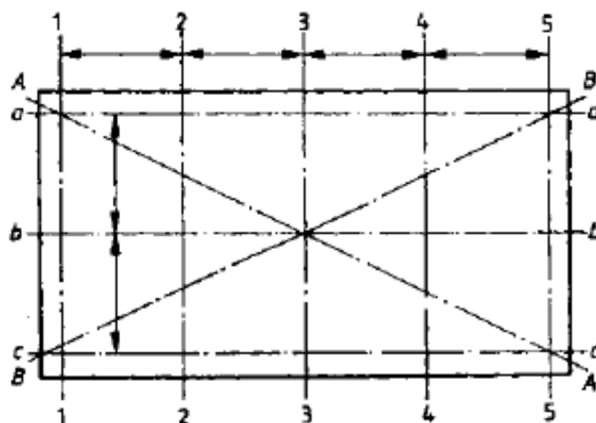


45. ábra. A felületek síklapúságának ellenőrzése festékfoltos módszerrel

A síklapúságot legegyszerűbben *acélvonalzóval, fényrésmódszerrel* ellenőrizhetjük, amely több, megismételt egyenességmérésből tevődik össze egy alkalmasan megválasztott koordináta-rendszerben (46. ábra), a mérési pontokon átfektetett egyenesek mentén. A korábbiak szerint határozzuk meg az egyenességeltérés mértékét, és ábrázoljuk rendre a profildíagramokat. A hiba mértékét számszerűen acélvonalzó és mérőhasáb együttes használatával mutathatjuk ki.

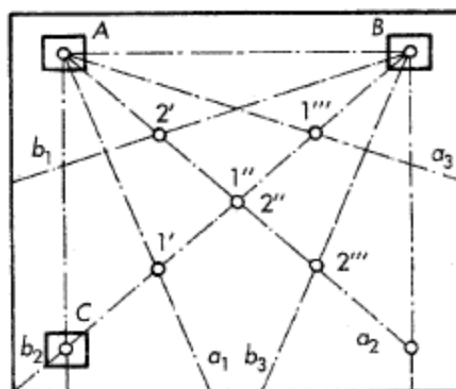
A síklapúság közelítő eltérése a ΔS megállapított egyenességeltérések közül a legnagyobb:

$$\Delta S = \Delta F_{\max}$$



46. ábra. Mérési pontok felvétele síktól való eltérés mérésére

A síklapúságot *pontosan ellenőrizhetjük mérőhasábok és acélvonalzó* segítségével egy másik módszer szerint is. A vizsgálandó felület A, B és C pontjára egy-egy azonos hosszúságú mérőhasábot helyezünk (47. ábra). E három mérőhasáb felső lapja nyilvánvalóan meghatároz egy elméleti síkot, és ehhez viszonyítva vizsgáljuk a valóságos síkot.



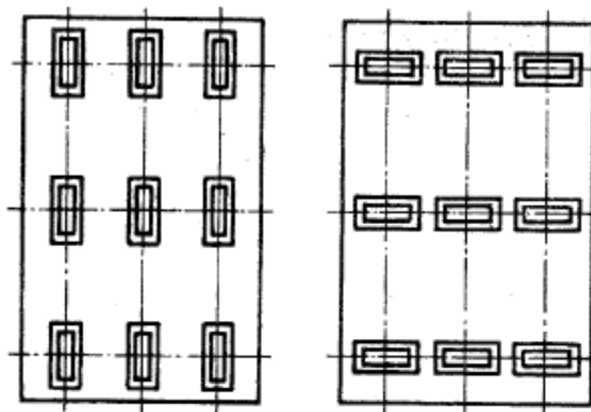
47. ábra. Síklapúság ellenőrzése

Először a B és C ponton levő mérőhasábokon fektetünk át egy acélvonalzót, így a vonalzó alsó felülete benne van az elméleti síkban. Ezután meghatározzuk a vizsgált sík $1'$, $1''$ és $1'''$ pontjainak távolságát az elméleti síktól. Ehhez $1''$ pontra olyan méretű mérőhasábot helyezünk, amelynek hossza egyezik az ezen a ponton mért távolsággal. Ha most az $1''$ és az A ponton levő mérőhasábokra helyezzük a vonalzót, annak alsó lapja ugyancsak benne van az elméleti síkban. A vonalzó alsó lapjától megmérjük a $2'$, $2''$ és $2'''$ pontok távolságát. Az $1'$, $1''$ és $1'''$ pontok ismeretében az A-ból kiinduló sugársor (a_1 , a_2 , a_3 stb.) mentén meghatározzuk a pontok távolságát az elméleti síktól. A $2'$, $2''$ és $2'''$ pontok távolságának ismeretében a B-ből kiinduló sugár (b_1 , b_2 , b_3 stb.) mentén végezzük el ugyanezt a mérést. Ez az eljárás alkalmas a mérések sűrítésére, és a felületet tetszés szerinti pont bemérésével fel tudjuk térképezni. Az eljárás pontos, de időt és gyakorlatot igényel.

A síkok ellenőrzése optikai módszerrel is lehetséges. Ebben az esetben, a felület több helyén és több irányban végezzük el a mérést *autokollimátorral*.

Síkfelületek ellenőrizhetők *vízszintmérővel* is.

A vizsgálandó felületen több helyen, két, egymásra merőleges irányban vízszintmérőt helyezünk el (48. ábra). E módszer értékelése és pontossága azonban kifogásolható, mert a vízszintmérőn leolvasott hiba 1 m-re vonatkozik.



48. ábra. Síklapúság ellenőrzése vízszintmérővel

SÍK FELÜLETEK HELYZETHIBÁINAK MÉRÉSE, ELLENŐRZÉSE

Sík felületek jellemző helyzethibái:

- párhuzamossági hiba,
- merőlegességi hiba,
- sík felületekkel bezárt szög hibája.

Párhuzamosság mérése, ellenőrzése:

A párhuzamosság ellenőrzése során két felület megfelelő pontjainak távolságát vizsgáljuk. Ha nincs előírva síklapúság a felületre, akkor elegendő tolómérővel vagy mikrométerrel több ponton megmérni a két felület távolságát, és ha ugyanazt az értéket kapjuk, akkor a két felület párhuzamos. Ha elő van írva síklapúság is a felületre, akkor miután ellenőriztük a síklapúságot, merőórával mérhetjük a felület egyik referenciapontjához képest a felület többi pontját, hogy mekkora az eltérés, és az így kapott érték adja a párhuzamossági eltérést.

Merőlegesség mérése, ellenőrzése:

A merőlegesség ellenőrzésénél szögmérővel is megvizsgálhatjuk a két felületet, de ha nem kell számszerű eltérést produkálni, akkor elegendő egy ellenőrző hengerrel, vagy derékszöggel ellenőrizni a felületeket. A derékszöggel történő ellenőrzés lehetséges kimeneteit a 49. ábrán láthatjuk:



49. ábra

Sík felületekkel bezárt szögek mérése, ellenőrzése:

Sík felületekkel bezárt szögek eltérésének ellenőrzése szögmérő eszközök használatával közvetlen vagy közvetett mérés segítségével történhet.

Tartalomjegyzék:

Alakhűségi és helyzetpontossági alapfogalmak	1. oldal
Hengeres testek alakhibáinak mérése, ellenőrzése	4. oldal
a hengeres testek alakhibái	4. oldal
a hengeres testek köralakhibáinak mérése	5. oldal
hengeres testek hengerességi hibáinak mérése	10. oldal
Hengeres testek helyzethibáinak mérése, ellenőrzése	13. oldal
hengeres testek jellemzői helyzethibái	13. oldal
ütés (radiális- és homlokütés) mérése	13. oldal
egytengelyűségi hiba mérése	15. oldal
tengelyvonalak távolságának és párhuzamosságának mérése	18. oldal
tengelyvonalak merőlegességi hibájának mérése	19. oldal
szimmetriahiba mérése	20. oldal
Az egyenesség és a síklapúság mérése, ellenőrzése	21. oldal
egyenesség mérése	21. oldal
síklapúság mérése	25. oldal
Sík felületek helyzethibáinak mérése, ellenőrzése	28. oldal
párhuzamosság mérése	28. oldal
merőlegesség mérése	28. oldal
sík felületekkel bezárt szögek mérése	28. oldal

Felhasznált szakirodalom:

Dr. Harmath József: Mérési gyakorlatok (KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda, Budapest, 1999.)

Dr. Szilágyi László: Gépipari hosszmerések (Ipari Szakkönyvtár, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.)

Benki Lajos: Alapmérések I. Geometriai Mérések (Dinasztia Kiadó - Ház, Budapest, 2000.)

Dr. Szilágyi László: Gépipari mérések (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.)

Molnár István: Geometriai mérések – Összetett alak és helyzetmérés, méretlánc számítások (NSZFI, A követelménymodul megnevezése: Mérőtermi feladatok)

Ludvig László – Leskó Balázs – Fancsali Józsefné: Gépipari mérések (Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.)