

SZERSZÁMGÉPEK PONTOSSÁGI VIZSGÁLATA

Összeállította: Kiss Ferenc

SZERSZÁMGÉPEK PONTOSSÁGI VIZSGÁLATA

Bevezetés:

A szerszámgépeken megmunkált munkadarabok pontossága a munkadarab-készülék-gépszerszám (MKGS) rendszerben a megmunkálásban résztvevő eszközök együttes pontosságától függ. A munkadarab milyenségét a technológus befolyásolni nem tudja, mert a gépszerkesztő által előírt gyártmányt kell elkészítenie. A készüléket és a szerszámot pedig a feladathoz legjobban illeszkedően kell kiválasztani. A pontosságot alapvetően befolyásoló elem a szerszámgép. Adott feladatra a legoptimálisabb gépválasztással lehet felkészülni.

A szerszámgépek pontossága egyértelműen meghatározza a rajtuk gyártandó munkadarabok elérhető pontosságát. *Megbízható minőségű (tűrésű) munkadarabot csak olyan gépen lehet huzamosabb időn keresztül megmunkálni, amelyik gépnek a pontossága nagyobb, mint a gyártandó munkadarab igényelt pontossága.*

A szerszámgépek vizsgálatának csoportosítása:

- Prototípus vizsgálatok
- Átvételi vizsgálatok
- Üzemi vizsgálatok

A prototípus vizsgálatok célja, megítélni, hogy a gép kielégíti-e azokat a követelményeket, amelyeket a gép tervezése során kitűztek. A vizsgálatok szerteágazóak, jó elméleti felkészülést igényelnek, a vizsgálatok műszerezettségi igénye általában meghaladja a termelő vállalkozások műszerparkját.

A prototípus vizsgálatok lehetnek egyszerű geometriai vizsgálatok, zaj-, rezgés emissziós vizsgálatok, terhelési vizsgálatok, hő kibocsájtási és melegedési vizsgálatok, terhelés alatti deformációk vizsgálata, megmunkálási és megmunkáló pontossági vizsgálatok. Ezen ellenőrzések elméleti és gyakorlati felkészültségét meghaladják a jelen modul feladatait.

Az átvételi vizsgálatok célja a legyártott gépek minőségének ellenőrzése. Ezeket a vizsgálatokat nem csak új gépeken kell elvégezni, hanem a termelésben alkalmazott gépeken is, időről-időre előre ütemezve, mert így kideríthető a gépek elhasználódásának jellege, az utánállítások, be szabályozások szükségessége.

Az átvételi vizsgálatok általánosan elfogadott metódusa szerint a következőket lehet vizsgálni, a gyártó és a vevő megállapodása szerint:

1. gép azonosság megállapítása, a főméretek és csatlakozó méretek ellenőrzése;
2. alkatrész vizsgálatok;
3. a gép felállítása és próbákra való előkészítése;

4. üresjárasi és működési próbát;
5. pontossági vizsgálatok;
6. teljesítmény vizsgálatok;
7. statikus merevségi vizsgálatok;
8. rezgés vizsgálatok;
9. biztonsági berendezések vizsgálata;
10. különleges vizsgálatok;
11. tartozékok vizsgálata;
12. csomagolási és szállítási körülmények vizsgálata.

A felsorolt vizsgálatok nagy része bonyolult, komoly műszerparkot feltételez, sokszor csak a gyártó telephelyén lehet elvégezni, ezért az eladó és a vevő minden esetben megegyezik, milyen vizsgálatokat fognak elvégezni a gép átadása során, kinek a telephelyén, kölcsönösen megállapodott mérőszemélyzet részvételével. A vizsgálatok körültekintő elvégzése mindenkor a vevő érdeke, mert csak ezek alapján tudja a garanciális és szavatossági igényeit érvényesíteni.

Üzemi vizsgálatok. A szerszámgépek üzemeltetőinek fontos, hogy mindenkor megbízható információkkal rendelkezzenek az alkalmazott szerszámgépek teljesítő képességéről - pontosságáról. Ennek érdekében a TMK (tervszerű megelőző karbantartás) tervben rögzített ütemezés szerint fel kell mérni a gépparkot, hogy képet kapjunk az elhasználódás, elállítódások mértékéről. A legegyszerűbb vizsgálat, a szerszámgépek geometriai vizsgálatának dokumentált megismétlése időről-időre.

1. Szerszámgépek pontossága

A pontosság fogalma:

Az alkatrészgyártás pontosságát a szerszámgép, a szerszám, a készülék pontossága és a technológiai adatok megválasztása, valamint azok betartása határozza meg. Ezen belül alapvető a szerszámgép állapota, pontossága. Természetesen a fenti tényezők egyike sem hanyagolható el ahhoz, hogy minőségi munkát tudjunk végezni a gyártás során.

A szerszámgépek pontossága a geometriai és megmunkálási pontossággal adható meg.

Geometriai pontosság:

Ez a gép fő szerkezeti egységeinek (munkadarab- és szerszámhordozó egységek) gyártási és szerelési pontossága, azaz:

1. Felületek pontossága:

- felületek alakhűsége (egyenesvonalúság, síklapúság, körkörösség, hengeresség, henger hossz-szelvényének pontossága)

- felületek és tengelyvonalak helyzetpontossága (párhuzamosság, merőlegesség, tengelyvonalak egyenmagassága, egytengelyűség, tengelyvonalak metsződése)
- felületek alakhűségének és helyzetpontosságának eredője (felületek egyenesvonalúsága és párhuzamossága, a felületek egyenesvonalúsága és merőlegessége)

2. Mozgások pontossága:

- mozgáspályák alakhűsége (mozgáspálya egyenesvonalúsága, a forgó munkadarab ütése);
- mozgáspályák helyzetpontossága (párhuzamosság, merőlegesség, forgástengely helyzetállandósága);
- mozgáspályák alakhűségének és helyzetpontosságának eredője (párhuzamosság, merőlegesség, színhelyzet állandósága, ütés, tengelymagasság állandósága az egység elfordításakor);
- mozgások pályamenti pontossága (legkisebb névleges elmozdulás hibája, ütközőreállítás szóródása, helyzetbeállítás szóródása, irányváltási különbség, periodikus hiba, pozicionálási pontosság, pályakövetési pontosság, kinematikai láncok pontossága, nullapont állandóság, szerszámbe fogás pontossága).

Megmunkálási pontosság:

Ez alatt a gépen a típusára jellemző technológiai körülmények között próba-(simító) forgácsolással megmunkált próbamunkadarab pontossága értendő.

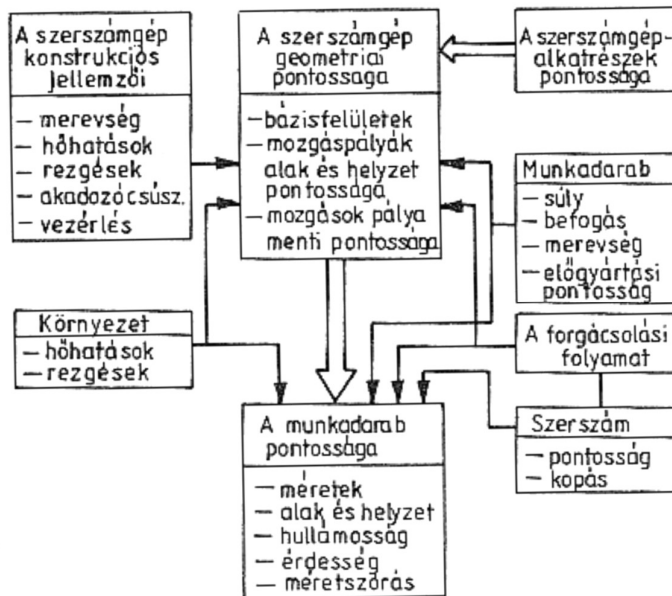
A megmunkálási pontosság összetevői:

- a felületek méretpontossága, alakhűsége, helyzetpontossága és felületi minősége;
- a próbamunkadarab-sorozat méretszóródása.

A próbaforgácsolás során alkalmazott technológia a gép üzemszerű rendeltetésének megfelelő, un. gazdaságos simító-forgácsolás legyen, azaz a valós termelési körülmények között elérhető minőséget kell tükröznie.

A munkadarab pontossága nemcsak a geometriai pontosságtól függ, hanem egy sor, a pontosságot befolyásoló egyéb tényezőtől is (1. ábra), amelyeket kiegészítő pontossági jellemzőknek nevezünk pl.:

- a geometriai pontosság változása, külső terheléskor vagy szerkezeti egységek elmozdulásakor a saját tömeg okozta belső erőviszonyok megváltozása hatására;
- a geometriai pontosság változása, a gép üresjáratú vagy terhelés alatti melegekedése hatására;
- a gépben fellépő rezgések hatására.



1. ábra. A szerszámgép megmunkálási pontosságát befolyásoló tényezők

2. Geometriai pontosság jellemzőinek vizsgálata

Vizsgálatok általános irányelvei

Az összehasonlíthatóság alapvető feltétele:

A különböző időpontokban és helyszínen végzett mérések eredményeinek azonosnak kell lennie.

Az összehasonlítás érdekében a mérés körülményeit szabatosan meg kell határozni.

A vizsgálat feltételei:

- A pontossági vizsgálatokhoz a gép teljesen összeszerelt és a rendeltetés szerinti üzemeltetésre alkalmas legyen.
- A vizsgálatokhoz - egyéb megállapodások hiányában csak a gép megbontása nélkül eltávolítható tartozékok és szerelvények szerelhetők le.
- Gépet a pontossági vizsgálatokhoz próbapadra vagy a gépkönyv szerinti alapra, annak előírásai figyelembevételével kell felállítani.
- Az alapcsavarok meghúzása nélkül a gépet vízszintbe kell állítani, amennyiben a gépkönyv nem ad más utasítást. A szintezés során - egyéb előírás hiányában - a szerszámgép munkadarab és szerszámhordozó egységei mozgástartományuk középső szakaszán legyenek.
- A gép pontossági vizsgálata közben nem szabad a gépet beszabályozni (vezetékhezágok állítása stb.). Kivételt képeznek azok, amelyeket a gép pontossági előírásai megengednek.
- A környezeti hőmérséklet állandó tartásáról gondoskodni kell.

– A mérések megkezdése előtt a gépet járatással üzem-meleg állapotba kell hozni. A geometriai méréseket - egyéb előírás hiányában, üresjáratban kell elvégezni, de a gép egységeit üzemszerű működésüknek megfelelően (pl. gépi előtolás) kell mozgatni. Kézi mozgatás akkor alkalmazható, ha erre mérés technikai okokból szükség van (pl. a műszer kijelzésének leolvashatósága).

Geometriai pontosság vizsgálati eszközei:

A szerszámgépek pontossági vizsgálatához mérőműszereket és ellenőrzőeszközöket használunk. Ezekkel mérjük a vizsgált felület méret-, alak- vagy helyzeteltérésének nagyságát.

Mérőeszközök:

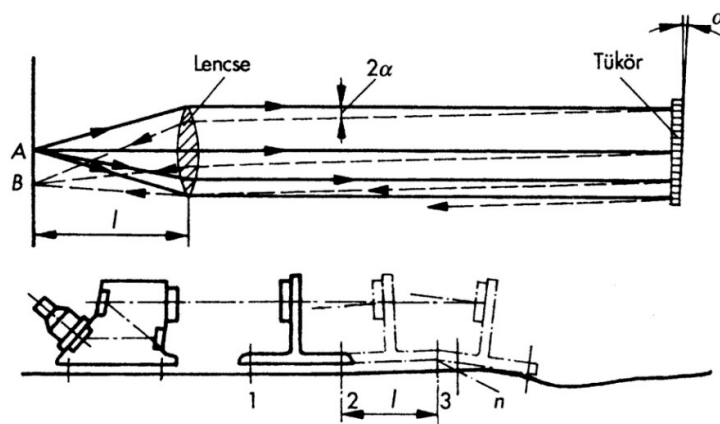
A vizsgálatokhoz leginkább alkalmazott mérőeszközök a mérőóra, a mikrokátor, az optiméter stb. A mutatós hossz mérőműszer lehet érintkezés nélküli is (pl. induktív, kapacitív, lézeres), ebben az esetben a mérőcsap jelképes és a mérőnyomás nagysága zérus értékű.

A pontossági vizsgálatok nélkülözhetetlen eszköze a lejtésmérő műszer. A lejtésmérő műszer a vizsgálandó felülettel, gépegységgel kapcsolatba hozva azok szinthezetét vagy annak változását mechanikai, optikai vagy villamos módszerekkel felnagyítva jelzi ki.

Legismertebb fajtája a vízszintmérő, amely az enyhén görbült libellacsőben elmozduló buborék elvén működik. Ugyancsak ebbe a kategóriába tartozik az autokollimátor (2. ábra).

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. A felület megfelelő (merőlegesen áll a tükör), ha a visszavert szátkereszt képe egybeesik a szemlencsében lévő szátkereszt képével.

Hosszabb egyenes felületeket – vezetékeket – vizsgálhatunk vele.



2. ábra

A nagy pontosságú szerszámgépek (pl. NC-gépek) vizsgáló műszere a szögeltérmérő egységgel is rendelkező lézerinterferométer, amely működése során külső optikai egységeket (prizmák és tükrök) használ fel.

Ellenőrzőeszközök:

A szerszámgépek vizsgálatához a mérőeszközökön túl egy sor ellenőrzőeszközre is szükség van. Az ellenőrzőeszközök acélból, öntöttvasból vagy gránitból készülnek. Méréstechnikai értelemben un. mértékek, mérőfelületükkel maradandóan testesítenek meg:

- hossz méreteket;
- egyeneseket, tengelyvonalakat, csúcvonalakat;
- ráfekvő- vagy referenciafelületeket;
- párhuzamos és merőleges elemeket.

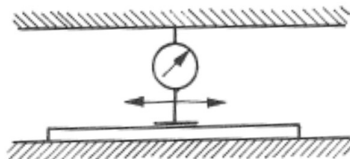
Mérő- és ellenőrzőeszközök használata

A méret-, alak- és helyzetpontosság vizsgálatánál alkalmazott mérési módszerek és eszközök használatának ismeretét alapul véve csak a szerszámgépek vizsgálatából adódó sajátosságos megoldásokat tekintjük át.

A szerszámgépek pontossági vizsgálatánál a gép egyes részeinek alak-, helyzet- és mozgás-pontatlanságait mutatjuk ki. A mért hibák általában többféle pontatlanság eredőjeként adódnak, amihez még a mérés pontatlansága is hozzáadódik. A megengedett méreteltéréseket ezek figyelembevételével határozzák meg az idevonatkozó szabványok.

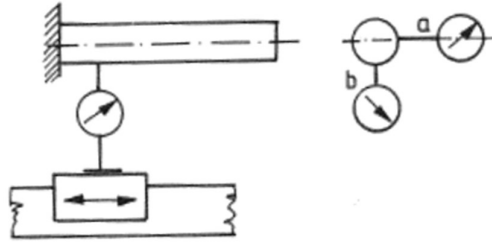
A mérési hibák csökkentése érdekében többször megismételjük a méréseket és az egyes mérések számtani középértékét vesszük alapul. Ha ugyanazon a helyen végzett mérések eredményei között 25 %-nál nagyobb eltérés mutatkozik, akkor a hiba (pl. a műszer elmozdulásának) elhárítása után a mérést újra kell végezni.

A pontossági mérésekhez leggyakrabban mutató mérőműszert (pl. mérőórát) alkalmazunk. A mérőórát talpas mérőóraállványba fogjuk, és talpára állítva sík lapon mozgatjuk (3. ábra).



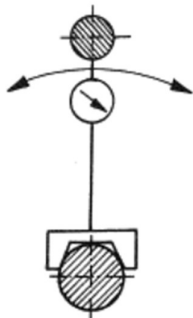
3. ábra. Mérés talpára állított mérőóraállvány mozgatásával

A mérőóraállványt úgy kell megválasztani vagy készíteni, hogy az biztosítsa a mérőóra stabilitását. A talpas mérőóraállvány használható akkor is, ha a mérőórát a szerszámgép valamely álló vagy mozgó részére erősítjük (4. ábra).

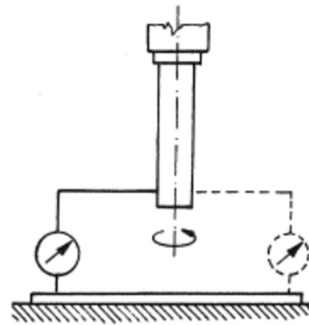


4. ábra. Mérés talpával a mozgó géprészre állított mérőórával

Másképpen kialakított mérőóraállványra van szükség, ha prizmára kell a mérőórát helyezni (5. ábra), vagy forgástest (tengely) végére erősített mérőórával mérünk (6. ábra). Prizmával a forgástestre (bázistengelyre) állított mérőórát hosszirányba elmozdítva mérjük a vizsgálandó tengely párhuzamosságát a bázistengelyhez viszonyítva. A tengelyvégre szerelt mérőórát az ábra szerint körbeforgatjuk.



5. ábra. Forgástestre prizmával állított mérőóra használata



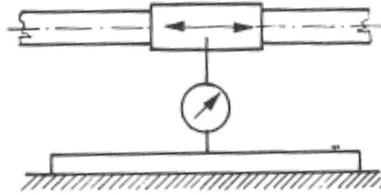
6. ábra. Tengely végére szerelt mérőóra használata

A mérőórát tartójával úgy állítjuk be a méréshez, hogy a tapintója a sík felület mérésekor a síkra merőlegesen, forgástest esetében a henger palást tengelyére merőlegesen sugárirányban érintse a felületet.

A mérőórával a vizsgált felületen vagy helyenként mérünk, vagy mozgó, forgó gépegység mozgatása közben folyamatosan figyelve a mérőórát, a kitérés mértékét (pl. a teljes kitérés) rögzítjük.

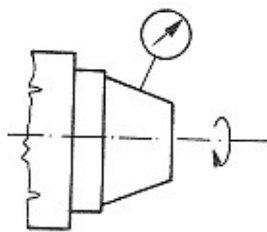
Teljes kitérés alatt a mérőóra beállított alapállására (pl. 0-állás) vonatkoztatott, mindkét irányú legnagyobb kitérésnek összegét (abszolút értékét) értjük.

A mérőóra a vizsgált felület mozgási viszonyában vagy áll, és a tapintója érinti a mozgó felületet, vagy mozog az álló vizsgált felülethez viszonyítva (7. ábra).

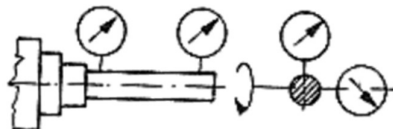


7. ábra. Mérés mozgó géprészre rögzített mérőórával

Ez a kétféle eljárás forgó géprészek vizsgálatakor is használatos. Erre mutat példát a 8. és a 9. ábra.



8. ábra. Az orsó ütésének mérése a gép álló részére erősített mérőórával

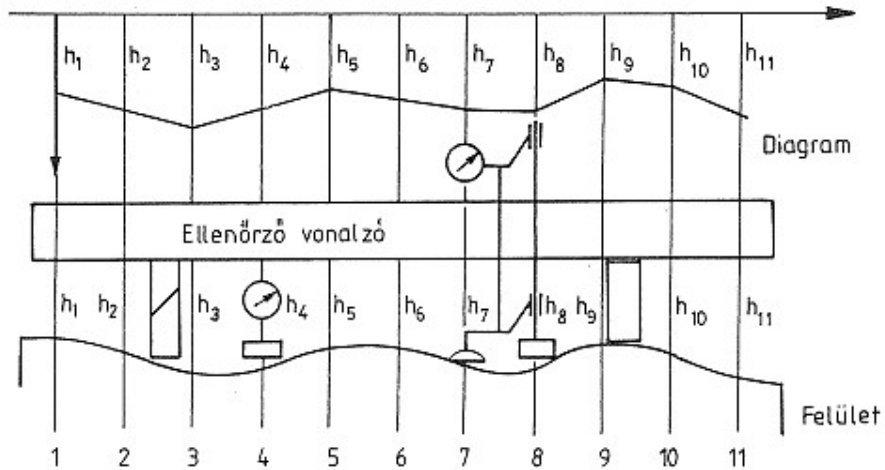


9. ábra. Az ellenőrző tüske ütésének mérése a gép elmozdítható egységére szerelt mérőórával

A mérőórát a gép valamely álló részére rögzítjük, ill. helyezük, és tapintójával a forgó gépegység forgásfelületét mérjük. Ezzel ellentétes megoldást mutat a 6. ábra, ahol a mérést az elfordítható tengelyre szerelt mérőórával végezzük.

Sík felületek egyenesvonalúságát mérhetjük mérőórával, ellenőrző húr és mikroszkóp alkalmazásával, lejtésmérő műszerrel (pl. vízszintmérő, autókollimátor vagy szögeltérés-mérő lézinterferométer) és kéttámaszú mérőhíd alkalmazásával.

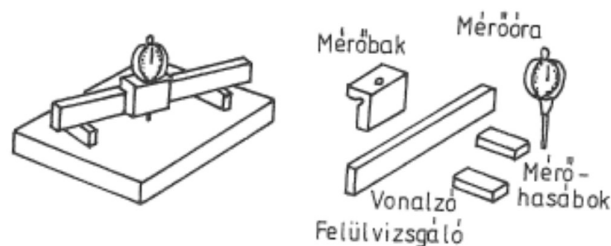
Sík felületen kiválasztott l hossz (a-b) egyenesvonalúságát úgy mérhetjük meg, hogy az előírt " l " hosszat tíz egyenlő " l' " szakaszra osztjuk, és minden egyes mérési helyen megállapítjuk a helyre jellemző eredményt. Ez lehet abszolút eltérés, pl. egy vonalzótól mért távolság, h_i (9. és 10. ábra) - a hozzátartozó grafikont közvetlenül meg tudjuk szerkeszteni -, vagy a két szomszédos mérési pontot összekötő húr szögeltérése. Ez utóbbit kapjuk vízszintmérővel, autókollimátorral és szögeltérésmérő lézerezrel való méréskor (7.11. ábra).



9. ábra Egyenesvonalúság és síklapúság mérése mérőórával

A 9. ábra szerinti összeállításban az ellenőrző vonalzót két támaszon (pl. mérőhasáb) keresztül a vizsgált felületre helyezük úgy, hogy az alátámasztások a vonalzó önsúly alatti legkisebb lehajlásnak megfelelő pontokban legyenek ($b = 2/9 L$). Az alátámasztást úgy kell beállítani, hogy mérőfelületének két szélső pontja a vizsgált felületről azonos távolságban legyen. A mérőóra összeállításától függően a vizsgált felület távolságát a vonalzó A vagy B oldalától mérhetjük.

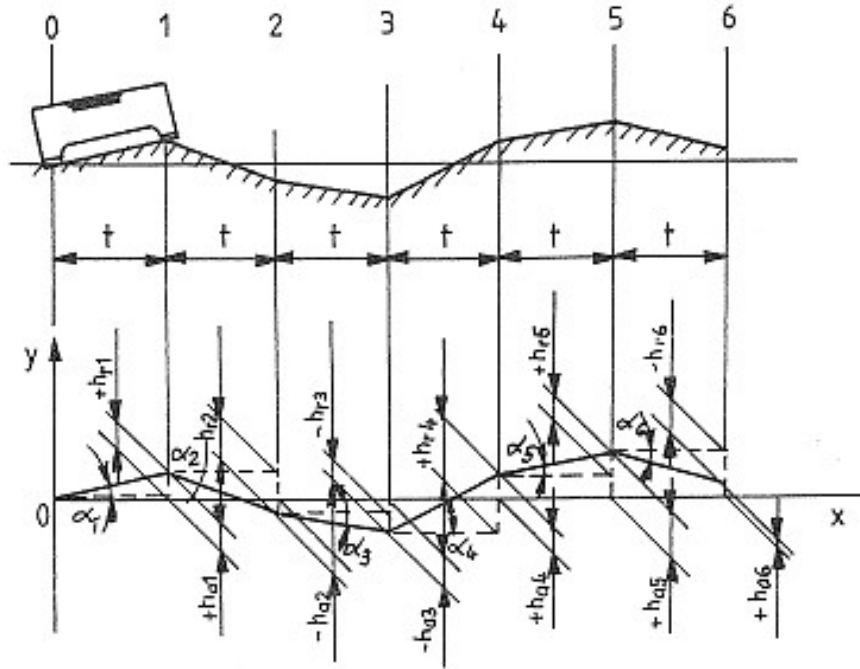
Egyszerűbb megoldási lehetőséget mutat be a 10. ábra. Itt a mérőbakot vezetjük a vonalzón végig, amivel ugyancsak ki tudjuk mérni a vizsgált felület egyenletlenségeit.



10. ábra. Mérőórás egyenesség vizsgáló berendezés

A különböző lejtésmérő műszeren (vízszintmérő, autókollimátor, szögeltérőmérő lézer interométer) leolvasott értékek átszámítását koordinátaértékre és a hozzá tartozó grafikon (11. ábra) szerkesztését szabvány tartalmazza.

Vizsgált felületen a síklapúságot hossz-, kereszt- és átlóirányban, meghatározott terv alapján végzett egyenesvonalúság méréssel határozzuk meg.



11. ábra. Egyenesvonalúság mérése lejtésmérő műszerrel

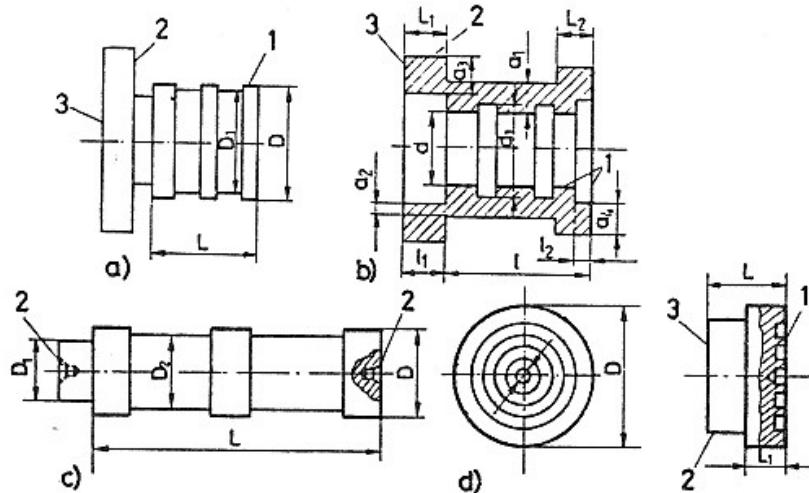
3. Megmunkálási pontosság vizsgálata

A megmunkálási pontosságot próbamunkadarabok megmunkálásával és azok bemérésével vizsgáljuk.

Próbamunkadarabok kialakítása. Kialakítása során alakját és méreteit a következő szempontok figyelembevételével kell megválasztani (12. ábra):

- a próbafelületek feleljenek meg az adott gépen legjellemzőbb megmunkálási módoknak,
- a próbamunkadarab befogása kellően stabil legyen,
- a próbafelületek nagysága minél kisebb legyen (gazdaságos anyag- és szerszámfelhasználás miatt),
- a próbamunkadarabok tömege a lehető legkisebb legyen, különösen a könnyített (üreges) munkadaraboknál.

Az anyagtakarékosságra való törekvés létrehozta a szerelt kivitelű próbamunkadarabokat is.



12. ábra. Jellegzetes próbamunkadarab-kialakítások 1) próbafelület, 2) befogófelület, 3) tájolófelület

Próbamunkadarabok vizsgálata. A munkadarabokat - nagyméretű szerszámgépek kivételével - rendszerint a megmunkáló géptől függetlenül vizsgáljuk.

A próbamunkadarabok próbafelületeinek vizsgálatánál:

- a méretpontosságra és méretszóródásra;
- az alakhibákra;
- a helyzetpontosságtól való eltérésekre;
- a felületi érdesség nagyságára kell kitérni.

A próbamunkadarabok kialakításának, megmunkálásának és bemérésének részletes ismertetése megtalálható az egyes szerszámgéptípusok pontossági követelményeivel és vizsgálatával foglalkozó szabványokban és a gépkönyvekben.

ESZTERGA IDŐSZAKOS PONTOSSÁGI VIZSGÁLATAI

Az eszterga pontosságát, illetve a munkadarab minőségét nagymértékben befolyásolja a gép alapozása. Rossz alapozás esetén az eszterga átveszi a környezeti rezgéseket, s az a munkadarab felületén nyomot hagy. Ezért a gépet függetleníteni kell a környezeti rezgésektől. A gép alapját oly mélyre kell süllyeszteni, ahol már nem érvényesül a környezeti rezgés. Emeletre telepített esztergákat rezgés csillapító gépalappal telepítik.

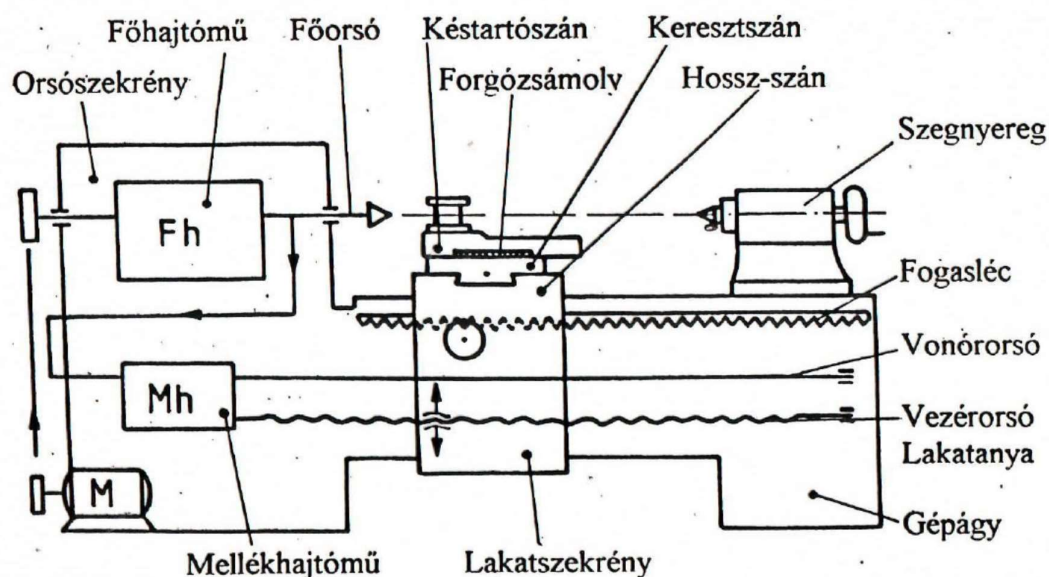
A szerszámgépek pontossági előírásait a vizsgálat részletes leírásával együtt szabvány rögzíti.

Az érvényes szabvány (2012. 05. 29.) az MSZ ISO 1708:1993. Általános rendeltetésű csúcsesztergák pontossági vizsgálata.

A szabványos vizsgálatok kiterjednek:

- a gépágy
- a főorsó
- a szán
- a szegnyereg és
- a vezérorsó pontosságára.

Az egytetemes eszterga felépítése, fő részei (1. ábra):

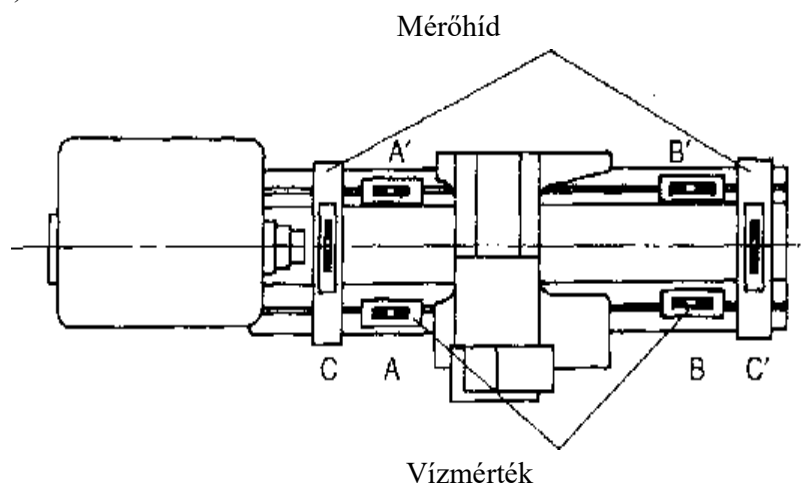


1. ábra. Az egytetemes eszterga fő részei



A gépágy pontossági vizsgálatai:

Az *alapszánt (hossz-szánt) vezető ágyvezeték egyenességét* a kezelőoldalon, a hátoldalon és keresztirányban kell ellenőrizni (2. ábra). A kezelő- és a hátoldal egyenességét a vezetékre helyezett vízmértékkel A, B, illetve A' és B' helyeken mérjük. Méréséhez az ágy vezetőszelvényének megfelelően kialakított mérőhidat (mesterszánt) használunk (1. később az 5. ábrán).



2. ábra. Ágyvezeték egyenességének mérése 3000 mm csúcstávolságig

Méréskor kiindulhatunk az ágy közepétől is (ahol a buborék 0-n áll). A mérést 300 mm-enként megismételjük. A vízmértéket a haladási iránnyal párhuzamosan tesszük a mérőhídra.

Keresztirányú ellenőrzéshez mérőhidat használunk, amellyel a C-vel és C'-vel jelölt pontokon mérünk (2. ábra). A mérés eszközei:

- 0,02/1000 mm skálaértékű vízmérték,
- a vezetőszelvénynek megfelelő mérőhíd (mesterszán),
- talpas mérőóra.

A mérőhíd alátámasztásai közötti távolság rövidebb legyen az alapszán félhosszánál, de legfeljebb 300 mm lehet. Megengedett térések:

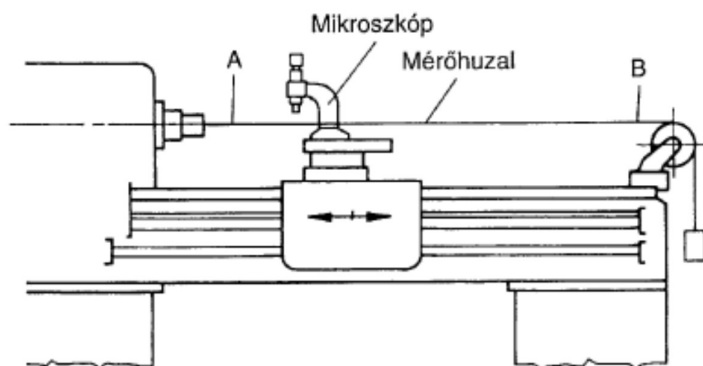
- a kezelőoldal csak domború lehet, max. 0,02/1000 mm mértékben,
- a hátsó oldal csak homorú lehet, max. 0,02/1000 mm mértékben,
- keresztirányban mindkét végen 0,02/1000 mm nagyságú, de csak azonos irányú eltérés engedhető meg. Az ágy nem lehet csavarodott.

Az alapszán ágyvezeték egyenessége 3000 mm-nél nem nagyobb csúcstávolságú esztergán a csúcsok közé befogott, legalább 40 mm átmérőjű, kb. 600 mm hosszú mérőtűskével ellenőrizhető, amelyet mérőórával tapogatunk le.

A mérőórát az alapszánra erősítjük, tapintóját a szán kézi mozgatásával végigvezetjük az ellenőrző tűske legszélső alkotóján, az eltérés a mérőóráról leolvasható. Mérés előtt a szegnyereg keresztirányú mozgatásával úgy kell a tűskét beállítani, hogy kitérése mindkét csúcs közelében azonos legyen.

A mérőtűske esetleges hibáit úgy küszöböljük ki, hogy a mérést két, egymástól 180°-ra lévő alkotó mentén végezzük el, majd a tűskét végeinek felcserélésével fogjuk be, és a mérést megismételjük. Eredménynek a négy mérés számtani közepét vesszük. A megengedett eltérés max. 0,02/1000 mm lehet.

3000 mm-nél nagyobb csúcstávolságú esztergán a mérést a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. Ágyvezeték egyenességének mérése 3000 mm-nél nagyobb csúcstávolság esetén

Szükséges hozzá:

- 0,1 mm átmérőjű, törésmentes mérőhuzal,
- a látómezőben szátkeresztes mikroszkóp,
- készülék a mérőhuzal befogására és terelésére.

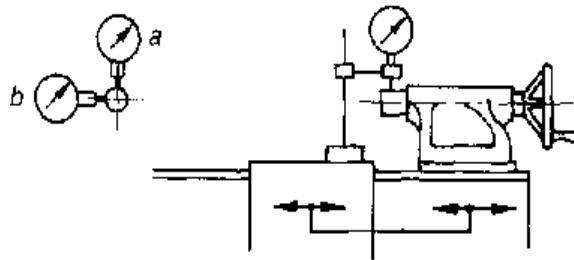
A mérőhuzalt kifeszítjük és úgy állítjuk be, hogy a szánra szerelt mikroszkóp szátkeresztje A és B helyzetben a huzal alkotóját fedje. A szánnal az ágyon végighaladva a mérőhuzal helyzetét a mikroszkóp látómezejében figyeljük.

A megengedett legnagyobb eltérés:

- 5000 mm csúcstávolságig 0,03 mm,
- 5000 mm csúcstáv felett 0,04 mm,
- az eszterga vezetékének teljes hosszára, de 1000 mm-en belül a 0,02 mm-t nem haladhatja meg. A vezeték csak úgy görbülhet, hogy a görbület középpontja a kezelőoldal előtt, az orsótökhöz közelebb legyen.

A nyeregvezeték párhuzamosságát az alapszán mozgási irányával

- függőleges síkban (a helyzet),
- vízszintes síkban (b helyzet) vizsgáljuk (4. ábra).

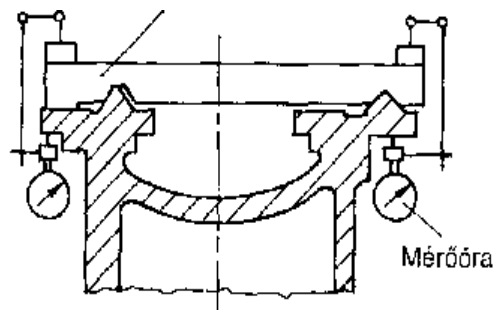


4. ábra. Nyeregvezeték párhuzamosságának ellenőrzése

A mérőórát úgy állítjuk be és úgy rögzítjük az alapszánhoz, hogy a szegnyereg mozgóhüvelyét az **a** irány szerint érintse. Ezután a szánt a szegnyereggel együtt vezetjük végig az ágy teljes hosszán, s közben figyeljük a mérőóra eltérését.

Ezt követően a mérést megismételjük úgy, hogy a mérőórát a **b** helyzetbe állítjuk. A megengedett eltérés 1000 m-en belül nem haladhatja meg a 0,03 mm-t. Az eszterga teljes hosszára vonatkoztatva a maximális eltérések táblázatban találhatóak.

Az ágyvezeték alsó lapjának párhuzamosságát az alapszán mozgási irányával hasonlítjuk össze mérőhíd és mérőóra segítségével (5. ábra). A mérőórát rudazattal szereljük a mérőhídra úgy, hogy tapintója az ellenőrizendő felületet érintse. A mérőhidat az ágyvezetéken végigvezetve a mérőóráról az eltérés leolvasható. A megengedett eltérés 1000 mm-re 0,02 mm, 3000 mm és annál hosszabb csúcstesztergán 0,05 mm lehet, az ágyvezeték teljes hosszára vonatkoztatva. Az alsó vezetőfelületek az ágy szegnyereg felőli vége felé csak közeledhetnek felsőhöz. A hiba 1000 mm-en belül nem haladhatja meg a 0,02 mm-t.



5. ábra. Az ágyvezeték alsó lapjának pontossági mérése

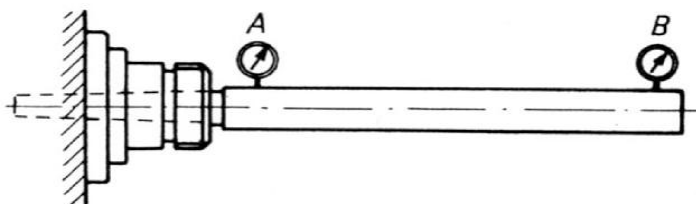


Az ágyvezeték alsó lapjának pontossági mérése

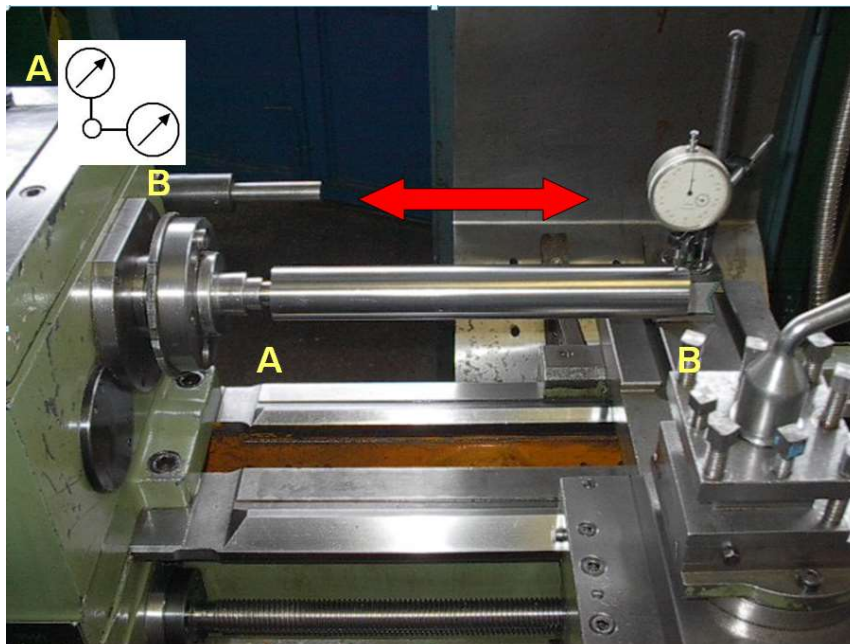
A főorsó pontossági vizsgálata során mérjük:

- a főorsó belső kúpjának egytengelyűségét;
- a főorsó párhuzamosságát az alapszán mozgási irányával;
- a főorsó központosító felületének futását;
- a főorsó tengelyirányú merevségét;
- a főorsófej homloklapjának merőlegességét;
- a csúcs futását.

A főorsó belső kúpjának egytengelyűségét kúpos végű ellenőrző tuskéval mérjük, amelyet a főorsó belső kúpjába illesztünk (6. ábra). A tuskének 300 mm hosszú hengeres mérőrésze van. A főorsót lassan körbeforgatjuk, miközben figyeljük a tüske egyik, majd a másik végére támaszkodó mérőóra kitérését. A mérést négyszer kell megismételni oly módon, hogy a tuskét az orsófejben minden alkalommal az orsófejhez képest 90° - 90° -kal elfordítjuk. Hibának a négy mérési eredmény számtani középértékét tekintjük. A megengedett eltérés legnagyobb értéke a tüske végén mérve 0,02 mm, a tüske főorsó felőli végén pedig 0,01 mm lehet.



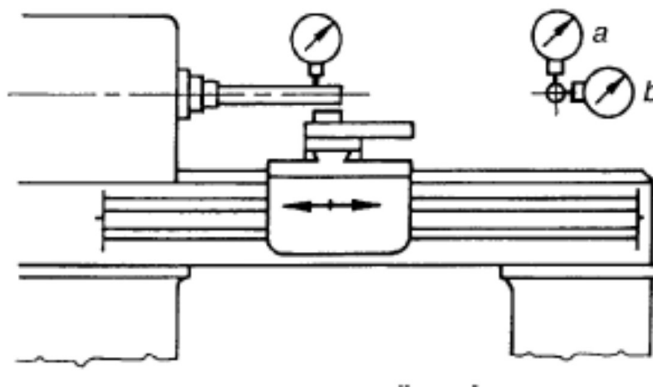
6. ábra. A főorsó belső kúp egytengelyűségének mérése



A főorsó belső kúp egytengelyűségének mérése

A főorsó alapszánhoz viszonyított párhuzamosságát az előbbi túske és mérőóra segítségével vizsgáljuk (7. ábra). A főorsó kúpos furatába tett mérőtúske felső alkotójához érintjük az alapszánhoz erősített mérőórát majd azon az alapszán kézi mozgatásával végigvezetjük (a helyzet). Ezt követően a mérést a b helyzetben megismételjük.

Az ellenőrzést mindkét esetben két, egymástól 180° -ra fekvő alkotón kell elvégezni. Mérés előtt az esztergát mintegy két órán keresztül üresen kell járatni, hogy a főcsapágy az üzemi hőmérsékletre melegedjen. A megengedett eltérés legfeljebb 0,01 mm.

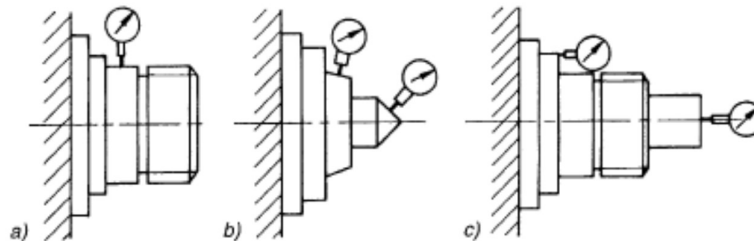


7. ábra. A főorsó párhuzamosságának ellenőrzése

A főorsó központosító, hengeres, illetve kúpos felületének futását mérőórával vizsgáljuk a főorsó lassú forgatása közben (8.a és b ábra). A megengedett ütés mértéke 0,01 mm.

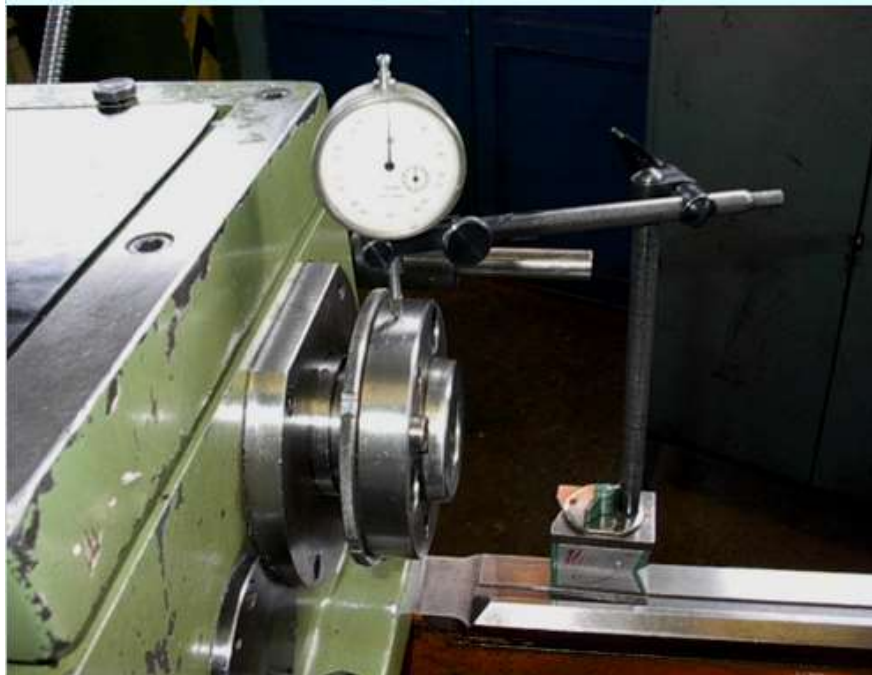
A főorsó tengelyirányú mozgását a főorsó kúpos furatába illesztett rövid tuskén ellenőrizzük. Ennek homloklapjához támasztjuk a mérőóra tapintóját. A főorsó lassú forgatása közben a kitérés a mérőóráról leolvasható (8.c ábra). A tűrés mértéke 0,01 mm.

A főorsófej homloklapjának merőlegességét a 8.c ábra szerint ellenőrizzük. Mérés közben a főorsót az orsó felé irányuló erőhatás alatt lassan forgatjuk, miközben figyeljük a mérőóra kitérését. A megengedett eltérés legfeljebb 0,01



8. ábra. A főorsó pontossági ellenőrzése

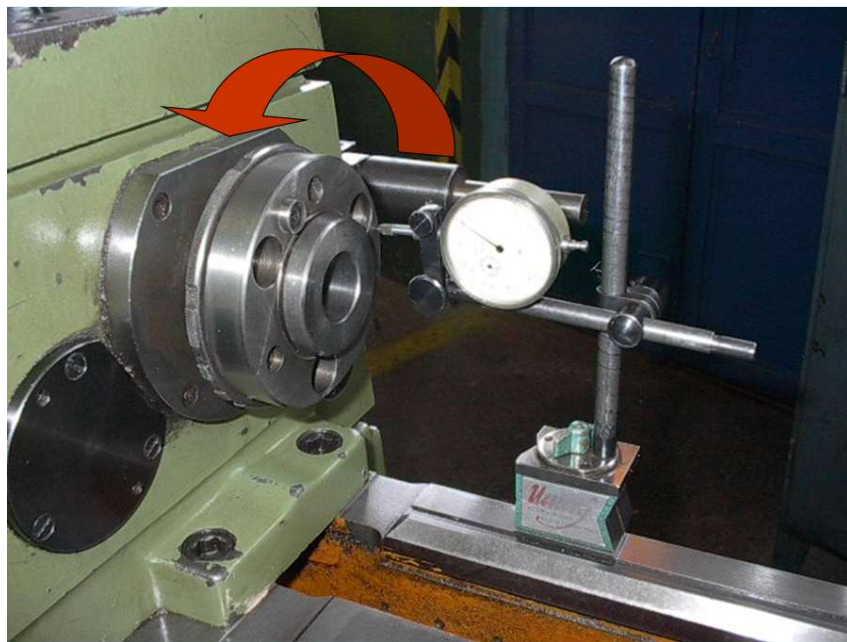
A csúcs futását mérőórával ellenőrizzük a 8.b ábra szerint, a főorsó lassú forgatása közben. A megengedett kitérés legfeljebb 0,01 mm.



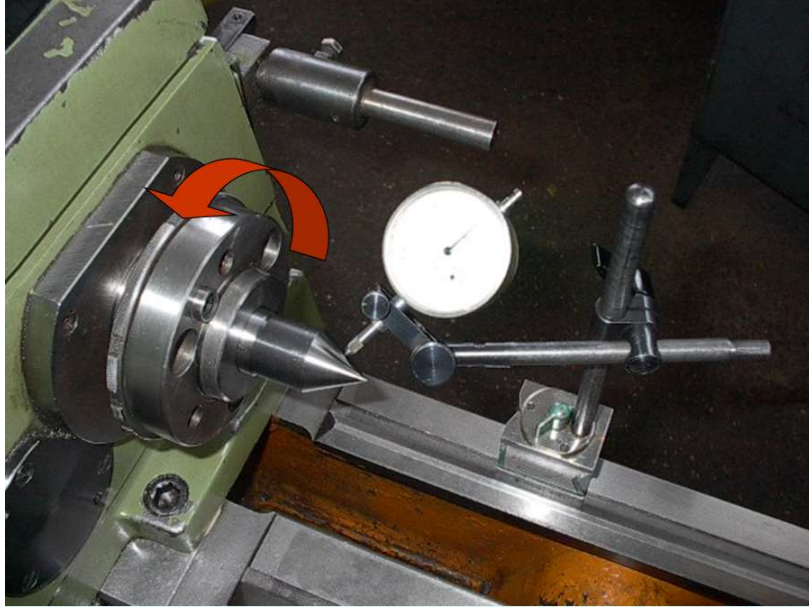
Hengeres központosító felület ellenőrzése



Kúpos központosító felület ellenőrzése



Főorsó homloklap merőlegességének ellenőrzése

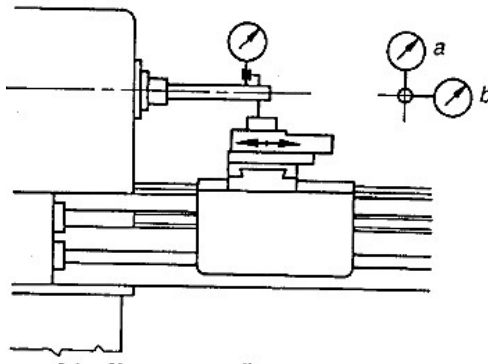


A főorsóba helyezett csúcs futásának ellenőrzése

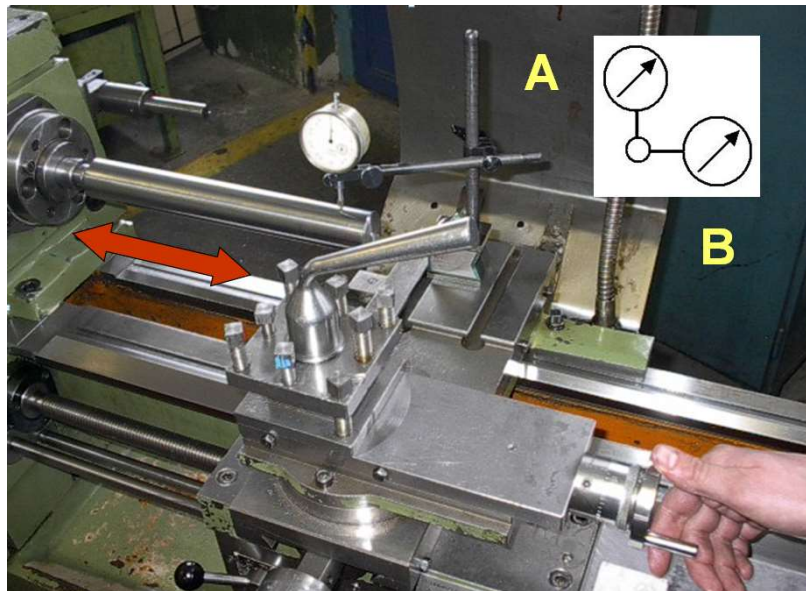
A szánok pontossági vizsgálatai:

A felső szán mozgásirányú ellenőrzéséhez mérőórára és kúpos szárú, 300 mm hosszú mérőtüskére van szükség. A mérőtüskét a főorsó kúpos furatába illesztjük. A felső szánt úgy állítjuk be, hogy a 9. ábra **b** helyzetében felerősített, a szélső alkotót tapintó mérőóra kitérése a szán két szélső helyzetében egyenlő legyen. Ezután az **a** helyzetben rögzített mérőórával a legfelső alkotón elvégezzük a mérést.

A megengedett eltérés 100 mm hosszon legfeljebb 0,03 mm lehet.

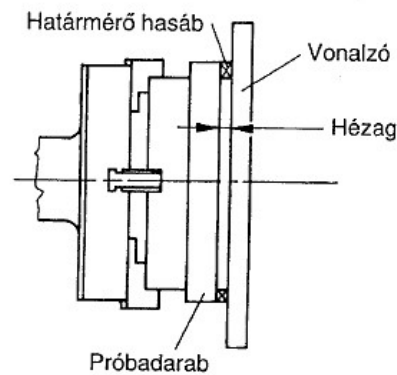


9. ábra. A felső szán (kéziszán) ellenőrzése



A kéziszán mozgási irányának ellenőrzése

A keresztzán mozgási irányú ellenőrzését síkesztergálással, majd az esztergált felület vizsgálatával végezzük (10. ábra). Szükséges eszközök: vonalzó, határmérő hasábok, próbadarab, hézagmérő.



10. ábra esztergált sík ellenőrzése

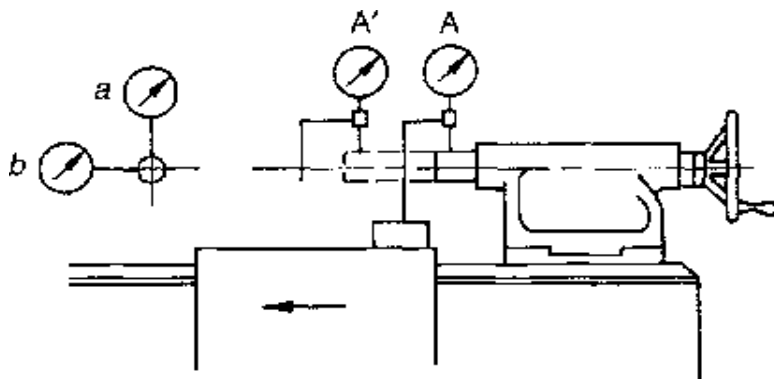
Az eszterga síktárcsájával közel azonos átmérőjű öntöttvas vagy acél próbadarabot befogjuk és leoldalazzuk. A simítófogást középtől kifelé induló előtolással végezzük. A leoldalazott felületre átló mentén két azonos méretű határmérő hasábot, majd azokra vonalzót helyezünk. Ezután középen határmérővel és hézagmérővel kimérjük a hézagot. A felület csak homorú lehet, de mértéke 300 mm-en nem haladhatja meg a 0,02 mm-t.

A szegnyereg vizsgálata:

A *szegnyereghüvely párhuzamosságát* az alapszánhoz képest a 11. ábra szerint ellenőrizzük. A szegnyeret az ágyhoz rögzítjük, a szegnyereghüvelyt teljesen behúzzuk, és szintén rögzítjük. Az alapszánhoz erősített mérőóra tapintóját az A pontban érintkeztetjük, a mérőóra állását megjegyezzük. Ezután a hüvelyt oldjuk, 100 mm-rel kijebb toljuk, és ismét rögzítjük.

Az alapszánt ezután úgy mozdítjuk el, hogy a mérőóra tapintója ismét az előbbi A' ponton érintse a szegnyereghüvelyt. A mérést az **a** függőleges és a **b** vízszintes síkban lévő alkotón végezzük. A hüvely kitolt állapotban csak fölfelé és a kezelőoldal felé hajolhat. Az eltérés 100 mm hosszon legfeljebb:

- függőleges irányban 0,02 mm;
- vízszintes irányban 0,01 mm.



11. ábra. A szegnyereghüvely párhuzamosságának mérése



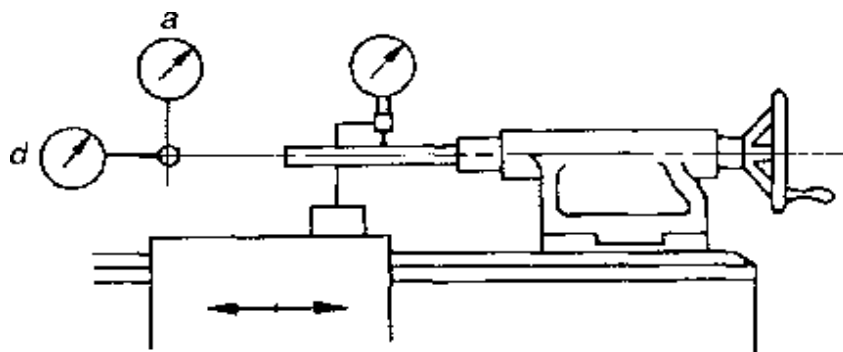
A nyereghüvely párhuzamosságának mérése az alapszán mozgásához képest

A szegnyereghüvely kúpos furatának párhuzamosságát az alapszán mozgási irányával ellenőrizzük (12. ábra). Az ellenőrző tuskét a hüvely kúpos furatába illesztjük, a nyeret és a hüvelyt rögzítjük. Az alapszánra erősített mérőórát az alapszán kézi mozgatásával végigvezetjük a mérőtuskén egyszer **a**, egyszer **b** állásban. A mérés pontosságát fokozhatjuk, ha a mérőtuskét elforgatva, három különböző helyzetben megismételjük a mérést. A hiba a három leolvasás középértéke.

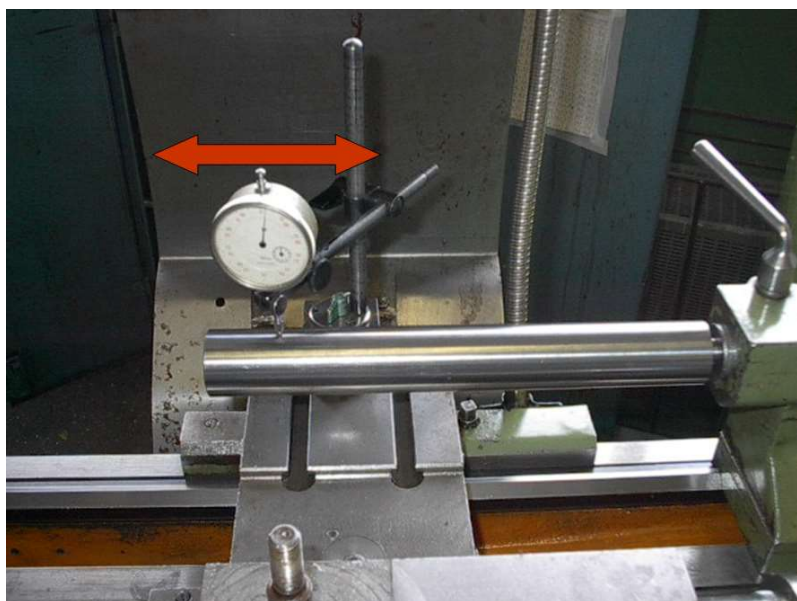
A megengedett eltérés 300 mm hosszon legfeljebb:

- függőleges irányban 0,03 mm;
- vízszintes irányban 0,02 mm.

Ezen belül a túske főorsó felőli vége csak emelkedhet, és csak a kezelőoldal felé hajolhat.



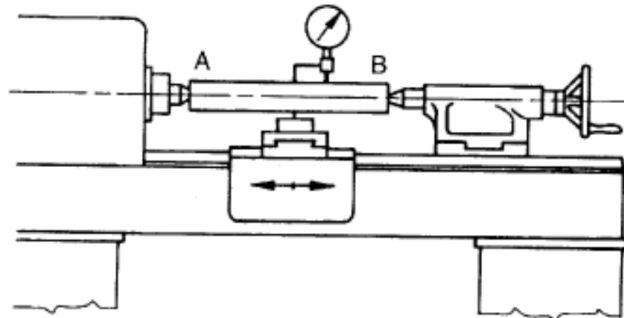
12. ábra. A szegnyereghüvely kúpos furatának párhuzamossági vizsgálata



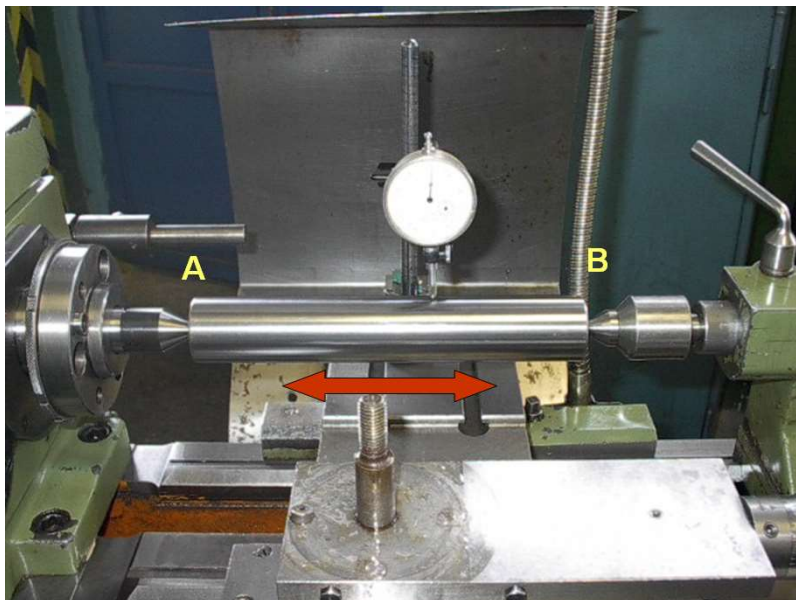
A nyereghüvely kúpos furatának ellenőrzése az alapszán mozgási irányával párhuzamosan

A *főorsó és a szegnyereg csúcsainak futását* függőleges síkban vizsgáljuk, csúcsok közé fogott, hengeres mérőtüske és mérőóra segítségével (13. ábra).

A mérőórát a keresztzánra rögzítjük. Tapintóját először az A pontra állítjuk, majd a hosszszán kézi mozgatásával végigvezetjük a mérőtüskén, figyelve a legnagyobb kitérést. Ezt megismételjük a B pontból kiindulva is. A két leolvasás különbsége adja az eltérést. A nyereg csúcsa csak magasabban állhat, de nem haladhatja meg a 0,02 mm-t.



13. ábra. Csúcsok egytengelyűségének ellenőrzése



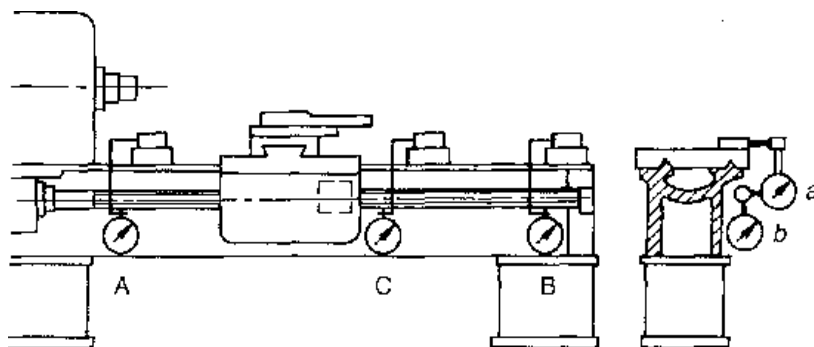
A főorsó és a nyereg csúcsok futásának ellenőrzése

A vezérorsó pontossági vizsgálatai során ellenőrizzük:

- a vezérorsónak és csapágyainak egytengelyűségét és párhuzamosságát a főorsó tengelyével,
- a vezérorsó és a záróanya egytengelyűségét,
- a vezérorsó tengelyirányú mozgását,
- a vezérorsó menetemelkedésének pontosságát.

A vizsgálathoz szükséges eszközök: mérőóra, mérőhíd és mérő csavarorsó anyával.

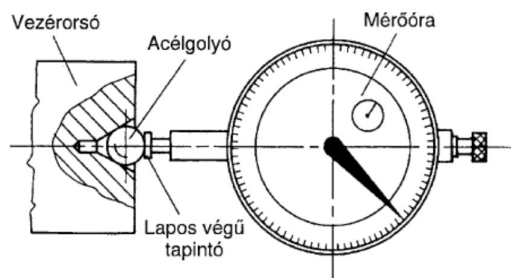
A vezérorsónak és csapágynak egytengelyűségi és párhuzamossági vizsgálata a 14. ábrán látható. A mérőórát a mérőhídhöz rögzítjük úgy, hogy tapintója a vezérorsó függőleges síkban lévő alkotóját érintse. A mérőóra elmozdulását a vezérorsó két végén leolvassuk. A mérést el kell végezni a vízszintes fősíkba eső alkotón is. A megengedett eltérés mindkét irányú mérésnél legfeljebb 0,01 mm.



14. ábra. A vezérorsó és csapágynak ellenőrzése

A vezérorsó csapágynak és a zárónya egytengelyűségének méréséhez az alapszánt olyan helyzetbe hozzuk, hogy a zárt zárónya egyenlő távolságra legyen mindkét csapágytól. A mérőórát az előbbi mérés szerint rögzítjük. Függőleges és vízszintes síkban is, a vezérorsó mindkét végén és közepén is mérünk. A maximális eltérés mértéke mindkét irányban 0,15 mm lehet.

A vezérorsó tengelyirányú mozgásának méréséhez a vezérorsó csúcscsúszkájába acélgolyót teszünk, ehhez érintjük a gépágyra szerelt mérőóra tapintóját. A lakatanyagot bekapcsoljuk, majd az így terhelt vezérorsót jobb és bal irányban forgatjuk, közben a mérőóra kitérését leolvassuk. A legnagyobb eltérés 0,01 mm lehet (15. ábra).

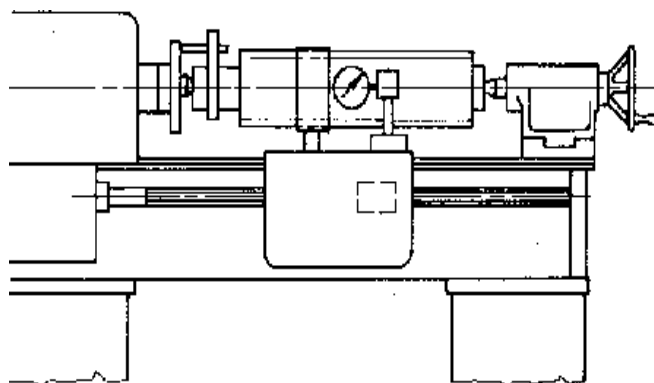


15. ábra. A vezérorsó tengelyirányú mozgásának ellenőrzése

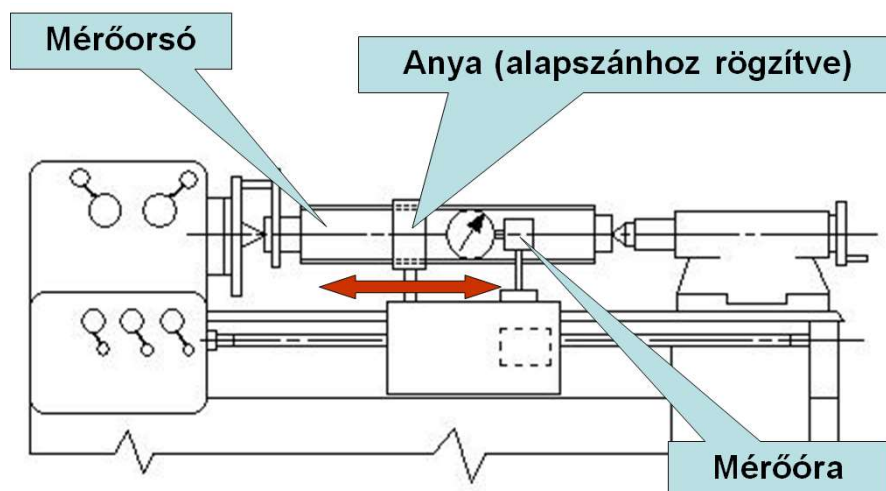
A vezérorsó menetemelkedésének méréséhez az anyával felszerelt mérőcsavart két csúcs közé fogjuk (16. ábra), és az anyát elfordulás ellen rögzítjük. Az alapszánra erősített mérőóra tapintóját az anya oldalapjához érintjük. A vezérorsót a mérőcsavar menetemelkedésének megfelelően beállítva megforgatjuk. Ekkor az álló anya végigkúszik a meneten az oldalával érintkező mérőórával együtt. Az anyát a mérőorsó pontos menete, a mérőórát a vezérorsó vezérli. A két menetemelkedés különbsége esetén a mérőóra elmozdul.

A megengedett legnagyobb eltérés:

- 100 mm hosszon mérve 0,03 mm,
- 300 mm hosszon mérve 0,05 mm.



16. ábra. A vezérorsó menetemelkedésének ellenőrzése



A vezérorsó menetemelkedésének ellenőrzése

AZ ESZTERGA PONTATLANSÁGÁNAK HATÁSA A MUNKADARAB MINŐSÉGÉRE

Az ágyvezeték egyenessége a helyesen illesztett szán és rajta a megmunkáló-szerszám szabályos tengelyirányú elmozdulásának (hosszfelolvas) biztosítéka. Esetlegesen elcsavarodása méretváltozást okoz. Az elcsavarodás a gép alapszárjaival, a gép alappal érintkező felületeinek azonos szintezésével megszüntethető.

Más a helyzet az ágy kopáshibája esetén. Az ágy helyi jellegű kopása sok esetben a munkaszervezési hiányosságokra vezethető. Üzemeinkben gyakori, hogy a tengelymunkákat és a tokmánymunkákat nem különítik el egymástól. Előfordul, hogy az állandóan tokmánymunkával terhelt gépet, amelynek ágya a tokmány felőli részen már megkopott, tengelymunkára vesznek igénybe. Magától értetődik, hogy a szán helyzete megváltozik, amikor a kopásmentes felületet elhagyva a kopott felületre ér. Ez minden esetben méretváltozást okoz forgácsolás közben, amelyet csak a fogás végén észlelünk.

Az egyenletes kopás nem ilyen káros. A csúszóék utánállításával a keletkezett játék megszüntethető.

A szegnyereg pontossága a csúccsal kitámasztott munkadarabok mérethű megmunkálása — fúrás, menetesztergálás és menetmetszési munkák — biztonságos végzésének záloga.

Bármilyen irányú eltérés a csúccsal kitámasztott munkadarab hengeres felületén kúposságot okoz.

A szegnyereggel mereven vezetett fúrók és menetfúrók a szegnyereg hibás helyzete miatt beszorulhatnak, eltörhetnek.

A főorsó pontosságának van a legnagyobb hatása a munkadarabra. A csapágyak lazasága esetén a munkadarab rákaphat a forgácsolókerékre, s azt maga alá kapva el is törheti. Ez különösen leszúráskor gyakori. A fordított forgással és késsel végzett leszúrással ilyen esetre jól használható módszer, de nem jelenthet végleges megoldást.

A főorsó csapágyainak lazasága miatt az esztergált felület ovális, szabálytalan lesz. A túl szoros csapágy melegezik, könnyen berágódhat. Ha túl szorosra van beállítva a golyóscsapágyas főorsó, akkor a megmunkált felületen a golyók nyomai is meglátszódnak.

A főorsó ágyhoz viszonyított pontatlan állása minden tokmánymunkánál méreteltérést, síkbeli kúposságot okoz. A csúcsfészkek ütése esetén a munkadarabok nem lesznek egytengelyűek.

A főorsó tengelyirányú mozgása a munkadarab hosszirányú mérettartását nehezíti, és menetesztergálás során is pontatlanságot okozhat. A forgácsolóerő hatására ugyanis a főorsó tengelyirányban a megtámasztásig hátraszorul, s ebből a helyzetből a pozitív élő forgácsolókerék szinte magára ránthatja tengelyirányban, a játék mértékéig.

A szán pontossága esetén a sikesztergálás merőleges a forgástengelyre, ami fontos követelmény. A felső szán szögbe állítható, így a felső szánnal esztergált felületek esetleges kúpossága a szögbe állás pontosításával kiküszöbölhető. Nem védhető ki viszont az a kúposság, amelyet a felső szán vezetékének vízszinttől való eltérése okoz, amikor is a felső szán fecskefarkas vezetéke a vízszintes síktól eltér.

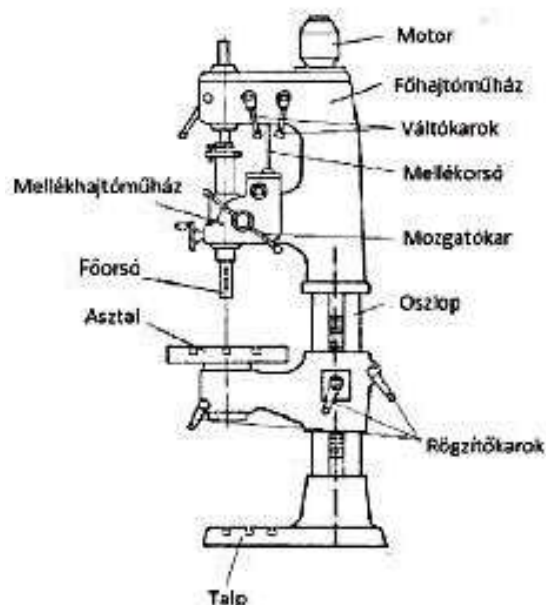
OSZLOPOS VAGY ÁLLVÁNYOS FÚRÓGÉP SAJÁT PONTOSSÁGÁNAK ÉS MEREVSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Az oszlopos fúrógép általában kis-, az állványos nagyobb teljesítményű. Az előbbi kisebb méretű és súlyú alkatrészek, az utóbbi súlyosabb és nagyobb darabok forgácsolására alkalmas. Mindkét gép elvi felépítése és működése azonos, csak a géptest kialakítása különböző. Az állványos fúrógép merevebb, tehát pontosabb, mint az oszlopos.

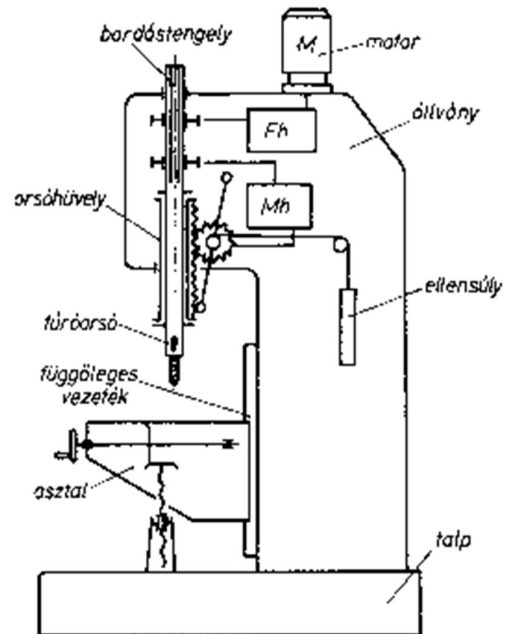
A csaknem azonos szerkezeti felépítésből következik, hogy a pontossági vizsgálatok menete a legtöbb esetben azonos, így a két gépre vonatkozóan párhuzamosan leírható. Az ellenőrzés menetét ezért az állványos fúrógépre vonatkozóan ismertetjük, s csak ott térünk ki külön az oszlopos fúrógépre, ahol valami lényeges eltérés van.

Valamennyi vizsgálatot a lealpozás alkalmával gondosan vízszintbe állított gépre vonatkozóan mutatjuk be.

Oszlopos fúrógép felépítése, fő részei:

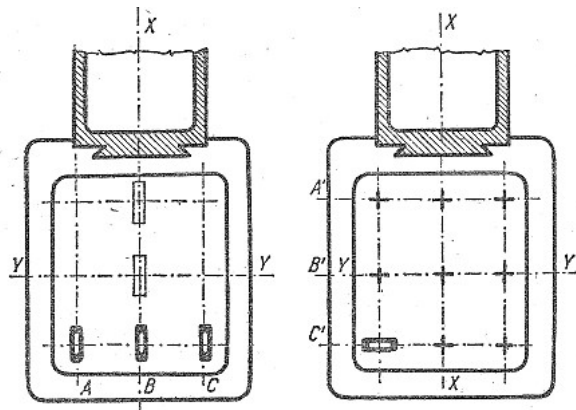


Állványos fűrőgép felépítése, fő részei:



A gép alaplajján kialakított felfogólap síklapúságának vizsgálata:

A vizsgálathoz 0,03/1000 mm skálaértékű vízmérték és 200-300 mm hosszú mérő híd szükséges. A felületét két főirányban több, egymástól 150-300 mm távolságban fekvő vonal mentén ellenőrizzük.



1. ábra. A fűrőgép alaplajján kialakított felfogó felület síklapúságának ellenőrzése

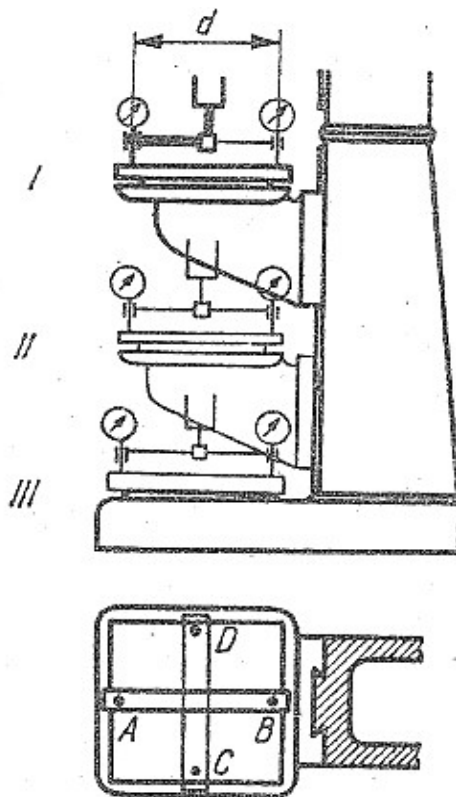
Az egyik főirány a fúróorsó tengelyének alaplapra vonatkozó vetülete és az állvány középvonala által meghatározott egyenes ($x-x$ irány). Ez tulajdonképpen a felfogólap és az állvány felülnézetének szimetriavonala. A másik főirány ($y-y$) erre merőleges a fúróorsó tengelyének alaplapra vonatkozó vetületén át.

Ha mindkét irányban pl. három-három vonal mentén ellenőrünk, akkor - amint az 1. ábráról is látható - a vízmértéket kilenc-kilenc helyen kell a felfogó lapra méréshez beállítani. A vízmérték kitérése $x-x$ főirányban A vonal mentén ellenkező értelmű legyen, mint a C vonal mérési helyein, de ez az ellenkező értelmű buborék kitérés a felfogólap homorúságát jelentse. Ugyanez a követelmény az A és C vonalak mérési helyein kapott eredményekkel szemben is.

A síklapúság hibája tehát csak akkor fogadható el, ha a felfogó felület homorú. A megengedett legnagyobb eltérés 0-0,05 mm 1000 mm-re vonatkozóan.

A fúróorsó és a felfogó felület merőlegességének ellenőrzése:

Ellenőrzéshez a mérőórán és könyökös felfogó karon túl az asztal méreteinek megfelelő hosszú vonalzó is szükséges. Oszlopos és állványos fúrógépen egyaránt három mérést végzünk két-két irányban. Elsőt az asztal legfelső, másodikat legalsó helyzetében, a harmadikat pedig az alaplap felfogó felületén. Az asztal felfogó felületeinek ellenőrzéséhez az asztalt mindkét helyzetben rögzíteni kell. A mérés egyik iránya a fúróorsó tengelyének vetületén és az állvány (oszlop) szimmetria vonalán át (2. ábra, $A-B$ irány), a másik mérési irány pedig az előzőre merőlegesen a fúróorsó tengelyének vetületi pontján keresztül ($C-D$) halad.



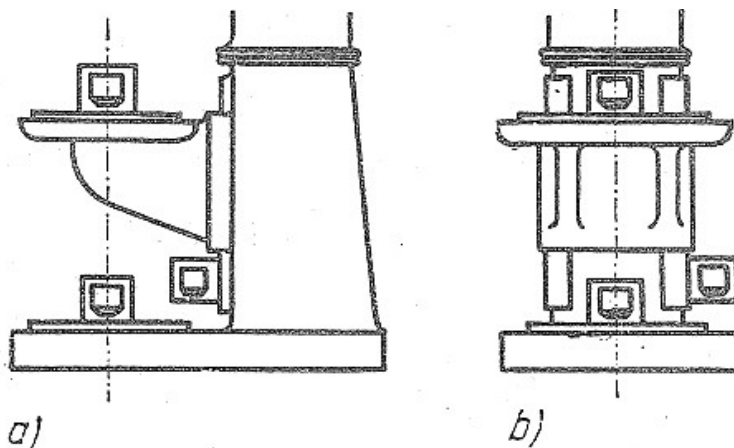
2. ábra. A fúróorsó és a felfogó felület merőlegességének ellenőrzése

Az ellenőrzés módja mindhárom helyzetben a következő: a mérőórát könyökös kar segítségével a fúróorsóhoz erősítjük, az asztalon pedig elhelyezzük a vonalzót előbb $A-B$ irányban, s az óra tapintójával A majd B pontot érintjük. A hibát a két leolvasás különbsége adja. Ezután a vonalzót $C-D$ irányba állítjuk s a C és D pontokon mérve kiszámítjuk a hibát. Ezek az A és B , ill. C és D pontokon mért hibák d távolságra vonatkoznak, ezért át kell számítani 300 mm-re, mert a szabvány a mérőlegesség megengedett hibáját erre a távolságra adja meg.

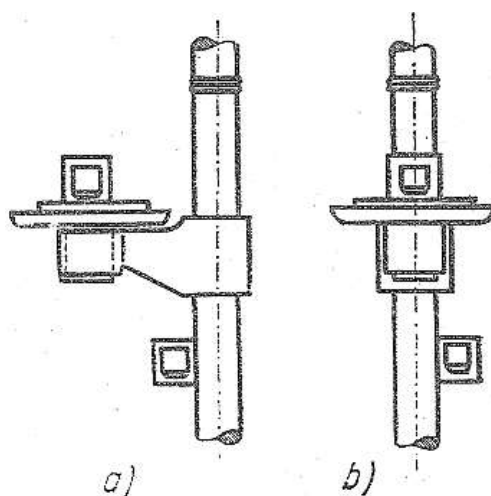
Állványos fúrógépen $A-B$ irányban 0-0,05 mm a hiba, de csak akkor engedhető meg, ha a fúróorsó alsó végének az állvány felé való elhajlását jelenti. $A-C-D$ irányú hiba 0-0,03 mm. Oszlopos fúrógépen az $A-B$ irányú hiba 0-0,08 mm és értelme olyan, hogy oszlop felé hajló fúróorsót jelent. $A-C-D$ irányú hiba 0-0,05 mm. (Valamennyi megengedett hiba 300 mm-re vonatkozik.)

A felfogó felületek és vezetékeik merőlegességének ellenőrzése állványos fúrógépen:

Ellenőrzéshez 0,03/1000 mm skálaértékű vízszintmérőt használunk a 3. és 4. ábra szerinti elrendezésben. A függőleges irányba állítható asztalt a vizsgálat megkezdése előtt középhelyzetbe hozzuk és rögzítjük. A mérést az a és b fősíkokban kell elvégezni. A vízmértéken leolvasott hibákat értelemszerűen összegezni kell. Előfordulhat ui., hogy a gép pontatlan vízszintezése miatt az asztal pl. a 3. ábra b helyzetében jobbra lejt. Ha ugyanekkor a függőleges vezeték a függőleges iránytól ugyanilyen mértékben és értelemben elhajlik, a felfogó felület és vezetéke egymásra merőlegesek a vízmérték buborékjának kitérései ellenére is



3. ábra. A felfogó felületek és vezetékeik merőlegességének ellenőrzése állványos fúrógépen



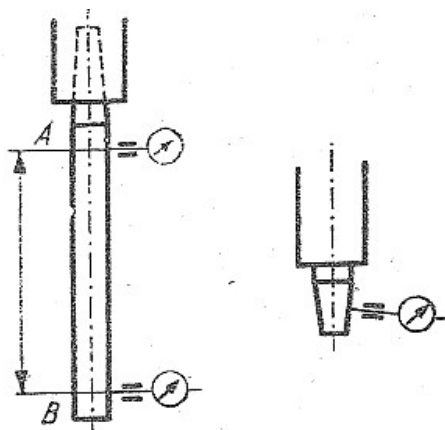
4. ábra. A felfogó felületek és vezetékük merőlegességének ellenőrzése oszlopos fúrógépen

A merőlegességtől való eltérések szabványban közölt megengedett értékei állványos fúrógépre vonatkozóan **a** helyzetben 0,05 mm, **b** helyzetben 0,03 mm. Oszlopos fúrógépen a tűrések valamivel lazábbak: **a** és **b** helyzetben egyaránt 0,05 mm. Minden megengedett eltérés mindkét gép esetében 300 mm-re vonatkozik.

A fúróorsók kúpos furatának, ill. kúpos végének a forgástengelyre vonatkozó egytengelyűség-vizsgálata:

A kúpos furat egytengelyűségének ellenőrzéséhez mérőtüske és mérőóra, a kúpos vég ellenőrzéséhez csak mérőóra szükséges.

A vizsgálatot a 5. ábra szerinti elrendezésben végezzük el. A tuskével végzett mérésekre ugyanazok a szabványok érvényesek, amit az eszterga-főorsó kúpos furatának ellenőrzésére vonatkozóan már részletesen leírtunk, azzal az eltéréssel, hogy itt a tüske önsúlya nem befolyásolja a mérés pontosságát.



5. ábra. A fúróorsók kúpos furatának, ill. kúpos végének a forgástengelyre vonatkozó egytengelyűség-vizsgálata

A kúpos furat ellenőrzéséhez először *B*, majd *A* helyen mérünk. Az órát a felfogólapra állított állványban erősítjük meg, s tapintóját a jelölt helyeken a hengeres mérőfelületre támasztjuk. A fúróorsót lassan körülforgatjuk megfigyelve az óra kitéréseit.

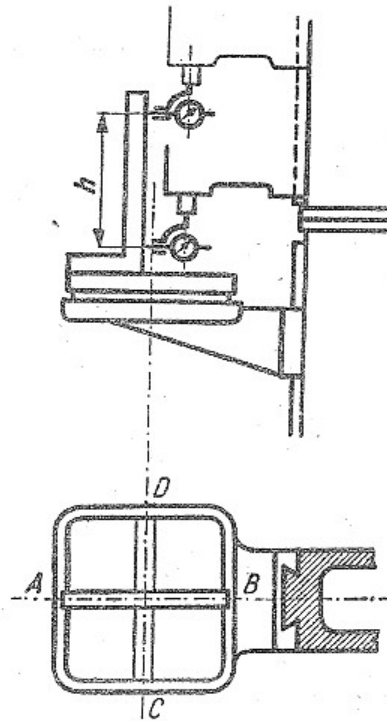
Ha az orsó kúpos furata 2. Morse-kúpnál kisebb, az *A* és *B* pontok távolsága $L = 100$ mm, s az óra szabványban közölt megengedett kitérései: *B* pontban 0,03 mm, *A* pontban 0,02 mm.

2. Morse-kúp felett $L = 300$ mm, a megengedett órakitérések pedig *B* helyen 0,05 mm, *A* helyen 0,03 mm.

A kúpos vég ütésének vizsgálatához az óra tapintóját a kúp palástjának egy tetszőleges pontjához érintjük, s az orsó lassú körülforgatása közben figyeljük, hogy az óra kitérése nem haladja-e meg a szabványban közölt 0,02 mm értéket.

Az orsótőke vezetékének merőlegesség-vizsgálata:

A vizsgálatához az asztal méreteinek megfelelő hosszúságú vonalzóra, mérőóra és olyan derékszögre van szükség, amelyiknek szárhosszúsága az orsótőke elmozdulási úthosszának megfelel.



6. ábra. Az orsótőke vezetékének merőlegesség-vizsgálata

Az asztalt középhezletbe állítva megrögzítjük, majd a 6. ábrán vázoltak szerint, rajta a vonalzót és derékszöget először *A-B* irányban helyezzük el. A fúróorsóhoz erősített mérőóra tapintóját a derékszög szárához érintkeztetjük. Először az orsótőke felső helyzetében mérünk. Az órát csak az orsótőke rögzítése után olvassuk le.

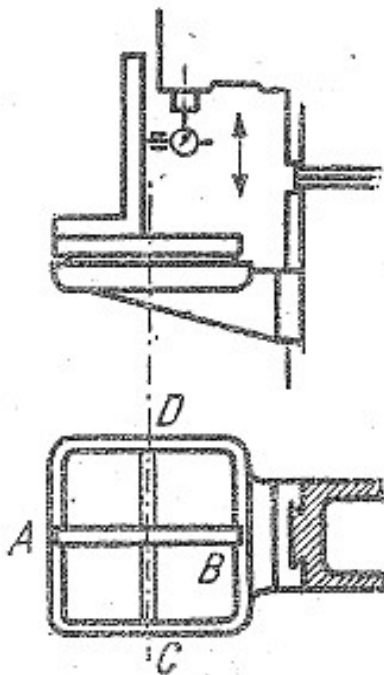
Ezután ugyanígy mérünk az alsó helyzetben is. A vonalzó és derékszög 90° -os elállítása után ($C-D$ irány) a mérést megismétljük.

Az $A-B$ irányban végzett mérés hibája csak olyan értelmű lehet, ami az állvány felső részének előre dőlését jelenti.

A szabványban közölt megengedett eltérések az orsótőke h elmozdulási útjától függenek. Ha $h \leq 200$ mm, úgy az eltérés mindkét irányban 0,04 mm, ha $h = 500$ mm-nél nem nagyobb, akkor 0,08 mm, végül, ha $h > 500$ mm, akkor 0,13 mm.

A fúróorsó előtolásának merőlegesség-vizsgálata:

A vizsgálathoz ugyanazok a mérő- és segédeszközök szükségesek, mint az előző esetben. A gépet is ugyanúgy állítjuk be és készítjük elő a méréshez, mint előbb (7. ábra). A középhezletbe állított és rögzített asztalon a vonalzót és derékszöget először $A-B$, majd $C-D$ irányában helyezzük el. Miután az óra tapintóját a derékszög szárához érintkeztettük, a fúróorsót kézi előtolással le-fel mozgatva figyeljük az óra kitéréseit.



7. ábra. A fúróorsó előtolásának merőlegesség-vizsgálata

Az előtolás merőlegességi hibája a fúrási mélységtől függ. A szabvány előírásai a következők:

- 100 mm fúrási mélységig 0,03 mm,
- ha a fúrási mélység 200 mm-nél nem nagyobb, akkor 0,05 mm,
- 300 mm-nél rövidebb fúróorsó elmozduláshoz 0,07 mm,
- végül 300 mm fölött 0,1 mm a megengedett hiba.

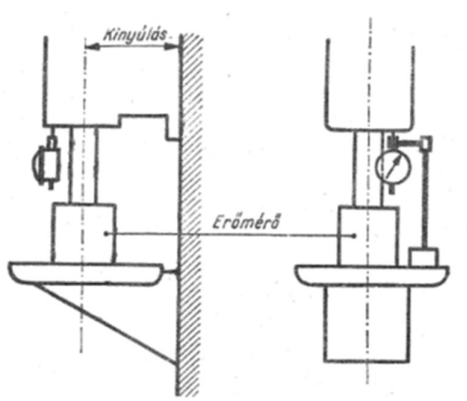
Az adatok mindkét főirányban végzett mérésre, valamint oszlopos- és állványos fúrógépre egyaránt érvényesek.

A fúrógép keretének merevségi vizsgálata:

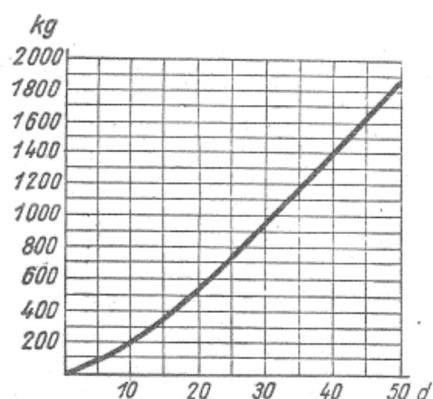
A fúrás közben keletkező előtolásirányú erő a gép keretét (állványt vagy oszlopot) rugalmasan szétnyitja, s ezzel rontja a megmunkálás pontosságát, mert a fúróorsó előtolásának a felfogó felületre vonatkoztatott merőlegességi hibáját növeli. Úgy kell tervezni és gyártani a gépet, hogy a kerete elég merev legyen, s deformációi a megengedett legnagyobb értéket el ne ériék.

A vizsgálathoz erőmérő (dinamométer), mérőóra és mérőállvány szükséges.

Az előkészítés első lépéseként mérjük le a gép kinyúlását (8. ábra). Ez a méret oszlopos gépen a fúróorsó középvonalának és az oszlop orsó felőli alkotójának merőleges távolsága, állványos gépen pedig a fúróorsó tengelye és az állvány szélső vonala között mérhető, merőleges irányban.



8. ábra. Fúrógép keretének merevségi vizsgálata



9. ábra. A legnagyobb fúrési határhoz tartozó előtolásirányú erő

A további tennivalók a következők: állítsuk az elmozdítható orsótőkét a legmagasabb, az elmozgatható asztalt a legalsó helyzetbe, s rögzítsük meg mindkettőt. Helyezzük el az erőmérőt az asztal megmunkált felfogó felülete és az orsöhüvely (járóhüvely) közé. Végül a mérőállványban megfogott mérőórát állítsuk az asztalra úgy, hogy az óra tapintója az orsótőke alsó felületét érintse. Az állvány függőleges rúdja és a tapintója párhuzamosak legyenek, s az általuk meghatározott sík a fúróorsó tengelyén átmenő orsótőke vezetékekkel párhuzamos (előző vizsgálatokban C—D irányú) síkban fekszen.

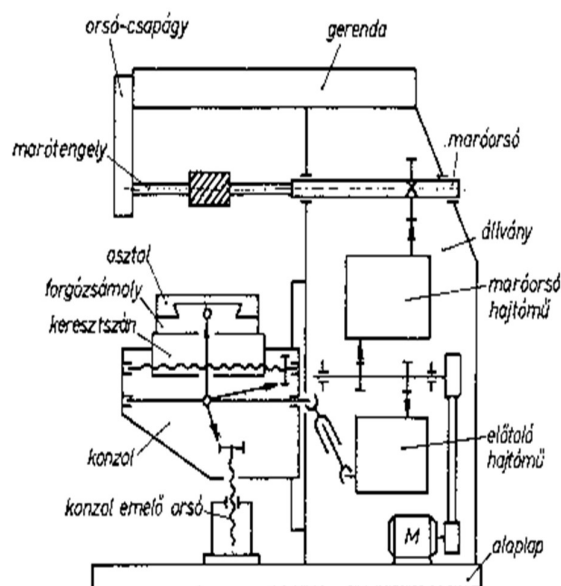
Olvassuk ki a 9. ábrán bemutatott diagramból a gépre vonatkozó legnagyobb fúrési határhoz tartozó előtolásirányú erőt és kézi előtolással olyan nyomást fejtünk ki az erőmérőre, amíg az ezt az erőt nem mutatja. Most olvassuk le az óra állását.

A szabvány állványos gépre 1 mm, oszlopos gépre 2 mm rugalmas szétnyúlást enged meg, ha a gép kinyúlása 1000 mm. Az óráról leolvasott értéket tehát a kinyúlás ismeretében arányos átszorzással számítsuk át 1000 mm-re, s így hasonlítsuk össze a megengedett értékkel.

VÍZSZINTES MARÓGÉP SAJÁT PONTOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

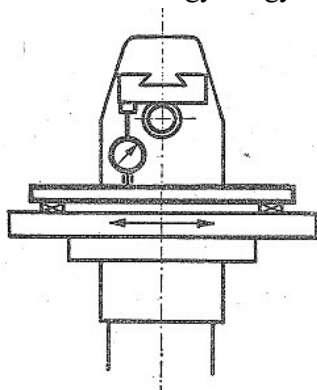
A vízszintes marógép pontossági vizsgálatára a szabvány 16 mérést ír elő. A gép tökéletességének megítéléséhez valamennyi szükséges. Most csak azokat vesszük át, amelyek a mérés jellege miatt újszerűséget jelentenek, ill. nagyon lényegesek.

Vízszintes marógép felépítése, főbb részei:



Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és hosszirányú mozgása között:

A vizsgálathoz mérőóra és olyan vonalzóra van Szükségünk, amelyiknek hossza az asztal hosszirányú mozgásához igazodik, de ha az asztalhossz 1,5 m-nél nagyobb, a vonalzó legalább az asztalhosszának felével legyen egyenlő.



1. ábra. Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és hosszirányú mozgása között, vízszintes marógépen

A konzolt és a keresztvezetékét középhelyzetükbe állítjuk és rögzítjük, majd az asztal hosszirányú középvonalának két végén két egyenlő nagy mérőhasábot helyezünk el, s ráfektetjük a vonalzót (1. ábra). A mérőórát az állványhoz vagy gerendához erősítjük (nagyon jól használható a mágneses rögzítésű mérőállvány) úgy, hogy tapintója a vonalzon feködjék fel. Az asztalt kézi előtolással teljes hosszában elvezetjük az óra tapintója alatt, s figyeljük az óra kitéréseit.

A párhuzamossági hiba szabványban közőlt megengedett értékei az asztal hosszirányú mozgásától függnék.

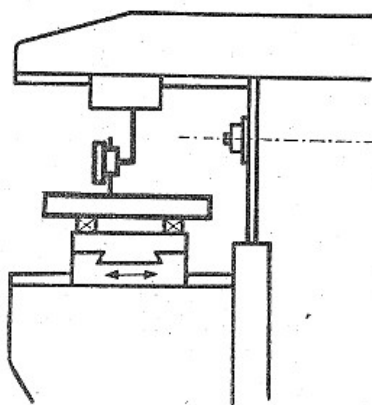
Ha a hosszirányú mozgás kisebb, mint 500 mm, a hiba 0,02 mm, 500-1000 mm mozgás között 0,03 mm és 1000 mm felett 0,04 mm. Az értékek az asztal teljes elmozdulására vonatkoznak.

Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és keresztirányú mozgása között:

A vizsgálathoz mérőóra, a keresztirányú mozgásnak megfelelő hosszú vonalzó és lehetőleg mágneses rögzítésű mérőállvány szükséges.

A konzolt és a hosszasztalt közepre állítva rögzítjük, majd az asztal keresztirányú szimmetriavonalának két végére egy-egy azonos méretű mérőhasábot helyezünk, s erre felfektetjük a vonalzót. A mérőórát a gerendához erősítjük úgy, hogy tapintója a vonalzót érintse. Az asztalt kézi előtolással a két szélső helyzet között elmozgatjuk, s közben figyeljük az óra kitéréseit (2. ábra.).

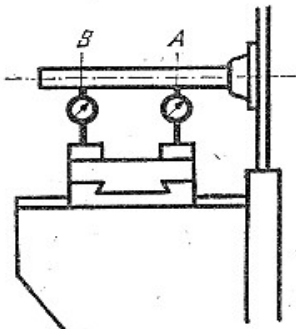
A megengedett hiba 0-0,03 mm 300 mm-re vonatkozóan, de csak olyan értelemben, hogy az asztal külső széle magasabban álljon.



2. ábra. Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és keresztirányú mozgása között vízszintes marógépen

Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és a főorsó tengelye között:

A vizsgálathoz kúpos szárú, 300 mm hosszú hengeres mérőrészsel rendelkező ellenőrző tüske, mérőóra és legalább 200 mm talphosszúságú mérőállvány szükséges.



3. ábra. Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és a főorsó tengelye között

A gondosan megtisztított mérőtüskét a főorsó tiszta kúpos fúratába illesztjük. A hossz- és keresztirányban középre állított és rögzített asztalon elhelyezzük a mérőórával felszerelt állványt úgy, hogy a talp az asztal hosszirányában álljon. Előbb az *A*, majd a *B* helyen mérünk (3. ábra).

A mérőórát a talp elmozgatásával az asztal hosszirányában átvezetjük a mérőtüske alatt, s ezzel kimérjük az asztal és a tüske alsó alkotója közötti távolságot. Hogy pontos eredményt kapjunk, *A* és *B* pont alatt egyaránt többször vezessük át az órát. Ha a tüske hibátlan volna és pontosan illeszkedne, az *A* és *B* mérés különbsége adná a párhuzamosság hibáját. *A tüske pontatlanságainak kiküszöbölése miatt a mérést megismételjük a tüske 180°-os elforgatása után is, és az A, ill. B pontokban kapott eredmények számtani középértékeit meghatározzuk. A hibát a középértékek különbsége adja.*

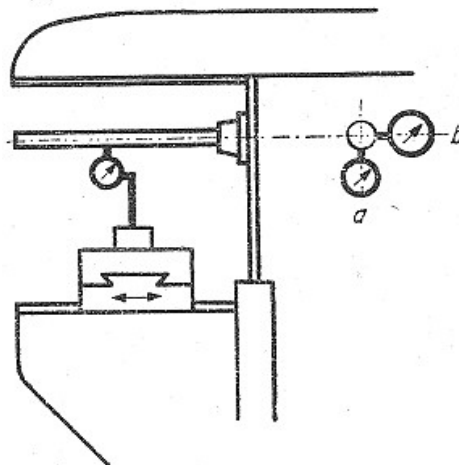
A párhuzamossági hiba megengedett értéke 0-0,02 mm, 300 mm-re vonatkozóan. Ez csak akkor fogadható el, ha az asztal elülső széle áll magasabban, mint az asztal ideális helyzete. (Az eltérések minden ilyen értelmű megkötése a forgácsolás közben keletkező deformáció pontosságot befolyásoló hatásait veszi figyelembe.)

Párhuzamosság ellenőrzése az asztal keresztirányú mozgása és a főorsó tengelye között:

A vizsgálat eszközei: mérőtüske, az asztal keresztirányú mozgásának megfelelő hosszúságú hengeres mérőrészsel és mérőóra.

A tüskét - mindkét illeszkedő felület gondos tisztítása után - a főorsó kúpos furatába illesztjük, az asztalt hosszirányban középhelyzetbe állítjuk és rögzítjük.

A mérést függőleges (*a* helyzet) és vízszintes (*b* helyzet) síkban kell elvégezni (4. ábra). A mérőórát úgy erősítjük az asztalhoz, hogy tapintója *a* helyzetben a tüske legalsó, *b* helyzetben valamelyik legszélső alkotóját érintse. Az óra tapintóját az asztal keresztirányú kézi mozgatásával a tüske teljes hosszán végigvezetjük, s figyeljük az óra kitéréseit. *A tüske hibáinak kiküszöbölése miatt a mérést a tüske 180°-os átfordítása után megismételjük. A keresett hibát a két mérés számtani középértéke adja.*



4. ábra. Párhuzamosság ellenőrzése az asztal keresztirányú mozgása és a főorsó tengelye között, vízszintes marógépen

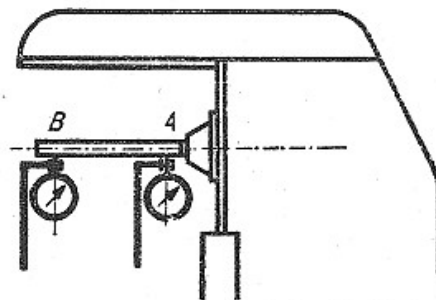
A párhuzamosság szabványban rögzített megengedett hibája függőleges síkban egyaránt 0,02 mm, 300 mm-re vonatkozóan.

A főorsó és belső kúpja közötti egytengelyűség vizsgálata:

Az ellenőrzést célszerű közvetlenül az előző vizsgálat után, az ahhoz egyszer már beállított gépen elvégezni (5. ábra).

Az óra tapintóját a tűske *A*, majd *B* pontjához fektetjük, a főorsót lassan körülforgatjuk, s az óra kitérését feljegyezzük. *A mérést négyszer kell megismételni úgy, hogy a tűskét az orsófej kúpos furatába minden alkalommal 90-90°-kal tovább forgatva helyezzük vissza. A hibát a négy mérési eredmény számtani középértéke adja. Szabványban rögzített megengedett értéke A helyen 0,01 mm, B helyen 0,02 mm.*

A főorsófej külső központosító felületeinek futását, a főorsó tengelyirányú mozgását és a főorsófej homloklapjának merőlegességét a főorsó tengelyére vonatkozóan az eszterga főorsó ellenőrzéséhez hasonlóan végezzük el. A tűréseket a szabvány tartalmazza.



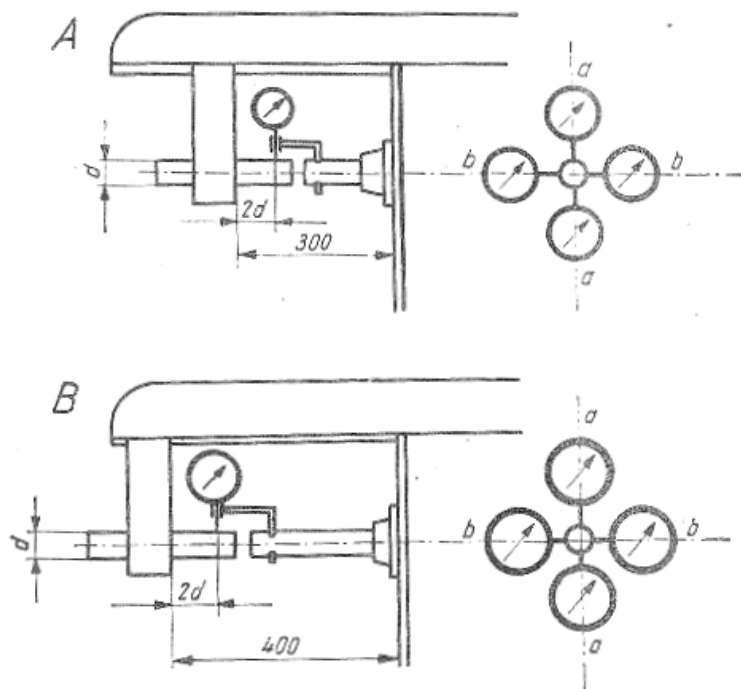
5. ábra. Egytengelyűség ellenőrzése a vízszintes marógép főorsója és belső kúpja között

A támasztócsapágó furatának és a főorsó tengelyének egytengelyűségi vizsgálata:

A méréshez hengeres ellenőrzőtüske, mérőóra és könyökös kar szükséges. A vizsgálatot a 6. ábra szerint *A* és *B* helyzetben, a függőleges (*a*) és a vízszintes (*b*) fősíkban egyaránt el kell végezni.

A hengeres ellenőrzőtüskét a támasztócsapágó furatába helyezzük. A mérőórát a főorsóhoz erősítjük úgy, hogy tapintója érintse az ellenőrző tüskét. A főorsót kézzel körülforgatjuk, közben a mérőórát a függőleges fősíkban végzett mérés alkalmával a legfelső és legalsó (*a*), a vízszintes fősíkban végzett mérés közben pedig a két szélső (*b*) helyzetben leolvassuk.

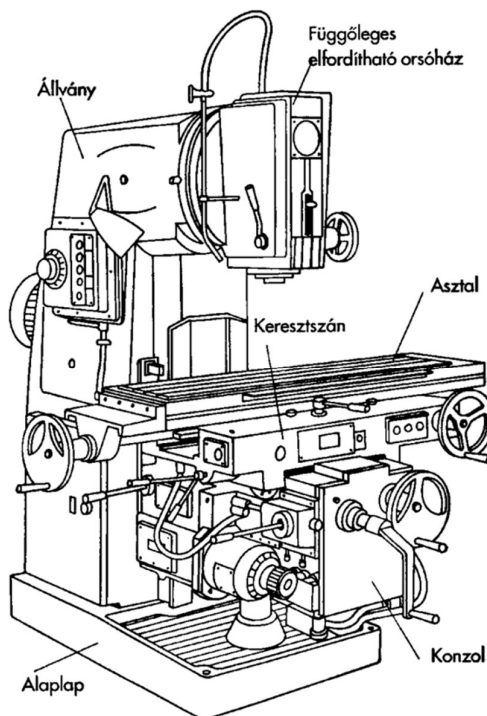
Az egy fősíkhöz tartozó két leolvasás különbsége az egytengelyűségi hiba kétszerese. A vizsgálatot a támasztócsapágó *A* és *B* állásában kell elvégezni. *A hiba szabványban található megengedett értékei a következők: A helyzetben a függőleges és vízszintes síkban egyaránt 0,03 mm, B helyzetben pedig 0,04 mm mindkét síkra vonatkozóan.*



6. ábra. Egytengelyűség-ellenőrzés a vízszintes marógép támasztócsapágó furata és a főorsó tengelye között

FÜGGŐLEGES FŐORSÓJÚ MARÓGÉPEK PONTOSSÁGI VIZSGÁLATA

Függőleges főorsójú marógép felépítése, főbb részei:



Az asztal felfogó felületének síklapúság ellenőrzése:

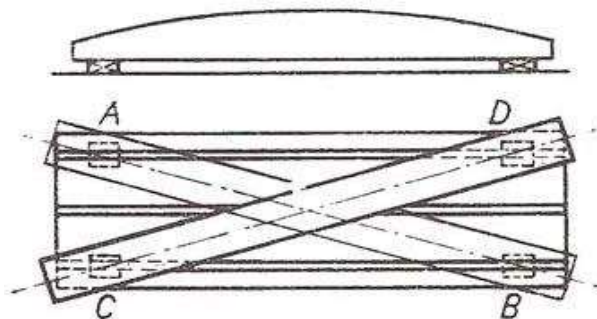
Mérőeszközök:

- Vonalzó (A hossza az asztal felfogó felületének feleljen meg. 1,5 m-nél nagyobb asztalhossz esetén lehet rövidebb, de legalább az asztal hosszának a felével legyen egyenlő.)
- Mérőhasábok
- Hézagmérő

Ajánlott megengedhető eltérés:

-0,04 mm 1000 mm-re, csak homorú lehet.

A síkot egyértelműen meghatározza három, nem egy egyenesbe eső pontja, ami legyen A, B, és C pontok. A vonalzózt a 1. ábra szerint az átlók irányában egyenlő mérőhasábokra fektetjük, a vonalzó és az asztalfelfogó lap közötti hézagot mérőhasábokkal és hézagmérővel kimérjük. Az A-B vonalzóhelyzet mellett meghatározzuk a felezőpontnál a hézagot. Ha a felezőpontnál a hézag a C-D helyzetű vonalzóállásnál más, akkor a két hézag különbségének kétszerese adja a D pont eltérését az A, B, C síktól. A síklap csak homorú lehet. Pontosabb eredményt ad, ha a felületet egyenlőség mérés-sorozat alapján minősítjük, amikor hossz, kereszt és átlós irányban végzünk eltérés mérést.



1. ábra. Az asztal felfogó felületének sík volta

Az asztal felfogó lapjának párhuzamossága az asztal hosszirányú mozgásával:

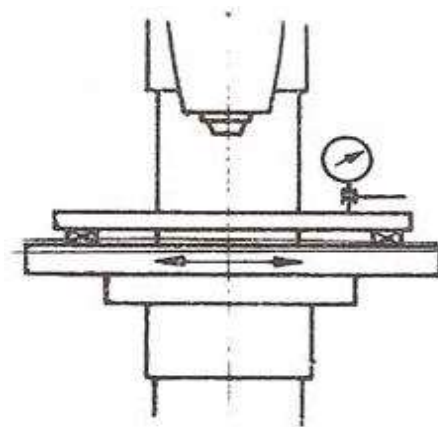
Mérőeszközök:

- Vonalzó (A hossza az asztal felfogó felületének feleljen meg. 1,5 m-nél nagyobb asztalhossz esetén lehet rövidebb, de legalább az asztal hosszának a felével legyen egyenlő.)
- Mérőhasábok
- Mérőóra mágnesalpas állvánnyal

Ajánlott megengedhető eltérések:

- 500 mm hosszirányú mozgásig: 0 - 0,02 mm
- 500 - 1000 mm hosszirányú mozgásig 0 - 0,03 mm
- 1000 mm hosszirányú mozgás felett 0 - 0,04 mm, minden esetben az asztal teljes elmozdulására vonatkoztatva.

Az asztal hosszirányú középvonalának két végén elhelyezett, egyenlő, párhuzamos mérőhasábokra vonalzót fektetünk (2. ábra). A mérőórát a főorsóhoz, vagy a gépállványhoz erősítjük úgy, hogy a tapintója a vonalzót érintse. Az asztal hosszában, az óra tapintója alatt vezetjük, közben az óra kitérését figyeljük. A konzol és a keresztveteték középhezletükben rögzítettek legyenek.



2. ábra. Az asztal felfogó lapjának párhuzamossága az asztal hosszirányú mozgásával

Az asztal felfogó lapjának párhuzamossága az asztal keresztirányú mozgásával:

Mérőeszközök:

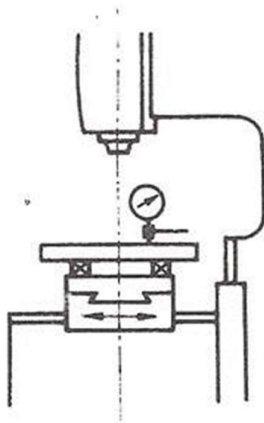
- Vonalzó (A hossza az asztal felfogó felületének feleljen meg. 1,5 m-nél nagyobb asztalhossz esetén lehet rövidebb, de legalább az asztal hosszának a felével legyen egyenlő.)
- Mérőhasábok
- Mérőóra mágnes talpas állvánnyal

Ajánlott megengedhető eltérés:

- 0,02 mm 300 mm-re vonatkoztatva. Az asztal külső része csak magasabb lehet.

Az asztalt hosszirányban középre állítjuk. A konzolt ugyanacsak középen rögzítjük. Az asztal közepén keresztirányban két egyenlő mérőhasábra vonalzózt fektetünk (3. ábra).

A mérőórát a mágneses talp segítségével az állványhoz erősítjük úgy, hogy a tapintója a vonalzózt érintse. Az asztalt keresztirányban, szélső helyzettől szélső helyzetig mozgatjuk, közben az óra kitérését megfigyeljük.



3. ábra. Az asztal felfogó lapjának párhuzamossága az asztal keresztirányú mozgásával

A maróorsó (főorsó) merőlegességének vizsgálata az asztal felfogó lapjához képest:

Mérőeszközök:

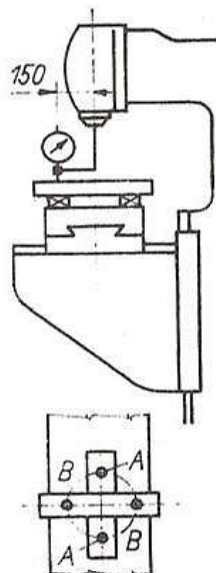
- Vonalzó megfelelő hosszban
- Mérőhasábok
- Mérőóra, könyökös mérőóra-tartóval

Ajánlott megengedhető eltérés:

- 0 - 0,02 mm 300 mm-re vonatkoztatva.

A konzolt és az asztalt - hossz- és keresztirányban - középhelyzetbe állítjuk. A mérőórát könyökös mérőóra-tartóval a főorsóhoz rögzítjük.

Egy vonalzót, melynek végei alá egyenlő magasságú mérőhasábokat helyezünk, az asztal felfogó lapjára fektetünk A-A, illetve B-B irányban (4. ábra). Hosszirányú mérésnél a mérőóra tapintója az A-A irányban elhelyezett vonalzót először egyik oldalon, majd a főorsó 180°-os elfordítása után a másik oldalon érinti. A két helyzetben az óra kitérését leolvassuk, és a leolvasott értékek különbsége adja a hibát. Keresztirányú mérésnél ugyanígy járunk el a B-B irányban.



4. ábra. A maróorsó merőlegessége az asztal felfogó lapjára

A főorsó belső kúpjának egytengelyűség vizsgálata:

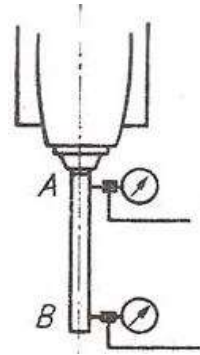
Mérőeszközök:

- Ellenőrzőtüske illesztőszárral, 300 mm hosszú hengeres mérőrészsel
- Mérőóra mágnesszalpas állvánnyal

Ajánlott megengedhető eltérések:

- A-nál: 0,01 mm - B-nél: 0,02 mm

Az ellenőrzőtüskét a kúpos illesztőszárral a főorsó furatába illesztjük. Lassan körbeforgatjuk a főorsót, miközben a tapintójával a tüske A, illetve B pontjára támaszkodó óra kitérését figyeljük (5. ábra). A mérést négyszer kell megismételni oly módon, hogy a tüskét az orsófejbe minden alkalommal az orsófejhez képest 90-90°-al továbbforgatva helyezük be. Hibának a négy mérés számtani közepét vesszük.



5. ábra. A főorsó belső kúpjának egytengelyűsége (futása)

A főorsófej külső központosító kúpos, illetve hengeres felületének futás ellenőrzése:

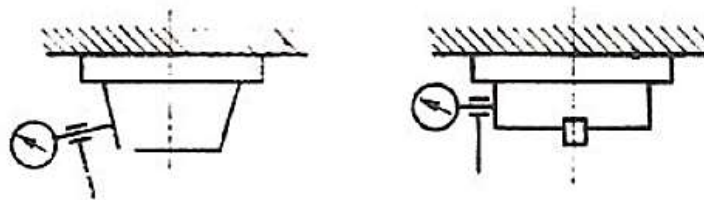
Mérőeszközök:

- Mérőóra mágnesalpas állvánnyal

Ajánlott megengedhető eltérés:

-0,01 mm maximális ütés.

A főorsót lassan forgatjuk és a mérőórán, amelynek tapintója a vizsgálandó felületet merőlegesen érinti, az ütést leolvassuk (6. ábra)



6. ábra A főorsófej külső központosító kúpos, illetve hengeres felületének futása

Tartalomjegyzék:

Bevezetés	1. oldal
A szerszámgépek vizsgálatának csoportosítása	1. oldal
Szerszámgépek pontossága	2. oldal
A pontosság fogalma	2. oldal
Geometriai pontosság	2. oldal
Megmunkálási pontosság	3. oldal
Geometriai pontosság jellemzőinek vizsgálata	4. oldal
Megmunkálási pontosság vizsgálata	11. oldal
Eszterga időszakos pontossági vizsgálatai	12. oldal
Az egytetemes eszterga felépítése, fő részei	12. oldal
A gépágy pontossági vizsgálatai	13. oldal
A főorsó pontossági vizsgálatai	16. oldal
A szánok pontossági vizsgálatai	20. oldal
A szegnyereg vizsgálata	22. oldal
A vezérorsó pontossági vizsgálatai	24. oldal
Az eszterga pontatlanságának hatása a munkadarab minőségére	27. oldal
Oszlopos vagy állványos fűrőgép saját pontosságának és merevségének vizsgálata	28. oldal
Oszlopos fűrőgép felépítése, fő részei	28. oldal
Állványos fűrőgép felépítése, fő részei	29. oldal
A gép alaplapján kialakított felfogólap síklapúságának vizsgálata	29. oldal
A fűrőorsó és a felfogó felület merőlegességének ellenőrzése	30. oldal
A felfogó felületek és vezetékük merőlegességének ellenőrzése állványos fűrőgépen	31. oldal
A fűrőorsók kúpos furatának, ill. kúpos végének a forgástengelyre vonatkozó egytengelyűség-vizsgálata	32. oldal
Az orsótőke vezetékének merőlegesség-vizsgálata	33. oldal
A fűrőorsó előtolásának merőlegesség-vizsgálata	34. oldal
A fűrőgép keretének merevségi vizsgálata	35. oldal
Vízszintes marógép saját pontosságának vizsgálata	36. oldal
Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és hosszirányú mozgása között	36. oldal
Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és keresztirányú mozgása között	37. oldal
Párhuzamosság ellenőrzése az asztal felfogólapja és a főorsó tengelye között	38. oldal
Párhuzamosság ellenőrzése az asztal keresztirányú mozgása és a főorsó tengelye között	38. oldal
A főorsó és belső kúpja közötti egytengelyűség vizsgálata	39. oldal
A támasztócsapágó furatának és a főorsó tengelyének egytengelyűségi vizsgálata	40. oldal

Függőleges főorsójú marógépek pontossági vizsgálata	41. oldal
Függőleges főorsójú marógép felépítése, főbb részei	41. oldal
Az asztal felfogó felületének síklapúság ellenőrzése	41. oldal
Az asztal felfogó lapjának párhuzamossága az asztalhosszirányú mozgásával	42. oldal
Az asztal felfogó lapjának párhuzamossága az asztal keresztirányú mozgásával	43. oldal
A maróorsó (főorsó) merőlegességének vizsgálata az asztal felfogó lapjához képest	43. oldal
A főorsó belső kúpjának egytengelyűség vizsgálata	44. oldal
A főorsófej külső központosító kúpos, illetve hengeres felületének futás ellenőrzése	45. oldal

Felhasznált szakirodalom:

Dudás István – Valázsik Árpád: Szakmai ismeret esztergályos szakma számára 59287
(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000)

Gregor Béla – Nagy László: Műhelygyakorlatok 891207
(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997)

Illés László – Szentirmay László: Laboratóriumi gyakorlatok III. 27665
(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972)

Dr. Kálmán András: Megmunkálógépek IV. évfolyam (Ideiglenes tankönyv, 1988)
Hervay Péter: Szerszám gép saját pontosságának vizsgálata II. (NSZFI)

Dr. Takács György – Szilágyi Attila – Demeter Péter – Barak Antal: Forgácsoló
szerszám gépek ([https://www.google.hu/webhp?sourceid=chrome-
instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-
8#q=forgacsolo%20szerszam%20gepek](https://www.google.hu/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=forgacsolo%20szerszam%20gepek))

Hervay Péter: Szerszám gép saját pontosságának vizsgálata II.(NSZFI, A követelménymodul
megnevezése: Mérőtermi feladatok)

http://www.sasovits.hu/cnc/irodalom/Eszterga_pontossagi_vizgalata.pdf

<http://www.slideserve.com/bullas/g-pek>

Képek:

https://www.google.hu/search?q=szerszam%20gepek&espv=2&biw=1280&bih=899&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIvPvzgNmZyQIVBXVyCh30QQEn#tbn=isch&q=esztergalyos%20szerszam%20gepek

https://www.google.hu/search?q=szerszam%20gepek&espv=2&biw=1280&bih=899&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIvPvzgNmZyQIVBXVyCh30QQEn#tbn=isch&q=forgacsolo%20szerszam%20gepek

https://www.google.hu/search?q=mar%20szerszam%20gepek&espv=2&biw=1280&bih=899&site=webhp&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIq-WQudqZyQIV6PByCh2k7Arf