

Koordináta mérőgépek mérés technikai problémái

Barati Róbert*

Napjaink elterjedt mérőeszközei a térbeni méreteket meghatározó koordináta mérőgépek. Az ipar számos területén alkalmazzák ezeket, annak ellenére, hogy bizonyos területeken talán nem is lenne szükség ezekre a berendezésekre, vagy mérés technikai szempontból az adott feladat ellátására alkalmatlanok. A cikkel azoknak kívánunk segítséget nyújtani, akik egy mérés technikai feladathoz koordináta mérőgép beszerzését tervezik, vagy a már meglévő koordináta mérőgéppel kívánnak feladatokat megoldani.

A koordináta mérőgépek felépítésükből és feladatukból adódóan minden tengelyirányban megsértik az Abbe-elvet (a mérendő méret és a mérőeszköz skálája nincs egy hatásvonalban). Ezen felül ha már az Abbe-elv¹ nem teljesíthető, akkor alapvető mérőeszköz építési szabályt, hogy a hatásvonalak távolsága lehető legkisebb legyen. Ez a felépítésből adódóan szintén nem teljesíthető, de ebben az esetben illendő lenne az ágyazási távolságot a hatásvonalak távolságának többszörösére választani, mivel így a vezetékek egyenatlenségi hibáiból származó elsőrendű parallaxis hiba mértéke csökkenthető. A fenti elvekre és szabályok figyelembe vételére szép példa a ZEISS üzemi mérőmikroszkópja, ahol az egyik tengelynél az ABBE-elv teljesül, a másik tengelynél pedig az ágyazási távolság a hatásvonalak távolságának legalább nyolcszorosa).

A koordináta mérőgépeknél az ágyazási távolság a legnagyobb hatásvonal távolságnál általában kevesebb, ha nem a fele. Ennek következtében, ha egy gyártó megfelelő pontosságú koordináta mérőgépet szeretne gyártani, alapvetően két út marad számára. Az egyik, hogy olyan pontos ágyvezetéseket és olyan merevségű szerkezetet épít, amelynél a megsértett mérési elvek ellenére is kielégítő pontosság érhető el (lásd pl. SIP mérőgépek), a másik, hogy az ésszerűség határain belül elkészített adott pontosságú mechanikát számítástechnikai segédlettel helyesbítés (korrekció) alkalmazásával tovább pontosítja.

Ez utóbbi módszert legjobb tudomásom szerint az összes gyártó alkalmazza több-kevesebb sikerrel. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően a korszerű helyesbítő eljárások segítségével egy kellően igényesen kialakított szerkezeti felépítés esetén akár egy nagyságrenddel is lehet javítani a gép pontosságát. Ennek a pontosításnak csupán a kalibrálás bizonytalansága – amely magában foglalja a gép ismétlőképességét is –, az alkalmazott helyesbítő (korrekciós) eljárás finomsága és a figyelembevett torzítások száma szab határt.

Alapvetően kijelenthető az, hogy egy jól felépített, megfelelő környezetben üzemeltetett koordináta mérőgép korrekciók nélküli pontossága várhatóan nem haladja meg a $\pm(10 + 10L)$ μm határértéket. Tehát, akinek ennél nagyobb pontosságra nincs szüksége, az fellelegezhet. Aki ennél pontosabb méréseket kíván végeztetni, annak gondolni lehetnek a mérések során.

* DigiMet Bt.

¹ Abbe-féle elv, (komparátor elv): A gépipari hossz mérés technika egyik legfontosabb alapelve, amely szerint egyrészt a mérendő darabot a mérce irányvonalába, annak folytatásába kell helyezni, hogy az elsőrendű hiba kiküszöbölődjék; másrészt lehetőség szerint nagy nagyítású optikai leolvasást kell alkalmazni. Ezt az elvet Ernst Abbe jénai professzor (a Zeiss művek egyik alapítója) 1893-ban fogalmazta meg.

A mérőgépek gyártói általában a helyesbítéssel (korrekcióval) csökkentett hibahatárokat adják meg. Ez így jó is lenne, ha azt is elmondanák, hogy ez egy korrekció után visszamaradó pontatlanság. Ekkor ugyanis felvetődik a kérdés, melyek azok a jellemző értékek (paraméterek), amelyeket a gyártó a helyesbítés során figyelembe vett, és melyek azok, amelyeket valamilyen megfontolás alapján elhanyagolt. Erre a kérdésre nehéz pontos választ adni, de a cikkben megpróbálom sorra venni ezeket az összetevőket, egy kis segítséget adva ezzel az esetleges ellenőrzésekre, illetve a gyártó felé feltett kérdések összeállításához.

A koordináta mérőgépet használók általában nem „jól viselkedő” munkadarabok méreteit szeretnék a mérőgéppel meghatározni, ezért általában az összes hibaösszetevő terheli méréseinket.

Ezek a hibaösszetevők az alábbiak:

- tengelyek egyenességi eltérései,
- tengelyek merőlegességi eltérései,
- tengelyek billegései,
- tengelyek csavarodásai,
- az útmérők skálahibái.

Tengelyek egyenességi eltérései

Mivel legalább két koordinátában mérünk, nem egy koordináta-tengely mentén, a tengelyeink egyenességi eltérései összetett módon torzítják mérési eredményeinket. A torzítás mértéke függ a tengely pontosságától, valamint a mérendő méret térbeli helyzetétől. Az egyenességi eltérés mértéke függ az alkalmazott gyártástechnológiától és az **anyagválasztástól**. Tapasztalatom szerint az ebből származó torzítás határértéke kisebb gépeknél általában nem haladja meg az 5 μm -t, nagyobb gépeknél sem több mint 15 μm .

Így 150~200 mm-ig az ebből származó hibatag nem haladja meg a 2~3 μm -t. Ha törekszünk arra, hogy lehetőleg tengelyirányú méréseket végezzünk, a hibatag jelentősen csökkenthető.

Tengelyek merőlegességi eltérései

Az előbbiekkal azonos módon szinte azt mondhatjuk, hogy ez a hibaösszetevő minden mérésünket terheli. Mértéke a keresztirányú elmozdulással arányosan növekszik. Ezt a hibaösszetevőt általában minden gyártó figyelembe veszi, így ezzel szerencsére nem kell foglalkoznunk. E hibatagról is elmondható, hogy tengelyirányú méréssel kiejthető.

Tengelyek billegései

A vezetékek egyenességi eltéréseiből, valamint a gépalap torzulásaiból származóan a mozgó elemek a mérési tartományon belül billegő mozgást végeznek, ebből a vezetési ponttól távolodva egyre nagyobb hiba származik. A gépek felépítéséből adódóan ezeket a hibákat szinte semmilyen mérési összeállításban nem tudjuk elkerülni. Az ebből adódó hibatag mértéke akár 15 μm is lehet. Ez a hibatag hasonló

módon viselkedik, mint a merőlegességi eltérésből származó hibatag, de hosszirányú összetevője is van. Mértéke a hossz- és keresztirányú elmozdulás mértékével is változik.

Tengelyek csavarodásai

Az ágyazat csavarodásából származó hibatag, az egyenességi eltérésből származó hibataghoz hasonlóan, nehezen becsülhető, hiszen a mérési tartományban szinte bármilyen értéket felvehet. A csavarodás vizsgálatára jelenleg nem ismerek kielégítő módszert, így ennek mértékére sajnos nem tudok tájékoztató adatot adni. Fontos megjegyezni, hogy a mérőgép felépítéséből adódóan ez a hibatag talán a Z tengelyen jelenthet jelentős, megoldandó feladatot ha a tapintószár a tengelyből 100~200 mm távolságra van. Vagyis, ha valamilyen furatban szeretnénk méréseket végezni, akkor ez a hibatag számottevő lehet.

Az útmérők skálahibái

Szerencsére ezek a hibák általában az eddig említett hibatagokhoz képest lényegesen kisebbek, és a helyesbítésük könnyen megvalósítható, így szinte minden gyártó figyelembe is veszi. Tehát ezzel a gyakorlatban nem kell foglalkoznunk.

Összegzés:

Röviden áttekintettük a koordináta mérőgépek használatakor fellépő összes hibafajtát, ez némi segítséget nyújthat a felhasználóknak a megoldandó feladat továbbgondolásához. Ez a rövid cikk messze nem ad teljes körű, tudományos igényességű áttekintést a témáról, de erre az alkalmazónak nincs is szüksége. Arra viszont elegendő, hogy néhány, eddig talán számba sem vett hibaforrásra rávilágítson, és a gyártóval történő kapcsolattartás során támpontokat adjon a kérdések feltevésében, valamint, ami talán még ennél is fontosabb, segíthet abban, hogy a mérések megtervezésénél ezeket a hibafajtákat figyelembe tudjuk venni. Ha azt szeretnénk megtudni, hogy mérőgépünk milyen állapotban van, akkor egy mindenre kiterjedő kalibrálás mondhatja csak meg az adatokat. A gyártók általában maguk szeretik kalibrálni gépeiket, és ami ennél is lényegesebb, a helyesbítő tényezők beállítását is maguknak sajátítják ki. Nyilván ez nem mindig előnyös a felhasználóknak.

A kalibráláson túlmenően a felhasználó számára még egy lehetőség marad. Tervez és készít, vagy terveztet és készített egy olyan etalont, amely a mérési feladataihoz legjobban hasonlít. Ezt kalibráltatja egy kalibráló laboratóriumban, majd ezzel az etalonnal időről időre ellenőrzi a mérőgépe állapotát. Ha az így kapott hibák nem haladják meg az általa felállított határértékeket, akkor a mérőgép az adott mérési feladatok elvégzésére megfelelő.

Ez az ellenőrzési eljárás alkalmas a gép állapotának követésére is, így ezzel idővel értékes forintokat lehet megtakarítani. Természetesen az etalon gyártási, és kalibráltatási költségeit sem szabad figyelmen kívül hagynunk.