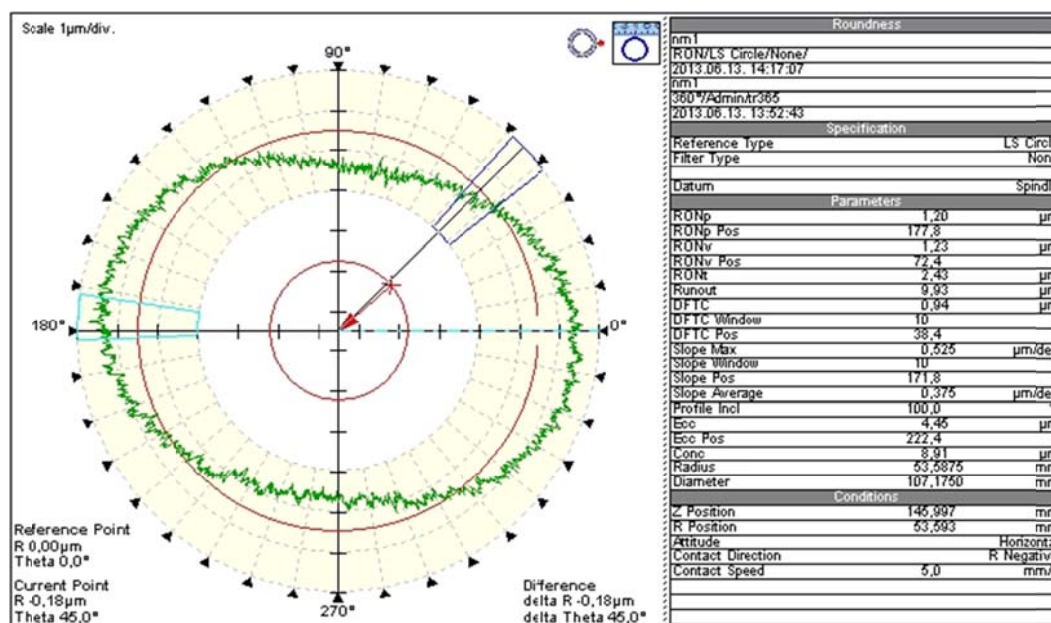


7. Geometriai méret, alak és helyzeteltérések meghatározása

A gépkatrészek összetett alakúak, kivéve a csapágygolyót, ami a technika jelenlegi állása és tudomásom szerint egyszerűen gömb alakú. A felületek alakját vagy a működés, vagy egyéb szempontok határozzák meg, pl. a design. Működés szempontjából elfordulást lehetővé tevő felületnek forgásszimmetrikusnak kell lenni, egyenes vonalú elmozdulást biztosító felületnek egyenesnek, vagy síknak, vagy henger alakúnak kell lennie. A csavarmenetek profilja, vagy a fogaskerekeknél használt evolvensprofil a kapcsolódás szempontjából optimalizált kialakítású. A munkadarabok tényleges felülete csak megközelíti a névleges felületet. Egyenest, kört, síkot, gömböt a gyakorlatban meg tudjuk valamennyire közelíteni, amikor előállítjuk. A geometriai méreteket is csak a felületek alakjával kapcsolatban tudjuk értelmezni, pl. egy hengeres csap hossza (a véglapok közelítő síkjainak a távolsága), átmérője (a közelítő kör átmérője). Egy felületet az összes pontja határozza meg, amit sem érzékelni, sem feldolgozni nem tudunk. A következő ábra egy dugós idomszer henger alakú nemmegy-oldalának köralakvizsgálóval letapogatott profilját mutatja. Az érzékelés egy 2 mm átmérőjű gömbbel sugárirányban és középmagasságban letapogatva történt, az idomszer forgatása 2 fordulat/perc fordulatszámmal, a pontsűrűség kb. 20.000/fordulat (kb. szögpercenként 1 érték).



7.1 ábra: Dugós idomszer nemmegy-oldalának az alakja köralakvizsgálóval érzékelve

A kép sugárirányban torzítva mutatja a pontokat, hogy a köralaktól az eltérést érzékelni lehessen. A sugárirányú osztás 1 µm, ami kb. 10 mm-re lett nagyítva, ezzel a nagyítás kb. 10.000-szeres. A felületnek kb. 2 µm ovalitása van (vagy lehetséges, hogy az ovalitást az okozta, hogy a letapogatás nem a tengelyre merőlegesen, hanem ferdén történt, mert a munkadarab tengelye nem esett egybe a tárgyasztal forgástengelyével!), ennyivel nagyobb a felület köré írható kör átmérője a beírható kör átmérőjénél és a kis- és nagyátmérő közel merőleges irányban helyezkedik el. Az ovalitáson kívül van a felületnek egy 0,5 µm-nél kisebb felületi egyenetlensége, ami véletlenszerű, a mintázatban szabályosságot nem lehet felfedezni. Ha a köralakvizsgálóval több magasságban letapogatjuk a felületet, akkor a felületről térbeli képet kaphatunk. Ha a csap átmérőjét a mért profil alapján meg akarjuk határozni, akkor az érzékelt pontok közötti legkisebb és legnagyobb távolság között ez bármi lehet. Mivel ennek a felületnek kör alakúnak kellene lennie, ezért a méretét az alakjával kapcsolatban határozzuk meg. Az érzékelt pontokkal háromféleképpen lehet kört kapcsolatba hozni:

- a beírható kör a 3 legbelső ponton átmenő kör
- a körülírható kör a 3 legkülső ponton átmenő kör
- a kiegyenlítő kör, amelyikhez képest a belül és kívül eső pontok eltérései kiegyenlítik egymást.

Általában a kiegyenlítő kört használjuk, mivel a kiegyenlítő kört az összes pont együtt határozza meg, míg a köré- és a beírható köröket csak a 3-3 szélső pont. Meg lehetne adni ezt a profilt az érzékelt 20.000 pontjával henger-, vagy derékszögű koordináta-rendszerben táblázatosan, vagy szövegesen a kiegyenlítő kör átmérőjével, a köralakhibájával és az egyenetlenségével.

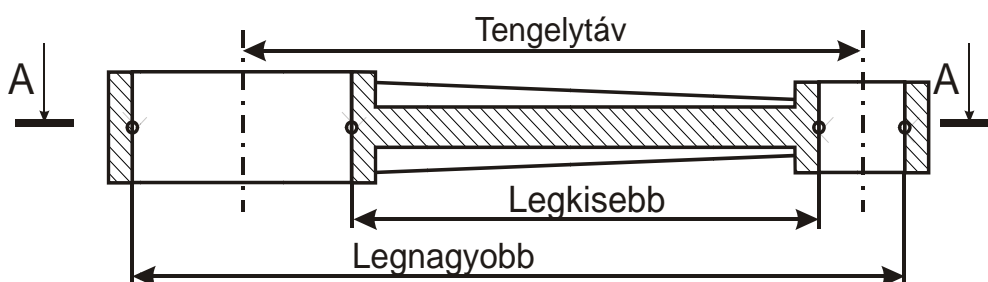
Ha ugyanezt a felületet mikrométerrel mérjük több irányban, akkor a 2 μm -es ovalitást legfeljebb szerencsés esetben (ha gyakorlott a mérőszemély, jó a mikrométer) lehet érzékelni, egy átlagos mikrométeres méréssel ezt a hengeres csapot kör alakúnak fogjuk érzékelni, amit természetesen nem úgy kell értelmezni, hogy a felület kör alakú, hanem, hogy a felület éppúgy lehet kör alakú, mint ahogy legfeljebb 2-3 μm -es köralakhibája is lehet, amit a mikrométeres mérés egyértelműen nem tud már kimutatni.

A helyzethiba értelmezését a belsőégésű motor hajtórúdjának példáján mutatom be.

Hajtókarhossz alatt nem a befoglaló méretet érti a szakma, hanem a két hajtókarfurat (nagyszem és kishozem) távolságát. A hajtókart az 7.2 ábra mutatja.



7.2 ábra: Belsőégésű motor hajtókar



7.3 ábra: A furattengelyek távolságmérése egy irányban (1D), 4 ponton

Megmérjük a furatok közötti legkisebb és legnagyobb távolságot a hajtókar középsíkjában és ezeknek a méreteknek az átlaga adja a furattávolságot. Ez a mérés és a kiértékelés is egyszerű, a furatfelületek pontjai közül összesen 4 pontot mérünk. Koordináta mérőgépen ezt a négy pontot megmérve az 7.1 táblázat értékeit kapjuk (értékek mm-ben).

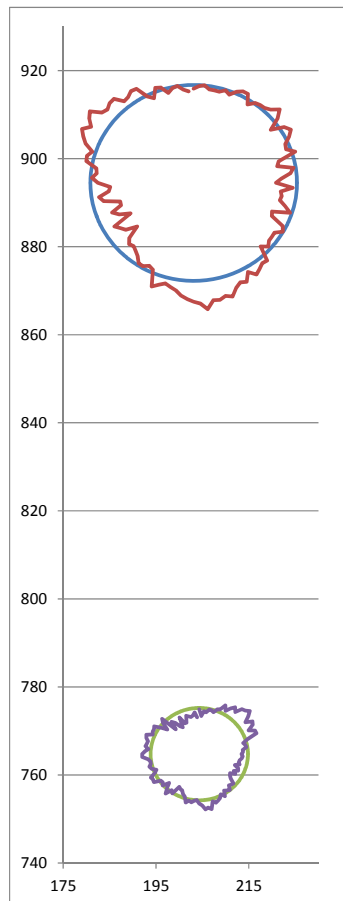
Ssz.	x	y	z
1	204,326	775,223	377
2	204,873	754,254	377
3	203,126	916,751	377
4	204,289	872,262	377

7.1 táblázat: A négy pont térbeli koordinátái

Ezekből a koordinátákból a furattávolságra 129,773 mm, a furatok átmérőjére pedig 44,504 mm és 20,976 mm adódik.

Ha ezt a mérési feladatot két dimenzióban – síkbeli problémaként – kezeljük, akkor a furatfelületeken a középső metszősíkban (A-A) a kerület mentén sok (4-8-20-50-100 ...) pont koordinátáit mérjük ki. A Talyrond 365 típusú köralakvizsgálóval mért pontokat exportáljuk, 0,1

fokenként, tehát összesen 3.600 pont x-y koordinátáit kapjuk meg, belső kiértékeléssel 1 szögperces felbontással 21.600 ponttét. A 7.4 ábra koordináta mérőgépen (MAHR PMC800) 120 ponton (3 fokenként) a középsíkban mérve mutatja a furatfelületek pontjait. Ahhoz, hogy vizuálisan érzékelnünk lehessen a pontok eltérését a névleges köralakhoz képest, ezért a pontok legkisebb négyzetek szerinti közelítő köreit is ábrázoltam, és a mért pontok eltéréseit a közelítő körökhöz képest 1000-szeres nagyításban jelenítettem meg.



7.4 ábra: A furattengelyek távolságának meghatározása, síkbeli (2D) problémaként kezelve

A hajtókarfuratok nem kör alakúak, csak valamennyire közelítik meg a kört. A pontok köralakhibáját az összes pontot közelítő körtől a legtávolabb eső pontok (befelé és kifelé) távolságaként fejezzük ki számszerűen. [22]

A mért furatpontokat közelítő köröket meghatározva a furatok átmérőjét a közelítő körök átmérőjeként és a furatok távolságát a közelítő körök középpontjainak távolságaként értelmezzük. Ezzel a méréssel 2 x 120 furatpontot mérve és a közelítő körök meghatározásával, tehát a legelső méréshez képest jóval nagyobb ráfordítással a tengelytávolságra 129,768 mm-t és a furatátmérőkre a következő értékeket kaptuk (7.2 táblázat).

	x	y	z	r	d	alakhiba
kiskör	204,3231	764,732	377	10,49128	20,98257	0,00352
nagykör	203,125	894,4943	377	22,25754	44,51509	0,006761

7.2 táblázat: A síkbeli mérésből a hajtókarfuratokra meghatározható méretek

Ezek a méretek, mivel több pontra vonatkoznak, ezért jobban közelítik a valóságot, nagyobb a megbízhatóságuk. Többtinformációt a köralakhibák mértéke jelenti, és az, hogy látjuk, milyen jellegű és hogyan helyezkedik el a köralakhiba.

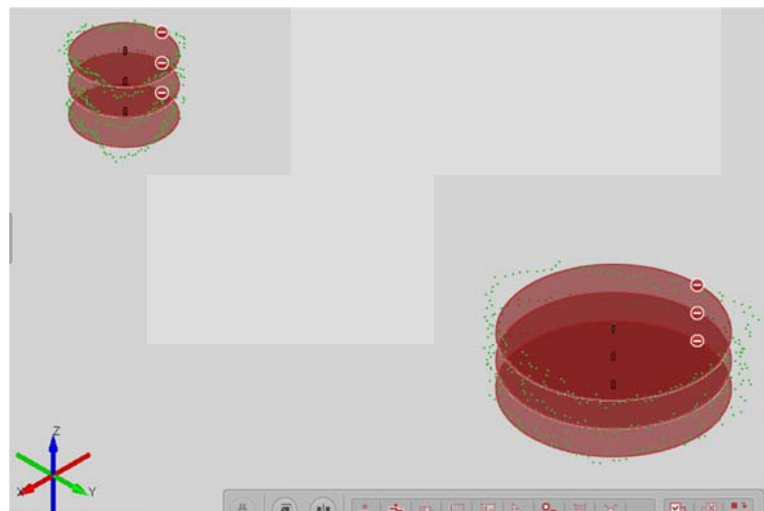
A furatfelületeket térben mérve, koordináta mérőgépen furatonként 3 metszetben, metszetenként 120 ponton (a mért pontokat a 7.5 ábra mutatja) a kiértékelés is térbeli lesz. Meghatározzuk a mért pontokat közelítő hengereket a legkisebb négyzetek módszerével. A furatokra kapott értékeket a 7.3 és 7.4 táblázat mutatja. A furattengelyek távolsága 129,7675 mm. Többletinformáció az előző 2D méréshez képest, hogy a 3 metszet köralakhibái mellett megkaptuk a furatok hengerességi hibáit, valamint nemcsak a furatok távolságait (térben a legkisebb és a legnagyobb), hanem a furatok tengelyeinek párhuzamossági hibáját is: 0,011294 mm, illetve 0,0462°.

	sugár	átmérő	alakhiba
henger1	10,49092	20,98183	0,0046
henger2	22,25605	44,51209	0,007857

7.3 táblázat: A hajtókarfuratokat közelítő hengerek mérete és alakhibája

	x	y	z
p1	204,320677	764,726419	384
p2	204,324988	764,73801	370
p3	203,125191	894,494085	384
p4	203,12555	894,494345	370

7.4 táblázat: A hajtókarfurat közelítő hengereinek tengelypont-koordinátái















7.5 ábra: A hajtókarfuratok térbeli képe a furatok közelítő köreivel (GOM INSPECT)


Ez a példa azt szemlélteti egyrészt, hogy a problémát 1-2-3 dimenzióban kezelve, nagyobb ráfordítással, egyre megbízhatóbb értékeket kapunk és új információkat is nyerünk.

Ezzel a példával látható, hogy **felületek méretének, alakjának, helyzetének és felületi érdességének meghatározásához az első lépés a felület pontjainak érzékelése (térbeli koordinátáinak meghatározása), a következő lépés síkban a pontokat közelítő névleges profil, térben pedig a pontokat közelítő névleges felület meghatározása és ebből fog adódni a keresett méret, alak, helyzet és felületi érdesség.**

Az alak- és helyzethibák összefoglalása [DIN ISO 1101] (összefüggés, megnevezés, jelölés):

Típus		Megnevezés	Jel
önálló elemek	alakhibák	egyenesség	—
		síklapúság	□

önálló, vagy vonatkoztatott elemek		köralak	
		hengeresség	
		alak (profil síkban)	
		felület (profil térben)	
vonatkoztatottak	irányítottak	párhuzamosság	
		merőlegesség	
		szög(helyzet)	
	helyre vonatkozók	helyzet (pozíció)	
		egytengelyűség	
		szimmetria	
	ütések	ütés	
		teljes ütés	

A tűréseket a műszaki rajzokon négyszögletesen bekeretezve, a vonatkozó felületre, vagy méretvonalára nyilazva, a jelével, mm-ben a határértékével és a vonatkoztatási felülettel (bázis) adják meg. Ha a határérték a legnagyobb anyagterjedelem (Maximum-Material-Bedingung) esetére vonatkozik, akkor azt a következőképpen jelölik: 

A legnagyobb anyagterjedelem figyelembevétele azt jelenti, hogy a helyzettűrés összefügg a mérettűréssel. Ha pl. a helyzettűrés furatra vonatkozik, akkor amennyivel nagyobb a furat mérete a névleges méretnél annál nagyobb lehet a helyzettűrése, és fordítva: amennyivel kisebb a mérete, annyival kisebb lesz a helyzettűrése is.

A helyzettűrés ha magában szereplő szám, pl. 0,2, akkor ez azt jelenti, hogy egy furatnak a tényleges tengelyének a névleges helyzetnek megfelelő középpontú és 0,2 mm sugarú körbe kell esnie. Ha a szám előtt átmérőjel szerepel ($\varnothing 0,2$), akkor ez azt jelenti, hogy az előzőhöz képest fele akkora a helyzettűrés, mert a tényleges pozíciónak a névlegeshez képesti 0,2 mm átmérőjű, tehát 0,1 mm sugarú körbe kell esnie.

Az egyenestűrés azt jelenti, hogy az érintett geometriai elem összes pontjának két olyan egymással párhuzamos egyenes közé kell esnie, amelyek távolsága a tűrés.

A síklapúságtűrés azt jelenti, hogy az érintett geometriai elem összes pontjának két olyan egymással párhuzamos sík közé kell esnie, amelyek távolsága a tűrés. Ugyanígy folytatódik a köralak és a hengerességtűrés.

A (síkbeli) alaktűrés azt jelenti, hogy a tényleges profil minden pontjának a névleges profil minden pontjába a tűrésnek megfelelő sugarú köröket illesztünk, akkor ezeknek a köröknek burkolóvonalai közé kell esnie. Ennek megfelelően egy térbeli felület alaktűrésénél a tényleges felület pontjainak a névleges felület minden pontjába illesztett tűrés-sugarú gömbök burkolófelületei közé kell esnie.

A párhuzamosságtűrés azt jelenti, hogy a vonatkozó egyenesnek (pl. tengely) két, a bázisegyenessel párhuzamos, egymástól tűréstávolságra elhelyezkedő egyenes közé kell esnie. Az ütéstűrés azt jelenti, hogy vonatkoztatási tengely körül megforgatva és az adott irányban (radiális, axiális, vagy adott) mérve a darabot az elmozdulásnak a tűrésnél kisebbnek kell lennie (egy teljes körülfordításra). A teljes ütés abban különbözik az ütéstől, hogy az ütést elég 1 helyen/metszetben 1 körülfordítással meghatározni, a teljes ütésnél a felület összes pontját végig kell mérni (sok körülfordítás, több metszetben kell).