



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Műszaki és Informatikai Kar
Mérnöki és Smart Technológiák Intézet
Gépészmérnöki Tanszék



FÜR ALEX TAMÁS

Induktív Blokkmérő Tervezése

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Pécs, 2024

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Irodalomkutatás.....	4
1.1. Cég bemutatása, feladat környezete.....	4
1.2. Az induktív blokkmérő ismertetése	6
1.3. Blokkmérő metrológiája	9
1.4. Induktív szenzor.....	11
1.5. Pneumatika.....	13
1.6. Terméktervezés	14
1.7. Piackutatás	15
2. Blokkmérő koncepciók tervezése.....	19
3. Blokkmérő konstrukciós tervezése	21
3.1. Fő egységek tervezése.....	21
3.1.1. Alap konstrukciós tervezése	21
3.1.2. Mozdó egység	23
3.1.3. Hátsó egység	24
3.1.4. Alap és mozdó egység illeszkedése és arányai	25
3.2. Belső egységek.....	26
3.2.1. Pneumatikus egységek kialakítása.....	26
3.2.2. Állítórugó.....	30
3.2.3. Induktív szenzor helyzete	32
3.2.4. Rugólemez	32
3.3. Tapintó egység.....	34
3.3.1. Tapintótartó.....	34
3.3.2. Állíthatóság.....	35
3.3.3. Leszorítás	36
3.3.4. Tapintó befogók	38
4. Blokkmérő elvárt működése	39
5. Összeszerelés és tesztelés konstrukciós tervei	40
Összegzés.....	41
Ábrajegyzék.....	42
Irodalomjegyzék	43
Mellékletek	44

Bevezetés

Napjainkban a felgyorsult ipar és piaci igények egyre jelentősebbek. Minden ágazatban a vállalatok a legjobbat akarják nyújtani saját területükön belül a megrendelő felé, így van ez a gépészet, azon belül is a forgácsolt alkatrészek gyártásánál. Ha egy alkatrész után megnő az igény, több darabszámban történik a megrendelés, akkor a cégeknek gyorsan kell reagálniuk és a lehető legjobb módszert alkalmazniuk a kereslet kielégítése érdekében. A hatékonyság növeléséért, sokféle módszert alkalmaznak, ilyen például a Lean gyártás filozófiája, melynek lényege, hogy feltérképezzék egy gyártási folyamat működését és a felesleges tevékenységeket, valamint a helyettesítésre szolgáló technológiákat felkutassák és olyan gyártási ötletek szülessenek, amelyek felgyorsítják, költséghatékonyabbá teszik és javítják a megelőző megoldást. [1]

A mai ipari geometriai mérés technika gyors és nagy változáson mennek keresztül, amit nagyban befolyásolnak az Ipar 4.0 és 5.0 kihívásoknak való megfelelés. Ezzel összhangban több kulcsfontosságú folyamatot is érdemes megemlíteni. Az egyik igény a nagy pontosság mellett a mérések igen gyors elvégzése, gyors gépkezelés, gyors mérőfejmozgások. Emellett egyre jobban megfigyelhető, hogy a mérések helye a mérőszobákból, laborokból tendencia jelleggel egyre inkább beépül a gyártósorokba, az automatikus, intelligens mérőeszközök közvetlenül a gyártógépek részei lesznek. [2]

Az automatizálás, mely a gépészeti irányban a legelterjedtebb, önműködő folyamatok, amiket gépek, robotok, programok végeznek lehetőség szerint humán beavatkozás nélkül. Célok közé tartozik a biztonság, munkaerő tehermentesítése, termelés növelése és a minőségi munka elvégzése.

A dolgozatomban egy mérőberendezés megalkotása, ami egy automatizált folyamat részeként működik és kielégíti a fentebb említett elvárásokat. Kutatásaim során egy olyan eszközt tervezek, ami a piacon más-más formában megtalálható [3] [4], viszont bizonyos fajták tesztelése és információk gyűjtése után több problémát is feltártam a megoldásokban, így azok átgondolását követően terveztem meg egy egyedi kialakítású blokkmérőt.

1. Irodalomkutatás

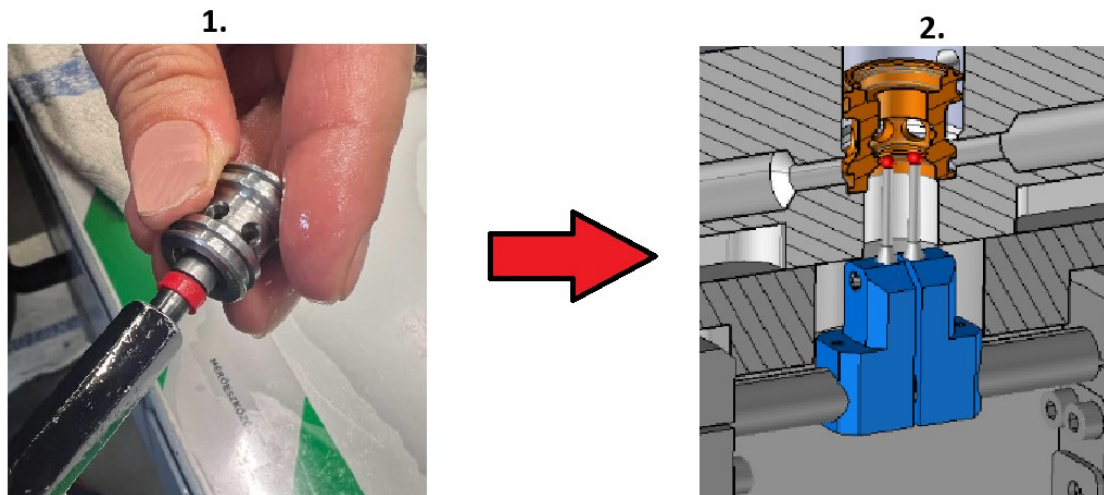
1.1. Cég bemutatása, feladat környezete

Duális tanulmányaimat a MATRO Kft. -nél [5] végzem, ahol a cég fő profilja, forgácsolással előállított alkatrészek, szerszámbefogók gyártása. A vállalat. jelentős fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedben. Dél-Dunántúl legmeghatározóbb autóipari beszállítójává nőte ki magát, melyet a modern, piacképes megmunkálási technológiájának, folyamatos fejlesztéseknek és több évtizedes tapasztalatának köszönhet. Főbb megrendelők személygépjármű, haszongépjármű gyártók, illetve az autóiparon túlmenően a gyógyászati és pneumatika területén tevékenykednek.

A cégben már több évre visszamenőleg megkezdődtek a gyártásautomatizálás folyamatok fejlesztése, amik máig is tartanak. Robotizált esztergák mellett zárt szabályozási körök működnek, melyek szerszámgépből, handling robotból (többtengelyes automatizált ipari robotkar) és mérőeszközökből állnak. Az utóbbihoz kapcsolódik feladatom, ami lehetővé teszi egy alkatrész kívánt méretének ellenőrzését az automatizált folyamat része ként.

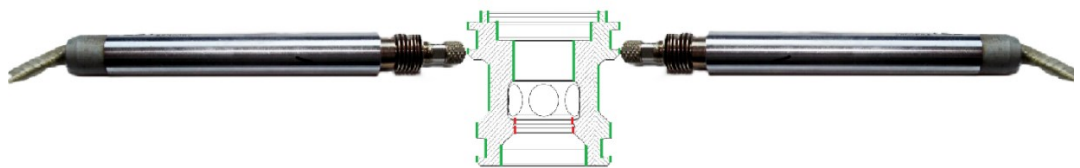
A sorozat gyártott darabok akár pár másodpercenként esnek ki a gépekből, amik szűk mérettűréssel rendelkezhetnek. Ilyen például egy perselyszerű alkatrész, ami 0,01-os tűrésmezővel rendelkezik. A robotcellákban a mérő műszerek, melyek nagy részét induktív tapintók alkotják, komplex módon egyidejűleg több szükséges méretet ellenőriznek, viszont vannak olyan helyek, amikhez nem férnek hozzá. Például egy furatban elhelyezkedő keskeny perem, melynek ellenőrzését nem a bent található egységek, hanem emberi erőforrás bevonásával egy Taylor-elv¹ szerinti dugós idomszerrel végezték. Lásd 1.ábra.

¹ A dugós idomszerek furatok méret- és alakhelyességének ellenőrzésére szolgáló mérőeszközök. Készülhetnek kétoldalas, illetve - a tömeg csökkentése miatt - egyoldalas kivitelbe. [10]



1. ábra: Idomszeres mérés helyettesítése blokkmérővel

Az 1. ábrán egy tömítő persely méretellenőrzése látható, melyre az előzőekben tárgyalt mérhetőségi probléma vonatkozik. A munkadarabnak számos mérendő átmérője van, melyet az autóiipari szabványok miatt darabonként ellenőrizni kell. A zölddel jelölt külső és belső felületeket méretének mérése induktív szenzorokkal vagy az utóbbit, más mérő eszközök, mint például Air Gauge² technológiával könnyedén megvalósítható. A pirossal jelölt belső keskeny perem átmérőjének ellenőrzése nem valósítható meg az előbb említett technológiákkal. Ezért annak automatizált méretellenőrzésének kielégítésére a blokkmérő egy megfelelő megoldást nyújt.



2. ábra: Mérhető és nem mérhető felületek

²A légmérés érintésmentes összehasonlító mérési módszer. A levegőmérési koncepció a fizika törvényén alapul, amely szerint az áramlás és a nyomás egyenesen arányos a hézaggal, és fordítottan reagálnak egymással. A levegőmérési koncepció a fizika törvényén alapul, amely szerint az áramlás és a nyomás egyenesen arányos a hézaggal, és fordítottan reagálnak egymással. A nyomáskülönbségeket ezután elektronikusan konvertálják, hogy pontos méretértéket kapjanak. [9]

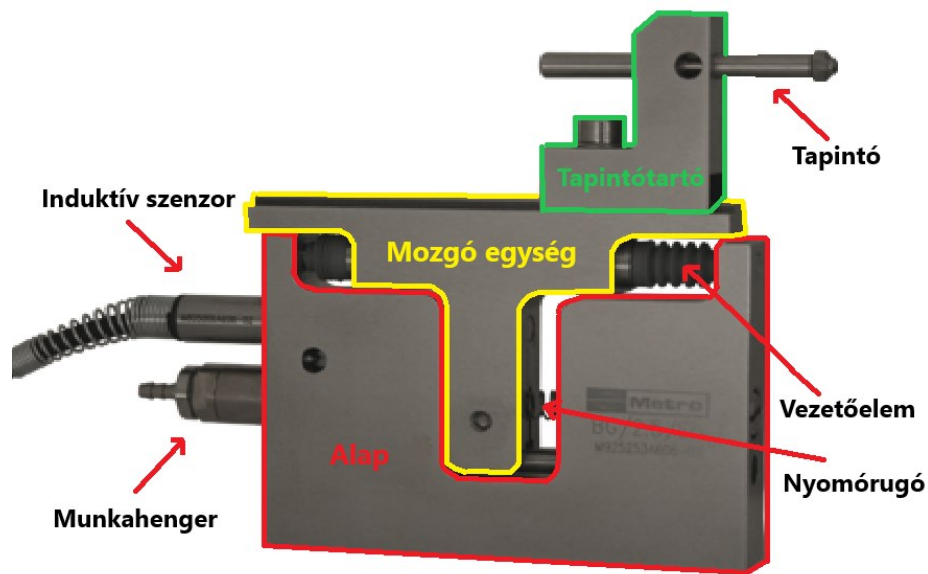
A vállalatnál az automatizált robotcellákban már több helyen is használt a blokkmérők alkalmazása. Ezek részben kielégítik a méretek ellenőrzéséhez szükséges folyamatot, viszont számos probléma jelentkezett összeszerelésük során. Ennek hatására egy olyan gondolat támadt, hogy tervezzek egy egyedi blokkmérőt, amit a piacon találhatóak helyett alkalmaznánk és az azokon tapasztalt, látott problémákat és tervezési megoldásokat kijavítva legyártanánk.

1.2. Az induktív blokkmérő ismertetése

A blokkmérőt olyan helyzetekben és helyeken alkalmazzák, ahol az induktív tapintó tapintófeje önmagában nem tud érintkezni, közvetlen kapcsolatban lenni a mérendő munkadarabbal a helyhiány, vagy éppen a kialakítása miatt.

Az induktív tapintó az elmozdulást érzékeli, ezért, ha egy olyan eszközebe, vagyis blokkmérőbe (3. ábra) helyezzük, amely megfelelő kialakítása miatt, képes közvetíteni az elmozdulás pontos értékét az induktív tapintóceruza felé, akkor annak közvetlen kapcsolata a mérendő alkatrésszel nem szükséges. Tehát az eszköz mechanikája az a blokkmérő mozgó részének relatív elmozdulása, amelyhez érintkezve az induktív tapintóceruza ezen egységen keresztül közvetetten érzékel. A kereskedelemben kapható blokkmérők és a tervezendő eszköz egységeit tekintve azonos elemekkel és működési elvvel rendelkeznek.

Dolgozatomban egy általam megalkotott induktív blokkmérő tervezése olvasható, amely külső és belső méretek mérésére alkalmas. A blokkmérő tervezését követelmények határozzák meg, melyek közül fő kritériumok, hogy pontos, minél kisebb helyen elférjen, könnyen hozzáférhető, egyszerűen állítható és megfelelően legyártható legyen. Ahhoz, hogy furatok, vagy külső méretek ellenőrzését is el tudják végezni, a blokkmérőnek állíthatónak kell lennie, mégpedig úgy, hogy azt a beszerelt helyzetében is meglehessen oldani.

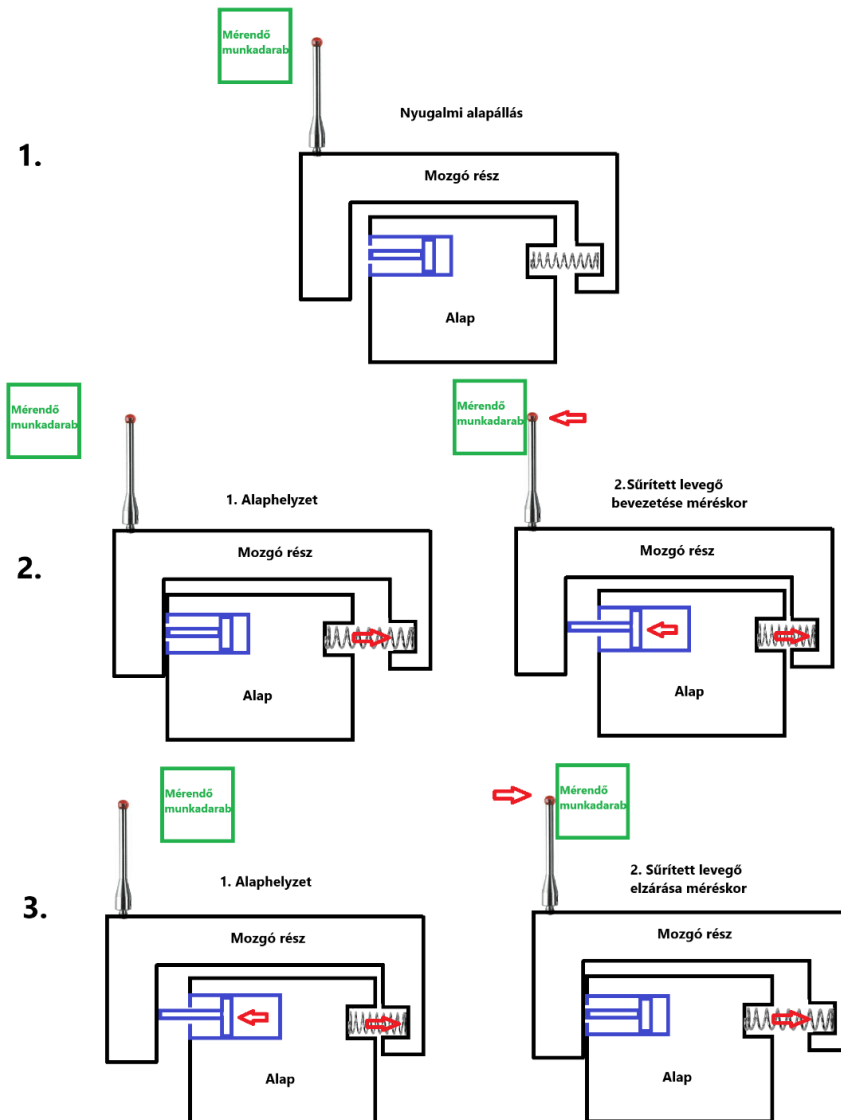


3. ábra: Blokkmérő felépítése

Az eszköznek van egy rögzített alapja (3. ábra pirossal jelölt rész) és egy mozgó része. A két fő egység közt egy vezető elem található. A mozgó rész teljes egészében a vezetőelemen van alátámasztva és megvezetve az elmozdulás során. A mozgó egységen (3. ábra sárga rész) található a tapintó, amely közvetlenül érintkezik a mérendő darabbal. Egy állítható tapintótartóba (3. ábra zöld rész) van rögzítve. Az állíthatóságnak a szükségessége a beszerelt helyzetben való blokkmérő tapintójának a mérendő darabtól való távolságának utólagos finombeállítása miatt van szerepe. Az induktív szenzor az alapban van befogva, és az elmozdulást mérő rugós fej része a mozgó egységgel az elmozdulás során végig közvetlen érintkezésben áll. Így azt az elmozdulási távolságot méri közvetetten, amit a mozgó egységen található tapintó megtesz.

A mozgató mechanizmus pneumatikus úton történik. Az alapban egy pneumatikus munkahenger kap helyet. A dugattyúhoz sűrített levegő által nyomás érkezik és az erőátvitelt a dugattyúrúd fejti ki a mozgó részre. A levegő bevezetése, és az ez általi dugattyúrúd kitolódás történhet a méréshez szükséges elmozdulás érdekében, vagy a mozgó rész alaphelyzetbe való visszaállítása miatt. Tehát a mérés két módon jöhet létre. Egyik (4. ábra, 2.képsor), ha az elmozdulást sűrített levegő végzi, amely a dugattyút kitolja a mért elmozdulás irányába, majd az ellentétes irányba nyomó rugó állítja alaphelyzetbe. A másik megoldás (4. ábra, 3.képsor) pedig, ha az alapállás

a dugattyúrúd nyomása biztosítja, és a méréshez szükséges elmozdulást és annak mérőerejét a levegő elzárásakor, a nyomórugó adja.

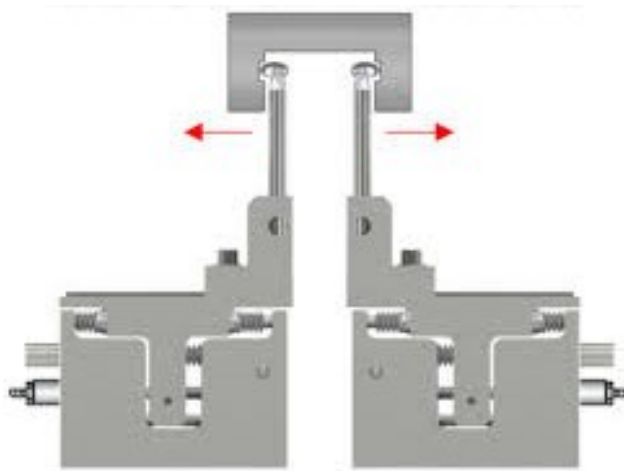


4. ábra: Mérés vázlatos ábrázolása

Az egyes mérési lehetőségek iránya megváltoztatható, amennyiben a munkahenger és a nyomórugó pozícióját cserélni lehet. Ezt a tervezési szakaszban részletesen kifejtem.

Egy hengeres alkatrész külső vagy belső méretellenőrzéséhez kettő blokkmérőre van szükségünk. A beépített induktív tapintók nem közvetlen a felületet, hanem az elmozdulás méri. Egy blokkmérő esetében csak egyoldali elmozdulást mérnénk, ami nem elég a teljes méret meghatározásához. Ezt a 1.4. részben pontosan

tárgyalom. A blokkmérőknek egymással párhuzamos tengelyen kell helyezkedniük. Amennyiben a két mérőegység egymással diametrálisan szemben helyezkedik el, a mérési irány egyértelműen a henger külső átmérőjének meghatározására vonatkozik. Ennek nem megvalósulása mérési hibát okozhat.

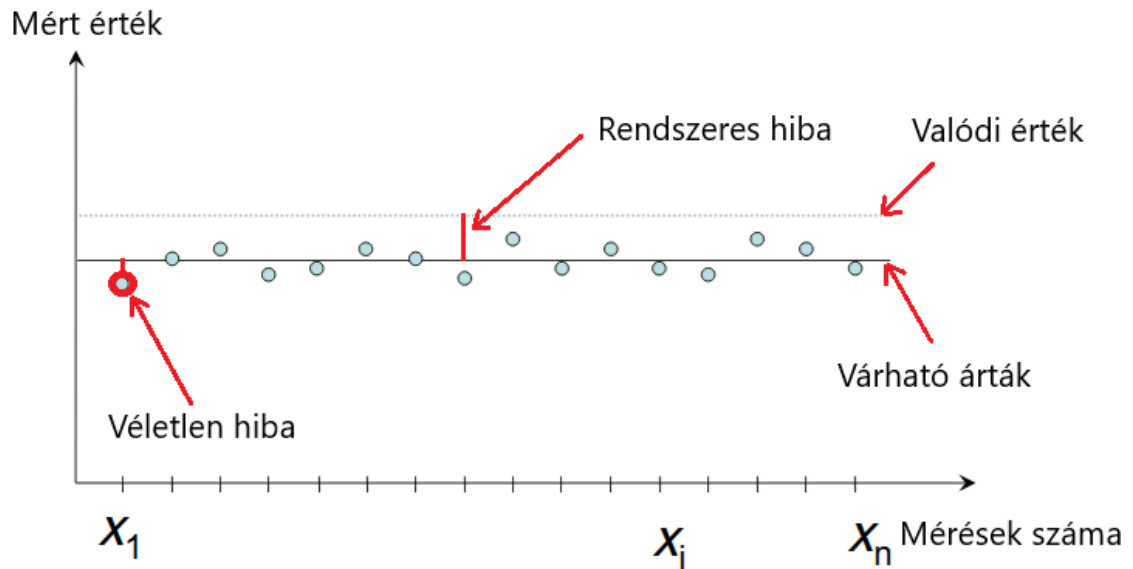


5. ábra: Blokkmérők mérési alkalmazása [3]

1.3. Blokkmérő metrológiája

A mérési eredmény, amit mérendő mennyiségnek tulajdonítunk magával hordozza a munkadarab tulajdonságait. Ezeket az értékeket precíz pontossággal kell reprodukálni minden egyes legyártott alkatrészénél. A befolyásoló és a mérés elvégzése után kapott eredmények szóródását kiváltó tényezőket ismerni kell.

Egy eszköz működtetése és tesztelése során hibák jelentkezhetnek, amely a mérési eredmény mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke. A hiba lehet véletlen, vagyis nem megismétlődő és lehet rendszeres hiba, ami megoldást igényel (6.ábra). Az utóbbi történhet már a megmunkálás alatt, amit az adott gépen korrigálni kell, vagy okozhatja a mérőeszköz rossz beállítása. A kalibráció folyamata során ezeket a hibákat azonosítani lehet, ezáltal csökkentik azokat, valamint hosszútávú stabilitást biztosít.

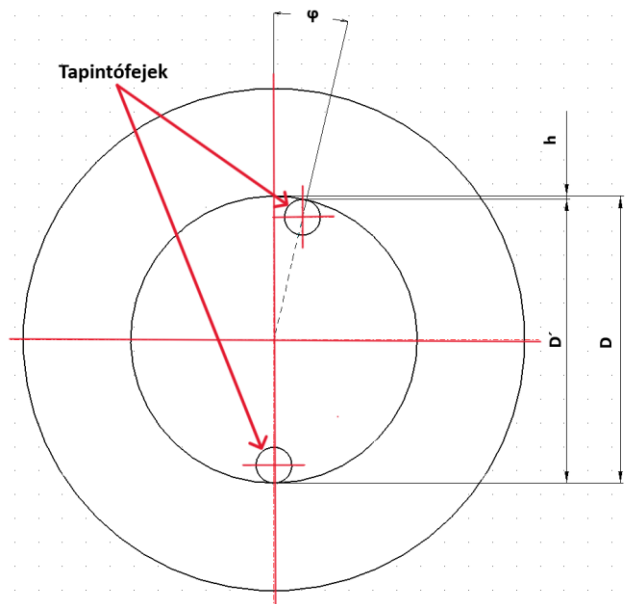


6. ábra: Mérési hiba eloszlási diagram

A kalibráció azoknak a folyamatoknak az összessége, amelyek során meghatározott körülmények között megállapítható az összefüggés egy mérőeszköz vagy mérőrendszer értékei és a mérendő mennyiség referenciaértékei között. Ezt egy etalon darabbal végzik, aminek adatai viszonyítási alapként szolgálnak. Az etalon mérete a tűrésmezőhöz és az adott munkadarabhoz viszonyított. Lehet névleges, vagy minimum, illetve maximum érték. [6]

A blokkmérő pontos működéséhez precíz összeszerelés és megfelelő beállítások szükségesek. Ezeknek ellenőrzését teszteléssel lehet elvégezni, amivel rájöhetünk az esetleges hiba kiváltó okára. A szerelésnél a mozgó egység és az alap egymáshoz viszonyított pozíciója elengedhetetlen. Amennyiben oldalaik nem párhuzamosak és a tengelyek nem igazodnak egymásra pontosan az a tapintó rész oldalirányú kidőlését okozhatja. Ilyenkor egy furat mérése során, a nem azonos orientációjuk miatt a fejek aszimmetriája pontatlan mérési eredményt idézhet (7.ábra). A kapott értékek itt kisebbek, mivel a mérendő átmérőtől más hosszúságú vetületet ad. Ezt az eltérést az alábbi módon tudjuk meghatározni:

$$h = D' - D = D \times \varphi^2 / 4$$

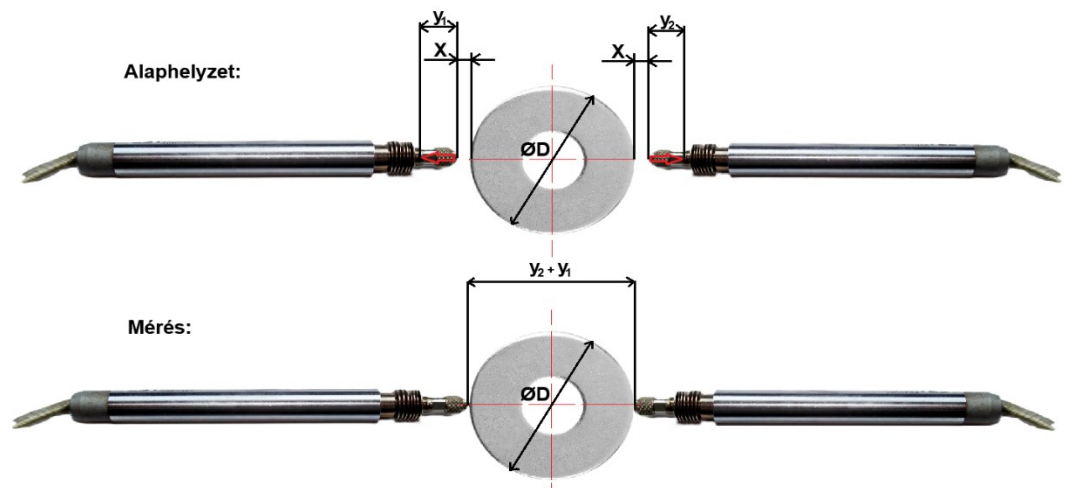


7. ábra: Aszimmetrikus hiba

A hiba lehetséges oka következhet a nem megfelelő mérési erőből. Ha hirtelen nagy nyomás érkezik az eszközbe a tapintófej nagy lendülettel érintkezik a munkadarabbal, akkor az rugalmas deformációt okozhat a tapintószárban. Ez a hiba az érintkezés ideje alatt kijelzőn látható, hiszen a mért érték hirtelen eltérő számadatot produkál, majd a mérés függvényében visszaesik, vagy emelkedik a várt eredmény felé.

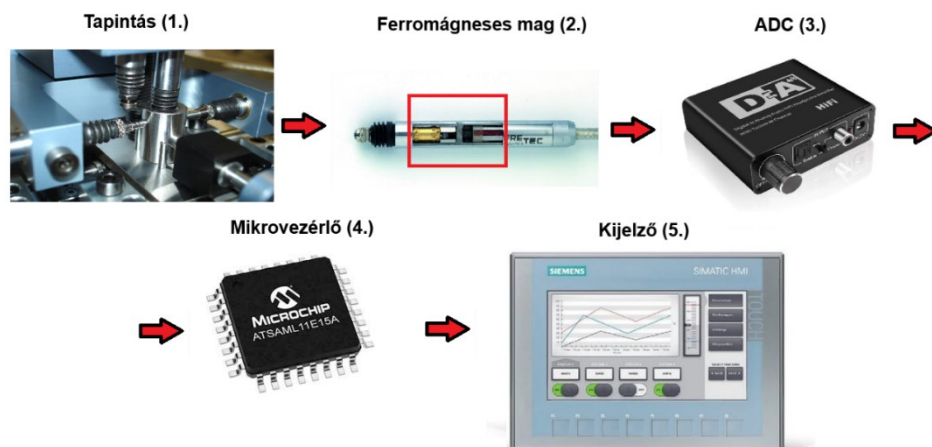
1.4. Induktív szenzor

A blokkmérő elmozdulásának mértékét egy induktív tapintó szenzor érzékeli és dolgozza fel ezt az értéket. Ezeket az elektronikus szondákat számos helyen alkalmazzák az ipari automatizálásban, főleg külső és belső átmérők nagyságának ellenőrzésére, valamint helyzetellenőrzésre. Egyetlen szenzor használata lehetővé teszi a méretek egyszeri mérését egy bázis ponthoz, míg két szonda az egymáshoz viszonyított távolság összeg, vagy különbség mérésére alkalmaznak.



8. ábra: Az induktív szenzor átmérő mérési képlete

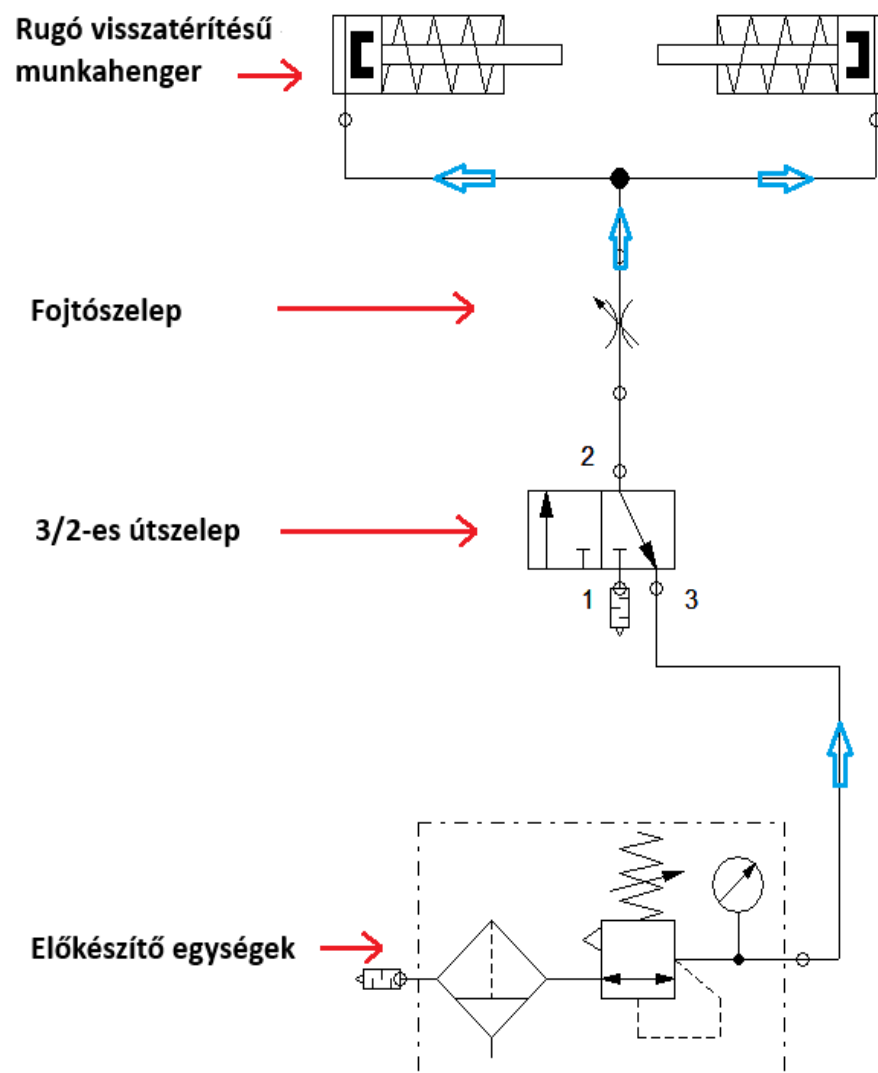
Működési elve az elektromágneses tér változásán alapul. A ceruza belsejében egy tekercs található, amely kimeneti feszültséget indukál a ferromágneses mag pozíciójától függően. A tapintófejhez egy menetes szár van rögzítve, amely elmozdulásakor a mágneses térben is változás keletkezik, melyek hatására az induktivitás megváltozik, és a mag jelet generál (2.jelzés). Ezt analóg jel formájában közvetíti, tehát egy folyamatosan változó érték, amit egy folytonos időfüggvénnyel ábrázolható. Egy analóg-digitális (3.jelzés) átalakító (ADC) alakítja át a jelet digitálissá egy előre meghatározott felbontásban. A digitalizált adatot a mikrovezérlő egység (4.jelzés) fogadja, ami a mért feszültséget az elmozdulásnak megfelelő hosszúsági értékké alakítja át. Ez után a feldolgozott érték numerikus és grafikus módon jelenik meg a kijelzőn (5.jelzés). [4]



9. ábra: Jelfeldolgozó folyamat

1.5. Pneumatika

A blokkmérő mozgása pneumatikus úton történik. Az alábbiakban ezt a folyamatot tárgyalom a levegő előkészítésétől a munkahenger dugattyújához való jutásáig.



10. ábra: Pneumatikus kapcsolási rajz

A szükséges sűrített levegőt egy kompresszorral állítják elő és levegőtartályokban tárolják. Az onnan kiáramló levegő a rendszer biztonságának érdekében egy szűrő-szabályzó egységbe jut, ami biztosítja a levegő megfelelő

minőségét és nyomását. A szűrő eltávolítja a szennyeződések, ami ipari környezetben olajat, port tartalmazhat és ezzel óvja a rendszer további elemeinek a biztonságát. A nyomásszabályzó megakadályozza az esetleges túlnyomást. A levegő a biztosító egységekből kerül egy útváltószelepbe. A szelep az automatizált folyamat miatt elektronikus, viszont tesztelési szándékkal lehet mechanikus, kézi működtetésű.

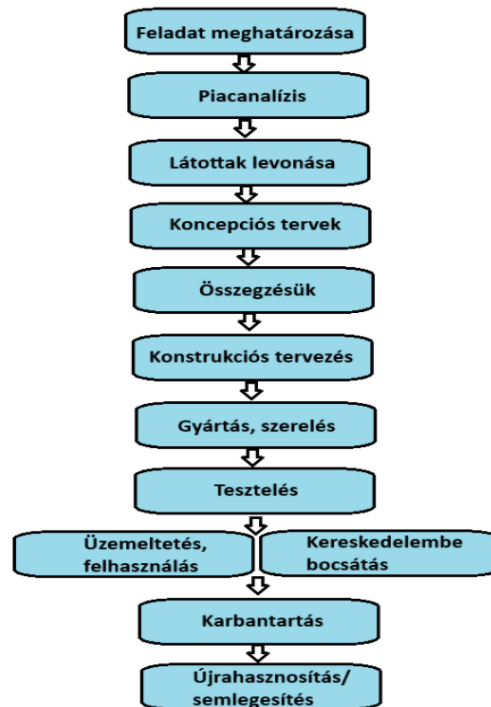
A berendezést 3-5 bar nyomáson kell működtetni, hogy a mechanizmusok megfelelően végbe menjenek. Ennek állítása egy fojtó szeleppel történik, ami megváltoztatja a szelepnyílás áramlási területét és szabályozza a sebességét. Nagy szerepe van a mérés pontosságában, ugyanis, ha a 3-5 bar-os nyomást közvetlen engedjük rá az eszközre, akkor annak tapintó része nagy lendülettel fog a munkadarabnak ütközi, ami a fej kihajlását és visszarugózását okozhatja. Fojtás alkalmazásával a tapintó lassabban, megfelelő módon érintkezik a testtel.

1.6. Terméktervezés

A terméktervezési folyamat egy összetett és strukturált lépéssorozat, amely a kezdeti piaci elemzéstől a végső termék gyártásáig és bevezetéséig tart. [7]

Első lépésként a termékstratégia tervezése zajlik, amely meghatározza a termék piacra lépésének irányát és célkitűzéseit. Ezt követően a termékötletek szelektálása és kidolgozása történik, ahol az ötletek közül kiválasztásra kerülnek azok, amelyek a legnagyobb potenciállal bírnak a piaci igények kielégítésére. A következő szakasz a tervezési megoldások kidolgozása és a koncepció megalkotása. Ennek első lépése a követelmények megfogalmazása, amely során világosan meghatározásra kerül a termékkel szembeni elvárásokat. Ezt követően műszaki koncepciók elkészítése történik, ahol a termék alapvető technológiai megoldásai, gyárthatóság elemzése történik, hogy biztosítsák a termék megfelelő és hatékony előállíthatóságát. A termékkoncepció kialakítása után kezdődik a termék megvalósításának szakasza, amely magában foglalja az eszköz fejlesztését, a tesztelést és a gyártás tervezését. Ezek a lépések biztosítják, hogy a termék minden szempontból megfeleljen a követelményeknek, és a gyártásra való felkészülés is zökkenőmentesen történjen. Végül, a megvalósítástól az üzembehelyezésig tartó szakaszban történik az eszköz gyártása és bevezetése. Ez az utolsó fázis gondoskodik arról, hogy a termék a piacra

kerülve megfeleljen a minőségi elvárásoknak. [8] Az induktív blokkmérő tervezésének lépéseit az alábbi sorrendben határoztam meg:



11. ábra: Blokkmérő műszaki pályája

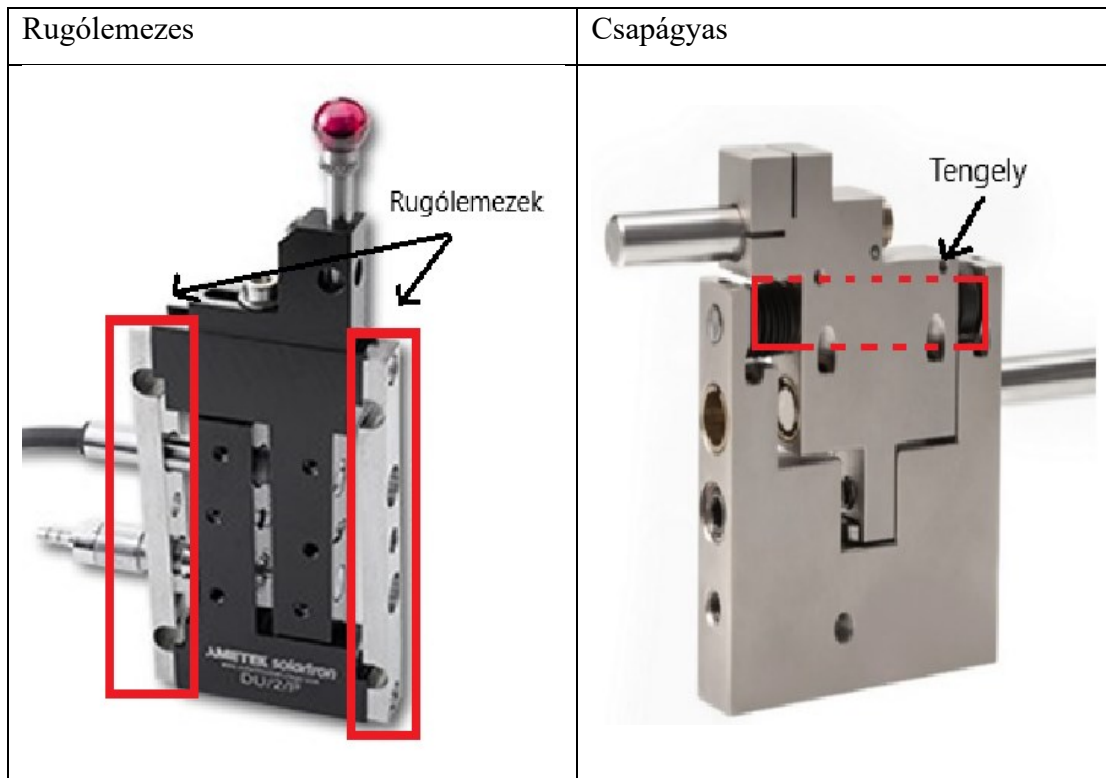
A feladat meghatározását már előzőkben kifejtettem és a továbbiakban a többi, már megvalósult részpontra fogok végig haladni dolgozatomban. A tartalomban leírtak szerint a blokkmérő konstrukciós tervezése zajlik jelenleg, ezért dolgozatomban is a műszaki pálya azon pontjait mutatom be.

1.7. Piackutatás

Ahogy a 11. ábra: Blokkmérő műszaki pályája mutatja a piacanalízis az egyik legelső pont egy termék tervezési folyamatában. Meg kell ismernünk, hogy milyen igények, hasonló termékeken fellelhető hiányosságok, vagy tervezési hibákat tartalmazó megoldások vannak, amik kiküszöbölésével egy versenyképes, megfelelő eszközt lehet megalkotni.

Mivel a cég már használt induktív blokkmérőket a robotcellákban, a piackutatásom már célirányosan az ilyen eszközöknél kezdődött. Felkutatam a lehető összes ilyen kialakítású blokkmérőt, amiken először a pontos működést figyeltem meg,

majd elemeztem kivitelezési szempontokat, és végül levontam a konklúziókat. Működésük szerint, vagyis a kinematikai mechanizmusuk alapján csoportosítottam első körben a blokkmérőket.



Az eszközök mozgatási elve azonos, pneumatikus munkahengerrel történik. Mindkét megoldás három fő egységből áll (3. ábra), egy alpból, mozgóegységből és egy állítható tapintó részből. A különbséget a vezetőelem megoldása adja. A vállalatnál alkalmazott lemezes megoldásnál az elmozdulása a mozgó egységnek egy vékony rugóacélon történik és mozgása a rugalmas hajlításon alapul. A csapágyas kialakításnál egy vagy akár kettő, tengelyen gördülő lineáris mozgást végző ballcage csapágyon van megoldva.

A jellemzők megfigyelése után, azok kiértékelését egy SWOT táblázat alapján végeztem, amelyben a megoldások pozitív, negatív jellemzőit, valamint a pontos mérést befolyásoló veszélyt emeltem ki.

SWOT elem	Rugólemezes	Csapágyas
Pozitív jellemzők	• A repeatability kedvezőbb érték, mint a csapágyas megoldásnál (0,1-0,2μm). • Pneumatika bevezetése történhet az alapon keresztül közvetett úton. • Mikron tartományban pontos mérés. • Állítható tapintó egység.	• Összeszerelése könnyebben kivitelezhető, nincsenek benne az abból kifolyólagos pontatlansági lehetőségek. • Nagyobb mérési tartomány. • Mikron tartományban pontos mérés. • Állítható tapintó egység.
Negatív jellemzők	• A mozgó rész a lemezekon mozog, ezért a pontos mérés érdekében a lemezek rögzítése nagy odafigyelést igényel. • Rugólemez képlékeny alakulásával számolni kell. • A munkahenger cseréje esetén a mozgó részt el kell távolítani.	• A sűrített levegőt közvetlen a munkahengerhez lehet bevezetni, így annak cseréjét megkönnyíti. • Kilengés ellen több megoldást is alkalmaznak, ami legtöbbször mélyhornyú csapágy, aminél a csapágyhézaggal számolni kell. • Oldal irányú kidőlés összeszerelés után nem állítható a fix helyzetű kilengésgátlás miatt. • Rosszabb repeatability a rugólemezeshez képest (0,4-0,5μm)
Lehetőségek	• Precíz, érzékenyebb mérésekre alkalmas a rugólemez miatt.	• Dinamikusabb mérésekre is alkalmazható a csapágyas mozgás miatt.
Egyéb pontosságot befolyásoló veszélyek	• Rugólemez kritikus vastagsága.	• A tengelyen való mozgás a mérés helyének körülményei miatt, por és olaj elleni védelmet igényel, melynek hiánya mérési hibát okozhat.

A SWOT módszer után következett annak kiértékelése. A pozitív és negatív jellemzőket megfigyelve több olyan pont is van, amely változat jellemzői kijavításával, újragondolásával megtervezhető lesz a saját blokkmérő. A következőkben a legfőbb szempontokat részletezem, amik a tervezést nagyban befolyásolják.

A rugólemezes megoldásnál láthatóan jobb a mérési megismételhetőség. Ez a mozgási mechanizmusból adódik, ugyanis, ha az állítórugó nem fejt ki nyomást a lemezekre és azok ez által egyensúlyi állapotban vannak, akkor azok alaphelyzetben párhuzamos, egyenes helyzetben állnak. A csapágyasnak pedig egyensúlyi helyzetben nincsen fix pozíciója, ugyanis a ballcage csapágy helyzete nincsen lekötve a tengelyen. Az oldal irányú kidőlés a rugólemezesnél a lemezek rögzítése határozza meg, ami az összeszereléskor történik, így azok pontos helyzetéhez egy megfelelő szerelési módszert kell alkalmazni, mivel a lemezen található furatok és a belső kulcsnyílású csavarok közti hézag miatt a lemez elmozdulhat a felfogatás során. Ha a mérés irányát meg akarjuk változtatni a munkahenger cseréjéhez szét kell szerelni, majd az újbóli összeszerelése során a lemezeket ismét olyan pontossággal kell rögzíteni, hogy a mozgó egység oldalai párhuzamos és merőlegesek legyenek az alap síkjaira. A csapágyas megoldásnál a kidőlés elkerüléséért egy mélyhornyú golyóscsapágy felel. Ilyen pontos méréseknél a csapágyhézag miatt történő kidőlés már több mikronos eredménybeli különbséget okozhat, valamint a kettős érintkezés problémája is felmerül, hiszen a csapágy nem érintkezhet a horony mindkét oldalához, mert akkor nem tudja biztosítani a gördülő mozgását.

A piacanalízis kiértékelése nagy szerepet játszott a tervezendő blokkmérő alapkoncepciójának kiválasztásában. A rugólemezes és a csapágyas megoldásnak is vannak pozitív és negatív jellemzői, amelyeket a saját blokkmérőben teljesen újra kell gondolni, vagy átalakítani az elvárt pontos működés érdekében. A SWOT táblázat és a cégnél eddigiekben alkalmazott blokkmérő pontos megfigyelése után a rugólemezes alapkoncepció mellett döntöttem, ugyanis az azon látott és tapasztalt mérési pontatlanságok, egy megfelelő összeszerelési (27.ábra) megoldással javulhatnak, és egy pontosabb mérési megismételhetőséggel rendelkező, könnyen alkalmazható blokkmérőt eredményezhetnek.

2. Blokkmérő koncepció tervezése

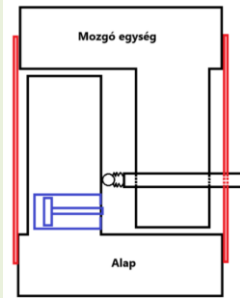
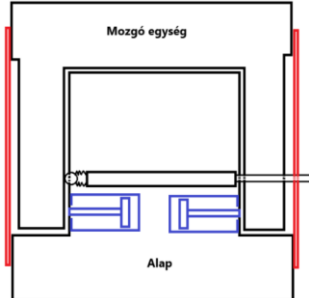
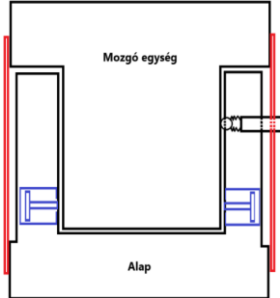
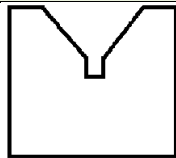
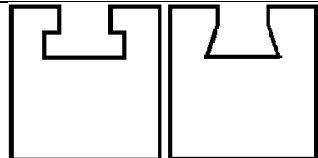
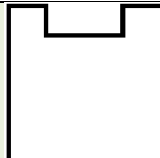
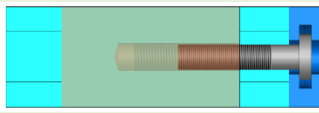
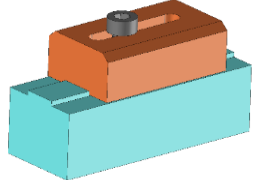
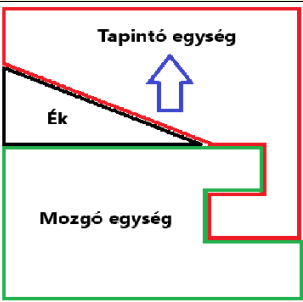
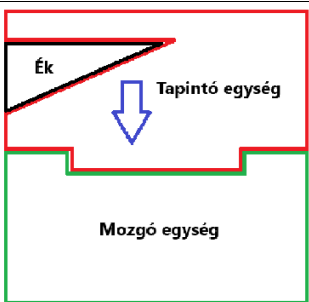
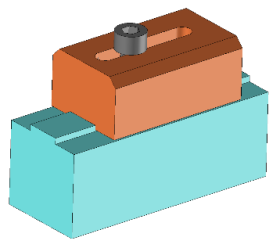
A koncepcionális tervezés egy olyan ismétlődő keresési folyamat, amelynek célja a tervezési koncepcióhoz kapcsolódó információk összegyűjtése, feldolgozása és átalakítása. Egy termék először a saját fejünkben fogalmazódik meg és számos tervgondolat születik, amihez későbbiekben kapcsoljuk az alapelvet, működési elvet, termék ötletet, gyártást, formát.

A megfelelő koncepció kialakításánál nem egy speciális lehetőség megkeresése a cél, hanem számos alternatíva keresése, vizsgálata és összehasonlítása. Számomra koncepcionális tervezés megkezdését nagyban befolyásolja, hogy egy teljesen új, vagy már meglévő eszközt akarunk létrehozni. Számomra nagy segítséget jelentett, hogy a vállalatnál már alkalmaztak ilyen blokkmérőket, így azok megfigyelése és a piackutatásból levont és látottak után a koncepcionális tervek elkészítése következik.

A következő táblázatban ezeket az elvárásokat határozom meg, amely követelmények betartásával folytató a koncepcionális tervek elkészítése és azok értékelése.

	Pont	Követelmények
Funkcionális követelmények	K0.1	mérési pontosság
	K0.2	cserélhető munkahenger
	K0.3	a mérés irányában hozzáférhető állíthatóság hátulról
	K0.4	cserélhető tapintótartók
Méret követelmények	K1.1	helytakarékoság
	K1.2	ne legyen nagyobb, mint a piacon kapható blokkmérők
Alkatrészekkel szembeni követelmények	K2.1	egyedi alkatrészek vállalaton belüli gyárthatósága
	K2.2	szabványos, kereskedelmi termékek előnyben részesítése
Alapanyag követelmények	K3.1	funkciók szerint, 42CrMo4, BC3, sárgaréz
Gyártási követelmények	K4.1	pontos megmunkálást igénylő elemek CAM-en
	K4.2	forgácsolt darabok
	K4.3	oldható kötések

A dolgozatom terjedelme miatt a kidolgozott koncepciók ötleteket egy táblázat formájában kerülnek bemutatásra. A táblázatban zöld háttérrel jelölöm a követelményeknek eleget tevő megoldásokat, melyek konstrukciós tervezését végzem. (A táblázatban az egymás alatt szereplő megoldások kialakításai nem függenek egymástól.)

	Megoldás 1	Megoldás 2	Megoldás 3
Alap és Mozgó egység geometriája			
Tapintótartó vezetése			
Tapintótartó állíthatósága			
Tapintótartó leszorítása			
Rugólemez kialakítása			

3. Blokkmérő konstrukciós tervezése

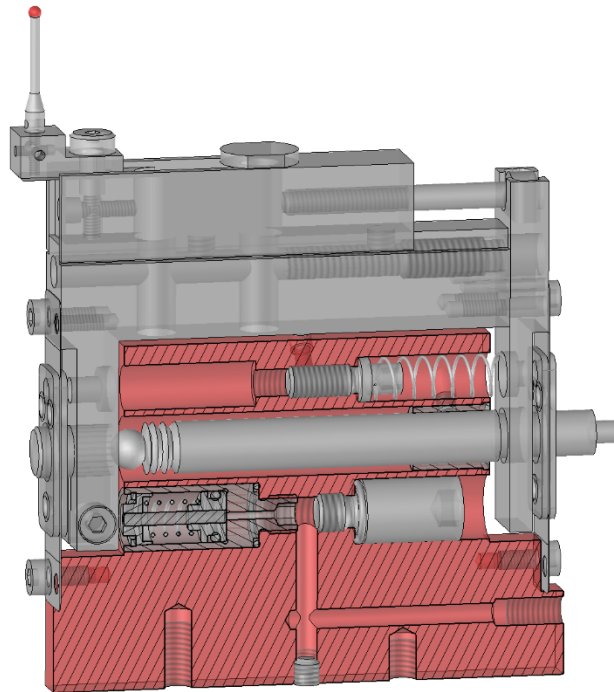
Az előző fejezetben tárgyalt induktív blokkmérő koncepcionális megoldásai után a tervezés azon szakasza következik, mikor az alapul szolgáló koncepciókból a megfelelő, leghatékonyabb, legjobb megoldást kell kiválasztani és pontosítani. A koncepciók tervek alatt a főbb egységek megoldásait vizsgáltam, főleg legyárthatóságuk és azok egymással való kapcsolatuk szerint. Fontos, hogy a kiválasztott halmaz figyelembe vegyük az eddig megfogalmazott követelményeket, ugyanakkor szem előtt kell tartani, hogy az egyes belső elemek, kisebb egységek kialakítása még hatással lehet a végleges megoldásra.

A konstrukciós fejezetben először a fő egységek pontos kialakítását tervezem meg. Ha a két elem tervezése megtörtént, akkor a további részegységek feladatuktól függően kapnak helyet az alapan és a mozgó egységben.

3.1. Fő egységek tervezése

3.1.1. Alap konstrukciós tervezése

A 2. fejezetben látható a mozgó egységgel komplementer forma megoldási lehetőséget választottam a tervezendő blokkmérő alapjának. Ahogyan azt már a 1.2. pontban tárgyaltam, alapan kapnak helyet azok az egységek, melyek működése a mozgó résszel közvetlen kapcsolatot igényelnek.



12. ábra: Alap

Az alap síkon található két menetes furat szolgál a blokkmérő rögzíthetőségére. A követelmények közt szerepel az egységek pozicionálásához, állíthatóságához való könnyű hozzáférhetőség a mozgás irányában. Az alap alulról való fixálása csak a blokkmérő beszerelésekor történik, az utólagos tapintófej helyzetének állítása csak a tapintóegységen zajlik, ezért ez a megoldás alkalmazható.

A 12. ábrán láthatóan három belső egység kap helyet az alapban. A pneumatikus egységek, induktív tapintó, beállítórugó. A furatok méreteit és elrendezését a bennük helyet kapó egységek szerepe és szükséges felépítése határozta meg határozta meg.

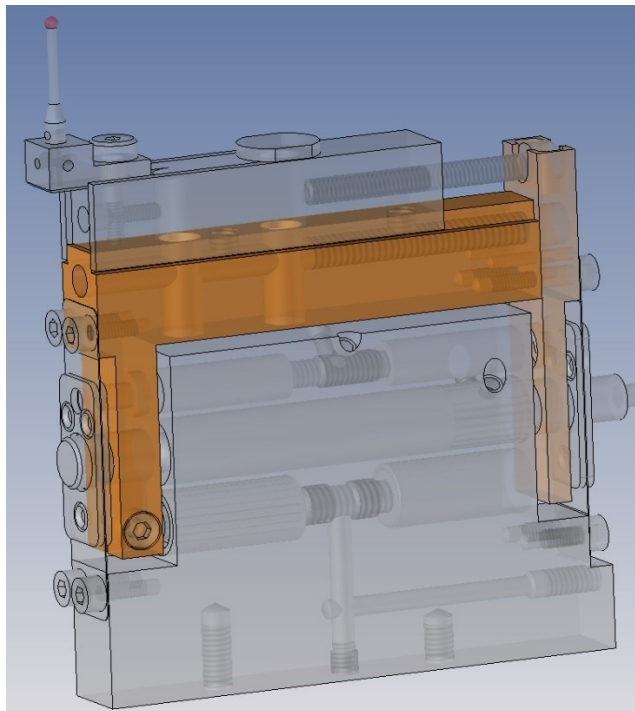
A sűrített levegő bevezetése az alap hátsó részén történik, és onnan jut el a munkahengerhez. Követelmények közt szerepelt a munkahenger állásának cserélhetősége, ezért a pneumatikus furatokat ez szerint kezdtem el kidolgozni. Ez miatt kettő szimmetrikusan elhelyezkedő azonos zsákfuratot terveztem, melyeket egy kisebb keresztmetszetű furat köt össze. Ez a kialakítás biztosítja, hogy a levegő egy középső csatornán keresztül jusson el a munkahengerhez, függetlenül a persely helyzetétől.

Az induktív szenzor egy állandó keresztmetszetű átmenő furatban kap helyet. Az alap oldalán látható ferde menetes furatokba a szenzort rögzítő hasított rézpersely szorításához alkalmazott DIN 913 M3x10- es hernyócsavarok kerülnek.

Az rugó állító cserélhető pozíciója miatt, a munkahengerhez hasonlóan, szimmetrikusan elhelyezkedő Ø10-es zsákfuratot terveztem. A ... pontban olvasható menetes állíthatóság miatt köztük egy menetes furat kapott helyet.

3.1.2. Mozgó egység

A mozgó egység tervezését, amely kimondható, hogy a blokkmérő másik fő egysége. A formai kialakítását a koncepciók részben választott megoldás pontos kidolgozásával kezdtem. A komplementer megoldás, amely szerint a mozgó egység helyezkedik az alapon kívül, vagyis közrefogja azt, megmunkálás szempontokból bonyolultabb kialakítást eredményez. Ezen az elemen helyezkedik el a tapintótartó, amely a koncepciók tervekben választott hornyon van megvezetve. Az egységben helyet kap még az állításhoz szükséges csavarfej rögzítésére szolgáló villás csavartartó, valamint a rögzítésére szolgáló ék. A blokkmérő két mozgás irányába eső oldalán elhelyezkedő rugólemez a mozgó egység elején és hátulján van rögzítve.



13. ábra: Blokkmérő mozgó egysége

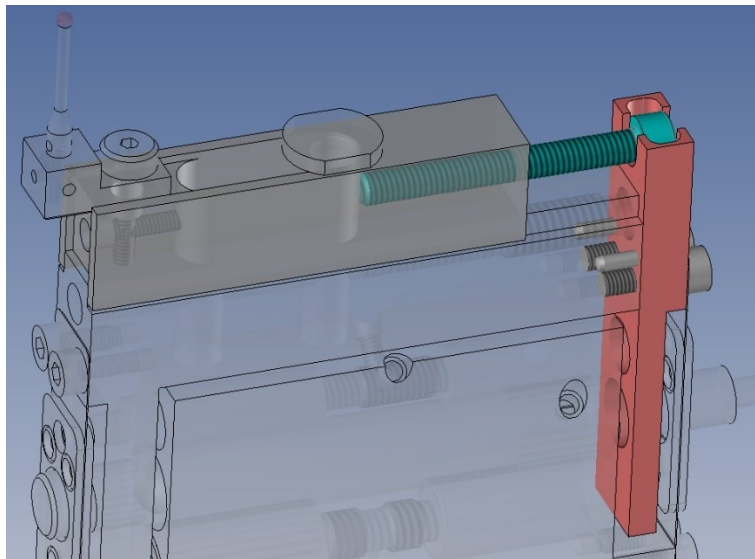
A koncepció eredeti kialakításában a mozgó egység egyetlen darabból állt volna, azonban ennek megvalósítása a bonyolult geometria miatt, különösen a villás csavartartó megmunkálhatóságát tekintve, jelentős kihívásokat jelentett volna. Ennek megoldására a mozgó egységet két különálló alkatrészre osztottam, így a villás csavartartó egy önálló elemmé vált, amelyet a továbbiakban „hátsó egységnek” nevezek. Ez a felosztás egyszerűsíti mind a gyártási folyamatot, csökkenti az anyagfelesleg keletkezését és az esetleges selejtet a számos szükséges kialakítás miatt, miközben megőrzi a kívánt funkciót és stabilitást. A 13. ábrán látható. Továbbiakban ebben a részben csak a mozgó egység kialakítását részletezem, a hátsó egységét a 3.1.3 pontban fejtem ki.

A tapintótartó vezetésére szolgáló vezető geometria a hátsó egység leválasztása miatt végig megmunkálhatóvá vált, ami jelentős előnyt jelent a gyártás szempontjából. Mivel a mérés pontosságát nagyban befolyásolja a tapintótartó helyzete, a horony kialakításánál szűk tűrésmezőt alkalmaztam. Ez biztosítja, hogy a mozgó egység stabil maradjon, elkerülve a nem kívánt oldalirányú elmozdulásokat, miközben az axiális mozgás akadálytalanul megvalósul. . Fontos, hogy az illesztés ne legyen túl szoros, hogy ne lépjen fel az állításkor jelentős súrlódás vagy a mozgatás akadályozása.

A mozgó egység elülső részébe van befogva az induktív szenzor

3.1.3. Hátsó egység

A hátsó egységet az előző pontban foglaltak szerint egy külön elemként gondoltam ki. Rögzítése kettő DIN 912-es belső kulcsnyílású csavarral történik. Felhelyezésekor ez a két csavar a benne helyet kapó lazán illeszkedő átmenő furatok miatt, nem tartaná pontos pozícióban, ezért ennek megoldásául kettő DIN6325-ös illesztőszeget alkalmazok.



14. ábra: Hátsó egység

A villás csavartartónak kialakított felső része a tapintóegység mérés irányába történő állíthatóságában van szerepe. Az állítócsavar feje, ennek az elemnek az erre kialakított részében kap helyet. Lásd a 14. ábra. A csavarfej fix helyzete miatt csavaráskor, a tapintóegységben elhelyezkedő menetes furattal könnyedén megvalósítható az orsós mechanizmus, melyet a 3.3.2 pontban részletezek. Kialakítására szükség van egy hornyos süllyesztésre, ami a csavar fejének axiális irányait leköti, illetve egy a menetes szárnak való kimunkálást melyen keresztül az csatlakozhat a tapintótartóba. A süllyesztés méreteit a DIN912-es belső kulcsnyílású fejméretéhez alakítottam ki, amely az állításért felel.

Az egységen keresztül történik az induktív szenzor, valamint a kúpos leszorít bevezetése a pozíciójukba, ezért ezeknek megfelelő furatokkal van ellátva.

3.1.4. Alap és mozgó egység illeszkedése és arányai

A mozgó részek méretezési viszonya az alapéhoz a mérés maximális elmozdulását határozza meg. A mozgás végállását az alap a mozgó egység és a hátsó egység belső síkja közti távolság adja. Fontos megjegyezni, hogy ezek a végállások abban az esetben teljesülnek mindkét irányban, amennyiben a blokkmérő mozgó részét szabadon mozgathatjuk. Beszerelt helyzetben az egyik végállást a tapintó munkadarabhoz való érintkezése adja.

Az elmozdulási tartomány a mozgás irányokba 4 mm. Alaphelyzetben ez szimmetrikusan oszlik meg, így a mozgó részek belső oldala és az alap között mindkét irányban 2-2 mm távolság van. Mérésnél ez annyit jelent, hogy a tapintó fejének az érintkező oldala maximum 4 mm távolságra lesz az alapálláskor a mérendő darabtól. Ez által a dugattyúrúdnak is ebben a távban kell minimum kitolódnia, hogy végállásba kerüljön a mozgó rész.

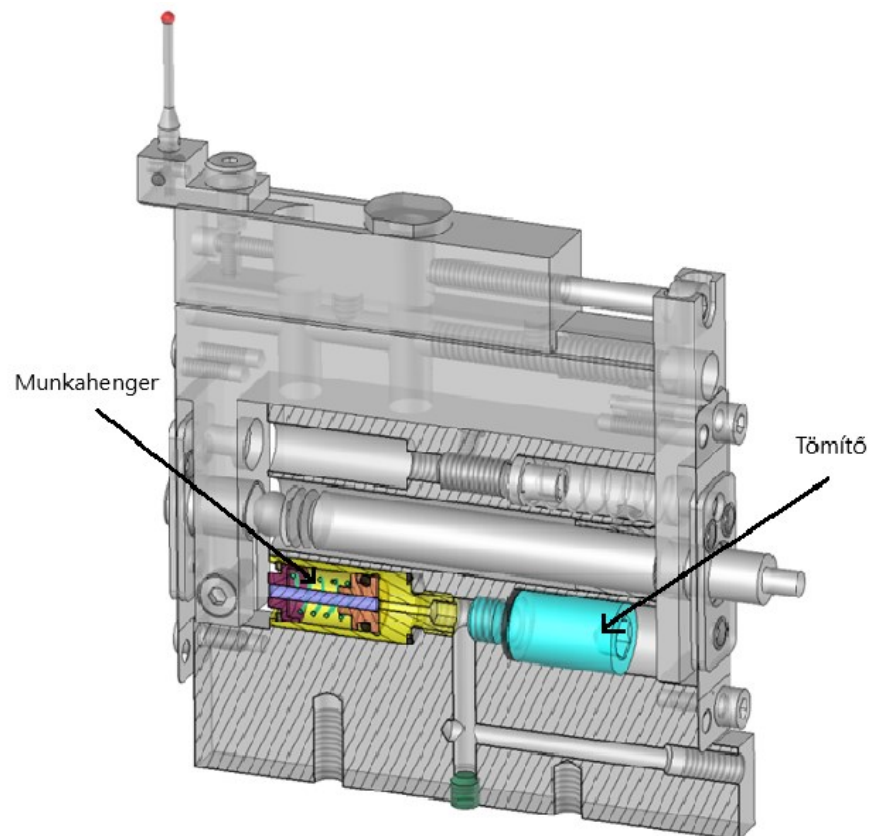
Az alap felső felülete és a mozgó egység alsó oldala között 2 mm távolságot terveztem. Ezt a távolságot a mozgó résznek a rugólemezre való rögzítése határozza meg. A rugólemez hajlása miatt ez az érték minimálisan változhat a mérés során. Ezt a 3.2.4 pontban részletesen tárgyalok.

3.2. Belső egységek

A blokkmérő alap egységeinek tervezése megtörtént. Kialakításukkor már helyet kaptak Ebben a fejezetben a mozgást előidéző pneumatikus egységeket, azok kialakítását tárgyalom. Illetve ebben részben kap helyet az induktív szenzor elhelyezése és a mérési erő állítására szolgáló nyomórugó ismertetése.

3.2.1. Pneumatikus egységek kialakítása

Az előző részben tárgyaltam az alapan helyet kapó pneumatikus furatok elrendezését, most pedig a bennük elhelyezkedő elemek tervezése következik. Ebben a fejezetben a munkahenger kialakítását, valamint annak kinematikáját részletezem, illetve az alkalmazandó tömítési megoldásokat a sűrített levegő szökésének megakadályozása és megfelelő nyomás értékének fenntartása érdekében.

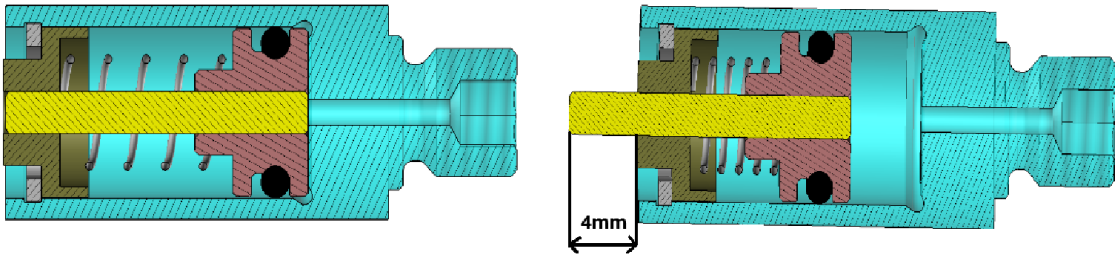


15. ábra: Pneumatikus egységek

A munkahenger rögzítésének megtervezésében nagy nehézséget jelentett a helyhiány. Ha a rögzítést külső felületen akarom megoldani, akkor 15. ábrán láthatóan nem sok hely áll rendelkezésemre, akár egy egyszerű csavaros megoldás esetében. Ezért felhasználva a már kidolgozott részeket, egy olyan megoldást gondoltam ki, hogy a henger befogatása az alapon belül történjen. A zsákfuratok közt található keresztfuratot menetes furatnak alakítottam ki, amihez a munkahenger végét kell megfelelően megterveznem, hogy oda beilleszthető legyen. A fixálás a belső irányból belső kulcsnyílással történik. A 15. ábrán látható tömítő henger a munkahengerhez hasonló kialakítást kapta, melynek a külső végén lévő hatlap nyomáson keresztül történik a rögzítése. A tömítő kiserelésével a munkahenger is oldhatóvá válik.

A menetes rögzítés önmagában nem gátolja a sűrített levegő szivárgását, azért a megfelelő tömítés érdekében a munkahengert és a tömítő hengert egy arra kialakított tömítőhornyon O-gyűrűvel láttam el. A hornynak az átmérője, mélysége és szélessége kritikus a megfelelő statikus tömítés érdekében. Ezeknek a paramétereknek a meghatározására a statikus tömítéshez alkalmazandó ISO3601 szabványt használtam.

A sűrített levegő útját a munkahengerig a 1.5. részben tárgyaltam, illetve az alaphoz elhelyezkedő furatok megtervezését is ismertettem a 3.1.1. pontban. Most az egy állású rugó visszatérítésű munkahenger és a benne található dugattyú kialakítását részletezem.



16. ábra: Munkahenger és a dugattyúrúd végállásának ábrája

A rugó-visszatérítésű munkahenger főbb elemei a dugattyú, a dugattyúrúd, a vezetőelem, a visszatérítő rugó és a rögzítőelemek, amelyek együtt biztosítják a kívánt funkciók ellátását. A dugattyúrúd 4mm-es kitolódását a mozgó részek (mozgó egység, hátsó egység) végállása adja az alaphoz érintkezve. A munkahenger működési elve a belső nyomás és a rugómechanizmus kölcsönhatásán alapul. A dugattyú elemeit a munkahenger Ø8-as belső furatába kell kialakítanom. A tervezett elemekhez az alábbi számításokat végeztem el a megfelelő mérési adatok ismeretéhez.

A dugattyú által kifejtett erőt a levegő nyomásából és a dugattyú keresztmetszeti területéből határozhatjuk meg.

A dugattyú keresztmetszeti területe (A):

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 8^2}{4} = 50,27 \text{ mm}^2$$

A levegő nyomása, illetve a kifejtett erő kapcsolata, melyben az erőt (F) a nyomás (p) és a keresztmetszeti terület (A) szorzataként számítjuk ki.

A levegő maximum nyomására számolva, amely 5 bar = 500 kPa, amely 0,5 N / mm²

$$F = p * A = 0,5 * 50,27 = 25,135 \text{ N}$$

A munkahenger központi eleme a sárgarézből készült dugattyú, amely a henger belsejében mozog. A tömítést egy O-gyűrű biztosítja, amely megakadályozza a levegő szivárgását, ezzel garantálva a rendszer hatékonyságát. A dugattyú furatába ragasztással rögzített dugattyúrúd. A dugattyúrúd vezetését egy precíziós vezetőelem biztosítja, amely csökkenti az oldalirányú elmozdulásokat, ezáltal növelve a rendszer élettartamát és stabilitását. A vezetőt a helyén egy horonyba illesztett belső seeger-gyűrű rögzíti. Lásd 16.ábra.

A dugattyúrúd esetében figyelembe kell venni, hogy a rá ható erő a rúd keskeny keresztmetszete miatt, annak kihajlását okozza. Még, ha kis érték is, bizonyos esetekben problémákat okozhat, különösen, ha precíz működést vagy hosszú élettartamot várunk el a rendszertől. A kihajlás oldalirányú erőket hozhat létre, amelyek károsíthatják a dugattyú többi elemét, illetve a rúd kopása sem lesz egyenletes. Ennek a kihajlításnak az értékét az alábbi módon határoztam meg:

$$\delta = \frac{F * L^3}{3 * E * I}$$

Melyben:

- δ : a rúd kihajlása (mm)
- F: nyomóerő = 25,135 N
- L: a rúd hossza = 10 mm
- E: Young-modulus = $210 * 10^3$ N/mm²
- I: dugattyúrúd keresztmetszeti tényezője = (mm⁴)

$$I = \frac{\pi * r^4}{4} = \frac{\pi * 1^4}{4} = 0,79 \text{ mm}^4$$

A képletbe behelyettesítve:

$$\delta = \frac{25,135 * 10^3}{3 * 210 * 10^3 * 0,79} = 0,08 \text{ mm}$$

Amennyiben a dugattyúrúd vezetőt alkalmazzuk, ez az érték:

$$\delta = \frac{25,135 * 4^3}{3 * 210 * 10^3 * 0,79} = 0,0032 \text{ mm}$$

A dugattyúrúd 4 mm utat tesz meg a mozgó egység végállásáig (16.ábra) A dugattyú kitolódási sebessége a fojtószeleppel csökkenthető. Az alkalmazott fojtószelep egy dugaszolható fojtószelep (RFO-958) . A lehetséges térfogatáram és a dugattyú keresztmetszete alapján meghatározható a kitolási sebesség. Állítható térfogatáram 0-100 l/perc.

$$Q_{\max} = 100 \text{ l/perc} = 1,667 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

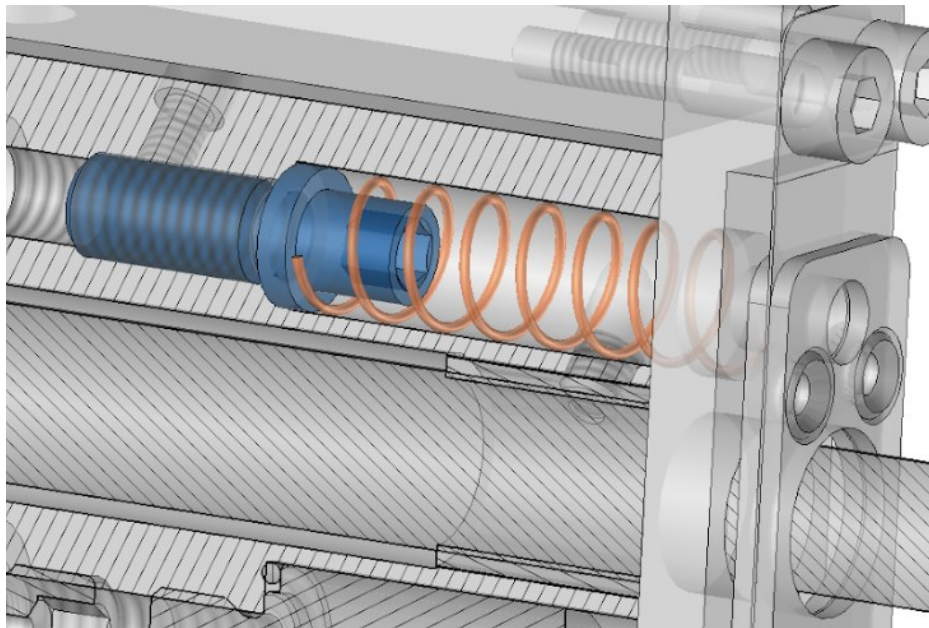
$$A = 50,27 \text{ mm}^2 = 50,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ (előzőekben meghatározott)}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,667 \cdot 10^{-3}}{50,27 \cdot 10^{-6}} = 33,17 \text{ m/s}$$

Ez az érték tehát a dugattyúrúd kitolódási sebessége abban az esetben, amennyiben a fojtószelep teljesen nyitva van. Ha a fojtószelep félig el van zárva akkor ez az érték is a felére csökken, tehát $v = 16,57 \text{ m/s}$, amely kedvezőbb a tapintó kihajlása elkerülése érdekében.

3.2.2. Állítórugó

Az alaphoz kap helyet az állítórugós egység, amely egy rugóállítóból és egy nyomórugóból áll. A méréshez szükséges mechanizmus a munkahengerrel ellentétes oldali pozícióban helyezkedik el. Az állítórugós egység elhelyezését és a méréshez kapcsolódó feladatát a 1.2. pontban tárgyaltam. Jelenleg az állítórugó pontos kialakítását és a nyomórugó paramétereinek megfelelő meghatározását részletezem.



17. ábra: Állítórugó egységének kialakítása

Aszimmetrikusan elhelyezkedő zsákfuratok lehetővé teszik az állítórugó helyzetének egyszerű cseréjét vagy fordítását. Az állítórugó központi eleme egy tengelyesen átmenő, M5-ös menetes furat, amelybe a rugóállító menetes szára illeszkedik. A rugóállító peremes kialakítása biztosítja a csavar mozgásának végállását: a perem belső felülete ütközésként funkcionál, korlátozva az állítócsavar túlhúzását.

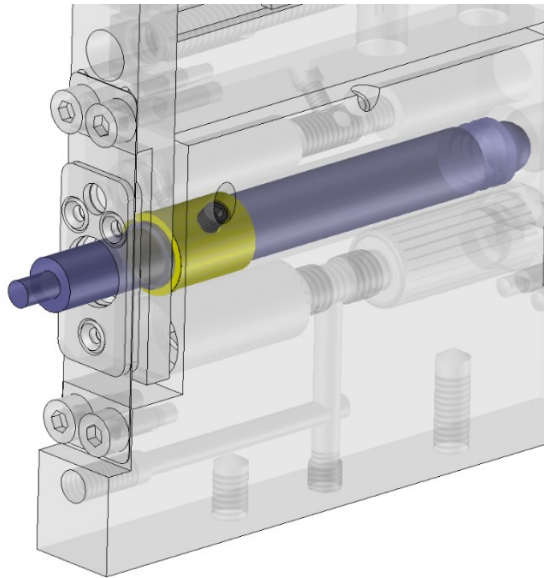
A nyomórugó az állítórugó peremes része és a mozgó alkatrészekon kialakított süllyesztett rész között helyezkedik el. A rugó előfeszített állapotát az állítócsavar helyzete határozza meg, így a rendszer rugóereje precízen szabályozható. A kialakítás biztosítja a rugó biztonságos elhelyezkedését és megfelelő működését a tervezett mérési mechanizmusban. A választott rugó az alábbi paraméterekkel rendelkezik.

Huzal	Legnagyobb rugóerő	Fesz. Mentés hossz	Tüskeátmérő	Hüvelyátmérő	Legkisebb hossz terhelésnél	Rugózó tekervények száma
0,5 mm	5-8 N	26 mm +/-0,5	5 mm	< 7mm	< 10mm	8

A rugóerőnek 8 N-t határoztam meg, amely elegendő nyomást biztosíthat a mérés elvégzésére. Fontos azonban kiemelni, hogy ezt tesztelni kell, amely változtathat a konstrukciós terven.

3.2.3. Induktív szenzor helyzete

Az induktív szenzor behelyezése az összeszerelés utolsó fázisa. A kialakított furatban egy rézpersely található, melynek keresztmetszetét a rajta elhelyezkedő bemetszés miatt szorítással csökkenteni lehet, amely a szenzor befogására alkalmas.



18. ábra: Induktív szenzor rögzítése

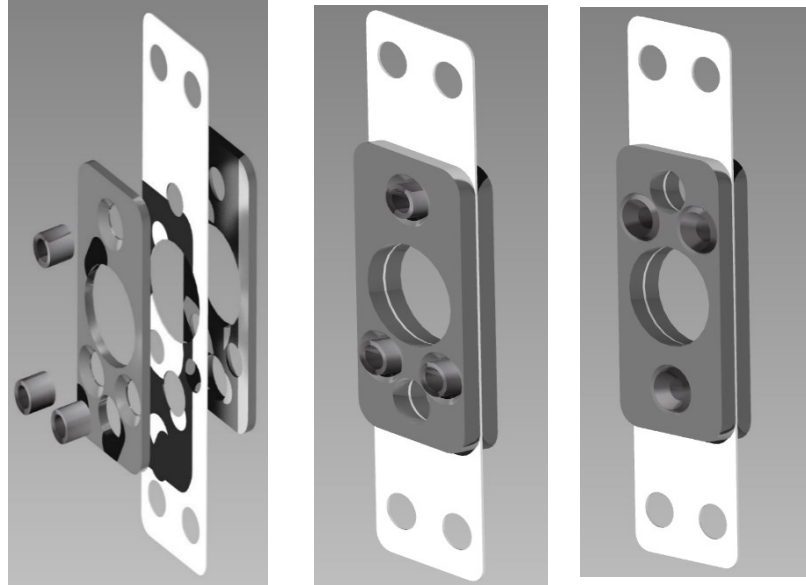
A beszereléskor az induktív szenzort úgy kell pozicionálni, hogy annak mérő feje a mérés során végig kontaktban legyen a mozgó egységbe helyezett tengelycsonkkal.

3.2.4. Rugólemez

A rugólemez lehetséges megoldásait a koncepció tervekben ismerttettem, melyben a rugólemez mellé külön felhelyezett vastagítólemez rögzítését választottam.

A megfelelő lemez vastagságot a vállalatban jelenleg is alkalmazott blokkmérőből vettem alapul. A 0,15 mm vastag lemez megfelelőnek bizonyult az eddigi tapasztalatok alapján az alkalmazott eszközön.

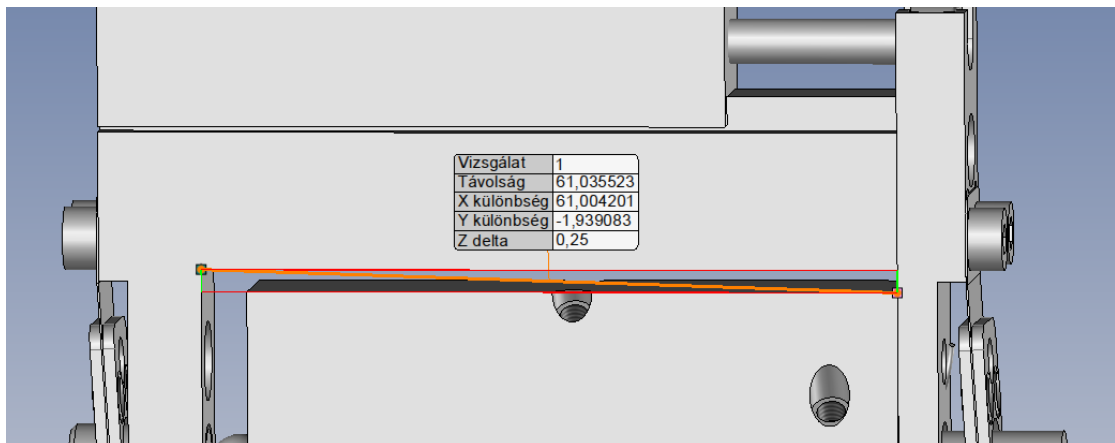
A rugólemez 1.4310 anyagból készül, mely anyag rugók esetében nagy körben alkalmazandó. A lemez egy hézagoló lemez tekercsből lesz lézervágva, amelyre egy külsős cég bevonása szükséges.



19. ábra: Lemezek rögzítése

A két vastagító lemez és a befoglaló rugólemez elsődleges rögzítési megoldása lézeres hegesztés alkalmazásával készült el. Ezt a speciális eljárást eddigiekben nem használták a cégen belül, ezért egy egyszerűbb préseléses kötésteknikát gondoltam ki. A lemezek összerögzítése három, belül üreges alumínium hengeres test anyagának képlékeny alakváltozásával történik, amelyet összenyomással érünk el.

A 3.1.4 pontban leírtak szerint alaphelyzetben az alap felső és a mozgó egység alsó síkja között 2 mm-es távolságot alakítottam ki. Ennek a távolságnak a csökkenésére rugólemez hajlása miatt számítani lehetett. Pontos értéke viszont a CAM-es szimuláció alapján derült ki. A 21. ábrán Y különbség értékét kell megfigyelni, amely a mozgó egység végállásakor az egységek közti távolságot mutatja. Ez az érték 1,94 mm, vagyis 0,06 mm csökkenést jelez az alapálláshoz képest. Ezzel az információval számolni kell a későbbiekben, ha egy nagyon keskeny felületű méretet akarunk mérni.



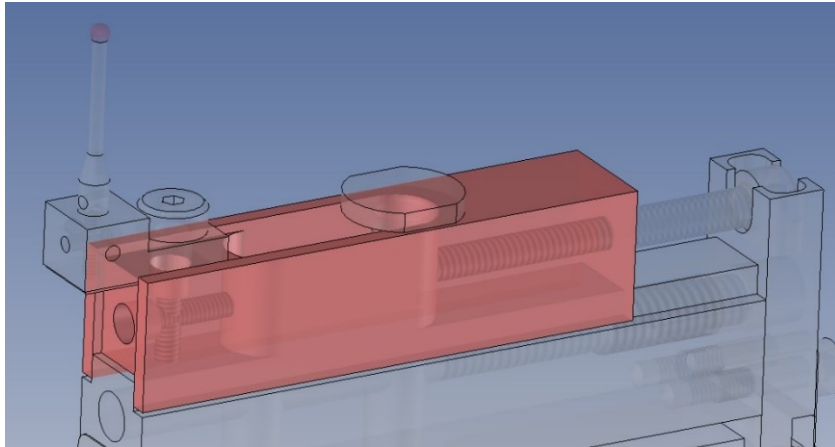
20. ábra: Alap és mozgó egység közti távolság alakulása

3.3. Tapintó egység

3.3.1. Tapintótartó

A tapintó tartó a mozgó egységen helyezkedik el, és állása a méréshez mérten utólagosan is beállítható. A koncepció részben az egység állíthatóságának, leszorításának és a mozgó egységgel való kapcsolatának lehetséges megoldásait is vizsgáltam. Az állíthatóságra egy orsó-anya mechanizmust, a leszorításra egy ékes megoldást, a vezetésre pedig egy egyszerű hornyos megoldást találtam a legkedvezőbb koncepciónak.

A tapintótartóban egy M4-es furat kap helyet, melybe az állító csavar csatlakozik. Függőleges irányba egy átmenő hosszlyuk horony került megtervezésre, amely a 3.3.3 pontban tárgyalt leszorítás miatt szükséges. A mozgó egység konstrukciós tervezésénél leírt vezető kialakításhoz igazítva került megtervezésre a tapintótartó alján lévő hornyos kialakítás. A helyzettűrések mellett a horony szélessége itt is befolyásolja az állíthatóság és az elvárt pontosság mértékét.

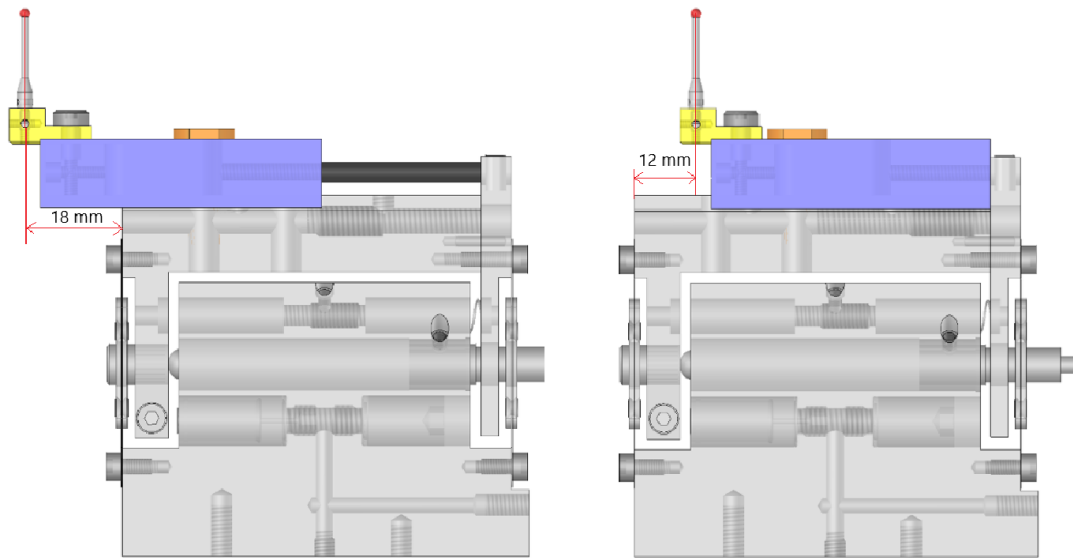


21. ábra: Tapintótartó

A tapintótartó felső és elülső felületére az alsóhoz hasonló paraméterekkel szintén egy horony került kialakításra, illetve egy H7-es hengeres süllyesztéssel ellátott menetes furatok, melyben a későbbiekben tárgyalt tapintó befogó kerül.

3.3.2. Állíthatóság

Az tapintó mozgás irányába történő állíthatósága a koncepcionális fázisban kigondolt orsó-anya kapcsolaton alapul. Az orsó egy DIN 912-es tövig menetes belső kulcsnyílású csavar, melynek menetes szárának teljes hosszát ki lehet használni a mérési pozíció érdekében. Az állítócsavar feje a villás csavartartónak megmunkált hátsó egységben axiálisan rögzül (...pont). A menetes szára a tapintó egységbe van bevezetve, így annak csavarásával a hornyon mozgó test és az állító csavar közt létrejön az orsós mechanizmus



22. ábra: Állítható tapintótartó két végállása

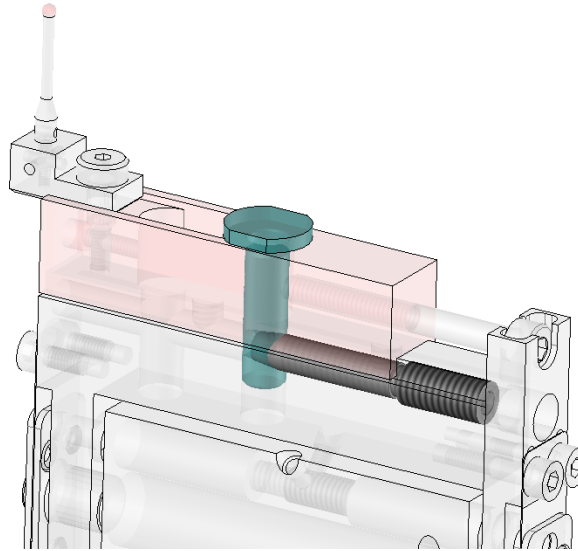
A leszorítást végző fejes csap két pozícióba helyezhető, ezzel megnövelve az állítható távot. Ez a távolság a végállások közt az 22. ábrán láthatóan 30 mm.

3.3.3. Leszorítás

A koncepció fázisban az ékes megoldás kidolgozása, még nagyon kezdetleges gondolat volt. A szorítási irányon kívül nem tartalmazott konkrét megoldást, amely a konstrukciós részből visszavezethető lenne.

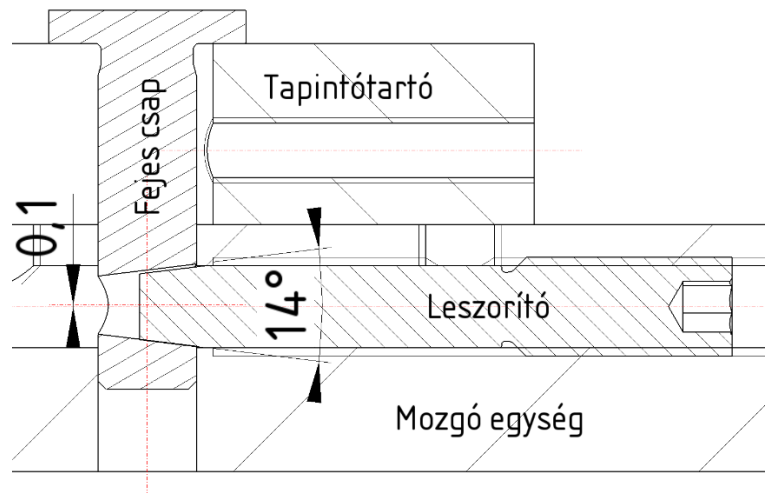
Az éket a követelményeknek megfelelően hátulról kell bevezetni. A kapcsolatot állításkor oldani kell. Ennek legegyszerűbb módja egy menetes kötés. Ha az éket hengeres testnek alakítom ki, akkor egy menettel is elláthatom a rögzítéséhez. A hengertest végére egy kúpos kialakítást gondoltam ki, amely a leszorító test kúpos furatába illeszkedne. A leszorító test kialakítását szintén hengeres testként dolgoztam ki, melynek szárán az előbb említett kúpos furat kap helyet. A két elem formai és kapcsolati koncepciója összeállt, következett a leszorítás és a helyzetük megtervezése.

Leszorítást egy egyszerű csavar elvén gondoltam ki, amely egy fejből és egy szárból áll. Ha a leszorító felső fej része, alsó síkja felfekszik a tapintó egység felső oldalára, így az ék általi szorítóerőt ez viszi át közvetlen arra.



23. ábra: Ékes rögzítés a tapintótartó, fejes csap és az ék jelölésével

Ahhoz, hogy a mozgás irányú állíthatóság kivitelezhető legyen a tapintó egységen egy hosszlyuk hornyot alakítottam ki, melyben a leszorító fejes csap lazán illeszkedik, így az ékes kötés oldásakor, könnyedén mozgatható a test. A fejes csap két pozícióba helyezhető, a méréshez szükséges az állíthatósági tartománytól függően.

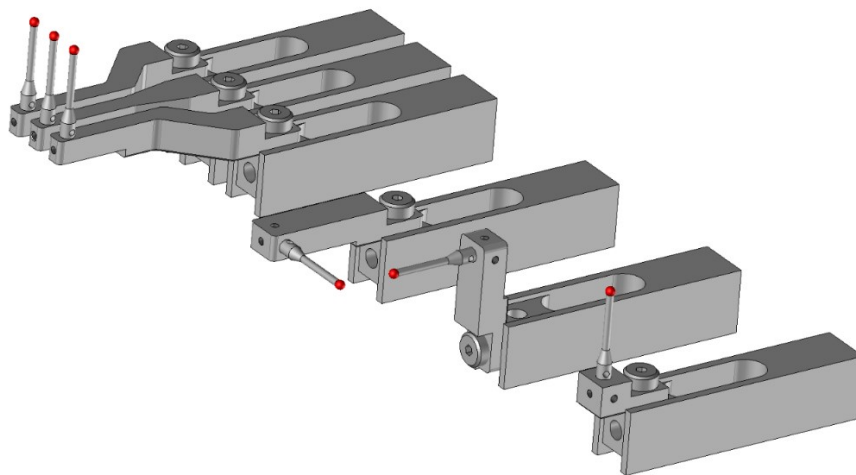


24. ábra: Ékes rögzítés elhelyezése

A fejes csap furata és az ék kúpos vége egyaránt 14°-os szöggel rendelkezik. Ez a szögérték a vállalat által alkalmazott legkisebb kialakítású kúpfüró szerszám, amelyet a gyártási folyamat során használnak. A furat és a leszorító forgás tengelye között 0,1 mm távolságot határoztam meg, hogy a szorítás biztosan végbe menjen. Lásd 25. ábra. Az anyagukat ötvöztött szerkezeti acélnak határoztam meg. A 42CrMo4-es anyag, amely hőkezeléssel kiváló mechanikai tulajdonságokat biztosít.

3.3.4. Tapintó befogók

A legegyszerűbb mód a tapintó rögzítésére közvetlen a tapintóegységbe történhetne. A tapintók piacon kaphatóak és számos magasságban megrendelhetők, valamint a hosszirányú állíthatóság pedig az állítható tapintó egység miatt megoldható. A blokkmérők már kis kialakításuknak és szélességüknek köszönhetően szorosan beépíthetők egymás mellé, de sok helyen felléphet szűkebben elhelyezkedő mérendő alakzatok, melyekhez ez a távolság nem megfelelően közeli. Illetve az állítható hossz is korlátozott. A 22. ábrán látható, hogy az alap tapintó befogó csak 18mm kilógást ad a mozgó egység elülső síkjától. Ez miatt a fix kialakítású tapintóegységre, különböző kialakítású tapintó befogókat terveztem, melyek a horonnyal ellátott tapintótartóra egy ISO 7379 illesztőcsavarral rögzíthetők.

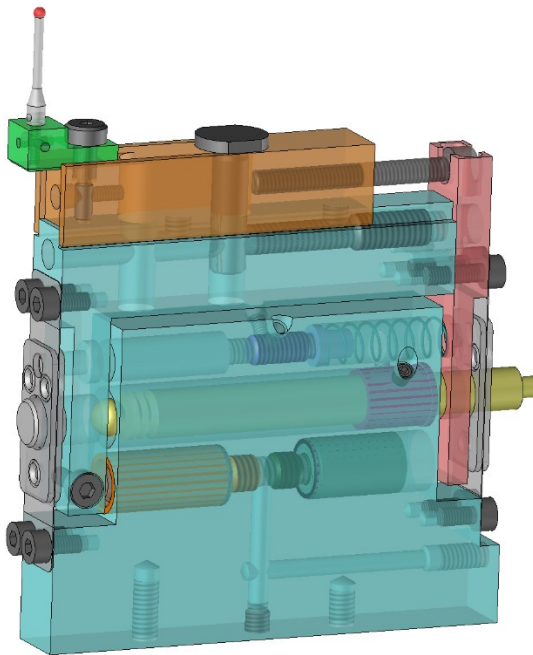


25. ábra: Tapintó befogók kialakítási lehetőségei

A tervezett blokkmérőhöz egy M2 menetes végű tapintót választottam. Az ábrán láthatóan a tapintó befogókon a tapintók több irányba is elhelyezhetők a méréstől függően.

4. Blokkmérő elvárt működése

Az egységek konstrukciós tervezése elkészült (26.ábra). Az egymással összekapcsolódó elemek és mechanizmusok miatt ezek kialakítása összehangoltan történt. Az elkészített blokkmérő az állíthatósági, mérési, gyárthatósági követelményeknek megfelelően került megtervezésre.



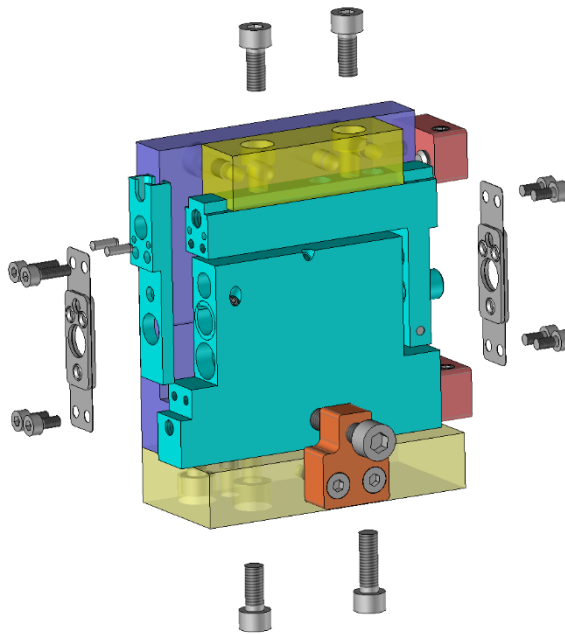
26. ábra: Induktív blokkmérő

Az eszköz által elvárt mérési pontosság mikron tartományon belüli. A közvetetten érkező mérési elmozdulás a tapintótól az induktív szenzorig több elem kapcsolatán keresztül jut el, melyek szigorú méret és helyzet tűrésük végett, ez a tervezett kialakítással megvalósítható. Ezt viszont hosszas tesztelés után lehet kijelenteni, hogy valóban megbízhatóan működő.

Beszerelt állapotban a követelmény szerinti utólagos finombeállítás csak hátsó rész felől kivitelezhető. Ennek megvalósítására elegendő egy darab imbuszkulcs, amely a kúpos leleszorító ékes kötését oldja, illetve ezt követően az állítócsavart pozicionálja.

5. Összeszerelés és tesztelés konstrukciós tervei

A konstrukciós tervezés megvalósult a követelményeknek megfelelően. A tervezett induktív blokkmérő elemeinek rajzát megbeszélések követően a cégen belüli egyedi gyártásba kerülnek. A gyártás ideje alatt kereskedelemben kapható alkatrészek beszerzése folyik. Amennyiben egy részegység elkészül, akkor annak tesztelését el kell végezni, hogy esetleges hiba fellépésekor az még időben megoldható legyen. Az ilyen kritikus egységek a munkahenger, vagy éppen a vezető rugólemez tesztelése. Amennyibe megfelelnek a legyártott elemek akkor történhet a blokkmérő összeszerelése. Erre tervezésre került egy befogókészülék, melyen az egységek pontos összeillesztése lehetséges. Lásd, 27. ábra.



27. ábra: A befogókészülék az összeszerelendő blokkmérő ábrázolásával

Az összeszerelés után a tesztelés következik, amely a mérések többszöri ismétléséből áll. Erre a célra egy tesztpad került megtervezésre. Ennek során az esetleges hibák (1.3. pont) azonosíthatók. Ha mérési hiba jelentkezik, annak részletes analízise és megfelelő korrekciója után lehet megkezdeni a gyártásba való üzembe helyezést.

Összegzés

Dolgozatom során a blokkmérő konstrukciós tervezését, és annak előzetes lépéseit végeztem el, melyek célja egy egyedi, pontos mérési tulajdonságokkal rendelkező, a követelményeket kielégítő mérőeszköz létrehozása. Tervezési munkám első túlnyomó része is a piacon található megoldások felkutatásából és azok alkalmazásából állt. Nagy segítséget nyújtott, hogy a vállalaton belül alkalmazott mérőeszköz beüzemelésében, összeszerelésében is részt tudtam venni, így gyakorlati tapasztalatok megszerzése mellett tudtam folytatni a saját eszköz megtervezését.

A MATRO Kft. által nyújtott projektem során a kezdetleges nehézségeket követően, számos új tudással, tapasztalattal fejeztem be a blokkmérő konstrukciós tervezését. Megértettem, hogy egy eszköz tervezésénél nem szabad az első koncepcióra hagyatkozni, mindig át kell gondolni annak helyességét, vagy ha biztosnak tűnik a megoldás, akkor is tanácsos egy tapasztalt mérnök szavait meghallgatni az adott kivitelezésről.

A következő cél a blokkmérő minél hamarabb történő üzembe helyezése, melynek folyamata alatt új területeket ismerhetek meg részletesebben. Az 5. pontba leírtak szerint a gyártást követően először a tesztelések következnek. Eerre már több koncepciós megoldás született, köztük egy tesztpad létrehozása.

Még messze nem rendelkezem elegendő gyakorlattal, viszont a blokkmérő tervezése nagyban segítette a szakmai fejlődésemet. Remélem a közeljövőben még számos hasonló projektet kapok, vagy vehetem benne ki a részem, melyek után piacképes tudással fogok rendelkezni a jövőre nézve.

Ábrajegyzék

1. ábra:	<i>1. ábra: Idomszeres mérés helyettesítése blokkmérővel</i>	<i>5</i>
2. ábra:	<i>2. ábra: Mérhető és nem mérhető felületek</i>	<i>5</i>
3. ábra:	<i>3. ábra: Blokkmérő felépítése</i>	<i>7</i>
4. ábra:	<i>4. ábra: Mérés vázlatos ábrázolása</i>	<i>8</i>
5. ábra:	<i>5. ábra: Blokkmérők mérési alkalmazása [3]</i>	<i>9</i>
6. ábra:	<i>6. ábra: Mérési hiba eloszlási diagram</i>	<i>10</i>
7. ábra:	<i>7. ábra: Aszimmetrikus hiba</i>	<i>11</i>
8. ábra:	<i>8. ábra: Az induktív szenzor átmérő mérési képlete</i>	<i>12</i>
9. ábra:	<i>9. ábra: Jelfeldolgozó folyamat</i>	<i>12</i>
10. ábra:	<i>10. ábra: Pneumatikus kapcsolási rajz</i>	<i>13</i>
11. ábra:	<i>11. ábra: Blokkmérő műszaki pályája</i>	<i>15</i>
12. ábra:	<i>12. ábra: Alap</i>	<i>22</i>
13. ábra:	<i>13. ábra: Blokkmérő mozgó egysége</i>	<i>23</i>
14. ábra:	<i>14. ábra: Hátsó egység</i>	<i>25</i>
15. ábra:	<i>15. ábra: Pneumatikus egységek.....</i>	<i>27</i>
16. ábra:	<i>16. ábra: Munkahenger és a dugattyúrúd végállásának ábrája.....</i>	<i>28</i>
17. ábra:	<i>17. ábra: Állítórugó egységének kialakítása</i>	<i>31</i>
18. ábra:	<i>18. ábra: Induktív szenzor rögzítése</i>	<i>32</i>
19. ábra:	<i>19. ábra: Lemezek rögzítése</i>	<i>33</i>
20. ábra:	<i>20. ábra: Alap és mozgó egység közti távolság alakulása.....</i>	<i>34</i>
21. ábra:	<i>21. ábra: Tapintótartó</i>	<i>35</i>
22. ábra:	<i>22. ábra: Állítható tapintótartó két végállása.....</i>	<i>36</i>
23. ábra:	<i>23. ábra: Ékes rögzítés a tapintótartó, fejes csap és az ék jelölésével</i>	<i>37</i>
24. ábra:	<i>24. ábra: Ékes rögzítés elhelyezése</i>	<i>37</i>
25. ábra:	<i>25. ábra: Tapintó befogók kialakítási lehetőségei</i>	<i>38</i>
26. ábra:	<i>26. ábra: Induktív blokkmérő.....</i>	<i>39</i>
27. ábra:	<i>27. ábra: A befogókészülék az összeszerelendő blokkmérő ábrázolásával .</i>	<i>40</i>

Irodalomjegyzék

- [1] H. Géza, A LEAN ALAPÚ TERMELÉS KIALAKÍTÁSÁNAK LÉPÉSEI, DEBRECENI MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK, 2007.
- [2] N. Judit, „Corvinus Egyetem Unipub Gyűjtemény,” 2017. [Online]. Available: https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/3115/1/Nagy_167.pdf.
- [3] „Solartron,” Solartron, [Online]. Available: <https://solartron.cdstore.com/products/detail/9731303-solartron-metrology/405677/>.
- [4] „Tesa,” Tesa, [Online]. Available: <https://www.yumpu.com/en/document/read/39771506/tesa-axial-probes-microtes>.
- [5] „Matro.hu,” Matro Kft., [Online]. Available: <https://matro.hu/>.
- [6] B. Pál, Járműgyártás Méréstechnika, Akadémiai Kiadó.
- [7] M. A. H. A. H. M. K. Y. Tan, „A Framework for Effective Product Design,” *Journal of Engineering Design*, 2021.
- [8] D. B. T., „Terméktervezés módszertana,” [Online]. Available: <http://www.gszi.bme.hu>.
- [9] „LFC,” LFC, [Online]. Available: <https://www.lfc.com.sg/blog/detail/Introduction-to-Dimensional-Air-Gauging>.
- [10] F. László, Méret- és alakellenőrzések idomszerekkel, speciális mérőeszközökkel, NSZFI.

Mellékletek

Műszaki rajzok:

<u>Rajzsám:</u>	<u>Megnevezés:</u>	<u>Méret:</u>
BM-RL-001	Lemezes_blokkmero	A3
BM-RL-009	Lemezes_alaptest	A3
BM-RL-026	Lemezes_Mozgo_egyseg	A3
BM-ME-053	Tapontotarto	A4
BM-RL-014	Hatso_egyseg	A4
BM-RL-024	Fejes_csap	A4
BM-RL-018	Rugolemez	A4
BM-ME-042	Kupos_leszorito	A4
BM-RL-010	Munkahenger_persely	A4
BM-RL-004	Tomito	A4
BM-RL-025	Rugo_allito	A4
BM-RL-006	Munkahenger_dugattyu	A4