

TÖBBTENGELYES EGYEDI MANIPULÁTOR FEJLESZTÉSE

DEVELOPEMENT OF INDIVIDUAL MULTI-AXIS ROBOT

Lázár András, PhD-hallgató, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék
Collognáth Dezső, egyetemi tanársegéd, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék
Nyitrai Károly, műszaki tanácsadó, Hepenix Kft.
Dr. Horák Péter, egyetemi docens, BME Gép- és Terméktervezés Tanszék

ABSTRACT. This article is about the design possibilities of the robotic wrist that occur during the design process of a multi-axis robot. The experiments are useful for the future lightweight robotics development and the individual robotics design.

1. BEVEZETÉS

Egyedi manipulátor megtervezése során számos követelménnyel szembesül a tervező. A legfontosabb kérdés hogy milyen feladatra szánjuk a manipulátort.

A feladat definiálja a mozgásviszonyokat és a működési tartományokat. Egyedi manipulátorok tervezése során a dinamikai hatások elemzése gyakran kisebb hangsúlyt kap a beépítési méretek és a legnagyobb megengedhető tömeggel szemben.

A cikkben egy egyedi manipulátor tervezése során a csuklókialakítás körül felmerülő problémák és az azokkal kapcsolatos megoldások kerülnek bemutatásra.

2. CSUKLÓK KIALAKÍTÁSÁNAK HAGYOMÁNYOS ESZKÖZEI

A manipulátor egyes elemeit olyan egységek kapcsolják össze, amelyek az egyik tagnak a másikhoz képest csak egy szabadságfokú mozgását teszik lehetővé. Egyenes vonalú mozgás esetén *vezetékekről* (lineáris csukló), tengely körüli forgó mozgásnál *csuklóról* (rotációs csukló) beszélünk.

A vezetékek előnye a merev kialakításukban és egyszerűbb vezérelhetőségükben található, míg a csuklókat a kisebb helyigény és a manőverező képesség miatt alkalmazzák.

A vezetékek tekintetében léteznek **csúszó és gördülő vezetékek**. A csúszó vezetékek olcsóbbak, kisebb helyet foglalnak, kedvezőek a csillapítási tulajdonságaik és kevésbé érzékenyek a szennyeződésekre, viszont hajlamosak az akadozó csúszásra. Ezzel szemben a gördülő vezetékek kisebb súrlódási ellenállással, nagyobb merevséggel rendelkeznek, a holtjátékuk pedig előfeszítéssel megszüntethető.

A manipulátorok szerkezeti kialakításánál elterjedten alkalmazzák mind a **csúszó**, mind a **gördülő csapágyszárat**. A csúszó csapágyszárok kis méretük miatt kedveltek. A gördülő csapágyszárok ezzel szemben nagyobb merevséget, pontosabb mozgásvitelt biztosítanak, és olyan nagy méretekben is rendelkezésre állnak, amelyben polimer csapágyszárt már nem gyártanak. [1]

Az egyes csuklók meghajtása történhet lineáris vagy forgó mozgást végző motorokkal. Ezeket működés szerint kell kapcsolnunk a kiválasztott lineáris vagy rotációs csuklóhoz. Az összekapcsoláshoz **mozgás-átalakító mechanizmusokat** használunk. Erre szükség lehet a meghajtás módja, a tengelyek kitérése, vagy akár a geometria miatt.

1. táblázat. Forgó-forgó mozgás átalakítása [2]

	Alakkal záró	Erővel záró
Közvetlen érintkezésű	Fogaskerék Csiga	Dörzs
Közvetítő elemes	Lánc Fogazott szíj	Lapos szíj Ékszíj

A *forgó-forgó mozgás-átalakításra* ad egy áttekintést az 1. táblázat. A felsorolt lehetőségek közül a hagyományos szemlélet szerint többnyire a fogaskerék és a csiga-csigakerék párokkal való átalakítás a legelterjedtebb, de ezekkel a mozgás-átalakítás csak kis tengelytávolságú forgómozgás átvitele esetén alkalmazható. A többi mechanizmus a robotikában nem megengedhető mértékű pontatlansága miatt nem terjedt el szélesebb körben.

A csuklók meghajtása során szükség lehet még a *forgó mozgás haladó mozgássá* történő átalakítására is. A legelterjedtebb megoldások az orsó-anya, fogaskerék-fogasléc és az egyes forgattyús mechanizmusok. A haladó mozgást forgó mozgássá ezen megoldások hajtó és hajtott tagjának felcserélése teszi lehetővé, amennyiben a hajtáslánc nem önzáró. [3]

Lényeges szerkezeti elemek a csuklóknak a meghajtó elem mozgási energiáját és mozgásformáját átadó **tengelykapcsolók**. Egyaránt

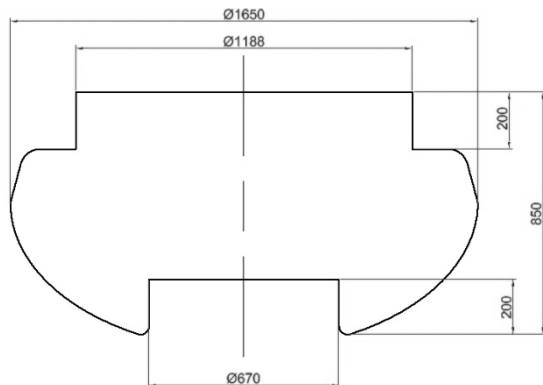
elterjedtek az alakzáráson és az erőzáráson alapuló tengelykapcsolók.

A fent felsorolt elemek mind szükségesek egy manipulátor csuklójának kialakításához.

Az egyes csuklókat vezetni, csapágyazni kell, gondoskodni kell a meghajtásukról, a nyomaték megfelelő közléséről és a megfelelő mozgásforma előállításáról. Csapágyakat, vezetőket, tengelykapcsolókat, motorokat (esetként hajtóműveket), mozgás-átalakítókat építünk be egy csuklóba, amely elemek súlya jelentősen növeli a csukló helyigényét és a tömegét, ezáltal a dinamikus terheléseket is.

3. ALKALMAZOTT MEGOLDÁSOK EGY KONKRÉT MANIPULÁTOR ESETÉN [4]

3.1 A manipulátor morfológiája



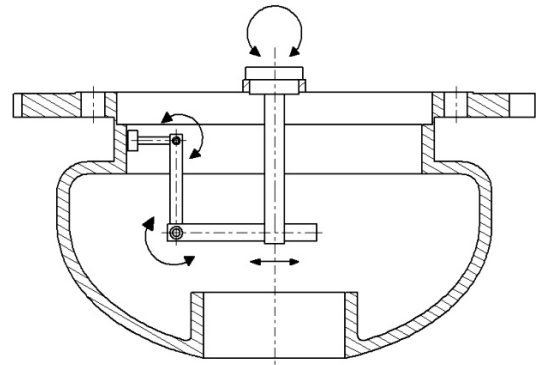
1. ábra. A manipulátor munkatere

A vizsgált manipulátor alapját a paksi atomerőmű főköri szivattyúházát dekontamináló robot adta. Az itt bemutatott verzió egy alternatív megoldást javasolt a már elavult berendezés helyett.

A manipulátorral az 1. ábrán bemutatott munkatérbelső felületéket kell bejárni a felső és az alsó vízszintes síkok kivételével. A munkafelület forgástest, abban körkörös mozgással kell munkát végezni.

Az elméleti megoldás egy **4 szabadságfokú manipulátort** eredményez, amely megfelelő csuklókiosztással a teljes munkafelület képes bejárni. Az elméleti koncepció a 2. ábrán látható.

A manipulátor főmozgása a munkatér tengelyével megegyező tengely körüli forgás, ami technológiai okokból $\pm 190^\circ$ -os elfordulást jelent. Egy translációs és a további két rotációs szabadságfok a manipulátor munkavégző egységének (fejegység) a pozicionálását végzi.



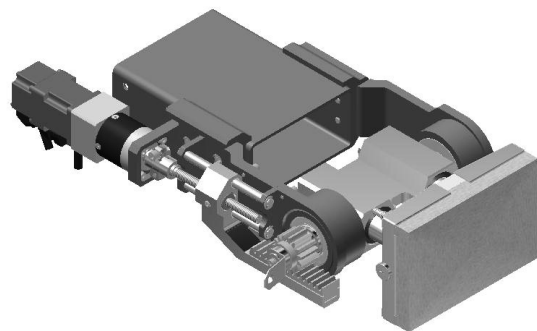
2. ábra. A manipulátor morfológiai kialakítása

3.2 A csuklók kialakítása

A robotikában a robotok csuklóinak sorrendje az alaptól (főmozgás) értelmezett, de a tervezés során ellentétes irányba kell haladni, először a fejegységet kell felépíteni, majd sorban visszafelé a karokat és a csuklókat. Támaszkodva erre a szemléletre, az egyes megoldások a fejegységtől kiindulva kerülnek bemutatásra.

A „**4-es csukló**” rotációs csukló, a fejegység pozicionálását végzi $\pm 90^\circ$ -os tartományban. A kialakításnál legfontosabb szempont a csukló minél kisebb geometriai kialakítása, hogy az 1. ábrán látható munkatér alsó, íves felületét minél mélyebben meg tudja közelíteni.

A szűk munkatér miatt a hajtás elemek beépíthetősége miatt többlépcsős mozgás-átalakításra van szükség. A csukló kialakítását és környezetét mutatja a 3. ábra.

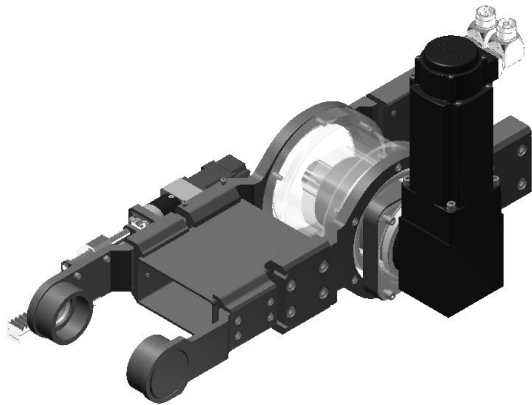


3. ábra. A „4-es csukló”

A fejegység billentése során egy menetes orsót szervomotor hajt meg, bolygókeres hajtóművön keresztül. A menetes orsó egy fogaslécet vezet lineáris vezetőken, majd egy fogasléc-fogaskerék kapcsolattal kapunk ismét forgó mozgást. A lineáris vezetőket polimer síklócsapágyakon csúszik a csuklóban az elfordulást mélyhornyú golyóscsapágyak teszik lehetővé. A fejegység forgatásának kis geometriájú kialakításához szükség volt a forgó – haladó – forgó jellegű mozgás-átalakításra. A

megoldástovábbi előnye, hogy a menetes orsó miatt a csukló önzáró.

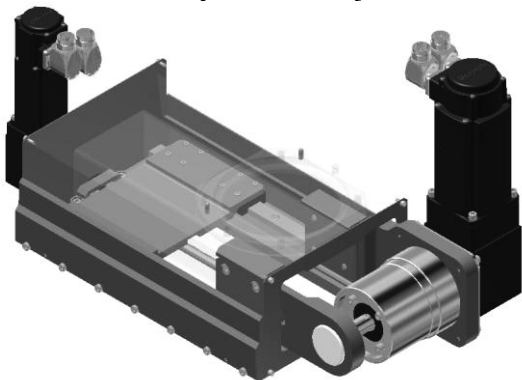
A „**3-as csukló**” szintén rotációs csukló. A „**4-es csuklót**” tartó kart képes forgatni $\pm 90^\circ$ -os tartományban. A csukló kialakításának legfontosabb szempontja a csukló meghajtásának a csuklóba történő integrálása. Így elérhető el a legkisebb geometriai kialakítás a legkisebb mértékű járulékos terhelések mellett. A csukló kialakítását és környezetét mutatja a 4. ábra.



4. ábra. A „3-as csukló”

A csuklót egy többfokozatú bolygóművel ellátott szervomotor hajtja meg. A hajtóműnek a bolygóműves egysége a csuklóba épített, így a csukló geometriáját a hajtómű méretei határozzák meg. A csukló elfordulását mélyhornyú golyóscsapágyak teszik lehetővé. A csapágyak körülölelik a hajtóművet. A nagy méret további előnye a merevebb kialakítás.

A „**2-es csukló**” egy lineáris csukló. A fejegység és a pozicionáló csuklók mozgatását teszi lehetővé vízszintes irányban. A csukló kialakítását és környezetét mutatja az 5. ábra.

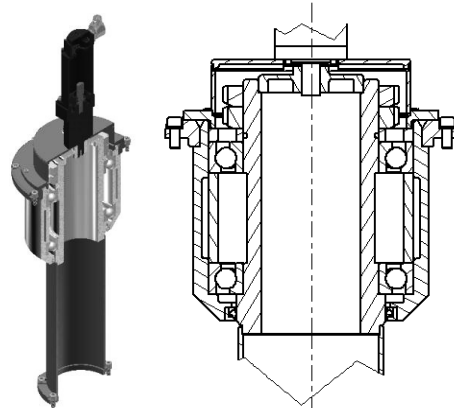


5. ábra. A „2-es csukló”

A csukló mozgatását egy bolygóműves hajtóművel ellátott szervomotorral hajtott menetes orsóval oldottuk meg. A karhoz rögzített anya mozditja el vízszintesen a szerkezetet.

Mivel a szerkezethez mérten nagyok az elmozdulások, így két darab gördülőelemes lineáris vezetékre van felültemve a kar, amelyek biztosítják a nagy teherbírást és a merev kialakítást.

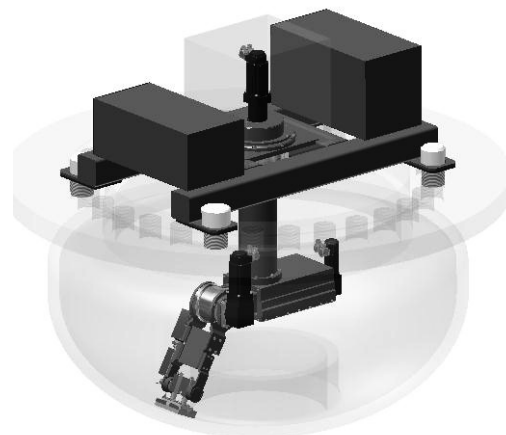
Az „**1-es csukló**” a főmozgásért felelős rotációs csukló (főorsó). A legfontosabb szempont a nagy merevség megvalósítása, hiszen a berendezés tömegét és a munkavégzésből származó járulékos erőket is el kell viselnie. A főorsó kialakítását és környezetét mutatja a 6. ábra.



6. ábra. A főorsó

A csuklót szervomotor hajtja meg többfokozatú bolygóműves hajtóművön keresztül. Mint a „3-as csuklónál”, itt is közvetlen a csukló meghajtása, nincs szükség a mozgás jellegének megváltoztatására, továbbá mivel a beépítési környezet is megengedi, itt nem kell a hajtóművet a csuklóba rejtetni. A kellő merevség eléréséhez nagyátmérőjű ferde hatásvonalú golyóscsapágyak kerültek beépítésre.

A megtervezett manipulátor megfelel a vele szemben támasztott követelményeknek. Modern szemléletben, megoldásaiban az egyedi gépgyártáshoz illeszkedik. A teljes berendezés a 7. ábrán látható.



7. ábra. A tervezett berendezés

Az alapkereten látható két „doboz” illusztrálja a manipulátorra integrálható hajtás-elektronikát tartalmazó villamos szekrényeket.

3.3 A szerkezet tömegarányai a csomópontok és karok viszonylatában

Áttekintve a tervezett berendezést, felmerül a kérdés, hogy vajon hosszabb távon hogyan képzelhető el a szerkezet tömegcsökkentése, mely részek azok, amelyek a feladatukhoz, felépítésükhöz mérten nagy tömeget képviselnek a berendezésben.

Hasonlítsuk össze az egyes csomópontok „hasznos” tömegét az őket hordozó elemek tömegével. A hasznos tömeg alatt a csomópont működéséhez szükséges elemek, míg a hordozó tömeg a karok, megfogások, felerősítések tömegét értjük.

2. táblázat. A tömegek eloszlása a manipulátorban

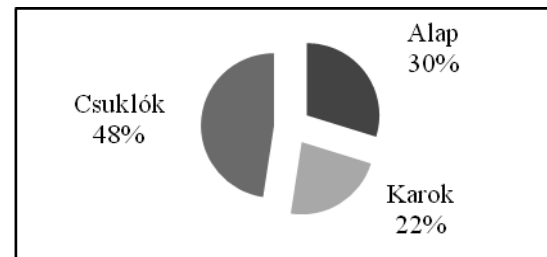
Csukló neve	Csukló tömege [kg]	Kar tömege [kg]
4-es	4	1
3-as	23	9
2-es	16	9
1-es	56	28
Összesen	99	47

A 2. táblázatban minden csuklóhoz az a kar tömeg tartozik, amit a csuklónak kell tartania, azaz a „4-es csukló” karja itt a csukló által megtartott fejegységet jelenti. A teljes szerkezethez tartozik még egy 62 kg tömegű alapkeret is, ami ahhoz kell, hogy a manipulátort rögzíteni lehessen a munkateréhez.

Látható, hogy minden esetben a csukló tömege lényegesen magasabb, a csuklót követő kar tömegénél, a csuklók össztömege több mint kétszerese a karok tömegének.

A 8. ábrán látható a manipulátor tömegeloszlása az alap, a karok és a csuklók megoszlásában. A csuklók tömege a manipulátor tömegének 48%-át képviseli, miközben a szerkezetnek a tömege nagymértékben a csuklók és karok tömegének a függvénye.

Elmondható tehát, hogy a csuklók tömegének csökkentésével jelentősen csökkenthető az iparban felhasznált robotok tömege.



8. ábra. A manipulátor tömegeloszlása

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Egy adott feladatra alkalmas manipulátor tervezése során összehasonlításra került az egyes részegységek egymáshoz viszonyított tömege, úgymint a karok, a csuklók és a szerkezet alapja. Megállapítható, hogy a szerkezet tömegének jelentős hányadát teszi ki a csuklók tömege, így a csukló elemeinek csökkentése könnyebb karokat, ezzel párhuzamosan alacsonyabb tömegű alapot eredményezhet.

A tömegcsökkentés igénye a csuklók esetében új típusú polimer kompozit elemek alkalmazásával isteljesíthető, melyeknek fejlesztése és alkalmazhatóságuknak vizsgálata egy PhD dolgozat keretein belül fog megvalósulni.

5. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott összehasonlítás a Hepenix Kft. által kiírt diplomaterv alapján vált lehetségessé. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Új tehetség gondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.B-10/1--2010-0009 program támogatja.

6. IRODALOM

- [1] Dr. Pintér J.: Ipari robotok fejlődése, Gépipari automatizálás II., internetes segédanyag, SZE Anyagismereti és Járműgyártás Tanszék, 2012.05.27
- [2] Dr. Simon V. et al.: Gépelemek 2., egyetemi tankönyv, Műegyetemi Kiadó, 2008
- [3] Dr. Jakab E.: Aktuátorok, Miskolci Egyetem RMBT, internetes segédanyag
- [4] Lázár A.: Többtengelyes egyedi manipulátor tervezése dekontaminálási feladatok elvégzéséhez atomerőművekben, Diplomaterv, 2012, BME Gépészmérnöki Kar.