

## ROBOTMEGFOGÓ TERVEZÉSE

**Kovács Károly**

hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [kovacskarolyge@gmail.com](mailto:kovacskarolyge@gmail.com)

**Péter József**

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [machpj@uni-miskolc.hu](mailto:machpj@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

*Jelen cikk keretében a szerzők ismertetik egy robot megfogószerkezetét és tervezésének folyamatát. Robotmegfogókat az ipar számos területén alkalmaznak, mivel hatékonyságuk és pontosságuk kiemelkedő. Bemutatásra kerül a robotok felépítése és különböző típusai, a különböző megfogó szerkezetek. A témához kapcsolódóan néhány példán keresztül ismertetésre kerülnek a természetben található megfogások. Bemutatásra kerülnek a lehetséges megoldásvázlatok. Ismertetésre kerül a szerkezet 3D modellje és az alkatrészrajzok.*

**Kulcsszavak:** robot, megfogó, anyagkezelés, tervezés, kiválasztás, 3D modell

### **Abstract**

*Within the frame of this paper, the authors describe the structures of grippers for robots and their design process. Robot grippers are used in many areas of the industry because of their outstanding efficiency and accuracy. The structure and different types of robots, the different gripping structures are presented. In connection with the topic, grips found in nature are described through some examples. Possible solution schemes are presented. A 3D model of the structure and component drawings are described.*

**Keywords:** robot, gripper, materials handling, design, selection, 3D model

## **1 Bevezetés**

Munkánk témája egy robot megfogószerkezet általános bemutatása és tervezése. Ilyen megfogókat az ipar számos területén alkalmaznak, mivel hatékonyságuk és pontosságuk kiemelkedő. A robotokkal történő anyagmozgatás és megmunkálás egyre nagyobb teret hódít, a különböző típusú anyagok és szerszámok megfogásához más-más fajta megfogószerkezetek alkalmaznak. Célunk egy adott hengeres test megfogására alkalmas robotmegfogó tervezése. A téma kidolgozása során áttekintettük a robotok felépítését, működését és különböző típusait, bemutattuk a megfogó szerkezeteket és részleteztük az ujjas típusú megfogókat. Az alakzáró és erőzáró megfogások valamint a megfogási biztonság értelmezése is szükségesnek bizonyult a későbbi tervezés során. A témához kapcsolódóan néhány példát is bemutatunk a természetben található megfogásokra. Felépítettük a lehetséges megoldásvázlatokat, melyek közül értékeléssel kiválasztottuk a leginkább megfelelőt. A kiválasztott megoldásvázlat alapján számításokat végeztünk a főbb elemek kidolgozásához, ellenőrzéséhez. Végül elkészítettük a szerkezet 3D modelljét és az alkatrészrajzokat.

## 2 A robotok kialakulásának áttekintése

A történelem során az emberek gyakran próbáltak olyan szerkezetek alkotni, melyek hasonlítanak az emberre, vagy legalábbis emberi tevékenységeket képesek utánozni. Több híres ilyen szerkezet is volt, például 1700-ban Jacques d. Vaucanson épített egy mechanikus zenélő babát, majd 1738-ban egy szárnyát mozgató, hápogó kacsát. Pierre Jaquet-Droz 1772-ben az „író” nevű automatával vált híressé. Kempelen Farkas egy sakk automatát alkotott, amelyben a bábuk mozgását egy bonyolult mechanikával oldotta meg, a gép ember által vezérelt volt, a szerkezet leírását 1791-ben tette közzé.

A gépek fejlődése nem állt meg, próbálták a gépeket egyre több ember által végzett manuális tevékenység helyettesítésére használni. Egyik nagy előnye a gépeknek, hogy képesek folyamatosan dolgozni ugyanolyan teljesítménnyel, így gazdasági szempontból is érdemes volt további fejlesztések folytatni. Az informatika és a digitális számítógépek megjelenésével újabb lehetőség nyílt meg a gépek fejlődése felé. Innentől kezdve jelentek meg az első robotnak nevezett, automata gépek.

## 3 A robot fogalmi meghatározása

A cseh „robot” szóból származik a robot kifejezés, aminek a jelentése: munka. A Német Mérnökök Egyesülete (VDI), 1981-ben meghatározta az ipari robotok alapfogalmát, melyet a VDI 2860 irányelvben is leírt, amely kimondja, hogy: „Az ipari robot univerzálisan állítható többtengelyű mozgó automata, amelynek mozgás-egymásutánisága (utak és szögek) szabadon – mechanikus beavatkozás nélkül – programozható és adott esetben szenzorral vezetett, megfogóval, szerszámmal vagy más gyártó eszközzel felszerelhető, anyagkezelési és technológiai feladatra felhasználható [2].”

A robotok főbb egységei:

- robot mechanika,
- hajtó egység,
- robot megfogó szerkezet,
- szenzorikai elemek,
- irányító rendszer a szoftverekkel.

## 4 Ipari robotok

A fentebb leírtak szerint az ipari robotokat mechanikus beavatkozás nélkül is át lehet programozni. A programok módosítása többféle módon történhet, ezek alapján az ipari robotokat a következők szerint csoportosíthatjuk:

- önálló programbefolyásolás nélküli,
- programszelekcióval rendelkező,
- programadaptációval rendelkező.

## 5 Az ipari robotok koordinátarendszerei

A robotok fejlesztése során az emberi kar mintájára próbáltak felépíteni egy mechanikus berendezést, amely tagokból (szerkezeti elemekből), és az ezeket összekapcsoló kényszerekből áll. Ezek a kényszerek általában forgó és egyenes mozgást tesznek lehetővé. „A robotok ún. pozíciómozgása általában három tag egymáshoz viszonyított helyzetével leírható. A robotmechanika három tagja kétfajta kényszer segítségével kinematikailag  $2^3=8$  egymástól független változatban kapcsolható egymáshoz és egy

rögzített állványhoz. [2]” A legtöbb esetben a forgó mozgást R, és az egyenes vonalú mozgást T betűvel szokták jelölni. A 8 féle kombináció közül a legelterjedtebbek az alábbiak:

TTT, RTT, RRT, RRR, TRR. A kényszerek kapcsolatai meghatározzák a gyakorlatban használt koordináta rendszereket, amely alapján a következő robotosztályok különböztethetők meg:

- Derékszögű koordináta rendszerű TTT
- Henger koordináta rendszerű RTT
- Gömbi koordináta rendszerű RRT
- Csuklós rendszerű RRR (függetlenes vagy vízszintes síkú csuklókaros)

A hajtás fő jellemzői:

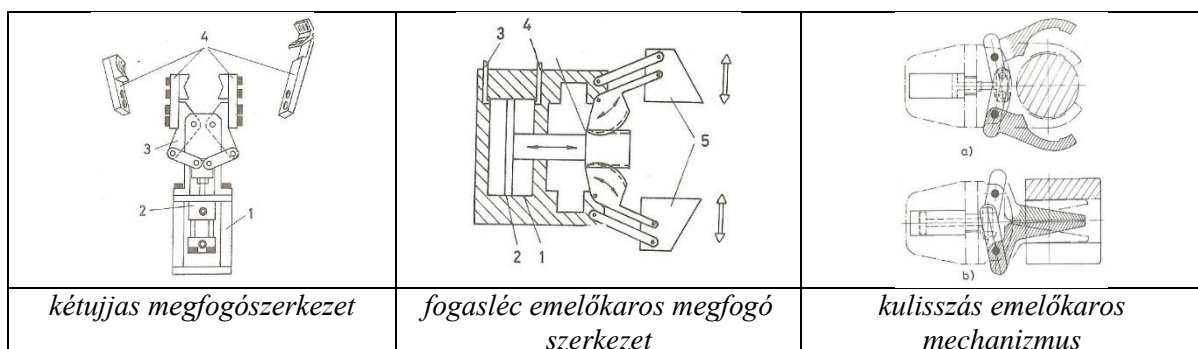
- Löklet, elfordulási tartomány
- Sebesség, szögsebesség
- Erő, forgatónyomaték (névleges ill. indítóérték)
- Dinamikai sajátosságok

Az alkalmazott segédenergia szerinti különböző hajtások lehetnek pneumatikus, hidraulikus vagy villamos hajtások.

## 6 Ujjas megfogószerkezetek

Ezt a típusú megfogószerkezetet áll legközelebb az emberi kézhez. Általános felépítése a 6. ábrán látható. Fő részei a váz, az energia átalakító (működtető-) elem, a szorítómechanizmus és az ujjak.

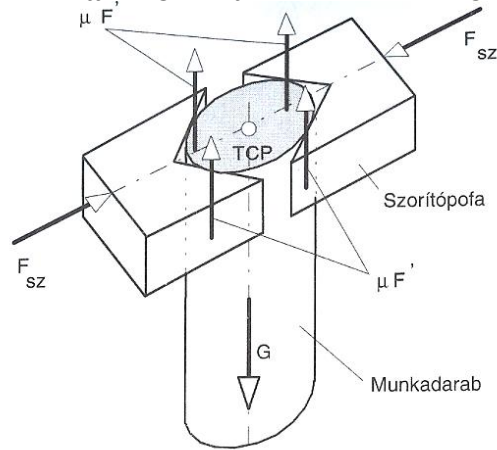
A megfogószerkezet váza a működő részek hordozója. A robotkar (csukló) végéhez csatlakozik. A cserélhetőség érdekében a kar és a megfogószerkezet közötti illesztőfelület típuscsaládonként rendszerint egyesített. Rögzítésére – az automatikusan cserélhető megfogószerkezetektől eltekintve többnyire csavarkötést alkalmaznak. Az energiaátalakító feladata a munkadarab megfogásához/elengedéséhez szükséges elmozdulás és a megfelelő szorítóerő létesítése. Erre a célra legjobban beváltak a pneumatikus munkahengerek. A szorítómechanizmus kapcsolja össze az energiaátalakítót az ujjakkal. A leggyakrabban csuklós mechanizmus, de előfordulnak kulisszás-emelőkaros, ékes-emelőkaros és fogasléces-emelőkaros megoldások is. Fontos jellemzője az elmozdulás- és erőátvitel. Az ujjak a hozzájuk tartozó megfogópofákkal együtt a munkadarab kezelésének eszközei. Lehetnek merevek és rugalmasak. A megfogópofák egyaránt elhelyezkedhetnek az ujjak egymás felé eső, azaz belső, valamint külső oldalán, rögzítésük lehet merev és csuklós (önbeálló). Az ujjak száma szerint megkülönböztetünk két- és többujjas megfogószerkezetet.



1. ábra. Példák megfogószerkezetekre.

### 6.1 Erőzáró megfogás

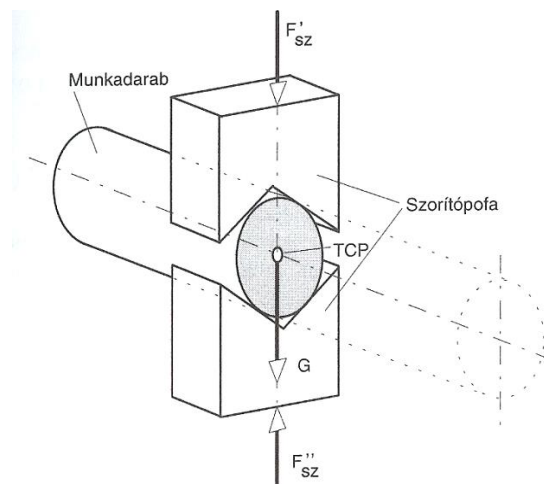
Erőzáró megfogásról akkor beszélünk, ha a megfogandó tárgy súlyerő vektora merőleges a megfogóujjak szorító erejét létrehozó ujjmozgás síkjára. Az erőzáró megfogás elve a 2. ábrán látható.



2. ábra. Erőzáró megfogás.

### 6.2 Alakzáró megfogás

Alakzáró megfogás esetén a megfogandó tárgy súlyerejéből adódó terhelést a megfogóujjak egyenlítik ki, mintegy körbefogva a tárgyat. Kétujjú megfogó esetén a megfogandó tárgy súlyerő vektora a megfogóujjak megfogóerejét létrehozó mozgás síkjában helyezkedik el. A megfogás elvét a 3. ábra mutatja.



3. ábra. Erőzáró megfogás.

### 6.3 Megfogási biztonság

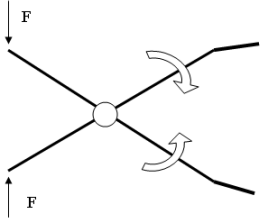
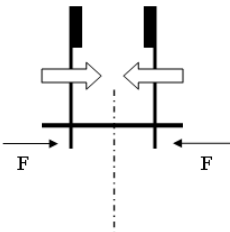
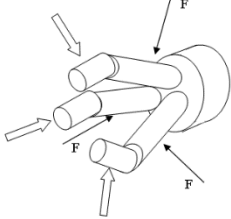
A megfogószerkezet tervezésekor fontos követelmény a biztos fogás. A munkadarab megfogásához szükséges erő függ a munkadarabtól, a megfogás módjától, valamint a munkadarabot tartó robot mozgási állapotától. A statikus egyensúlyi állapot megváltozása megváltoztatja a megfogószerkezet megfogási biztonságát.

## 7 Konceptcionális tervezés

### 7.1 A megfogószerkezet típusának kiválasztása

A tervezendő megfogószerkezetnek alkalmasnak kell lennie hengeres, illetve lemez alakú tárgyak megfogására. Az ipari felhasználás során leggyakrabban mechanikus szerkezeteket alkalmaznak, így ezekből a 3 fő típust fogjuk áttekinteni.

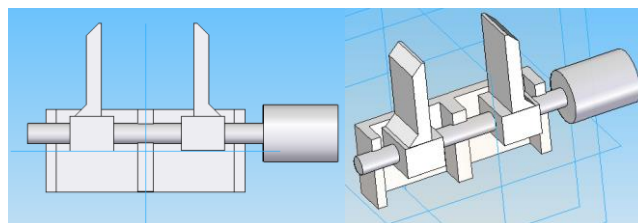
1. táblázat. Megfogótípusok összehasonlítása.

					
Olló és fogó típusúak		Párhuzamos pofamozgatású (satupofás) típusú		Háromujjas típusú	
Előnyök	Hátrányok	Előnyök	Hátrányok	Előnyök	Hátrányok
kisebb méret egyszerűbb konstrukció nagy mozgástartomány	a megfogási középpont vándorol a szorítóerő nem állandó	állandó szorítóerő a megfogási középpont nem vándorol nagy mozgási és megfogási tartomány	bonyolultabb konstrukció tárgy hozzáférhetősége kisebb nagyobb méret	pontos pozicionálás és központozás nagyobb megfogási tartomány	bonyolultabb konstrukció tárgy hozzáférhetősége kisebb nagyobb méret

Az egyes típusok előnyeinek és hátrányainak a figyelembevételével célszerűnek tartom a párhuzamos pofamozgatású megfogótípust alkalmazni a feladat kidolgozása során. Ahhoz, hogy a megfogópofák szorítóereje könnyen változtatható és pozíciójuk pontosan beállítható legyen, ezért a megoldásváltozatokban villamos motor fogja biztosítani a pofák mozgását.

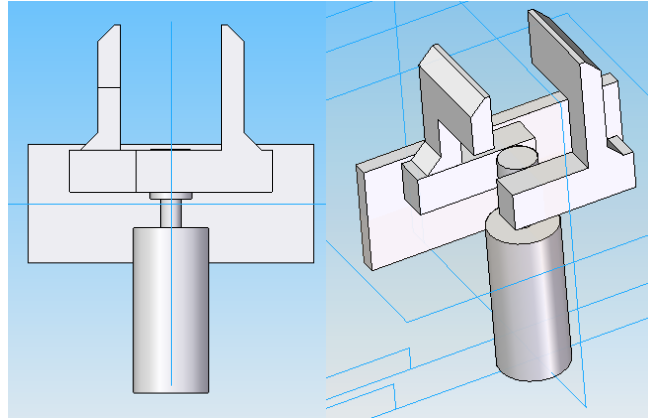
### 7.2 A lehetséges megoldásváltozatok

**Az 1. megoldásváltozat:** A pofák mozgása orsó - anya kapcsolatán keresztül valósul meg. Az orsót egy fogaskerék áttételen keresztül kapcsoljuk a villanymotorhoz.



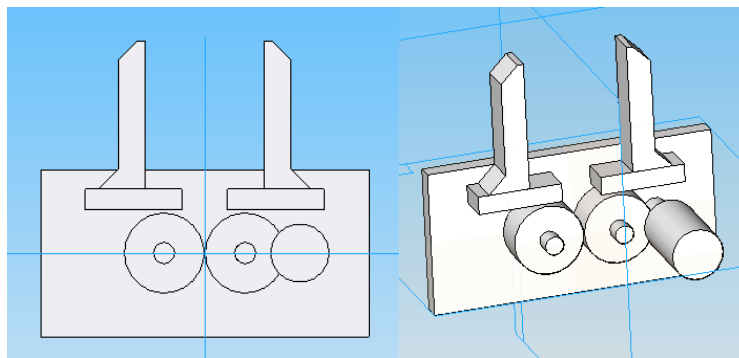
4. ábra. 1. megoldásváltozat.

**A 2. megoldásváltozat:** A pofák mozgatása fogaskerék - fogasléc kapcsolattal történik. A fogaslécet a közöttük lévő közös fogaskerék biztosítja. A villanymotor egy hajtóművön keresztül kapcsolódik fogaskerékhez.



5. ábra. 2. megoldásváltozat.

**A 3. megoldásváltozat:** A pofák mozgatása fogaskerék - fogasléc kapcsolattal történik. A fogaslécet két külön fogaskerék hajtja meg, melyek össze vannak kapcsolva. A villanymotor egy fogaskerék áttételen keresztül kapcsolódik az egyik hajtó fogaskerékhez.



6. ábra. 3. megoldásváltozat.

## 8 Értékelemzés

Az értékelemzés szempontjai

- Összetettség: hány elem alkotja, mennyire bonyolult az egyes elemek kapcsolódása.
- Ár: a beépülő elemek alapanyag, megmunkálási és beszerelési költségéből számítható.
- Szerelhetőség: a megfogópofák cserélhetősége, illetve az egyes alkatrészek cseréje mennyire bonyolultan oldható meg.
- Méret: a különböző méretű és alakú munkadarabok hozzáféréséhez és mozgatásához szükséges helyigényt befolyásolja.
- Karbantartási igény: milyen gyakran szükséges az egyes elemek kenése, cseréje.

**2. táblázat.** Az értékelemzési szempontok rangsorolása.

Értékelő szempont	Pontszám
Szerelhetőség	0,4
Méret	0,25
Karbantartási igény	0,2
Ár	0,1
Összetettség	0,05
<b>Összpontszám</b>	<b>1</b>

Az értékelemzést klasszikus súlyozásos módszerrel történik. A megoldásváltozatokat a feltüntetett szempontok szerint osztályozzuk 1 és 5 között.

**3. táblázat.** Értékelemzés.

Értékelő szempont	Súly	V1	S*V1	V2	S*V2	V3	S*V3
Szerelhetőség	0,4	2	0,8	5	2	4	1,6
Méret	0,25	3	0,75	5	1,25	3	0,75
Karbantartási	0,2	3	0,6	4	0,8	3	0,6
Ár	0,1	4	0,4	3	0,3	4	0,4
Összetettség	0,05	4	0,2	3	0,15	3	0,15
<b>Összpontszám</b>	<b>1</b>		<b>2,75</b>		<b>4,5</b>		<b>3,5</b>

Az összpontszámok alapján 2-es számú megoldásváltozatot érdemes választani, így a továbbiak folyamán ez a változat kerül kidolgozásra.

## 9 A biztonságos megfogás erőszükséglete

A súrlódási tényezőt a biztonságos megfogás érdekében alacsony számra választtuk. Acél-acél anyagpárosítás esetén a súrlódási tényező 0,16-0,21 között szokott lenni, így a számításaink során  $\mu=0,16$  értéket használjuk. Erőzáró megfogáshoz szükséges szorítóerő abban az esetben, amikor a súlyerő és a gyorsulásból származó erő egy irányban hat:

$$F_{sz \text{ erőzáró}} = \frac{mg + ma}{4\mu \cos 45^\circ} = \frac{3 \times 10 + 3 \times 3}{4 \times 0,16 \times \cos 45^\circ} = 86,18 \text{ N}$$

Alakzáró megfogáshoz szükséges szorítóerő abban az esetben, amikor a súlyerő és a gyorsulásból származó erő egy irányban hat, valamint a kisebb szorítóerőt igénylő szorítópofo szorítóereje a megfogott darab súlyerejével egyenlő:

$$F_{sz \text{ alakzáró}} = 2mg + \frac{ma}{4\mu \cos 45^\circ} = 2 \times 3 \times 10 + \frac{3 \times 3}{4 \times 0,16 \times \cos 45^\circ} = 79,89 \text{ N}$$

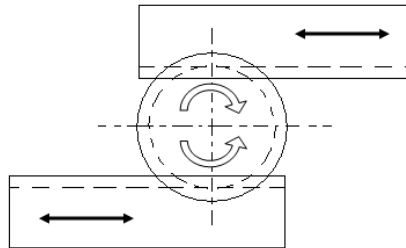
Az erőzáró és alakzáró megfogáshoz szükséges erőket összegezve megkapjuk a biztonságos megfogáshoz szükséges szorítóerőt, amely a következő:

$$F_{sz} = F_{sz \text{ erőzáró}} + F_{sz \text{ alakzáró}} = 86,18 + 79,89 = 166,07 \text{ N} \cong 170 \text{ N}$$

A megfogópofákkal történő biztonságos megfogáshoz, egy megfogópofán 170 N szorítóerőt kell biztosítani.

## 10 A fogaskerék-fogaslécpár méretezése

A megfogópofák mozgatása 2 db fogasléccel és egy fogaskerékkel történik, ahogy az a következő ábrán is látható.



7. ábra. A fogaskerék és a 2 fogasléc kapcsolódásának vázlata.

A fogaskerék és a fogaslécek elemi fogazattal készülnek. A minimális modul meghatározásához a fogaskerék gördülőkörének méretét  $d=20\text{mm}$ -re, kapcsolódó fogszélességet pedig  $b=10\text{mm}$ -re választjuk. A fogaskerék és fogasléc anyagához E190 acélt választunk.

A gördülőkör átmérőjének ismeretében a szorítóerő létrehozásához szükséges nyomatékot tudjuk számolni a fogaskeréken:

$$M_1 = F_{sz} \times \frac{d}{2} = 170 \times \frac{20}{2} = 1700 \text{ Nmm}$$

A minimális modul meghatározása:

$$m_{min} = C_s \times C_d \times \frac{M_1}{d/2} \times \frac{1}{b} \times \frac{Y}{\sigma_{meg} \times \cos \alpha}$$

Lökés és dinamikus tényező szorzata:  $C_s \times C_d = 2,5$

Fogalak tényező:  $Y = 2,5$

Biztonsági tényező:  $n = 1,5$

Megengedett feszültség:  $\sigma_{meg} = 190/1,5 = 126,67 \text{ MPa}$

Kapcsolószög:  $\alpha = 20^\circ$

$$m_{min} = 2,5 \times \frac{1700}{20/2} \times \frac{1}{10} \times \frac{2,5}{126,67 \times \cos 20^\circ} = 0,89 \text{ mm}$$

A választott modul  $m=1$ , a fogaskerék fogszáma  $z=d/m=20/1=20$ .

## 11 A motor kiválasztása

A fogaskeréken az  $M_1$  nyomaték kétszeresét kell biztosítani, mivel a 2 fogaslécnek, vagyis 2 szorítópojának egyszerre kell szorítóerőt kifejtenie. A fogaskerék behajtó tengelyén tehát  $M = M_1 \times 2 = 1700 \text{ Nmm} \times 2 = 3400 \text{ Nmm}$  nyomaték szükséges. A kiválasztandó motornak célszerű



állandó mágneses, egyenáramú villanymotornak lennie. Az ilyen DC motorok nyomaték-fordulatszám karakterisztikája kedvező a megfogószerkezethez.

A megfogás létrejöttkor a megfogópofák megállnak, és a motor nem képes tovább forogni. Ebben a helyzetben adja le a motor a legnagyobb nyomatékát. Az állóhelyzeti nyomaték alapján választom ki a megfelelő DC motort. A hozzá kapcsolt hajtóművet a motor függvényében választjuk ki.

A kiválasztott motor: FAULHABER 3257-012 CR melynek főbb adatai:

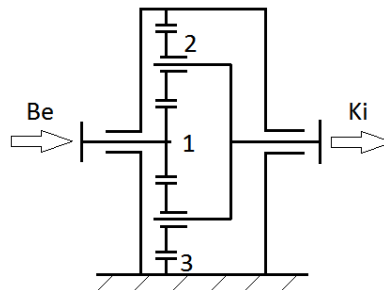
- Állóhelyzeti nyomaték: 531 Nmm
- Névleges teljesítmény: 79,2 W
- Névleges feszültség: 12 V
- Maximális fordulatszám: 5700 1/min
- Kihajtó tengely mérete: Ø5 mm

Ahhoz, hogy a szükséges 3400 Nm nyomaték megjelenjen a hajtómű kihajtó tengelyén, az áttételnek legalább  $3400/531=6,403$ -nak kell lennie. Ilyen áttételnél és méretnél célszerűnek tartom egy kisméretű, bolygóműves hajtómű beépítését.

## 12 A fogaskerék-bolygómű tervezése

A bolygóhajtóműnek több típusa van, a tervezéshez a KB típust választom, ez a leggyakrabban használt alaptípus. A következő szerkezeti elemekből áll:

- napkerék (1),
- bolygókerék (2),
- gyűrűkerék (3).



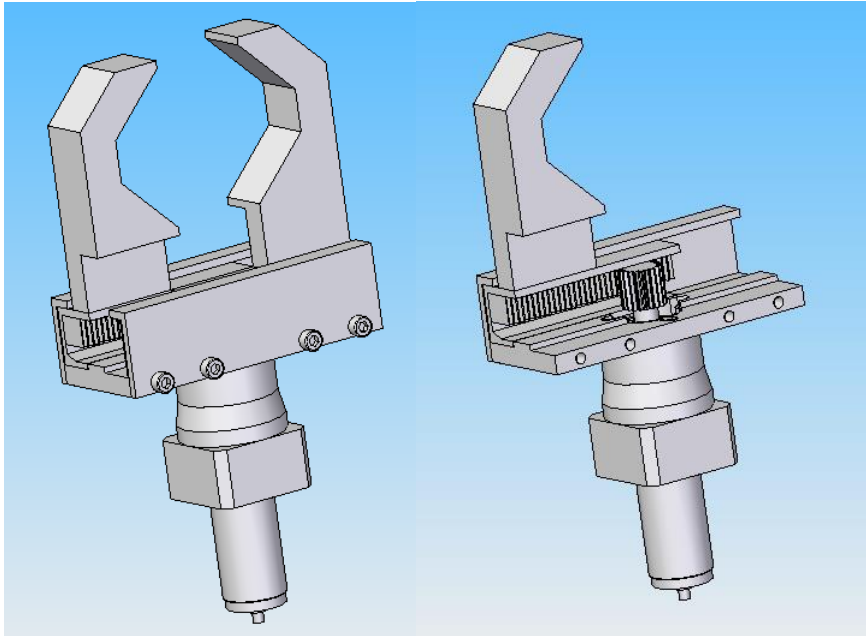
8. ábra. Normál bolygómű vázlata.

A bolygókerék egyidőben kapcsolódik a belső fogazású gyűrűkerékhez és a külső fogazású napkerékhez. A hajtómű gyűrűkere a hajtómű házhoz lesz rögzítve, azaz a bolygómű 1 szabadságfokú lesz. Az áttételnek a korábban meghatározott minimum 6,403-nak kell lennie. A hajtómű kerekeinek geometriai meghatározása (modul, fogszám, átmérők) valamint a működési határok (szerelhetőség, egytengelyűség, szomszédság) vizsgálata és a szilárdsági ellenőrzések a dolgozatomban jelen állapotában kidolgozás alatt állnak.

## 13 A megfogószerkezet felépítése, alkatrészrajzok elkészítése

A pofák mozgatása a DC motor -> fogaskerék-bolygómű -> fogaskerék-fogasléc hajtásláncon keresztül történik. A fogasléc egy-egy csúsztatható elemhez vannak rögzítve melyek a kialakítás révén csak 1

tengely mentén tudnak elmozdulni. A megfogópofák és szerkezeti elemek kialakítását a 3D modellezés közben végzem el. A modell felépítéséhez Solid Edge V20 programot használjuk.



9. ábra. A felépítés alatt álló 3D modell.

### Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

### Irodalomjegyzék

- [1] Shigley, J., Mischke, C., Brown, T. Standard handbook of machine design, McGraw-Hill, 1996
- [2] Kulcsár, B. Robottechnika, Budapest 2001
- [3] Arz, G., Lipóth, A., Merksz, I. Robotmanipulátorok, Budapest, 1987
- [4] Gerencsér, P. Robotmegfogók adaptivitása, MTA 1980
- [5] Leistner, F., Terplán, Z. A bolygóművek tervezési kérdései. NME Közleményei, Miskolc, III. Sorozat, Gépészet 1982, 29: 27-53.
- [6] Ungár, T., Vida, A. Segédlet a Gépelemek I.-II. kötetéhez. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985

Jelen cikk a szerzők engedélyével jelent meg másodközlésben. Az első megjelenés bibliográfiai adatai: Kovács Károly, Péter József: *Robotmegfogó tervezése*. A jövő mérnökeinek prezentációi. A 2015. Géptervezők és Termékfejlesztők XXXI. Szemináriumának kiadványa. pp. 47-58.