

## FORGÁCSKIHORDÓ RENDSZEREK TERVEZÉS- MÓDSZERTANÁNAK VIZSGÁLATA

**Szabó Kristóf**

PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [szabo.kristof@uni-miskolc.hu](mailto:szabo.kristof@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

*Az alábbi cikk a forgácskihordó rendszerek tervezési módszertanának vizsgálatát taglalja. A berendezés megtervezésének legfontosabb lépéseit taglalja és bemutatja az eszköz alkalmazását szerszámgépek esetén, mint kiszolgáló részegységet.*

**Kulcsszavak:** csigás forgácskihordó, géptervezés, tervezés módszertan

### **Abstract**

*The following article examines the design methodology of screw conveyors. The most significant steps are discussed concerning the design of the apparatus and the use of the tool for machine tools as a service component is explained.*

**Keywords:** screw conveyor, design theory, methodology

### **1. Bevezetés**

A gyártóeszközök működési sebessége drasztikusan növekszik, tehát a megmunkálási folyamatok teljes automatizálása megköveteli, hogy a mellékfolyamatokat is automatikusan működő szerkezeti egységek és berendezések végezzék közvetlen emberi beavatkozás nélkül [1,2]. A cikkben szereplő tervezési módszertan vizsgálata csigás forgácskihordóra vonatkozik. A csigás anyagmozgató berendezés az egyik legrégebben alkalmazott folyamatos üzemű gép, amelynek már néhány elméleti kérdésével foglalkozott Dr. Benkő János és Dr. Verdes Sándor [3,4]. A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki- és Informatikai Kar számos ismerettel büszkélkedhet a különböző gépek és berendezések tervezési módszertanok területén, amely tudományok a cikk témájában hasznosításra kerültek [5-9].

### **2. Peremfeltételek meghatározása**

Meghatározásra kerülnek azok a peremfeltételek, amelyek szükségesek a rendszer tervezési fázisának elindításához. A marógép teljesítménye és az alkalmazható legnagyobb mérettel rendelkező szerszám ismeretében meghatározásra kerül a gép által leválasztott anyagmennyiség. A számítások esetén a megengedhető maximális vágósebességgel és előtolással kell számolni. Az alábbi anyagmennyiséget megszorozva a forgács térfogati tényezőjével, megkapjuk az egy perc alatt elvezetendő tényleges forgácsmennyiség térfogatáramát. Marógép esetében a forgácsot csavar, spirál vagy töredezett alak jellemzi, amelyek térfogati tényezője 3-25-ig terjed [10]. A tervezés folyamán a legnagyobb értékkel számoltam. A továbbiakban szükség van a szállított anyag halmazsűrűségére, amely alapján meghatározható a szükséges szállítókapacitás, amely [tonna/óra] viszonyban értendő.

### 3. Geometriai méretezés

Csigás anyagmozgató gépek esetén a csigaelem geometriai méretezése meghatározható az elvárt szállítóképesség és a maximális fordulatszám meghatározására szolgáló képletek alapján [11], amely a következőképpen írható fel:

$$D = \sqrt[5]{\left[ \frac{240Q}{3,6\pi \left(\frac{s}{D}\right) \rho_h \phi} \right]^2 \frac{\mu}{2g9,55^2 [\cos\delta\sqrt{\mu^2 + 1} + \sin\delta tg(\alpha + \rho)]}} \quad (1)$$

Az egyenletben szereplő „D” paraméter a csigalevél névleges átmérője méterben, a „Q” a szállítóképesség tonna/óra viszonyban, az „n” a csigatengely fordulatszáma, az „s” a csigalevél menetemelkedése méterben kifejezve, „ $\rho_h$ ” a halmazsűrűség  $\text{kg/m}^3$ , „ $\Phi$ ” töltési tényező, „g” nehézségi gyorsulás  $\text{m/s}^2$ , „ $\mu$ ” súrlódási tényező, „ $\delta$ ” a szállítási irány dőlésszöge fokban kifejezve, „ $\rho$ ” súrlódási szög fokban kifejezve, „ $\alpha$ ” menetemelkedés szöge fokban kifejezve és az „s/D” viszony szabványos érték. Az egyenlet segítségével meghatározott átmérő értéke megegyezik a minimális csigaátmérővel, amit a továbbiakban meg kell szorozni egy biztonsági tényezővel. A kapott eredményt felfelé kerekítve egy szabványos értékre választható. A szállítócsiga átmérőjének ismeretében kiszámítandó a minimális fordulatszám az elvárt kapacitás függvényében. A továbbiakban az anyagmozgató gép megfelelő üzemeltetési paramétereinek meghatározása érdekében kiszámítható a maximális fordulatszám esetén elért maximális szállítóképesség.

### 4. Szerkezeti elemek megtervezése

A vázelemek megtervezése során első sorban a gépágyhoz való mechanikus csatlakozásokat kell megtervezni. Egy adapter megtervezésére van szükség, amely egy köztes elemet képez a gép és a forgácskihordó között, biztosítva a megfelelő csatlakozó felületeket a két egység között. A tervezés folyamán törekedni kell a megfelelő csapágyazási és rögzítési pontok kialakítására. Figyelembe kell venni a csigasorok több ponton való megfelelő alátámasztását, úgy, hogy az anyagáramlási keresztmetszet csak minimálisan csökkenjen. Meg kell vizsgálni és meg kell határozni, mely helyeken kell számolni az anyag begyűjtésével, hiszen az erre alkalmas pontokon megfelelő méretű anyaggyűjtő elemeket kell elhelyezni. Amennyiben különböző halmazállapotok szállítása és szétválasztása a cél, megfelelő konstrukciós megoldásokkal gondoskodni kell arról, hogy ezek a funkciók teljesíthetők legyenek a gép működése folyamán. Amennyiben az anyagot egy ponton kell összegyűjteni majd eltávolítani, szükséges a csigasorok összekötése. Az anyagátadási pontokon megfelelően kialakított kamrát kell biztosítani a folyamat zavartalan lezajlása érdekében. Megfelelő szerkezeti elemekkel csatlakoztatási lehetőséget kell biztosítani a hajtóműves motorok és a járulékos alkatrészek számára. Gondoskodni kell a leválasztott folyadékok megfelelő szűréséről és gyűjtéséről egy tartály segítségével. A létrejött szerkezeti elemek tudatában meghatározhatók a kialakult geometriai és különböző csatlakozási méretek. Ezek alapján meg lehet határozni a csigasorok szükséges hosszainak mértékét.

### 5. Szabványos elemek kiválasztása

Az alábbi fázisban kiválaszthatók a szabványos alkatrészek, mint például a csapágyak a hajtóműves motorok és a tengelykapcsolók. Csapágyazás tekintetében célszerű az előre szerelt csapágyegységek kínálatából válogatni, azonban, ahol a csapágyakat áramló közeg veszi körül, siklócsapágyat célszerű

választani az előnyös beépítési méretek kihasználása érdekében. Hajtás tekintetében csigas hajtóművel szerelt motorokat célszerű választani, hogy a megfelelő működéshez szükséges alacsony fordulatszám és nagy nyomaték biztosítható legyen. A tengelykapcsoló kiválasztása esetén ügyelni kell arra, hogy képes legyen átvinni a hajtómotor teljesítményét, valamint hosszú tengelyek kapcsolása esetén tolerálja a szöghibákat és csökkentse a káros dinamikus hatásokat.

## 6. Ellenőrzés

Ellenőrzésre van szükség, hogy az alkatrészek kiválasztása megfelelő volt-e. A motorokat az egyes csigasorok meghajtásához szükséges teljesítmény alapján ellenőrizzük, amely függ a statikus és a dinamikus terhelésektől. A csigavályúba adagolt anyagi részecskét tömegpontnak tekintjük, továbbá feltételezzük, hogy a tömegpont a csigaszárnyat burkoló henger felületén és a csigaszárny peremén elhelyezkedő csavarvonalon mozog, valamint a súrlódási tényezők állandónak tekinthetők. Tehát a csavarvonalon mozgó tömegpont differenciálegyenletéből kiindulva [3], meghatározható az egyes irányokba ható erők komponensei, amelyek az alábbi módon alakulnak:

$$K_x = -N \cos \varphi + B \sin \alpha \sin \varphi \quad (2)$$

$$K_y = -N \sin \varphi - B \sin \alpha \cos \varphi \quad (3)$$

$$K_z = B \cos \alpha \quad (4)$$

Ahol „N” a vályú falán ébredő kényszererő, „B” a csavarvonalon ébredő kényszererő, valamint „ $\varphi$ ” a kvázi állandósult állapotához tartozó elfordulási szög. A csapágyakat a csiga súlyán kívül „N” és „B” kényszererőkkel azonos nagyságú, de ellentétes irányú erők terhelik, tehát a radiális csapágyterhelés:

$$F_r = \sqrt{(N \cos \varphi - B \sin \alpha \sin \varphi)^2 + (N \sin \varphi + B \sin \alpha \cos \varphi + G_{csiga} \cos \delta)^2} \quad (5)$$

Az eddig meghatározásra került paramétereket felhasználva a (6) egyenletben, meghatározható az anyag mozgásához tartozó teljesítmény.

$$P_1 = c [K_x v_x + K_y v_y + K_z v_z] \quad (6)$$

A közel vízszintes szállítócsigáknál csak a „z” irányú sebességkomponens nem nulla, továbbá „c” a belső ellenállásokat figyelembe vevő tényező. A súrlódásból adódó teljesítményszükséglet meghatározása:

$$P_2 = \frac{d}{2} \omega (\mu_t F_z + \mu_r F_r) \quad (7)$$

Ahol „d” a tengelyátmérő, „ $\omega$ ” a körfrekvencia, „ $\mu_t$ ” az axiális csapágy súrlódási tényező, „ $F_z$ ” axiális terhelő erő, „ $\mu_r$ ” a radiális csapágy súrlódási tényező és „ $F_r$ ” a radiális terhelés értéke. A gyorsítási ellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény akkor játszik szerepet, ha az anyagot nulla sebességről kell felgyorsítani, meghatározása a (8) egyenlet alapján történik.

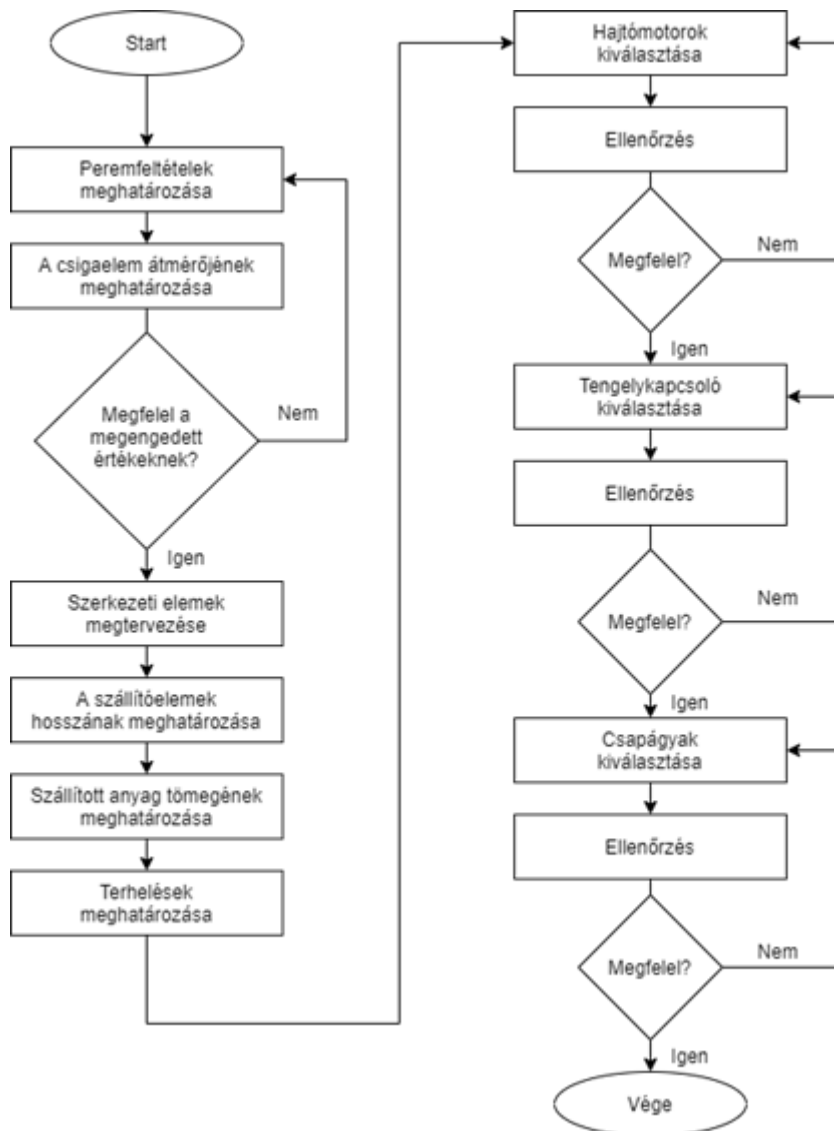
$$P_3 = Q_{max} v^2 \quad (8)$$

Az egyenletben a „ $Q_{max}$ ” a maximális szállítókapacitás, „v” a sebesség. Az eddigi számítások eredményei alapján az összes teljesítmény az alábbi módon számítható:

$$P_{\text{össz}} = c' \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\eta} = [W] \quad (9)$$

Az egyenletben, „c” a biztonsági tényező és „η” a hajtás hatásfoka. A motorok megfelelőek, ha névleges teljesítményük nagyobb, mint a csigára meghatározott teljesítményszükséglet. A kiválasztott tengelykapcsolók a megengedett maximális nyomaték alapján kerülnek ellenőrzésre [12]. A siklócsapágyak esetén az ellenőrzés a megengedett felületi nyomás alapján történik [13].

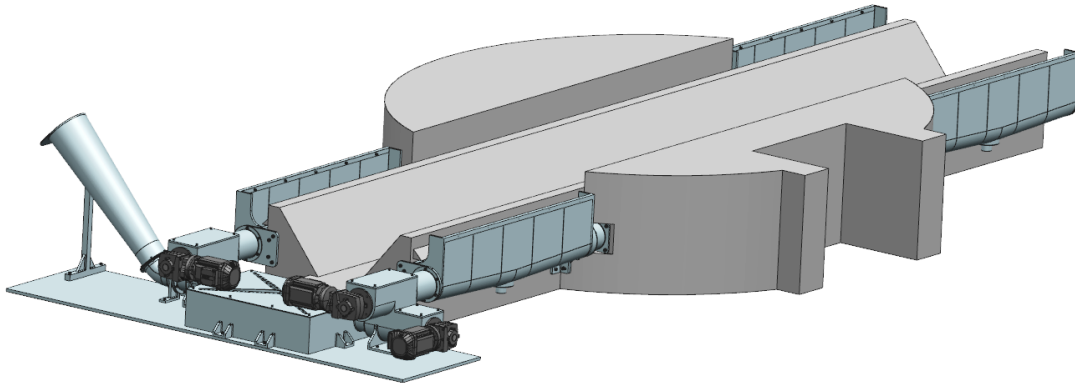
## 7. Tervezési folyamatára felállítása



1. ábra. Tervezési folyamatára.

## 8. Összegzés

Az alábbi cikk bemutatta, hogy az alkalmazott tervezési módszertan eredményesen használható a csigás anyagmozgató berendezések megtervezése esetén.



**2. ábra.** A forgácskihordó rendszer és az alapgép.

A 2. ábrán látható a cikk által bemutatott tervezési módszer alapján megtervezett forgácskihordó rendszer és a kiszolgált gép ágyának sematikus modellje. A módszer sikeresen alkalmazható a csigás szállítóberendezés geometriai méretezésére és megtervezésére. Az alábbi módszer alkalmazása akkor is megfelelő, ha a csigás anyagmozgató berendezés egy szerszámgép részegysége. A szerkezet geometriai méretezése eredményesen megoldható az előzetesen meghatározott és rögzített peremfeltételek alapján. A kialakult méretek alapján a módszer alkalmazásával pontosan meghatározható a csigasorok statikus és dinamikus terhelése, amely alapján módszeresen kiválaszthatók és ellenőrizhetők a kereskedelemben forgalmazott szabványos alkatrészek. A tervezési módszertan felhasználása sikeresnek bizonyult egy projektben szereplő univerzális marógép forgácskezelő részegységének a megtervezésében és ellenőrzésében.

## 9. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] Bührdel, Ch., Frömmer, G.: Automata forgácsoló szerszámgépek, Műszaki Könyvkiadó, 1984.
- [2] Takács, Gy., Szilágyi, A., Demeter, P., Barak, A.: Forgácsoló szerszámgépek, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2009.
- [3] Benkő, J.: A szállítócsigák néhány elméleti kérdése, Gépgyártástechnológia, XXXIV (7-8). (1994) pp. 274-282. ISSN 0016-8580
- [4] Verdes, S.: Anyagmozgatás és gépei, Pannon Egyetem, 2012.
- [5] Szombatfalvy, Á.: Szerkezeti elemek tervezésének technológiai szempontjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.

- [6] Hegedűs, Gy.: A módszeres géptervezés alkalmazása ipari mérőgép fejlesztése estén, Doktórandszok Fóruma 2002: Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa. (2002)
- [7] Kamondi, L., Sarka, F., Takács, Á.: Fejlesztés- módszertani ismeretek, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc, 2011.
- [8] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J.K., Grote, H.: Engineering Design – A Systematic Approach, London: Springer-Verlag, 2007., ISBN 978-1-84628-318-5  
[https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2_1)
- [9] Takács, Gy., Zsiga, Z., Szabóné Makó, I., Hegedűs, Gy.: Gyártóeszközök módszeres tervezése, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc, 2011.
- [10] Kulcsár, T.: Gépipari technológiai ismeretek, Pannon Egyetem, 2012.
- [11] Benkő, J., Nagy, Z.: Tervezési segédlet szállítócsigákhoz, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2013.
- [12] Németh, G.: Biztonsági tengelykapcsoló méretezése (Oktatási segédlet), Miskolci Egyetem, Miskolc, 2013.
- [13] Péter, J.: Géptervezés alapjai, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc-Egyetemváros, 2008., 402 old. ISBN 978-963-661-837-7