

TERVEZÉSMÓDSZERTANI ESETVIZSGÁLATOK

Szabó Kristóf

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

Absztrakt

Az alábbi cikk összefoglalja Szabó Kristóf, a Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke tanársegéd és PhD hallgató EFOP-3.6.1 projektben végzett szakmai-kutató tevékenységét. A szerző az adott időszak alatt több tématerületet érintve folytatta tevékenységét, melynek eredményeit több nyelven is publikálta.

Kulcsszavak: *géptervezés, tervezésmódszertan, generatív tervezés, topológiai optimalizálás*

Abstract

The following article summarizes the professional research activities of Kristóf Szabó, assistant lecturer and PhD student at the Department of Machine Tools, Institute of Machine Tools and Mechatronics, University of Miskolc, in the EFOP-3.6.1 project. During the given period, the author carried out his work in several topic areas, the results of which he published in several languages.

Keywords: *machine design, design theory, generative design, topology optimisation*

1. Bevezetés

A cikk célja, hogy az EFOP-3.6.1 projekt keretében elért eredmények minél szélesebb körben megismerhetők és megismertethetők legyenek a 2021 januárjában szervezett, az eredményeket bemutató online konferencia segítségével. A Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke munkatársai számos tématerületen folytatták szakmai-kutató tevékenységüket, amelyhez segítségül szolgált az intézet nagyszámú ipari munkákban való részvétele és azon területen elért kutatási eredményei. Az adott cikkben Szabó Kristóf, az intézet tanársegédjének és egyben PhD hallgatójának eredményei kerülnek összefoglalásra, amelyeket a projekt keretein belül végzett kutatási tevékenysége alapján ért el. A jelölt az adott időszak alatt több tématerületen is folytatta munkásságát, amelynek főbb irányai a géptervezés, a tervezési módszertanok alkalmazhatóságának vizsgálata, a jelen kor technológiai adottságai által alkalmazható új tervezési módszerek kutatása, mint például a generatív tervezési módszer és az ahhoz szorosan kapcsolódó topológiai optimalizáció. A kutatómunka időrendi sorrendjét tekintve, a szerző először géptervezéssel foglalkozott, ahol első-sorban a nagyméretű szerszámgépekben alkalmazott részegységek tervezése során hasznosítható tervezői lépések feltárására került sor. Az időszak második felében a jelen kor nyújtotta korszerű gyártástechnológiák, mint például additív eljárások esetén alkalmazható újszerű tervezési eljárások kutatásában és vizsgálatában végezte tevékenységét.

2. Kutatási tevékenység a géptervezés témakörében

A géptervezésben végzett kutatási tevékenység a nagyméretű forgácsoló szerszámgépek területére koncentrálódik, ahol a forgácskezelő részegység tervezéséhez alkalmazható tervezői lépések kutatása és feldolgozása került publikálásra [1][2][7]. Az alkalmazott lépéseket ez 1. ábra prezentálja egy folyamatábra segítségével. A tevékenységnek ipari háttere is volt, amely lehetőséget adott a feltárt ismeretek alkalmazására és a gyakorlatban történő validálására.

Az adott témában végzett tevékenység mozgatórugója a jelenleg alkalmazott gyártóeszközök működési sebességének drasztikus növekedése, valamint a megmunkálási folyamatok teljes automatizálása. Ezen tényállásoknak megfelelően a jövő gyártóeszközeinek megtervezése folyamán törekedni kell a megmunkálások esetén fellépő mellékfolyamatok teljes automatizálására, hogy azok folyamatos, emberi beavatkozást nem igénylő ütemben tudjanak dolgozni. A kutatási tevékenység elsősorban egy nagyméretű marógép öntvény gépágyába integrálható csigás forgácskihordó berendezésre fókuszál. A tervezéshez szükséges peremfeltételek meghatározása géporientált módon történik, amely figyelembe veszi az alapgép technikai képességeit, a munkadarab anyagát és a megmunkáláshoz felhasznált szerszámokat.

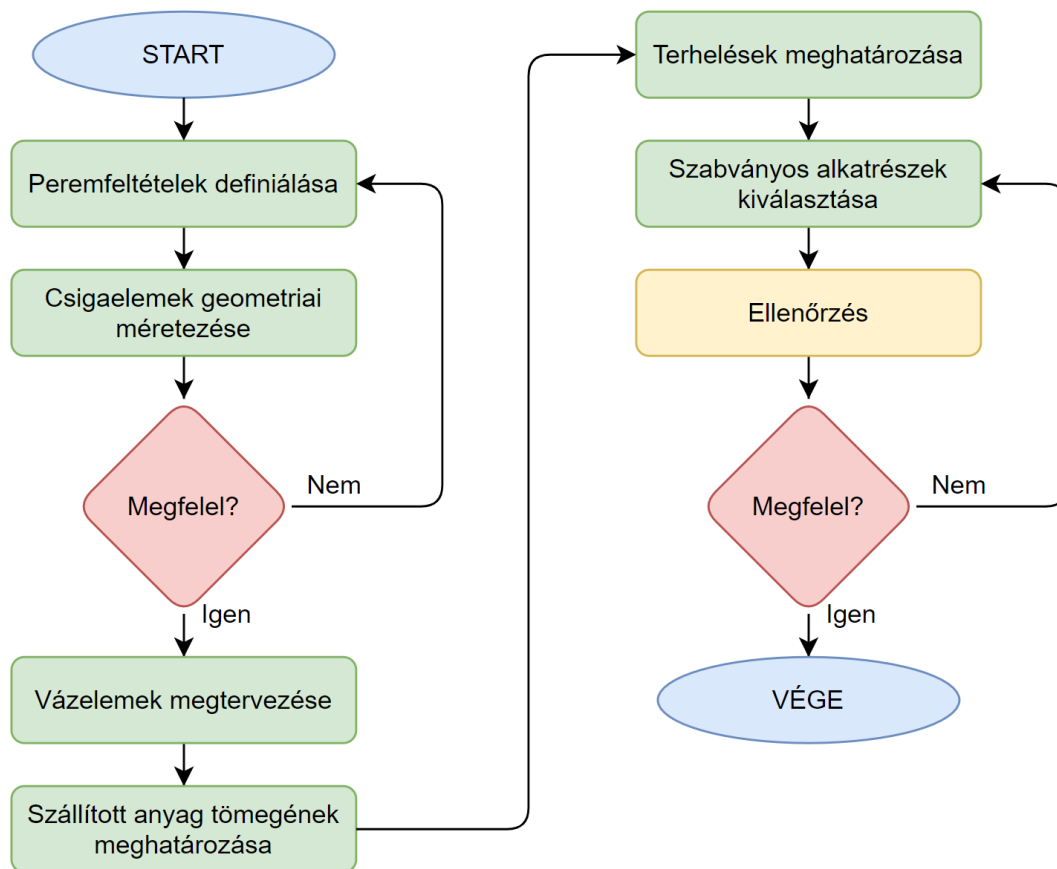
Megfelelően működő berendezés létrehozásához elsődleges szempont az elszállítandó anyag mennyisége, alakja és szerkezete. A gép által leválasztott anyagmennyiség meghatározható gép teljesítménye és az alkalmazott szerszám geometriai méretei alapján. A technológiai paraméterek felvétele esetén az elérhető legnagyobb vágó- és előtoló sebességgel kell számolni. A továbbiakban a leválasztott forgács térfogatáramára van szükség, amely az anyagmennyiség és a forgács térfogati tényezőjének szorzatával definiálható. A forgács térfogati tényező választható, dimenziótlan mérőszám, amely marási műveletek esetén a forgács csavar, spirál és töredezett alakja miatt 3-25-ig terjed. A tervezés folyamán célszerű a legnagyobb értékkel számolni. A következő lépések során szükség van a szállított anyag halmazsűrűségére, amely mérés alapján meghatározható. A kapott eredmények alapján meghatározható a szükséges szállítókapacitás, melynek mértékegysége [tonna/óra].

Csigaleveles anyagmozgató gépek esetén a csigaelem geometriai paraméterei meghatározhatók az szükséges szállítókapacitás és a maximális fordulatszám alapján, amely a következőképp írható fel:

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

Az egyenletben szereplő „D” paraméter a csigalevél névleges átmérője méterben, a „Q” a szállítókapacitás tonna/óra viszonyban, az „s” a csigalevél menetemelkedése méterben kifejezve, „ ρ_n ” a halmazsűrűség kg/m³, „ Φ ” töltési tényező, „g” nehézségi gyorsulás m/s², „ μ ” súrlódási tényező, „ δ ” a szállítási irány dőlésszöge fokban kifejezve, „ ρ ” súrlódási szög fokban kifejezve, „ α ” menetemelkedés szöge fokban kifejezve és az „s/D” viszony szabványos érték [8][10]. Az egyenlet megoldásával kapott eredmény megegyezik a minimális csigaátmérővel, amit a további biztonsági tényezővel célszerű megszorozni. A kapott értéket célszerű egész számra kerekíteni. Az átmérő ismeretében kiszámítható a minimális fordulatszám, a maximális fordulatszám és a maximális szállítókapacitás. A peremfeltételek meghatározása után kezdetét veheti a mechanikus alkatrészek megtervezése. A vázelemek megtervezéséhez elsősorban a gépágyhoz való mechanikus csatlakozásokat kell meghatározni. Megfelelő csatlakozó felületeket kell biztosítani a két egység között. Meg kell választani a megfelelő csapágyazási és rögzítési pontok helyét. Figyelembe kell venni a csigasorok több ponton való alátámasztását, úgy, hogy az anyagáramlási keresztmetszet nagy mértékben ne csökkenjen. Definiálni kell, hogy mely terü-

leteken kell számolni a szállítandó anyag begyűjtésével, majd azokon a pontokon megfelelő méretű anyaggyűjtő elemeket kell elhelyezni. Amennyiben különböző halmazállapotok szállítása és szétválasztása a cél, konstrukciós megoldásokkal gondoskodni kell arról, hogy ezek a funkciók teljesíthetők legyenek. Amennyiben az anyag egy ponton való összegyűjtése a cél, a csigasorok összekapcsolása elengedhetetlen. Az anyagátadási pontokon konstrukciós megoldások segítségével el kell kerülni az anyag megakadását és tömörülését. A csigasorok végén megfelelő csatlakoztatási lehetőséget kell biztosítani a hajtóműves motorok számára. A forgácsról leválasztott folyadékot megfelelő módon szűrni és gyűjteni kell, lehetőleg egy integrált szűrőrendszer és tartály segítségével [5][6].



1. ábra. Tervezési folyamatábra

A feltárt tervezési lépések alapján elkészítésre került az 1. ábrán látható tervezési folyamatábra, amely sikeresen alkalmazható csigás anyagmozgató berendezések esetén.

3. Kutatási tevékenység a korszerű tervezési eljárás témakörében

A korszerű tervezői eljárás témájában a kutatómunka a generatív tervezésre összpontosul, beleértve annak történelmi háttérét megalapozó terméktervezés fejlődését, technológia igényét és alkalmazásának menetét [3]. A módszer alkalmazásának menetét kívánja bemutatni, amelyet a 2. ábra szemléltet.

Egy generatív tervezési folyamat során egy algoritmus segítségével az alkatrész alakja egy adott határfeltételhez optimalizált. Alapvetően a forma megtervezése nem manuális feladat. A tervező definiálja az alkatrész funkcionális peremfeltételeit, majd betáplálja a szoftverbe, amely a különféle iterációs folyamatok során kiszámolja az optimalizált alkatrész alakját. A határállapotok általában két csoportra oszthatók, a számításhoz kiindulási geometria szükséges, amelyet hagyományos 3D-s modellezés útján kell elkészíteni. Ez lényegében megegyezik a hagyományos FEM rendszerekben alkalmazott megoldásra: meg kell határozni, hogy a darab melyik területét milyen erők és milyen kényszerek terhelik. Egy másik lehetőség azon térfogatok meghatározása, amelyekben nem lehet anyag, mert például valami más alkatrész mozog ott. Ha nincs kezdő munkadarab, akkor azt „térfogatrészként” kell megadni, amelyek a kész alkatrész részei lesznek [11][12][13].

A generatív tervezői modullal rendelkező integrált CAD rendszer megnyitása után, az első lépésünk az úgynevezett tervezési térfogat definiálása, amely során három leírásmód közül választhatunk. Ennek első módja a megtartásra kerülő geometriák meghatározása, amely változatlan módon, a kapott geometria szerves része marad. Ezeknek a térfogatrészeknek a megadása kötelező művelet, mivel a későbbiekben ezen testek és felületek adnak lehetőséget funkciók definiálására, például furatok elhelyezésére. A tervezési tér meghatározásának második módszere az úgynevezett akadályozó geometriák létrehozása, melyek segítségével megadhatjuk a tér azon részeit, ahol anyag elhelyezése tilos. Tulajdonképpen az előállított geometria csak ezen térrészen kívül helyezkedhet el, de hasonló módon alkalmazható az alkatrész méretkorlátozására is. A tervezés során ezen határfelületek megadása nem kötelező. A harmadik módszer egy testmodell az adott programba való beimportálása, amelynek alakjaitossagai felhasználhatók a funkciók megadásához és a megfelelő kényszerek elhelyezéséhez. Fontos, hogy a kezdeti modell külső felülete alapvetően nem korlátozza a generatív tervezés során létrehozott geometria befoglaló méreteit.

A tervezési tér egzakt meghatározása után kezdetét veheti a tervezési folyamat második szakasza, melynek során definiálhatjuk a modellünk kényszerezettségét. Adott a lehetőség fix pontok megadására, továbbá azon belül az egyes síkok és forgástengelyek feloldására. Lehetőség nyílik csukló vagy forgáspont létrehozására, ahol radiális, axiális és tangenciális mozgások definiálhatók. Összetett modellek esetén módunkban állhat csúszási síkok és súrlódó felületpárok megadására.

A folyamat harmadik szakaszában kerülünk arra a pontra, ahol a terhelések helyének és nagyságának definiálására van szükség. Az adott modellen erő, nyomás, nyomaték és megoszló terhelés helyezhető el, amelyeknek iránya és nagysága módosítható.

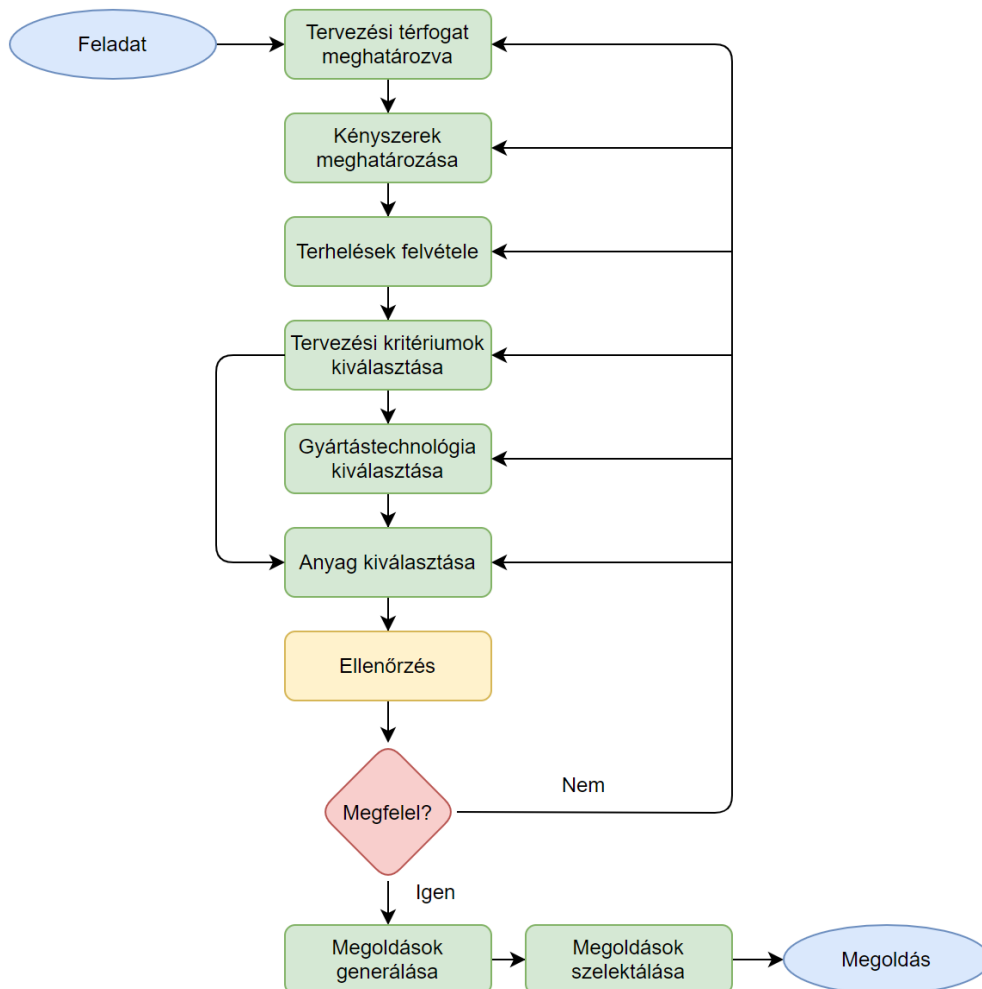
Negyedik lépésben döntést kell hozni az alkalmazandó célkitűzésekről és tervezési kritériumokról. Ezek közé tartozik a tömeg és feszültség minimalizálása, a merevség maximalizálása. Ebben a fázisban alkalmazható egy úgynevezett biztonsági faktor, amely hatással van a kritériumoknak való megfelelésre.

Ötödik lépésben lehetőség van a gyártáshoz kapcsolódó beállítások definiálására, ahol módosíthatjuk a gyártási volument és a megfelelő gyártástechnológiát. A választható technológiák között szerepel az additív gyártás, az öntés és a forgácsoló eljárások, mint például a marás, vágás. Minden esetben megválasztható az alkatrész összes pontján alkalmazott minimális anyagvastagság és az adott technológiában alkalmazott szerszámok, mint például a marószerszám geometriai méretei. Ezen beállítások megadása nem kötelező, ilyenkor azonban a megoldások generálása szélesebb körben engedélyezett.

A folyamat hatodik lépésében meg kell választani az anyagot, amelyből majd a leendő gyártmány készülhet. A kiválasztás megtörténhet az integrált CAD programok anyagkatalógusaiból, de módunkban állhat új anyagot definiálni egyedi anyagtulajdonságokkal. A katalógusban szereplő anyagjellemzők gond nélkül módosíthatók. Fontos, hogy minden gyártástechnológiának meg van a saját anyaghalmaza.

Az alábbi beállítások elvégzése után elérhetővé válik egy ellenőrző lépés, amely végig futtatja az általunk betáplált adatokat. Adathiány vagy téves betáplálás esetén figyelmeztetést ad a felhasználó számára.

Ha az ellenőrzés megtörtént, indítható a végső számítás és generálás. A kapott megoldásokat kategóriák szerint szűrhetők [4].



1. ábra. A generatív tervezési folyamat lépései

4. Összefoglalás

A projektidőszak alatt végzett kutatási munka főként a tervezésmódszertan témakörben valósult meg. A tevékenység a géptervezés tárgyában a nagyméretű forgácsoló szerszámgépek forgácskezelő részegységének tervezési folyamatára összpontosult. Sikeres eredménynek könyvelhető el a felállított tervezési folyamatára alkalmazhatóságának igazolása. Az időszak második szakaszában a korszerű tervezésmódszertanok vizsgálatára és alkalmazására irányult a kutatótevékenység, melynek eredménye-

ként tüntethető fel a módszer alkalmazásához készített folyamatábra. A kapott eredmények több nyelven is folyamatosan publikálásra kerültek.

5. 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] Takács, Gy., Zsiga, Z., Szabóné Makó, I., Hegedűs, Gy.: *Gyártóeszközök módszeres tervezése*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc, 2011.
- [2] Takács, Gy., Szilágyi, A., Demeter, P., Barak, A.: *Forgácsoló szerszámgépek*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2009.
- [3] Szabó, K., Hegedűs, Gy.: *A generatív tervezést támogató szoftverek rövid áttekintése*, Multidiszciplináris Tudományok, (2020) <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.3.39>
- [4] Szabó, K., Hegedűs, Gy.: *A generatív tervezés lépései integrált CAD rendszerekben*, Multidiszciplináris Tudományok (2020) <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.4.43>
- [5] Szabó, K.: *Forgácskihordó rendszerek tervezésmódszertanának vizsgálata*, Multidiszciplináris Tudományok (2020) <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.4.55>
- [6] Hegedűs, Gy.: *A módszeres géptervezés alkalmazása ipari mérőgép fejlesztése estén*, 2002 Doktoranduszok Fóruma, Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa
- [7] Kamondi, L., Sarka, F., Takács, Á.: *Fejlesztés- módszertani ismeretek*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc, 2011.
- [8] Verdes, S.: *Anyagmozgatás és gépei*, Pannon Egyetem, 2012
- [9] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K. – H.: *Engineering Design – A Systematic Approach*, London: Springer-Verlag, (2017) ISBN 978-1-84628-318-5
- [10] Benkő, J.: *A szállítócsigák néhány elméleti kérdése*, Gépgyártástechnológia, XXXIV (7-8). (1994) pp. 274-282. ISSN 0016-8580
- [11] Stejskal, T., Dovica, M., Svetlík, J., Demec, P., Hrivniak, L., Šašala, M.: *Establishing the optimal density of the Michell Truss Members*, Materials, (2020) <https://doi.org/10.3390/ma13173867>
- [12] Zuo, K., Chen, L., Zhang, Y., Yang, J.: *Study of key algorithms in topology optimization*, Int J Adv Manuf Technol, (2007) pp. 787-796. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0387-0>
- [13] Bendsøe, M.: *Optimization of structural topology, shape, and material*, Springer, Berlin, 1995, ISBN 978-3-662-03117-9 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03115-5>