

# ADDITÍV GYÁRTÁSI TECHNOLÓGIÁKKAL MEGVALÓSÍTHATÓ TÖMEGCSÖKKENTŐ RÁCSSZERKEZETEK GEOMETRIAI MODELLEZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

## POSSIBILITIES FOR GEOMETRIC MODELING OF WEIGHT REDUCING GRID STRUCTURES MADE BY ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES

Sándor Roland <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Járműtechnológia Tanszék, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország

---

### **Kulcsszavak:**

additív gyártási  
tömegcsökkentés  
vizuális programozás

### **Keywords:**

additive manufacturing  
mass reduction  
visual programming

### **Cikktörténet:**

Beérkezett 2020. június 10.  
Átdolgozva 2020. június 20.  
Elfogadva 2020. július 1.

---

### **Összefoglalás**

Az additív gyártási technológiák gyors fejlődésének köszönhetően új lehetőségek nyíltak meg a gépipari gyártmányok tömegének csökkentését célzó gépelem kialakítások alkalmazására. Olyan rács jellegű alaksajátosságok ezek, melyeket az eddig járatos gépgyártási technológiákkal csak nagyon költségesen vagy egyáltalán nem tudtunk előállítani. A cikk egy lehetséges megoldást tár fel ezen rácsszerkezetek CAD szoftverekben készített gépelem modellekben történő alkalmazására. A módszer alkalmazásával lehetségesé válik tetszőleges geometriai modell, változtatható geometriai paraméterekkel bíró rácsszerkezettel történő, tömegcsökkentést célzó átalakítása.

### **Abstract**

Thanks to the rapid development of additive manufacturing technologies, new possibilities have been opened for the use of machine element designs to reduce the weight of mechanical engineering products. These are grid-like features that we have not been able to produce very costly, or at all, with the prior art manufacturing technology. This article explores a possible solution for using these lattice structures in machine tool models made in CAD software. By applying this method, it is possible to transform any geometric model with a lattice structure with variable geometry parameters for weight reduction.

---

## 1. Bevezetés

A járműipar és a repülőgépipar területein mindig is nagy hangsúlyt fektettek a gépipari konstrukciók tömegének csökkentésére. A gyártási technológiák és az anyagtudomány fejlődésével a közelmúltban is új lehetőségek nyíltak ezen cél korszerű megvalósítására. A különböző additív gyártási technológiák gyors fejlődése révén olyan bonyolult geometriai struktúrák gyártási is

---

\* Kapcsolattartó szerző: E-mail: sandor.roland@gamf.uni-neumann.hu

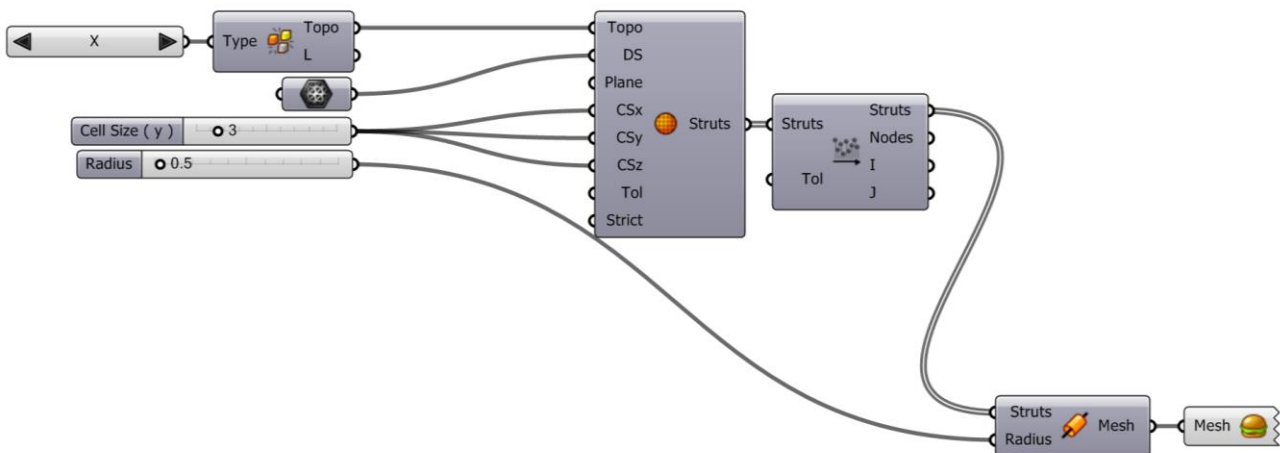
lehetővé vált, ami korábban elképzelhetetlen volt. Ezen gyártási technológiák közül a gépiban legnagyobb jelentősége a Direct Metal Laser Sintering technológiának van. Ezzel a technológiával lehetővé vált bonyolult geometriájú fém alkatrészek gyártása. Olyan nagy teherbírású alkatrészek gyárthatók így amelyek könnyített rácsszerkezettel rendelkeznek (1-2. ábra). Ezáltal tömegük töredéke a hagyományos technológiákkal gyártott azonos teherbírású alkatrészeknek. Felvetődik azonban a kérdés, hogy hogyan tervezhetünk tömegcsökkentő rácsszerkezetet a különböző geometriai jellemzőkkel rendelkező alkatrészekhez. Alábbiakban egy lehetséges megoldás ismertetése történik.



1. ábra Példa rácsszerkezettel könnyített gépári gyártmányokra

## 2. A vizuális programozás módszereinek alkalmazása a modellalkotásban

A vizuális programozás eszközei lehetővé teszik, hogy a felhasználó egy szoftver alapeszközeit tetszőleges módon kombinálva saját algoritmusokat készítsen programozói háttérismeret nélkül. A hab struktúra geometriai modelljét létrehozó algoritmus elkészítése a Rhinoceros 3D nevű szoftver Grasshopper névre hallgató moduljában történt. Az említett modul lehetővé teszi, hogy a felhasználó az alapszoftver eszközeit elérje funkció blokkok formájában (2. ábra). Minden funkcióblokknak vannak kimenetei és bemenetei. A funkció blokkok ki és bemeneteit vonalakkal köthetjük össze ezzel adva meg a blokkok közötti kapcsolat jellegét. Az elérhető blokkok között vannak, amelyek egészen egyszerű műveleteket végeznek, például összeadják a bemenetekre kötött szám jellegű változókat, és vannak egészen bonyolultak is melyek iterációs számítást végeznek egy célparaméter elérése érdekében. Ez a blokkdiagrammos felépítés lehetővé teszi paraméteres modellek elkészítését bonyolult, organikus formák esetén is.



2. ábra A modellt eredményező algoritmus blokk diagramja

### 3. A geometriai modell alkotás folyamata

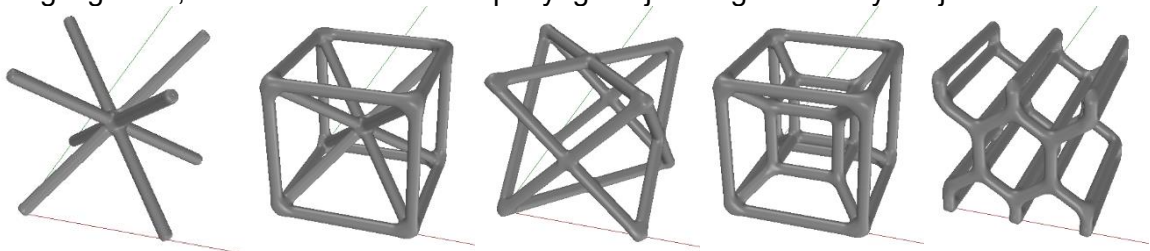
A geometriai modell alkotás során az algoritmus megnyitja a CAD szoftverben elkészített modellt mely tetszőleges alakosságokkal rendelkezik (3a ábra). Ezt követően meghatározza azt a téglatestet, amelybe a megnyitott modell pontosan illeszkedik. Ebben a téglatest formájú tartományban általunk meghatározott típusú rácsot generál. Az így kapott rácsnak tetszőleges vastagságot adhatunk. A rácsot alkotó cellák méretét és számát szintén a felhasználó határozza meg. A rács vastagsága valamint a cellaméret befolyásolja a tömegcsökkenés mértékét. Az algoritmus által generált rácsot ezt követően tetszőlegesen ötvözhetjük CAD modellekkel így elérhető, hogy az alkatrész bizonyos részei tömörök, míg más részei ráccsal könnyítettek legyenek. Az algoritmus rugalmassága révén megoldható, hogy a leendő gyártmány fokozottabb terhelésnek kitett részein a rácsvastagság folyamatos átmenettel növekedjen. A feszültséggyűjtő helyek számának csökkentése érdekében megadhatunk egy sugár értéket is és így a rács valamint a tömör fal találkozásánál nem keletkeznek éles sarkok. Ez nagymértékben javítja a gyártmány élettartamát.



3. ábra Modellalkotás lépései

### 4. Alkalmazható rácstípusok

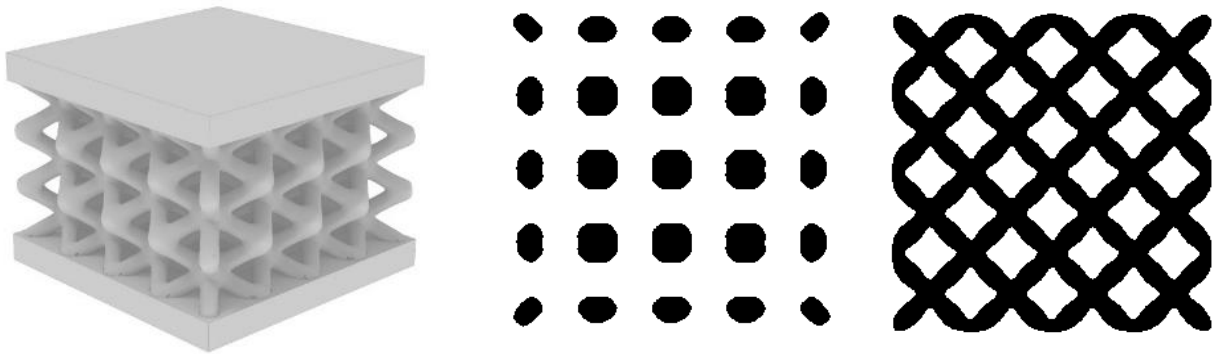
Az algoritmus által kigenerált rácsszerkezet jellegének egy fontos kritériumnak kell teljesülni. Kulcsfontosságú hogy a rács elemi cellái tudjanak kapcsolódni egymással, mivel a szoftver a rács létrehozását elemi cellák kiosztásával végzi. Fontos tehát, hogy a megtervezett elemi cella szimmetrikus legyen. (4. ábra) Az egyes cella típusok nem csak jellegükben, hanem ebből adódóan a kitöltési tényezőjükben és a statikus valamint dinamikus igénybevétellel szembeni teherbírásukban is eltérnek egymástól. Az adott felhasználásra alkalmas rácsszerkezet megtervezésének fontos része az cellákat alkotó anyag vastagságának meghatározása. A szükséges anyagvastagságot befolyásolja az alkalmazott cella megválasztott mérete, a cellák típusa valamint a tervezett mechanikai igénybevétel nagysága. A mechanikai terhelés ismeretében egyértelműen meghatározható a minimálisan szükséges teherviselő keresztmetszet. Ugyan azt a teherviselő keresztmetszetet azonban létrehozhatjuk több cella méret, anyagvastagság kombináció eredményeként is. Az anyagvastagság maximális értékét a cella mérete és jellege határozza meg, míg minimumát leginkább az alkalmazni kívánt technológia befolyásolja. A jelenlegi technológiai feltételek mellett Direct Metal Laser Sintering technológiával a legkisebb legyártható anyagvastagság 1mm, de ezt a felhasznált alapanyag tulajdonságai is befolyásolják.



4. ábra Néhány példa alkalmazható elemi cellára

## 5. Rácossal könnyített modellek felhasználhatósága

Az így kopott modell alkalmas vége-seleemes szimulációk elvégzésére alkalmas szoftverekben történő további felhasználásra vagy additív gyártásra. Az algoritmus lefutása után egy háromszögekből álló, úgynevezett „mesh” modellt kapunk. Fontos azonban meggyőződni arról, hogy a modellt alkotó rács nem tartalmaz hibákat. Előfordulhat ugyanis, hogy számítási hibák miatt hiányzó felületek vagy egymást metsző felületek jelentkeznek a modellen. Ebben az esetben a későbbiek során az additív gyártó berendezés szoftvere nem fogja tudni elvégezni a gyártáshoz szükséges szerszám-pálya meghatározását, (5. ábra) mivel a modellt alkotó felületek nem határoznak meg zárt keresztmetszeteket.



5. ábra Rácsszerkezettel könnyített 3D modell és annak jellemző keresztmetszetei

Az ilyen hibák sokkal ritkábban jelentkeznek kis felbontású, kevés poligonból álló modellek esetén. Célszerű tehát a modell felbontását a lehető legkisebb értéken tartani. Ezzel nem csak az esetleges rácshibák esélyét csökkentjük, hanem a modellalkotáshoz szükséges számítási teljesítmény igényét is. Azonban ha a modell felbontása túl alacsony, akkor a gyártmány geometriai pontatlansága is nagyobb lesz. A modell rácshibái könnyen tetten érhetőek a tárgyalt algoritmus segítségével, egy funkcióblokkal mely megvizsgálja, hogy vannak-e egymást metsző vagy hiányzó felületek.

Amennyiben az elkészült modellt CAD szoftverben szeretnénk felhasználni, például összeállítási modell készítéséhez, akkor el kell végeznünk egy átalakítást a modellen, mely szilárd test modellt készít a meglévő mesh modelltől. Ennek módja, hogy a modellt alkotó háromszögeket úgy nevezett „NURBS” felületekké alakítjuk egy erre a célra alkalmas funkcióblokkal a vizuális programozást lehetővé tevő felületen belül. Az így kapott felület modellt pedig szilárd test modellé alakítás parancs segítségével olyan formába tudjuk hozni, mely alkalmas a későbbiekben arra, hogy a CAD szoftverben geometriai kényszerek segítségével megadjuk a rácossal könnyített alkatrészt, többi alkatrészhöz fűződő viszonyát.

## Köszönetnyilvánítás

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. EFOP-3.6.1-16-2016-00014

The project has been supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund. EFOP-3.6.1-16-2016-00014.

## Irodalomjegyzék

- [1] 3D printed metal tray 24 May 2019  
<https://www.materialstoday.com/additive-manufacturing/products/3d-printed-metal-tray/>  
 (Utolsó letöltés: 2020. 06. 03.)
- [2] [Autodesk Autodesk's "Within" Could Generate Industrial Change 2015  
<https://www.faball.com/blog/2015/7/18/autodesks-within-could-generate-industrial-change>  
 (Utolsó letöltés: 2020. 06. 03.)
- [3] Interlattice Overview  
<http://inralattice.com/overview/> (Utolsó letöltés: 2020. 06. 03.)