

## SZERSZÁMGÉP RÉSZEGYSÉG STATIKAI MEREVSÉGÉNEK VÉGESELEMES VIZSGÁLATA

**Kiss Dániel**

egyetemi tanérsegéd, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet,  
Szerszámgépek Intézeti Tanszéke  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [kiss.daniel@uni-miskolc.hu](mailto:kiss.daniel@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

*Jelen cikkben bemutatom, milyen módon lehet statikai elemzésre használni egy integrált CAD rendszert. Egy valós példán, ami egy marógép asztala, bemutatom hogyan lehet analitikus módon optimalizálást végezni merevségre és tömegre. A sokrétű numerikus módszer közül a végeselemes módszer ilyen irányú használatát mutatom be.*

**Kulcsszavak:** szerszámgép, tervezés, végeselem, mechanikai

### **Abstract**

*During this article I present how an integrated CAD system can be used for optimisation. During a real life example, which is the table of a milling machine, I show how can be analytical optimisation made for reducing mass thus increase rigidity. Among the several types of numerical methods this article focuses on using FEM.*

**Keywords:** machine tool, design, FEM, mechanical

## **1. Bevezetés**

Megmunkálógépek üzemeltetése és tervezése, illetve részegységeinek tervezése során figyelembe kell venni minden olyan lehetséges tényezőt, amely az adott gépnek a pontossági és üzemi paramétereivel kapcsolatban áll. Ezen tényezők főként hőtani, kinematikai, dinamikai, illetve szilárdságtani jelenségek közül kerülnek ki. Ezen tényezők hatásával a tervezés fázisában számolnia kell a tervező(k)nek, ugyanis ebben a fázisban a leggazdaságosabb az esetleges hibák feltárása. Mivel a tervezési fázisban fizikailag nem áll rendelkezésre a megmunkálógép, így ezen jelenségeknek a hatását kizárólag analitikus, illetve numerikus módszerek segítségével tudjuk ellenőrizni és szimulálni. [1]

Mivel a korábban említett jelenségek matematikai leírása többnyire bonyolult, a megoldása pedig a geometriai peremfeltételek miatt nehézségekbe ütközik, ezen problémák megoldására számok numerikus eljárás került kifejlesztésre. Ezek közül a talán a legismertebb és legjobb közelítést adó a végeselemes számítási módszer. [2]

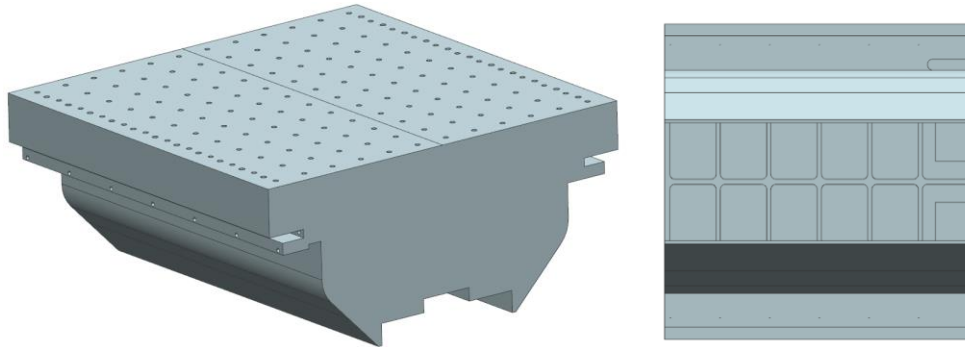
Jelen cikkben egy szerszámgép részegység, egész pontosan egy marógép asztala, tervezésén keresztül kívánom bemutatni, hogy egy mai modern integrált tervezőrendszer használata hogyan segíti a tervező dolgát.

## **2. Konceptcionális modell**

A tervezendő részegység egy marógép asztala. A marógép asztalok különböző kivitelekben és méretekben elérhetőek, azonban nem kereskedelmi tételek mivel szerves részét képezik az adott

megmunkálógépnek. Annak függvényében, hogy milyen konstrukcióról beszélünk, illetve milyen tömegű munkadarabot munkálunk meg a szerszámgépen, a marógép asztala több irányú mozgást is végezhet.

Jelen esetben a szóban forgó gépegység az „Ultrapontosságú és Freedome típusú szerszámgépek kifejlesztése” c. GINOP-2.2.1-15-2017-00093 projekt keretében kifejlesztésre kerülő nagypontosságú maróberendezés asztala. A projekt keretein belül kaptunk egy koncepcionális modellt az asztról, melyet az 1. ábra mutat.

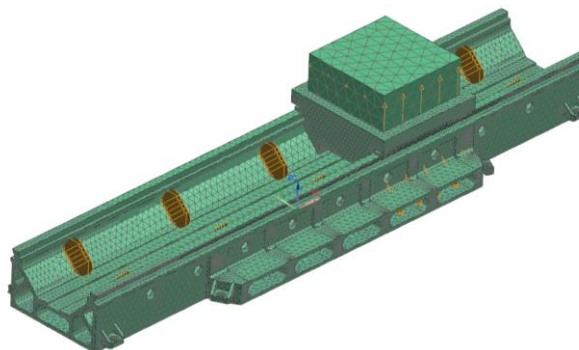


1. ábra. Az előzetes modell és a belső bordázata

Jelen gépnél, mivel nagyméretű és tömegű munkadarabokat kell mozgatni, az asztal csak az X irányú mozgást végzi. A tervezés ezen fázisában még golyós-menetes hajtás volt tervben, de ezt helyszűke miatt későbbiekben hézagmentesített fogaskerekes-fogasléces hajtásra cseréltük. Az asztal egy V alakú ágyban helyezkedik el, ahol azonban nem profilsínes megvezetést alkalmazunk, hanem egy új-fajta csúszóvezeték, mely szintén a projekt keretein belül kerül kidolgozásra.

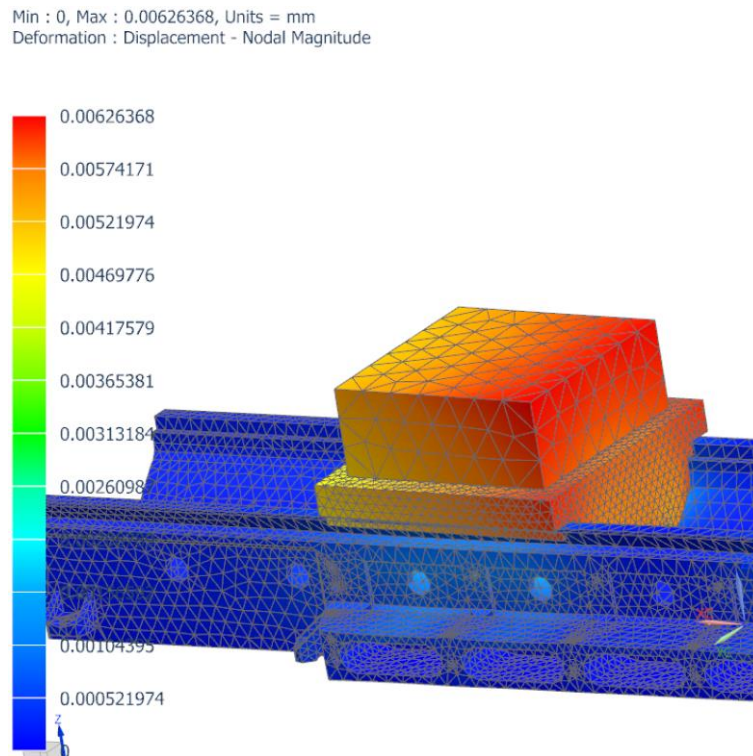
### 3. Végelelemes modell definiálása

A konkrét tervezési munkát megelőzően megvizsgáltam az előzetes modellt. Ehhez a már korábban említett V-alakú ágy modellt alkalmaztam, illetve egy szimulált alapanyagot, ami egy 3000 kg tömegű acéltömb. Az asztal és az ágy alapanyagának gömbgrafitos öntöttvasat választottam. Az érintkezési paramétereket acél-acél érintkezést feltételezve definiáltam. A modellen az egyetlen terhelés a gravitáció, ugyanis egy olyan konstrukció elérése a cél, mely statikailag a legmerevebb. A definiált modellt a 2. ábra mutatja. [3]



2. ábra. Kényszerezett és végelelem hálózott VEM modell

Az analízis során azért nem került középre az asztal, mert így két eltérő változatot tudtam egymással összehasonlítani, így az ágy két oldalán szimmetrikusan tudtam ezeket elhelyezni. A szimuláció eredményét a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A szimuláció eredménye

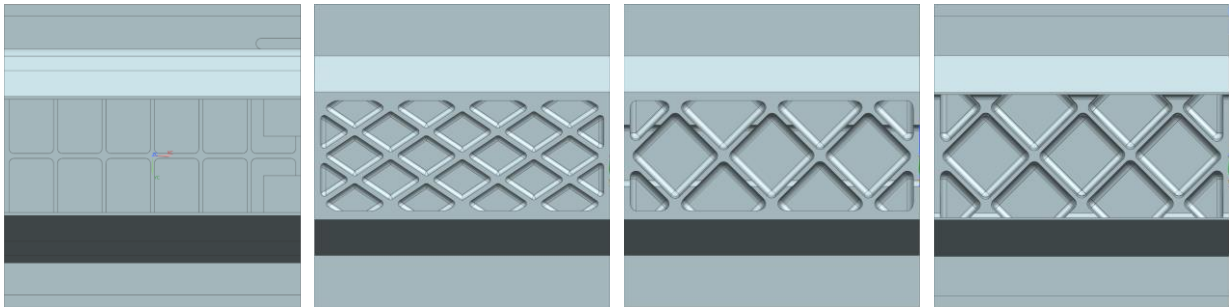
A kapott eredményen jól látható, mivel az asztal nem szimmetrikus, ezen ugyanis szerepelnek még golyósanyák felfogatására kialakított felületek (1. ábra), így a színskála alapján megállapítható, hogy az asztal az Y tengely körül „elbillen”. A kapott elmozdulás ugyan nem tűnik számottevőnek, de ettől jobb eredmények is elérhetőek. Továbbá az asztal tömege jelenleg 2679 kg, ami a lehető legkisebbre érdemes csökkenteni úgy, hogy a merevsége nem romlik, továbbá így növelhető a gép dinamikai jellemzői.

#### 4. A modell kidolgozása

Az előzetes tervek alapján több kisebb-nagyobbváltoztatást követően kidolgozásra került az asztal modellje. Az előzetes modell alapján az asztal 1200 x 1200 mm mérettel került definiálásra. Az asztal magasságát későbbiekben meg kellett emelni, mivel főorsók kiválasztásánál történt változtatás után a főorsó kinyúlása csökkent.

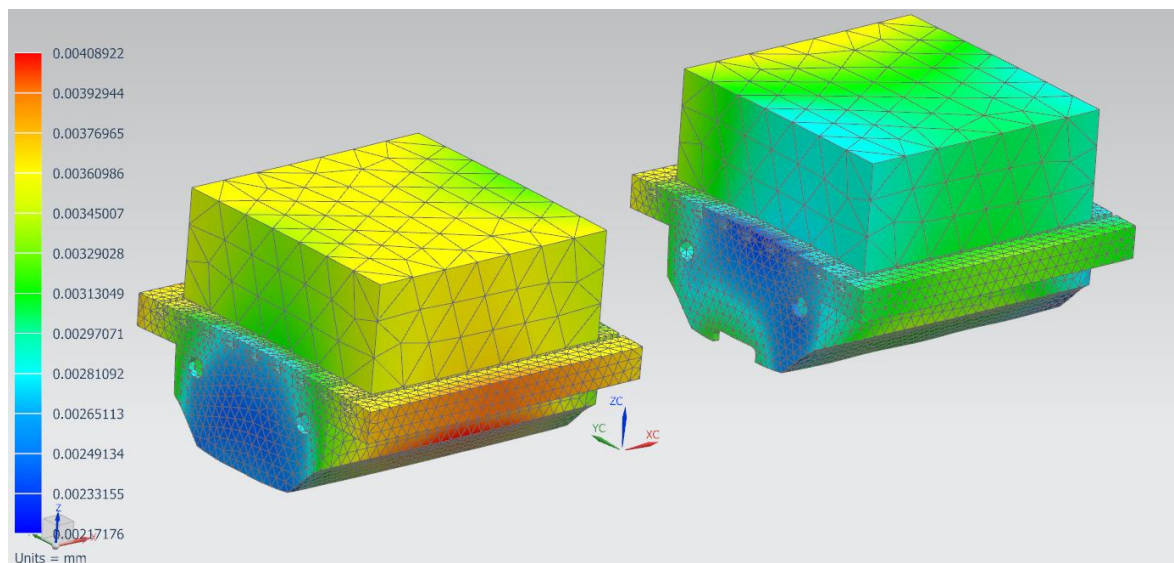
Mivel a kereskedelemben főként T-hornyos asztalokat alkalmaznak, így ez az egység is T-hornyokkal ellátva készült, azonban ezt később mátrixfuratos megoldásra kellett cserélni. A korábban említett fogasléc hajtás miatt nem kellett változásokat eszközölni, ugyanis a tervezés már ezzel a megoldással került kidolgozásra.

A merevségre és a tömegre nagy hatással lévő belső kialakítás, ami az asztal belső bordázata, azonban alaposabb átdolgozásra szorult. Ez a részlet az, ahol a legjobban lehet optimalizálásra használni az integrált tervezőrendszerek VEM moduljait. Az asztal belső bordázatának kialakításánál a szerelési és gyártási (öntési) szempontokat kellett fő hangsúllyal figyelembe venni. Az öntés szempontjából az volt a legfontosabb információ, hogy az öntődében, ahol majd az alkatrészek készülnek legalább 30mm-es falvastagsággal kell számolnunk. A 4. ábra mutatja a vizsgált változatokat:



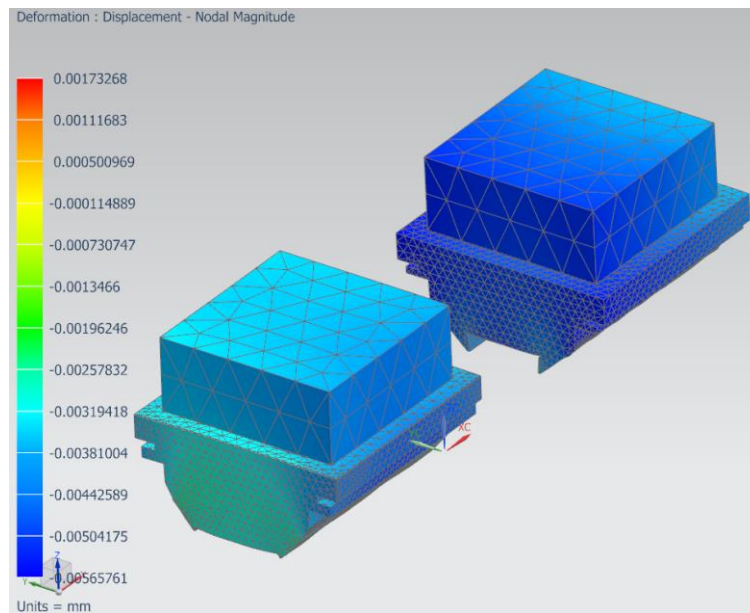
4. ábra. A vizsgált bordázatok (balról jobbra: eredeti verzió, sűrű bordás, 45° fokos ritka bordázat keskeny kivágással, 45° ritka bordázat széles kivágással)

A vizsgált bordázatok balról jobbra javuló tendenciát mutattak a merevség és a tömeg tekintetében is (5. ábra). A ferde felületek alatt bezáródott üregek képződtek, ezek gyártásához kör alakú nyitások kerültek alkalmazásra az asztallaphoz közel, azonban az öntődéből kapott visszajelzés alapján nagyobb nyitásokra volt szükség, így az ő ajánlásuk került átvezetésre a végleges modellre.



5. ábra. Közbenső változatok összehasonlítása

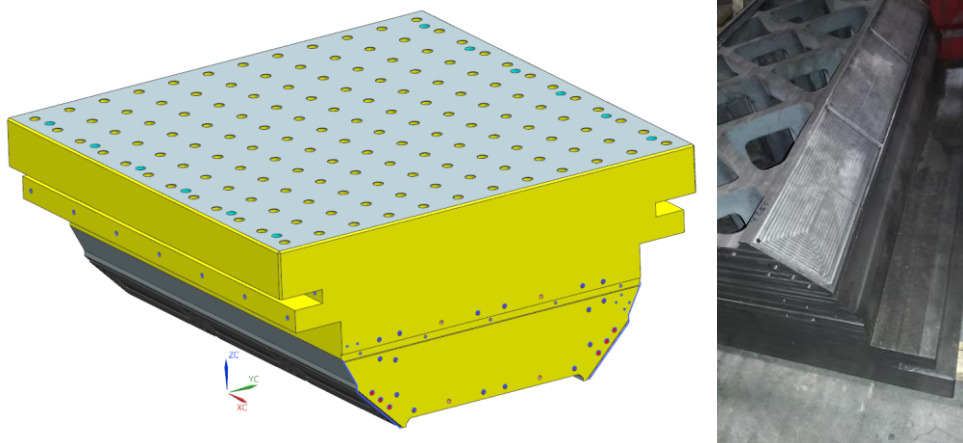
Az öntőde által kért módosítás végelelemes módszerrel ellenőrzésre került, mivel, ha az nagy mértékben rontotta volna az asztal tulajdonságait akkor valamilyen kompromisszumos megoldást kellett volna keresni. A 6. ábra mutatja a kiindulási és véglegesített modell közötti maximális Z irányú elmozdulást.



**6. ábra.** Az eredeti és a véglegesített modell összehasonlítása

A végleges változatot és a modell alapján öntött és megmunkált kész darabot a **7. ábra** mutatja. A bordákból eltávolított viszonylag nagy mennyiségű anyag szinte semmit nem rontott a merevségen, azonban az egyszer használatos habminta öntési technológia miatt szükséges a nagyméretű áttörések alkalmazása, hogy az öntőmintának megfelelő szilárdságot biztosítson.

A kiindulásként kapott alacsony magasságú koncepcionális modell körülbelül 2700 kg-os tömegét, sikerült 2000 kg alá csökkenteni úgy, hogy az emelt magasságú asztal merevsége szintén javult, a Z irányú elmozdulást sikerült majdnem a felére csökkenteni.



**7. ábra.** A végleges modell és az öntött és megmunkált öntvény

## 5. Összefoglalás

Cikkemben egy valós példán keresztül bemutattam milyen szempontokra érdemes figyelni egy szerző gép részegység (adott esetben egy munkaasztal) tervezése során. Jelen esetben a statikai merevség növelése és a tömeg csökkentése együttesen volt a cél. Bemutattam, hogy ilyen esetben egy integrált tervező rendszer hogyan segíti a tervező mérnök munkáját a beépített modulok használatával. A való életből hozott példával szemléltettem a numerikus eljárások hatékonyságát és hogyan alkalmazható adott esetben a tervezés során a különféle tervezési változatok összehasonlító elemzésére. Azt azonban érdemes megemlíteni, hogy a végelelemes modellek definiálása során érdemes bizonyos beállításokra figyelni, amelyekkel a számítási idő, illetve a pontosság optimális értékre hozható.

## 6. 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] Baráti, A.: Szerszám gép vizsgálatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988.
- [2] Páczelt, I.: Végelelem módszer a mérnöki gyakorlatban I. kötet, Miskolci Egyetemi Kiadó pp. 36-37.
- [3] Anderl, R., Binde, P.: Simulations with NX. Munich, Carl Hanser Verlag, 2014  
<https://doi.org/10.3139/9781569904800>