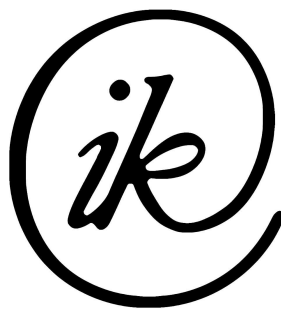
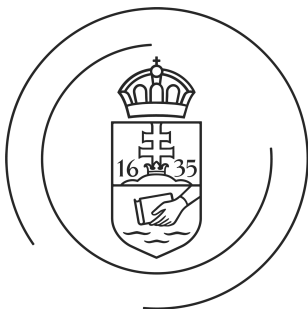


HORVÁTH MILÁN  
DIPLOMAMUNKA

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

INFORMATIKAI KAR

SAVARIA MŰSZAKI INTÉZET



DIPLOMAMUNKÁK

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
INFORMATIKAI KAR  
SAVARIA MŰSZAKI INTÉZET

HORVÁTH MILÁN  
DIPLOMAMUNKA

Diplomamunka

Konzulens:

*Óri Zsuzsanna*  
termékfejlesztő

*Kiss Henrik*  
műszaki oktató

Témavezető:

*Bátorfi János György*  
egyetemi tanársegéd

Szombathely, 2025.

Szerzői jog © Horváth Milán, 2025.

## **ZÁRADÉK**

Ez a diplomamunka elzártan kezelendő és őrzendő, a hozzáférése a vonatkozó szabályok szerint korlátozott, a diplomamunka tartalmát csak az arra feljogosított személyek ismerhetik.

A korlátozott hozzáférés időtartamának lejártáig az arra feljogosítottakon kívül csak a korlátozást kérelmező személy vagy gazdálkodó szervezet írásos engedélyével rendelkező személy nyerhet betekintést a diplomamunka tartalmába.

A hozzáférés korlátozása és a zárt kezelés 2034 január 31. napján ér véget.

Szombathely, 2024. 01. 31.

Placeholder for feladatkiras.pdf

# NYILATKOZATOK

## *Nyilatkozat az önálló munkáról*

Alulírott, *Horváth Milán* (MYQQQ0), az Eötvös Loránd Tudományegyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírással igazolom, hogy ezt a diplomamunkát meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és diplomamunkámban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Ennek a diplomamunkának önálló, eredeti szerzője vagyok, ez az önálló szellemi alkotás jogtisztaság szempontjából megfelel az „Eötvös Loránd Tudományegyetem Szervezeti és Működési Szabályzata, II. kötet, Hallgatói Követelményrendszer. Módosításokkal egybeszerkesztett változat [2017. szeptember 1.]” c. szabályzat 74/A–74/C. §-aiban foglalt rendelkezéseknek.

Szombathely, 2025. október 5.

---

*hallgató*

# Tartalomjegyzék

<b>Előszó</b>	<b>ix</b>
<b>Jelölések jegyzéke</b>	<b>x</b>
<b>1. Irodalmi áttekintés</b>	<b>1</b>
1.1. Képlékeny alakítás elméleti alapjai . . . . .	2
1.1.1. Rugalmas és képlékeny alakváltozás . . . . .	2
1.1.2. Feszültség-alakváltozás kapcsolata, szakítódiagram . . . . .	2
1.2. Mikroszerkezettől a tervezésig . . . . .	2
1.3. Lemezek képlékeny anizotrópiája . . . . .	2
1.3.1. Az anizotrópia . . . . .	2
1.3.2. Lankford-tényező . . . . .	2
1.3.3. Csúcsosodás, az anizotrópia közvetlen hatása . . . . .	2
1.3.4. Ideális mélyhúzzható lemez . . . . .	2
1.4. A mélyhúzás technológiája . . . . .	2
1.4.1. A mélyhúzás alapelvei, fázisai . . . . .	2
1.4.2. Meghatározó technológiai paraméterek . . . . .	2
1.4.3. A mélyhúzás tipikus hibái és azok okai . . . . .	2
1.4.4. A mélyhúzás, mint egyensúlyi folyamat . . . . .	2
1.5. Mélyhúzó szerszámok tervezése . . . . .	2
1.5.1. A szerszám felépítése . . . . .	2
1.5.2. A szerszámgeometria szerepe . . . . .	2
1.5.3. Technológiai erők számítása . . . . .	2
1.6. Végeselem módszer . . . . .	2

1.6.1.	Végeselem módszer alapelvei . . . . .	2
1.6.2.	Mélyhúzási folyamat szimulációja VEM-mel . . . . .	2
1.6.3.	Anyagmodellek . . . . .	2
<b>2.</b>	<b>Anyagok és módszerek</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Szerszámkialakítás</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Mérési eredmények értékelése</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>Összefoglalás</b>	<b>6</b>



# Előszó

Már a középiskolás éveim során érdeklődtem a 3D tervezés, a CAD-CAM világa felé. Gépi forgácsoló szakmámból kifolyólag elég régóta körülvesz engem a gépészeti világ és akkor jött a gondolat, mi lenne ha jelentkeznék egyetemre. Életem egyik legjobb döntése volt a gépészmérnöki képzés elkezdése. Rengeteg új információval gazdagodtam, sokkal jobban el tudtam mélyülni a CAD-CAM rendszerekben, valamint megismerkedtem számomra addig teljesen ismeretlen módszerekkel. Az egyik ilyen volt a végelem analízis. Ez a terület tetszett meg a legjobban a képzés során, rengeteg lehetőség rejlik benne. A diplomamunka téma kiválasztásánál számomra fontos volt, hogy a CAD-CAM, valamint a végelem analízis szerepet kapjanak az elkészítés során.

~ ~ ~

## *Köszönetnyilvánítás*

*Elsőként szeretném megköszönni a TDK Hungary Components Kft.-nek, hogy a gépészmérnöki képzésem alatt biztosítottak számomra duális gyakorlati helyet, valamint hogy támogatták a diplomamunkám minőségi elkészültét. Szeretném megköszönni az Eurosolid Zrt.-nek, hogy biztosították számomra a Soldiworks 2022 Student Edition CAD szoftvert, amellyel a modelleket készítettem el.*

Szombathely, 2025. október 5.

*Horváth Milán*

# Jelölések

A táblázatban a többször előforduló jelölések magyar és angol nyelvű elnevezése, valamint a fizikai mennyiségek esetén annak mértékegysége található. Az egyes mennyiségek jelölése – ahol lehetséges – megegyezik hazai és a nemzetközi szakirodalomban elfogadott jelölésekkel. A ritkán alkalmazott jelölések magyarázata első előfordulási helyüknél található.

## *Latin betűk*

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
$E$	Rugalmassági modulusz	GPa
$F$	erő	N
$S$	keresztmetszet	mm <sup>2</sup>

## *Görög betűk*

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
$\varepsilon$	alakváltozás	1
$\sigma$	feszültség	MPa

## *Indexek, kitévők*

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
$e$	elem
max	maximális érték

# 1. fejezet

# Irodalmi áttekintés

## 1.1. Képlékeny alakítás elméleti alapjai

*1.1.1. Rugalmas és képlékeny alakváltozás*

*1.1.2. Feszültség-alakváltozás kapcsolata, szakítódiaagram*

## 1.2. Mikroszerkezettől a tervezésig

## 1.3. Lemezek képlékeny anizotrópiája

*1.3.1. Az anizotrópia*

*1.3.2. Lankford-tényező*

*1.3.3. Csúcsosodás, az anizotrópia közvetlen hatása*

*1.3.4. Ideális mélyhúzható lemez*

## 1.4. A mélyhúzás technológiája

*1.4.1. A mélyhúzás alapelvei, fázisai*

*1.4.2. Meghatározó technológiai paraméterek*

*1.4.3. A mélyhúzás tipikus hibái és azok okai*

*1.4.4. A mélyhúzás, mint egyensúlyi folyamat*

## 1.5. Mélyhúzó szerszámok tervezése

*1.5.1. A szerszám felépítése*

*1.5.2. A szerszámgeometria szerepe*

## 2. fejezet

### Anyagok és módszerek

## 3. fejezet

### Szerszámkialakítás

## 4. fejezet

### Mérési eredmények értékelése

## 5. fejezet

### Összefoglalás



## Melléklet A

## Melléklet B