



**MISKOLCI EGYETEM**  
**Műszaki Anyagtudományi Kar**  
**Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák**  
**Doktori Iskola**



# Képlékenyalakítás elmélete

Dr. Krállics György

**TANTÁRGYLEÍRÁS**

2016.  
Szerző: user

# Képlékenyalakítás elmélete

Dr. Krállics György

## Tantárgy jegyzője

Dr. Krállics György, egyetemi tanár, Fémteni Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet.

szoba: B1 fsz 3. mail: [femvali@uni-miskolc.hu](mailto:femvali@uni-miskolc.hu), tel: 1545, 302183699,  
<http://www.matsci.uni-miskolc.hu/mertinger.htm>

## Tantárgy célcsoportja

A tárgy minden a Kerpely doktori iskola, de különösen a Fémek képlékenyalakítása, Fémten, hőkezelés, és az Öntészet tématerület hallgatójának ajánlott.

## Tantárgy nyelve

Magyar vagy angol.

## Tantárgy célja

Fémek képlékeny alakítási technológiai folyamatainak kontinuum - mechanikai tárgyalása. Az egyes alakítási feladatok feszültségi és alakváltozási állapotának vizsgálata különböző analitikus (alsó és felsőhatár, átlag feszültség módszer) és a numerikus modellezés (végelemek) módszereivel. Az alakítási folyamatok határállapotainak és a károsodás jelenségének megismertetése. Az elméleti módszerek alkalmazása a technológiai folyamatok tervezésére

## Tantárgy módszertana

Nagyobb létszám esetén kontaktóra keretében kerül a tananyag előadásra. 1-2 fő esetén egyénre szabottan a következő módon: A tananyag 3 részre van bontva, amelyhez tartozó témák címszavait és irodalmait megkapják a hallgatók. Az egyes csoportokhoz kérdések is tartoznak. Találkozunk 3 alkalommal, amikor az egyes tananyagrészek elsajátítása közben a kérdésekre adott válaszokat ellenőrzése történik, valamint a hallgató részéről felmerült kérdések megtárgyalására kerül sor.

## Tantárgy tematikája

### **1.Témakör**

**Feszültségi és alakváltozási állapot kontinuum mechanikai alapjai. Anyagtörvények.** Véges, nagy alakváltozások elmélete, alakváltozási sebességek értelmezése. Lagrange és Euler féle tárgyalásmód. Feszültségállapot meghatározása. Sajátérték, sajátvektor feladat megoldása és alkalmazása Különböző anyagtörvények, izotrop és anizotrop anyagokra. Rugalmas, viszkózus, képlékeny anyag leírása. Anyagjellemzők meghatározása.

### **Ellenőrző kérdések:**

1. *Értelmezze a mozgásfüggvényt és az inverz mozgásfüggvényt. Határozza meg a Lagrange és az Euler változókat.*
2. *Mit ért alakváltozási gradiens alatt? Hogyan határozza meg az alakváltozási tenzorokat az alakváltozási gradiens alkalmazásával?*

3. Határozza meg a Hencky-féle logaritmus alakváltozási tenzort. Hogyan fejezi ki az anyag összenyomhatatlanságát az egyes alakváltozási tenzorokkal ?
4. Mit ért alakváltozási sebességen? Mi a kapcsolat az alakváltozási gradiens és az alakváltozási sebesség között?
5. Mit ért sík alakváltozási és sík feszültségi állapot alatt?
6. Értelmezze a normális és a csúsztató feszültséget. Milyen kapcsolat van a feszültségtenzor elemei és egy adott síkon ébredő normális és csúsztató feszültség között ?
7. Határozza meg az egyenértékű feszültség, az egyenértékű képlékeny alakváltozás, a képlékeny alakváltozás mértékének a fogalmát.
8. Írjon fel összefüggéseket az anyag összenyomhatatlanságára az alakváltozási sebességmező és valamelyik alakváltozási tenzor komponenseinek felhasználásával.
9. Értelmezze egyszerű reológiai modellekkel a valóságos anyag három alapvető tulajdonságát.
10. Határozza meg a képlékeny alakváltozás fellépésének feltételét különböző elméletek alkalmazásával.
11. Határozza meg a rugalmas, a viszkózus, a merev-képlékeny és a rugalmas képlékeny anyag fizikai egyenleteit.
12. Mit ért alakítási szilárdság alatt? Milyen tényezőktől függ az aktuális értéke ? Ismertesse azokat az eljárásokat, amelyekkel meghatározható az alakítási szilárdság.
13. Mit ért anizotrópia alatt, mi a kapcsolata az  $n$ . Lankford számmal ?
14. Mit ért monoton és nem-monoton alakváltozás alatt?

## **2.Témakör**

### **Alakítási feladat peremfeltételei, az alakváltozó anyag károsodása és tönkremenetele.**

Az egymással érintkező anyagok viselkedése. Különböző súrlódási törvények. Súrlódási tényező meghatározása. Károsodás folyamatok a képlékeny alakváltozás során.(Gurson, Lemaitre elméletek) Szívós törés jelensége. Lemezanyagok alakíthatósága. Vizsgálati módszerek az alakíthatósági paraméterek meghatározására.

#### **Ellenőrző kérdések:**

1. Foglalja össze a súrlódásnak a képlékeny alakításra gyakorolt szerepét.
2. Értelmezze a Stribeck diagramot. Jelölje be az egyes súrlódási tartományokat.
3. Értelmezze a Coulomb, a Kudo és a Levanov féle súrlódást. Határozza meg a súrlódási tényezők értelmezési tartományát.
4. Ismertesse a súrlódási paraméter meghatározására szolgáló eljárásokat.
5. Az alakítási folyamatokhoz használt kenőanyagok fő jellemzői, tulajdonságainak meghatározása.
6. Mutassa be a Bogatov-féle képlékeny törésre vonatkozó elméletet, monoton és nem-monoton alakítási folyamatra.
7. Mutassa be az alakíthatósági diagramot, részletesen ismertesse kísérleti meghatározásának módszerét.
8. Mit ért képlékeny instabilitáson? Hogyan alkalmazható az instabilitási kritérium az alakított anyag határállapotának meghatározására ?
9. Ismertesse a szívós törés folyamatát szakítóvizsgálat során, térjen ki az üregek fejlődésére.
10. Foglalja össze a Gurson-féle károsodási elmélet alapegyenleteit. Milyen hatása van az üregfejlődésnek a folyási felület változására?
11. Ismertesse a Lemaitre-féle károsodási elméletet. Mutasson példát alkalmazására.
12. Milyen elméleti és kísérleti módszerekkel vizsgálják lemezanyagok alakíthatóságát? Foglalja össze az alakíthatósági határadiagram mérésére szolgáló eljárásokat.
13. Mutasson be példákat a szívós törés elméleteinek lemezanyagok alakítására vonatkozó alkalmazásaira.

### **3.Témakör**

#### **Módszerek az alakítási feladatok feszültségi és alakváltozási állapotának meghatározására.**

Képlékenyalakítás peremérték feladata. Anyagtörvények, súrlódási törvények alkalmazása az alapegyenletekben. Kinematikailag lehetséges sebességmező (elmozdulásmező) alkalmazása. Közelítő módszerek alakítási feladatok elemzésére. Átlagfeszültség módszer. Energetikai módszer. Végeselemek módszere. Programrendszerek alkalmazása az alakítási feladatoknál.

#### **Ellenőrző kérdések:**

1. *Merev képlékeny anyagú hengerlésre ismertesse a peremérték feladatot, izotermikus esetre. Térjen ki a feladat egyszerűsítési lehetőségeire.*
2. *Mutassa be az energetikai módszer funkcionálját, ismertetve az egyes tagok szerepét.*
3. *Mit ért kinematikailag lehetséges sebességmező alatt? Hogyan alkalmazza a szélsőérték feladat megoldásánál?*
4. *Foglalja össze az átlagfeszültség módszer lépéseit, kiemelve az egyszerűsítő feltételeket.*
5. *Az áramfüggvények alkalmazása időben állandósult esetekre. Sík és tengelyszimmetrikus feladatok megoldása tömör és üreges test esetén.*
6. *Elemesse hengeres próbatest zömítését a statikai egyensúlyi egyenlet és a sebességmező felhasználásával.*
7. *Rúd és dróthúzás valamint redukálás elemzése az energetikai módszer alkalmazásával.*
8. *Gyűrűzömítés folyamatának elemzése, a súrlódási tényező hatása a próbatest geometriai változására.*
9. *Végeselemes módszer alkalmazása képlékenyalakító feladatok elemzésére.*
10. *Milyen VE rendszereket ismer térfogatalakító és lemezalakító feladatok megoldására.*

#### **Tantárgyhoz kapcsolódó irodalmak**

1. Voith Márton: A képlékenyalakítás elmélete. Nagy alakváltozások tana. Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998
2. K: Lange , Handbook of metal forming, McGraw Hill 1985
3. B. Avitzur: Metal Forming: Processes and Analysis, McGraw Hill, 1968
4. R.H. Wagoner, J.L. Chenot: Metal Forming Analysis. Cambridge University Press. 2010

#### **Tantárgy teljesítése, számonkérés**

Az ellenőrző kérdésekre adott helyes válaszokat követően szóbeli vizsga.

#### **Tantárgyhoz kapcsolódó komplex vizsgakérdések**

1. Alakváltozási és a feszültségállapot jellemzésére szolgáló mennyiségek és a megfelelő tenzorok skalár invariánsai.
2. Az anyagtörvény szerepe az anyagok fizikai viselkedésének leírására. A különböző fizikai egyenletek alkalmazása.
3. Az alakító szerszám és munkadarab érintkező felületén lejátszódó jelenségek. A kenőanyag szerepe az alakított termék minőségére.
4. A képlékeny alakváltozás és a károsodás kapcsolata. Tömbi és lemezanyagok alakíthatósága.
5. Milyen egyszerűsítő feltételek alkalmazásával jöttek létre az alakítási folyamat közelítő számításai ?