



## Guia docent

# 240EM146 - 240EM146 - Modelització de la Deformació Plàstica

Última modificació: 02/06/2022

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
**Unitat que imparteix:** 702 - CEM - Departament de Ciència i Enginyeria de Materials.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN CIÈNCIA I ENGINYERIA DE MATERIALS (Pla 2014). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN CIÈNCIA I ENGINYERIA DE MATERIALS AVANÇATS (Pla 2014). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2022      **Crèdits ECTS:** 4.5      **Idiomes:** Castellà, Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Ferhun Cem CANER

**Altres:** Ferhun Cem CANER

### CAPACITATS PRÈVIES

---

Haver cursat les matèries bàsiques de Ciència i Enginyeria de Materials: Estructura i propietats dels materials.

### REQUISITS

---

Estructura i propietats mecàniques dels materials

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

**Específiques:**

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.  
CEMAT2. Dissenyar i desenvolupar productes, processos, sistemes i serveis, així com l'optimització d'altres ja desenvolupats, atenent a la selecció de materials per a aplicacions específiques.

### METODOLOGIES DOCENTS

---

La matèria de l'assignatura, amb fort contingut d'aplicació pràctica, es desenvolupa en sessions presencials que combinen l'explicació teòrica per part del professor i la pràctica, amb ordinador individual (aportat per l'estudiant) i programes comercials de càlcul FEM (subministrats gratuïtament per el proveïdor del programari o pel professor de l'assignatura), resolent exercicis en els quals s'apliquen els diferents models de comportament mecànic dels materials d'Enginyeria estudiats.

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

- Comprendre els diferents models de comportament plàstic i elastoplàstic de materials d'Enginyeria.
- Aprendre estratègies de simulació numèrica de processos de conformat per deformació plàstica.
- Aprendre avantatges i desavantatges de diferents formulacions de plasticitat en la simulació del comportament plàstic dels metalls.



## HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	27,0	24.00
Hores grup petit	13,5	12.00
Hores aprenentatge autònom	72,0	64.00

**Dedicació total:** 112.5 h

## CONTINGUTS

### 1. INTRODUCCIÓ A LA TEORIA DE ELASTOPLÀSTICIDAD

**Descripció:**

Mecànica de Materials.  
Mètodes de resolució de problemes de deformació plàstica.

**Objectius específics:**

Introduir-se en la modelització físic / matemàtica de la plasticitat i la seva implementació en programes comercials de simulació numèrica.

**Activitats vinculades:**

A.1. Exercici de simulació numèrica d'un cas senzill de deformació elàstica i elastoplàstica en 1D.

**Competències relacionades:**

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.

**Dedicació:** 20h

Grup mitjà/Pràctiques: 7h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

### 2. ELEMENTS DE LA TEORIA DE LA PLASTICITAT

**Descripció:**

2.1. Criteris de cedència.  
2.2. Relacions esforç-deformació plàstica i elastoplàstica.  
2.3. Solució de problemes no-lineals

**Objectius específics:**

Comprendre el concepte de cedència plàstica i les seves condicions, així com les relacions esforç-deformació que representen el comportament a deformació plàstica de materials metàl·lics.

**Activitats vinculades:**

A.2. Anàlisi d'un procés de forja / extrusió isoterma mitjançant simulació numèrica.

**Competències relacionades:**

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.

**Dedicació:** 17h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

### 3. ANISOTROPIA I DEFORMACIÓ PLÀSTICA EN PRODUCTES PLANS METAL·LICS TREBALLATS EN FRET.

**Descripció:**

- 3.1. Anisotropia i textura. Coeficients d'anisotropia.
- 3.2. Embotició profunda. Efecte del material.
- 3.3. Teoria de la plasticitat anisotròpica: criteri de Hill.

**Objectius específics:**

Comprendre l'efecte de l'anisotropia de l'estructura del material en el seu comportament mecànic.

**Activitats vinculades:**

A.3. Exercici de simulació numèrica de l'embotició profunda d'una xapa metàl·lica, suposant: a) isotropia de comportament, i b) anisotropia.

**Competències relacionades:**

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.  
CEMAT2. Dissenyar i desenvolupar productes, processos, sistemes i serveis, així com l'optimització d'altres ja desenvolupats, atenent a la selecció de materials per a aplicacions específiques.

**Dedicació:** 16h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 10h

### 4. MODELITZACIÓ DE LA DEFORMACIÓ PLÀSTICA UTILITZANT MÚLTIPLES SUPERFÍCIES DE FLUX

**Descripció:**

- 4.1. Descripció conceptual i microestructura dels mecanismes d'enduriment en funció de famílies de plans compactes.
- 4.2. Caracterització físic / matemàtica dels mecanismes d'enduriment tenint en compte les famílies de plans compactes.
- 4.3. Aplicacions pràctiques a la modelització de processos de conformat i altres processos de deformació plàstica.

**Objectius específics:**

Entendre els mecanismes de deformació i canvis microestructurals dels materials metàl·lics sotmesos a deformació plàstica tenint en compte les famílies de plans compactes. Models de comportament mecànic i la seva implementació en programes de càlcul FEM per a aquest fi.

**Activitats vinculades:**

A.4. Simulació de l'efecte de Bauschinger.

A.5. Simulació de l'efecte de Vertex.

**Competències relacionades:**

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.  
CEMAT2. Dissenyar i desenvolupar productes, processos, sistemes i serveis, així com l'optimització d'altres ja desenvolupats, atenent a la selecció de materials per a aplicacions específiques.

**Dedicació:** 18h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 10h



## 5. FRACTURA DÚCTIL A METALLS

### Descripció:

- 5.1. Fractura dúctil de metalls seguida per enduriment per treball en fred.
- 5.2. Modelació de fractura dúctil en metalls emprant Abaqus.
- 5.3. Exemples de simulació numèrica del procés d'esquerdament en metalls dúctils.

### Objectius específics:

Conèixer el comportament a deformació de materials que causa esgotament per esquerdament en metalls dúctils, els models físic / matemàtics que el representen i la seva implementació en programes de càlcul numèric.

### Activitats vinculades:

A.6. Simulació d'estricció seguida per fractura en Mode I.

### Competències relacionades:

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.  
CEMAT2. Dissenyar i desenvolupar productes, processos, sistemes i serveis, així com l'optimització d'altres ja desenvolupats, atenent a la selecció de materials per a aplicacions específiques.

### Dedicació: 15h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

## 6. COMPORTAMENT MECÀNIC, MODELITZACIÓ I SIMULACIÓ DE MATERIALS ELASTOMÈRICS.

### Descripció:

- 6.1. Descripció i classificació dels elastòmers bàsics.
- 6.2. Comportament mecànic dels materials elastomèrics.
- 6.3. Modelització i simulació numèrica de materials elastomèrics.

### Objectius específics:

Comprendre el comportament mecànic, estàtic i dinàmic, de materials elastomèrics, els models que poden representar aquest comportament i les estratègies de simulació a adoptar.

### Activitats vinculades:

A.7. Simulació del comportament mecànic d'una mostra elastomèrica.

### Competències relacionades:

CEMAT7. Dissenyar, calcular i modelar aspectes relacionats amb els materials per a components mecànics, estructures i equips.  
CEMAT2. Dissenyar i desenvolupar productes, processos, sistemes i serveis, així com l'optimització d'altres ja desenvolupats, atenent a la selecció de materials per a aplicacions específiques.

### Dedicació: 16h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 10h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La qualificació de l'assignatura està constituïda per les següents contribucions:

- 15%: La nota assistència i aprofitament de les classes.
- 35%: La nota mitjana dels informes de les activitats presentades (d'A.1 a A.7).
- 50%: La nota de l'informe del treball final (A.8).5

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

---

Treball original desenvolupat individualment o en grup segons l'enunciat.

## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Riera, M.D. ; Prado, J.M.. "Modelización y simulación de la etapa de compactación en pulvimetalurgia". Revista de Metalurgia [en línia]. 2006, vol. 42, núm. 6, p. 456-462 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/43/43>.
- Riera, M.D. ; Coussirat, M. ; Guarmo, A. ; Valls, I.; Casellas, D. "Simulation of hot stamping processes". Proceedings of the 1st International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel : CHS2 : Kassel, Germany, october 22-24, 2008 [en línia]. Bad Harzburg: GRIPS Media, 2009. pp. 119-131 [Consulta: 24/03/2015]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/13974>.
- Hill, R. The Mathematical theory of plasticity. Oxford: Clarendon, 1998. ISBN 9780198503675.
- Hosford, W. F.; Caddell, R. M. Metal forming : mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 9781107004528.
- Bergström, J.S. ; Boyce, M.C.. "Constitutive modeling of the large strain time-dependent behavior of elastomers". Journal of the Mechanics and Physics of Solids [en línia]. Volume 46, Issue 5, May 1998, Pages 931-954 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022509697000756>.
- Jonas, J. J.; Sellars, C. M.; Tegart, W. J. McG. "Strength and structure under hot-working conditions". International materials reviews. Volume 14, Issue 1 (01 January 1969), pp. 1-24.
- Dieter, George Ellwood. Mechanical metallurgy. SI Metri. Lonoson: McGraw Hill Higher Education, 1988. ISBN 007084187X.

### Complementària:

- Istúriz, A. ; Riera, M.D. ; Prado, J.M.. "Estudio experimental del llenado de moldes pulvimetalúrgicos". Revista de Metalurgia [en línia]. Vol 41, No Extra (2005) pp. 181-186 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1021/1034>.
- Osakada, K.. "History of plasticity and metal forming analysis". Journal of materials processing technology [en línia]. Volume 210, Issue 11, 1 Aug. 2010, Pag 1436-1454 [Consulta: 21/05/2020]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013610001111>.
- Riera, M.D.; Prado, J.M.; Doremus, P. "Model Input Data i Elastic Properties". Brewin, Peter R. Modelling of Powder Die Compaction [en línia]. London: Springer-Verlag, 2008. pp 65-76 [Consulta: 24/03/2015]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84628-099-3>.
- Gutiérrez, D.; Hernández, R.; Lara, A.; Casellas, D.; Riera, M.D.; Prado, J.M.. "Sheet failure prediction during forming of advanced high strength steels". Forming Technology Forum (5è : 2012 : Zurich). Proceedings of 5th Forming Technology Forum 2012. Advanced Failure Prediction Methods in sheet metal forming [en línia]. Zurich: Institute of Virtual Manufacturing, 2012. p. 93-98 [Consulta: 25/03/2015]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/19598>.
- Kobayashi, S.; Oh, S. ; Altan, T. Metal forming and the finite-element method. New York: Oxford University Press, 1989. ISBN 9780195044027.
- Cante, J.C. ; Riera, M.D. ; Oliver, J. ; Prado, J.M. ; Istúriz, A. ; González, C.. "Flow regime analyses during the filling stage in powder metallurgy processes: experimental study and numerical modelling". Granular Matter [en línia]. February 2011, Volume 13, Issue 1, pp 79-92 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2117/11432>.
- Estrin, Y. ; Mecking, H. "A unified phenomenological description of work hardening and creep based on one-parameter models". Acta metallurgica. Volume 32, Issue 1, January 1984, Pages 57-70.
- Karbasian, H. ; Tekkaya, A. E.. "A review on hot stamping". Journal of materials processing technology [en línia]. Volume 210, Issue 15, 19 November 2010, Pages 2103-2118 [Consulta: 21/05/2020]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092401361000213X>.
- Riera, M.D. ; Prado, J.M.. "The elastic behaviour of non-sintered metal powder compacts". Proceedings of the IMechE, Part E: J. of Process Mechanical Engineering [en línia]. 2010, vol. 224, núm. Special Issue, p. 195-201 [Consulta: 27/03/2015]. Disponible a: <http://search.proquest.com/publication/30473>.
- Baudalet, Bernard. Mise en forme de métaux et alliages. París: CNRS, 1976. ISBN 9782222019176.



## RECURSOS

---

### Material informàtic:

- programa de càlcul FEM ABAQUS-student edition. Programa comercial de càlcul mitjançant el mètode dels elements finits, ABAQUS-student edition