



# Universidade Federal de Ouro Preto

Resolução CEPE N.º 666/94

Aprova parecer de relator.


O Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Ouro Preto, no uso de suas atribuições legais,

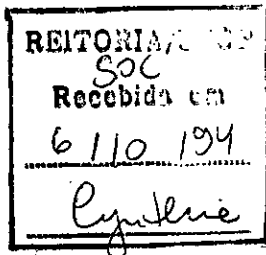
## R E S O L V E:

Aprovar o parecer do relator deste Conselho, Cons. Danton Heleno Gameiro, que foi favorável às alterações da grade curricular propostas pelo Colegiado de Curso de Engenharia Metalúrgica, através do Of. CEMET E 011/94, que fica fazendo parte integrante desta Resolução, quais sejam:

- cargas horárias das disciplinas:
  - . "Físico-Química Metalúrgica II" (MET 202);
  - . "Metalurgia Geral II" (MET 212);
  - . "Tratamento Térmico dos Metais" (MET 223);
  
- cargas horárias e ementas das disciplinas:
  - . "Propriedades Mecânicas e Físicas dos Metais" (MET 222);
  - . "Controle de Qualidade e Seleção de Materiais" (MET 224);
  
- período, carga horária e pré-requisito da disciplina:
  - . "Transformação Mecânica dos Metais" (MET 242).

Ouro Preto, 07 de outubro de 1994.

  
Prof. Dirceu do Nascimento  
Presidente em exercício



PARECER

Referência: OF.CEMET E 011/94

Assunto: Propostas de alterações na grade curricular do Curso de Engenharia Metalúrgica.

Através de diversas reuniões com o Presidente do CEMET, Prof. Carlos Antônio da Silva, fui informado que:

- as propostas apresentadas pelo referido Colegiado tem por finalidade adequar a atual grade curricular com aquela que se efetivará quando da implantação da reforma curricular dos Cursos da Escola de Minas;

- tais propostas propiciarão condições mais adequadas para que os alunos possam cursar um maior número de disciplinas facultativas, aprimorando assim a graduação destes;

- a efetivação destas propostas permitirá uma relevante atualização do Curso de Engenharia Metalúrgica.

Diante do exposto manifesto-me favorável à aprovação das referidas propostas.

Ouro Preto, 29 de setembro de 1994.

Prof. Danton Heleno Gameiro



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
35400-000 — OURO PRETO — MG

OF. RT. SOC Nº 051/94

Ouro Preto, em 23 de setembro de 1994.

Ilm<sup>o</sup> Sr.  
Prof. Danton Heleno Gameiro  
DPGP

Senhor Conselheiro do CEPE,

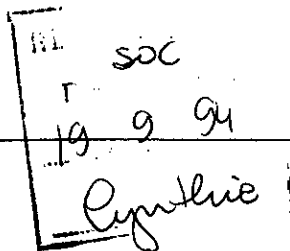
Conforme determinação deste Conselho, em reunião realizada no dia 19 deste mês, encaminhamos a V. S<sup>a</sup>, para emissão de parecer, o Of. CEMET E 011/94, que propõe alterações na grade curricular do Curso de Engenharia Metalúrgica.

Atenciosamente,

Cynthia Maria Alves de Brito Andrade e Barros  
Secretária dos Órgãos Colegiados



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
Praça Tiradentes, 20  
CEP 35400-000 - Ouro Preto - Minas Gerais - Brasil



Of. CEMET E 011/94

Ouro Preto, 14 de setembro de 1994.

Ilmo. Sr.  
Prof. Roberto Elias  
DD. Diretor de Ensino da UFOP

Senhor Diretor,

Em sua reunião realizada dia 13/09/94, o Colegiado do Curso de Engenharia Metalúrgica aprovou mudanças nas disciplinas abaixo relacionadas, conforme dados anexos. Para tanto, solicitamos a V.Sa. que encaminhe este assunto à apreciação e decisão do CEPE.

- MET 202 - Físico-Química Metalúrgica II /  
- Carga Horária
- MET 212 - Metalurgia Geral II /  
- Carga Horária
- MET 222 - Propriedades Mecânicas e Físicas dos Metais /  
- Carga Horária, Ementa e Programa
- MET 223 - Tratamento Térmico dos Metais /  
- Carga Horária
- MET 224 - Controle de Qualidade e Seleção de Materiais /  
- Carga Horária, Ementa e Programa
- MET 242 - Transformação Mecânica dos Metais /  
- Período, Carga Horária, Programa e pré-requisito

Atenciosamente,

*Carlos Antônio da Silva*  
Carlos Antônio da Silva  
Presidente do CEMET

nova

## PROGRAMA DE DISCIPLINA

DISCIPLINA : PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DOS METAIS

CÓDIGO : MET 222

PERÍODO : 8<sup>o</sup>

PRÉ-REQUISITOS : MET 221 E CIV 103

CARGA HORÁRIA SEMANAL : Teórica 3; Prática 1

CARGA HORÁRIA : 60

---

### EMENTA

Mecanismos de Deformação Plástica. Mecanismos de Endurecimento. Fluência. Fadiga. Fratura. Ensaio Mecânicos. Propriedades Elétricas e Magnéticas.

---

### PROGRAMA

#### AULAS TEÓRICAS

##### CAPÍTULO I

###### Introdução ao Curso

- Revisão de Metalurgia Física
- Projeto Industrial
- Características de Materiais
- Tipos de Materiais e Propriedades
- Apresentação do Curso
- Avaliações

##### CAPÍTULO II

###### Mecanismo de Deformação Plástica

- Natureza Cristalográfica da Deformação Plástica
- Projeção Estereográfica

- Deslizamento numa rede perfeita
- Deslizamento por movimento de discordância
- Tensão resolvida para o deslizamento
- Deformação por deslizamento
- Comparação entre Monocristal e Policristal
- Maclação
- Dobramento

### CAPÍTULO III

#### Mecanismo de Endurecimento

- Encruamento
- Solução Sólida
- Precipitação e Dispersão
- Materiais Conjugados
- Tamanho de Grão
- Transformação Martensítica
- Processamento Termomecânico
- Microestrutura Bifásica
- Irradiação
- Choque
- Ordenação
- Textura

### CAPÍTULO IV

#### Fluência dos Materiais

- Caracterização do Fenômeno
- Curva de Fluência
- Fluência em baixas Temperaturas
- Fluência em altas Temperaturas
- Mapas de Mecanismos de Deformação
- Métodos de Correlação e de Extrapolação
- Ligas Resistentes à Fluência

## CAPÍTULO V

### Fadiga dos Materiais

- Caracterização do Fenômeno
- Efeitos Microestruturais
- Tipos de Ensaios
- Curva
- Curva S x N
- Aplicação da Mecânica de Fratura
- Efeitos de Variáveis
- Danos Acumulativos

## CAPÍTULO VI

### Fraturas dos Materiais

- Caracterização do tipo de Fratura
- Fratura Dúctil
- Fratura Semi Frágil
- Fratura Frágil
- Fratura por Fadiga
- Fratura por Fluência
- Concentração de Tensão e critério de Griffith
- Efeito de Deformação Plástica

## CAPÍTULO VII

- Propriedades Elétricas dos Materiais

## CAPÍTULO VIII

- Propriedades Magnéticas dos Materiais

## AULAS PRÁTICAS

- Ensaio Tração
- Ensaaios de Dureza
- Ensaio de Compressão
- Ensaio de Dobramento
- Ensaio de Torção
- Ensaaios de Fratura
- Ensaaios de Fadiga
- Ensaaios de Fluência

## BIBLIOGRAFIA

01 - DIETER G. E. - Mechanical Metallurgy

02 - MEYERS M. A. E CHAWLA K. K. - Mechanical Metallurgy



gova.

PROGRAMA DE DISCIPLINA

DISCIPLINA : METALURGIA GERAL II

CÓDIGO : MET 212                      PERÍODO : 6<sup>o</sup>

PRÉ-REQUISITOS : QUI 143

CARGA HORÁRIA SEMANAL : Teórica 3 ; Prática 1

CARGA HORÁRIA : 60

---

EMENTA

Operações Unitárias: processos pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos e eletrometalúrgicos.

---

PROGRAMA

01 - Introdução

1.1 - Conceitos sobre os processos metalúrgicos, formas de energia, classificação.

(03 Aulas)

02 - Processos Pirometalúrgicos

2.1 - Princípios, temperatura do processo, classificações.

2.2 - Secagem - princípios, aplicações, métodos.

2.3 - Calcinação, reações, físico química da decomposição dos carbonatos e hidratos, aplicações da cal.

2.4 - Ustulação, aplicações, reações, físico química da ustulação dos sulfetos, métodos e aparelhos.

(02 Aulas)

2.5 - Aglomeração, princípios, métodos.

2.5.1 - Sinterização, pelotização e briquetagem; matérias-primas, processos, operações, aplicações.

2.6 - Extração por fusão, princípios, requisitos.

2.6.1 - Fusão redutora, considerações, aplicações na obtenção do gusa; estudo do alto forno e reações

(06 Aulas)

2.6.2 - Forno de cuba para chumbo, características, operações, reações, produtos.

(02 Aulas)

2.6.3 - Extração pirometalúrgica do zinco, problemas, processos, condensação do zinco.

(03 Aulas)

2.6.4 - Extração do estanho, princípios, métodos.

2.6.5 - Fusão de sulfetos: fusão para mates de cobre e de níquel, reações, princípios.

(05 Aulas)

2.6.7 - Fusão oxidante, princípios, aspectos termodinâmicos.

2.7 - Conversão das mates de níquel e de cobre, reações, etapas, aparelhos.

(03 Aulas)

2.7.1 - Operações de refino: princípios gerais, oxidação preferencial, aplicações.

(03 Aulas)

2.7.2 - Refino do gusa, processos usados, estudo do LD e as variantes; considerações sobre SM, Bessener e Thomas.

(03 Aulas)

2.7.3 - Desoxidação, finalidades, materiais usados, aplicações.

(02 Aulas)

2.8 - Operações com ebulição, princípios, aplicações à metalurgia do Mg.

(02 Aulas)

2.9 - Metalurgia dos halogenetos: princípios gerais, aplicações às metalurgias do Ti, Al e U: obtenção de cloretos e fluoretos.

(04 Aulas)

03 - Processos Hidrometalúrgicos:

3.1 - Conceituação, fases envolvidas: lixiviação separação da solução e resíduo e precipitação, processos usados, aplicações.

(04 Aulas)

3.2 - Cianetação e amalgamação.

3.3 - Processo Bayer de obtenção da alumina, etapas de operação, produto obtido.

3.4 - Aplicações ao Cu, Zn e outros metais.

04 - Processos Eletrometalúrgicos:

4.1 - Conceituação.

4.2 - Eletrólise; mecanismo, decomposição eletrolítica (anodos insolúveis); transporte eletrolítico (anodos solúveis); aplicações; eletrólise ígnea; Metalurgia do Al (processo Hall-Heroult); Metalurgia do Mg.

4.3 - Fornos elétricos, considerações, tipos, aplicações.

(03 Aulas)

TOTAL (45 Aulas)

## AULAS PRÁTICAS

01 - Exercícios em sala sobre:

- 1.1 - Calcinação: cálculo de temperatura. (01 Aula)
- 1.2 - Ustulação: balança de massa, cálculo de volume de ar e gases (02 Aulas)
- 1.3 - Leito de fusão simplificado aplicado aos não-ferrosos. (02 Aulas)
- 1.4 - Redução seletiva pelo carbono: cálculo de composição gasosa. (02 Aulas)
- 1.5 - Produção de Mates. (01 Aula)
- 1.6 - Conversão de Mates. (02 Aulas)
- 1.7 - Refino de gusa. (02 Aulas)
- 1.8 - Hidrometalurgia. (01 Aula)
- 1.9 - Eletrólise aplicada à metalurgia do cobre e do alumínio. (02 Aulas)

TOTAL (15 Aulas)

## BIBLIOGRAFIA

- 01 - Pirometalurgia  
PARKER R. H.
- 02 - Cal e sua fabricação (artigo avulso)  
Álvaro Lúcio
- 03 - Siderurgia  
Luís Antônio Araújo
- 04 - Curso de Redução de Minério de Ferro em Alto Forno - ABM  
Marcos J. A. Tambasco, coord.
- 05 - Curso de Redução de Minério de Ferro (Notas de aula)  
Notas de Aula
- 06 - Curso de Metalurgia Especializada  
Fernando V. Anjos
- 07 - Metalurgia do Cobre  
CEBRASCO
- 08 - Principles of the Extraction of Metals  
D. J. G. IVES
- 09 - Elaboração do Aço: Fusão e Refino - ABM  
J. Heskovic, coord.
- 10 - Curso de Tecnologia Metalúrgica  
Mário R. Gomes
- 11 - General Metallurgy  
Joseph Newton
- 12 - Alomeração de Minério de Ferro - ABM  
José Calazans Pena, coord.
- 13 - Desoxidação e Solidificação dos Aços - ABM  
ABM
- 14 - Extraction Metalurgy - 2<sup>nd</sup> edition  
J. D. GILCHRIST
- 15 - Tecnologia de Fabricação do Aço Líquido  
UFMG/ABM

7/2022

NOME: Físico-Química Metalúrgica II  
CÓDIGO: MET 202 PERÍODO: 6º  
PRÉ-REQUISITOS: MET 201, QUI143  
CARGA HORÁRIA SEMANAL: Teórica 3 ; Prática 2  
CARGA HORÁRIA: 75

---

#### EMENTA

TERMODINÂMICA DAS SUPERFÍCIES. DIAGRAMAS DE FASES BINÁRIOS. RELAÇÃO ENTRE DIAGRAMAS DE FASES E DIAGRAMAS DE ENERGIA LIVRE VERSUS COMPOSIÇÃO. DIAGRAMAS DE FASES TERNÁRIOS.

---

#### PROGRAMA

##### TERMODINÂMICA DAS SUPERFÍCIES:

Origem da tensão interfacial. Energia Livre interfacial. Isotermas de adsorção. Trabalhos de adesão e de coesão. Critério de espalhamento. Ângulo de contacto e equilíbrio na interface entre três fases. Equação de Young-Laplace. Influência da curvatura sobre a fugacidade. Teoria clássica da nucleação homogênea. Nucleação Heterogênea. Aplicações.

##### DIAGRAMAS DE FASES BINÁRIOS:

Regra das fases. Revisão de diagramas unários.

Diagrama binários isomorfos: requisitos para solubilidade completa; diagrama Temperatura x Pressão x Composição e compatibilidade com a regra das fases; Liquidus e Solidus; dedução da regra da alavanca; resfriamento em equilíbrio; curvas de resfriamento; resfriamento natural.

Condição de extremados em diagramas de fases; congruência.

Lacuna de miscibilidade e transformação ordem-desordem.

Fases intermediárias.

Diagramas binários eutéticos: conceituação e aplicação da regra das fases; diagrama representativo; transformações em equilíbrio; curvas de resfriamento e regra de Tamann; resfriamento natural; casos limites; transformações retrógradas.

Diagramas binários monotéticos: conceituação e aplicação da regra das fases; diagrama representativo; transformações em equilíbrio; curvas de resfriamento; casos limites.

Diagramas binários eutetóides: conceituação e aplicação da regra das fases; diagrama representativo; transformações em equilíbrio; curvas de resfriamento; casos limites.

Diagramas binários peritéticos: conceituação e aplicação da regra das fases; diagrama representativo; transformações em equilíbrio; curvas de resfriamento; resfriamento natural; casos limites.

Diagramas binários peritetóides: conceituação e aplicação da regra das fases; diagrama representativo; transformações em equilíbrio; curvas de resfriamento; casos limites.

Diagramas binários sintéticos: conceituação e aplicação da regra das fases; diagrama representativo; transformações em equilíbrio; curvas de resfriamento; resfriamento natural; casos limites.

Diagramas binários complexos: emprego das unidades estruturais simples para a montagem e análise de diagramas reais; exemplos.

Erros de construção.

#### DIAGRAMAS DE ENERGIA LIVRE-COMPOSIÇÃO:

Energia livre ou variação de energia livre como critério de estabilidade entre fases. Energia livre de formação de um sistema homogêneo. Enclinação da tangente na origem da curva energia livre-composição.

Lacuna de miscibilidade: desproporcionamento de uma fase em dois sub-sistemas; energia livre de um sistema bi-fásico; critério de espontaneidade; dupla tangência como critério de equilíbrio; curva de atividades versus composição; condições de eminente imiscibilidade; aplicações.

Extensão do conceito e o traçado de diagramas de energia livre-composição compatíveis com diagramas de fases.

Cálculo de diagramas de fases a partir de dados termodinâmicos e vice-versa.

#### DIAGRAMAS DE FASES TERNÁRIOS:

Representação de composições via triângulo de Gibbs. Regra da alavanca. Regra da alavanca triangular. Caminho de cristalização. Sistema ternário isomorfo: representação geral; seções isotérmicas e "tie-lines" ternárias; resfriamento em condições de equilíbrio; compatibilidade da representação proposta e a regra das fases; variações.

Equilíbrio ternário de três fases: triângulos de composição; diagramas esquemáticos que apresentam equilíbrio de três fases; uso de seções isotérmicas.

Transformação congruente.

Equilíbrio de quatro fases - Classe I: conceito e aplicação da regra das fases; diagrama esquemático apresentando o equilíbrio; uso de seções isotérmicas. Caso limite: falta de solubilidade no estado sólido; calha de equilíbrio de três fases; linha e teorema de Alkemade; triângulo de compatibilidade ou de Alkemade; uso de projeções da Liquidus para análise do resfriamento.

Equilíbrio de quatro fases - Classe II: conceito e aplicação da regra das fases; diagrama esquemático apresentando o equilíbrio; uso de seções isotérmicas. Caso limite: falta de solubilidade no estado sólido; uso de projeções da Liquidus para análise do resfriamento.

Equilíbrio de quatro fases - Classe III: conceito e aplicação da regra das fases; diagrama esquemático apresentando o equilíbrio; uso de seções isotérmicas. Caso limite: falta de solubilidade no estado sólido; uso de projeções da Liquidus para análise do resfriamento.

Análise de diagramas complexos. Aplicações.

---

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 Physical Chemistry of Surfaces;  
A.W. Adamson; John Wiley & Sons; 1990
- 2 Introduction to Colloid and Surface Chemistry;  
D. Shaw; Butterworths; 1989
- 3 Principles of Solidification;  
B. Chalmers; Krieger; 1977
- 4 Phase Diagrams in Metallurgy - Their development and

- Application;  
F.N. Rhines; McGraw Hill; 1956
- 5 Principles of Phase Diagrams in Material Science;  
P. Gordon; Krieger; 1983
- 6 Alloy Phase Equilibria;  
A. Prince; Elsevier; 1966
- 7 Thermodynamics of Solids;  
R.A. Swalin; John Wiley & Sons; 1972
- 8 Physical Chemistry of Metals;  
L.S. Darken et al; McGraw Hill; 1953
- 9 Phase Diagrams - Materials Science and Technology;  
A.M. Alper (editor); Academic Press; 1970
- 10 Chemical Thermodynamics of Materials;  
C.H.P. Lupis; North-Holland; 1983
- 11 Ternary Equilibrium Diagrams;  
D.R.F. West; Chapman and Hall; 1985
- 12 Phase Equilibria in Ceramic Systems;  
F.A. hummel; Marcel Decker; 1984
- 13 Interpretation of Geological Phase Diagrams;  
E.G. Ehlers; Dover Publications; 1987
- 14 Introduction to Phase Equilibria in Ceramics;  
C.G. Bergeron et al; American Ceramic Society; 1984
- 15 Phase Diagrams for Ceramists;  
E.M. Levin et al; American Ceramic Society; 1964
- 16 Ternary Systems;  
G. Masing et al; Dover Publications; 1960
- 17 Phase Equilibria Among Oxides in Steelmaking;  
A. Muan et al; Addison-Wesley; 1965
- 18 Phase Equilibria;  
A. Reisman; Academic Press; 1970
- 19 "Are you a phase diagram expert"; H. Okamoto et al; ASM News;  
January 1992; pp 4-5
- 20 Apostila 174 da UFOP : Sistemas Ternários.



PROGRAMA DE DISCIPLINA

NOME: Tratamento Térmico dos Metais  
CÓDIGO: MET 223  
DEPARTAMENTO: METALURGIA - UNIDADE: ESCOLA DE MINAS  
CARGA HORÁRIA SEMANAL: 05 - TEÓRICA: 02 PRÁTICA: 03  
CARGA HORÁRIA TOTAL: 75 HORAS  
DURAÇÃO EM SEMANAS: 15  
PRÉ-REQUISITOS: MET 222  
Nº DE CRÉDITOS: 04  
PERÍODO: 9º

---

EMENTA

Transformações no equilíbrio e fora do equilíbrio para ligas ferrosas e não ferrosas.  
Tratamentos térmicos dos aços e metais não ferrosos.  
Tratamentos superficiais  
Tratamentos termo-químicos e termo-mecânicos  
Técnicas auxiliares

---

AULAS TEÓRICAS

UNIDADES E ASSUNTOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Introdução. Breve revisão dos diagramas de equilíbrio. Objetivos dos tratamentos térmicos.

03, 13, 15

(02 AULAS)

Recozimento de recristalização. Introdução. Estrutura de metal encruado. Alteração de propriedades físicas. Liberação de energia armazenada. Recuperação ou restauração. Poligonização. Recristalização primária. Nucleação. Velocidade de nucleação e crescimento. Crescimento de grão. Coalescência geométrica. Recristalização secundária. Leis da recristalização. Trabalho a frio e a quente.

03, 05, 12, 14

(03 AULAS)

Alotropia do ferro puro. Diagrama Fe-Fe<sub>3</sub>C 02, 03, 04, 08,

e Fe-C. Reações invariantes no sistema Fe-Fe<sub>3</sub>C. Conceito de aços carbono e aços-liga. Classificação dos aços. Constituintes resultantes dos aços resfriados lentamente e suas propriedades mecânicas. Fatores que influenciam sobre a posição das linhas do diagrama Fe-Fe<sub>3</sub>C. Tendência de distribuição dos elementos de liga nos aços. 11, 12, 15

(03 AULAS)

Transformações fora do equilíbrio. Efeito da velocidade de resfriamento sobre a transformação da austenita. Métodos para traçados dos diagramas TTT e CCT ou TRC (Metalográfico e Dilatométrico). Diagramas TTT e CCT ou TRC para aços eutetóides, hipoeutetóides e hipereutetóides. Decomposição isotérmica da austenita e transformação da austenita em resfriamento contínuo. Diferença entre diagrama TTT e CCT ou TRC. Fatores que modificam a posição das curvas diagramas TTT e CCT ou TRC (composição química, tamanho de grão da austenita e homogeneidade da austenita). 01, 02, 03, 08, 11, 12, 15

(04 AULAS)

Mecanismos de formação da perlita, bainita e martensita. Reação austenita-perlita. Reação austenita-bainita. Reação austenita-martensita. Propriedades mecânicas e aplicações. 03, 11, 12, 15, 17

(04 AULAS)

Estudo da temperabilidade dos aços. Definição. Conceitos sobre resfriamento ideal, diâmetro ideal, diâmetro crítico e dureza crítica. Métodos de determinação da temperabilidade (Grossmann, Jominy e composição química). Curvas de Lamont (correspondência entre as curvas Jominy e de Lamont). Fatores que influem na temperabilidade. Importância da temperabilidade. 03, 11, 12, 15

(02 AULAS)

Tratamento térmico dos aços. Introdução. 02, 08, 11, 12, 15

Definição. Objetivos visados. Fatores que influenciam nos tratamentos térmicos. Clas-

sificação dos tratamentos térmicos mais usuais. Recozimento (objetivos visados, descrição dos tratamentos de recozimento ou de 2ª ordem, recozimento subcrítico, para usinabilidade e recozimento para peças fundidas).

Normalização. Objetivos visados. Descrição do tratamento.

Têmpera. Objetivos visados. Descrição do tratamento.

Revenido. Objetivos visados. Descrição do tratamento para aços-carbono e aços ligados (transformação de fases durante o revenimento. Curvas HRc X T°C de revenimento para aços contendo teor variado de cromo, molibidênio, vanádio, etc. Fragilidade de revenido).

Coalescimento. Objetivos visados. Descrição do tratamento.

Eliminação da austenita retida ou residual.

(04 AULAS)

Têmpera superficial. Introdução. Métodos empregados (por chama, indução e laser). 02, 08, 11, 12, 15

Tratamentos isotérmicos. Definição. Objetivos visados. Descrição dos tratamentos de recozimento isotérmico, martêmpera convencional e modificada, austêmpera convencional e modificada (patenteamento).

Tratamentos termomecânicos. Definição. Objetivos visados. Descrição dos tratamentos termomecânicos de ausforming (LTMT), laminação controlada (HTMT), isoforming e conformação a morno.

(03 AULAS)

Tratamento de endurecimento por precipitação. Introdução. Tratamento de solubilização. Tratamento de envelhecimento. 03, 11, 13

Conceito de Zonas de Guinier Preston I e II. Precipitados coerentes e incoerentes com a matriz. Mecanismos de endurecimento. Descrição do tratamento utilizando os diagramas Fe-Fe<sub>3</sub>C e Al-Cu.

(02 AULAS)

Tratamentos térmicos do alumínio e suas ligas e cobre e suas ligas (recozimento de recristalização, recozimento para homogeneização, têmpera e revenido, solubilização, envelhecimento e alívio de tensões). 08, 12, 13, 15

Tratamentos termoquímicos. Definição. Importância. Descrição dos tratamentos de cementação, nitretação, cianetação, carbonitretação, boretação e sulfocarbonitretação. Detalhes de operação. Vantagens e desvantagens de cada processo. 08, 12, 13, 15

(03 AULAS)

Total: 30 AULAS

## AULAS PRÁTICAS

Pirometria. Definição. Importância. Tipos de pirômetros. Efeitos termoelétricos (Seebeck, Peltier e Thomson). Medida de F.e.m. de diversos tipos de termopares. Leis termoelétricas. Circuitos termoelétricos sem e com junta fria. Cabos de compensação e fios de junção. Características desejadas para um termopar. Circuitos especiais (associação em série, paralela e termopares diferenciais). Solda de termopares. Prática em laboratório. Referências bibliográficas: 4, 6, 7, 9 e 10.

(06 AULAS)

Recozimento de recristalização. Estudo da recristalização ocorrida em materiais ferrosos e não ferrosos (liga Fe-C, com baixo teor em C, ligas de cobre e alumínio com alta pureza, por exemplo).

(06 AULAS)

Pesquisa de diagrama CCT para um aço fornecido, submetido a diversas leis de resfriamento. Projeção de slides sobre curvas TTT e CCT ou TRC.

(03 AULAS)

Ensaio de temperabilidade. Realização do ensaio de temperabilidade Jominy para dois aços diferentes (Norma NBR). Aparelhagem, execução do ensaio, condições do ensaio e resultados.

(03 AULAS)

Tratamento térmico. Realização de tratamentos térmicos em um aço de composição química conhecida. Observação das estruturas resultantes. Traçado dos ciclos térmicos correspondentes. Medida de durezas. Traçado da curva  $HRcXT^{0C}$  de revenimento.

(09 AULAS)

Microestrutura de aços. Projeção de diapositivos sobre microestruturas de aços resultantes de diversos tratamentos térmicos. Análise e discussão (determinação, se possível, da porcentagem em C aproximada, ciclos térmicos correspondentes).

(03 AULAS)

Classificação e constituição dos aços inoxidáveis. Projeção de diapositivos e prática em laboratório.

(03 AULAS)

Endurecimento por precipitação. Verificação do endurecimento em ligas de Al-Cu, Fe-C, Al-Mg, Al-Cu-Mg-Si-Mn, por exemplo.

(06 AULAS)

Estudo de um álbum metalográfico. Observação de microestruturas de ligas ferrosas e não ferrosas principalmente, submetidas a diversos tratamentos térmicos.

(06 AULAS)

Total: 45 horas

BILBIOGRAFIA

Nº DA REFERENCIA	TÍTULO DA OBRA	AUTOR
01	Metallurgie Generale-Masson e Cie - Paris - 1969.	Bénard J, Nichel A, Philibert J, Talbolt J.
02	Principes de Base des Traitements Thermiques, Thermomecaniques et Thermochemiques des Aciers - 1992	A. Constant, G. Henry, J. C. Chabonnier
03	Princípios de Metalurgia Física - 1973	Robert E. Reed- Hill
04	Cours de Metallurgie - 1974	G. Hilly, C. Haussin
05	Metalurgia Mecânica - 1981	George E. Dieter
06	Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns - 1975	Colpaert, H.
07	Siderurgia I - 1962	Ernesto J. Teichert
08	Aços e Ferros Fundidos - ABM - 1990	Chiaverini, V.
09	Curso de Tratamentos Térmicos dos Metais - 1972	Pereira, Rubens Lima
10	Pirometria Termoelétrica - Termopares - 1978	Ildon Guilherme, Borchardt, Álvaro Ferreira Gomes
11	Aços - Micro Estrutura e Propriedades - 1982	R.W.K.Honeycombe
12	Apostilas da Disciplina, Revistas da ABM, várias.	
13	Metalografia dos Não Ferrosos - Análise e Prática - 1980	Coutinho, Telmo Azevedo
14	Tecnologia Mecânica - Vol I - 1978	Cheverini, V.
15	Tecnologia dos Aços - UNICAMP	Silva, André Luiz da Costa e Mei, Paulo Roberto
16	Tratamentos Térmicos das Ligas Ferrosas - ABM - 1985	Chiaverini, V.
17	Martensite - 1992 - Edited by	G. B. Oslon and W. S. Owen

PROGRAMA DE DISCIPLINA

DISCIPLINA : CONTROLE DE QUALIDADE E SELEÇÃO DE MATERIAIS

CÓDIGO : MET 224

PERÍODO : 10<sup>o</sup>

PRÉ-REQUISITOS : MET 223

CARGA HORÁRIA SEMANAL : Teórica 3 ; Prática 2

CARGA HORÁRIA SEMESTRAL: 75 horas (15 Semanas)

---

EMENTA

Introdução. Conceito de Produtividade. Controle Total da Qualidade (TQC). Controle Estatístico de Processo. Ciclo PDCA. Ferramentas do TQC. Normalização. Ensaios não Destrutivos. Seleção de Materiais: critérios, estudos de casos. Seleção de Materiais - Etapas, Planejamento, Requisitos Funcionais. Projetos assistidos por Computador. Economia x Materiais.

---

PROGRAMA

AULAS TEÓRICAS

01 - Controle de Qualidade: Conceitos, Definições.

1.1 - A produção industrial: histórico, desenvolvimento, ...

1.2 - Definição de Qualidade e Controle de Qualidade.

1.3 - Importância da Qualidade. Controle Total da Qualidade.

1.4 - Etapas elementares na implantação de um sistema de controle.

1.5 - Controle Total de Qualidade: introdução, histórico, desenvolvimento...

1.6 - Ciclo de Elaboração de um Produto.

1.7 - Aspectos Econômicos do Controle da Qualidade.

(05 Aulas)



02 - Especificação da Qualidade.

- 2.1 - Qualidade de projeto.
- 2.2 - Qualidade de conformação.
- 2.3 - O estabelecimento de uma norma de qualidade.
- 2.4 - Tipos de especificações em função da finalidade:
  - Especificação de materiais.
  - Especificação de fabricação.
  - Especificação de produtos finais.

(05 aulas)

03 - As Etapas da Aplicação do Controle

- 3.1 - Controle de fabricação:
  - 3.1.1 - Definição de um processo sobre controle.
  - 3.1.2 - Gráficos de controle. Tipos e finalidades.
  - 3.1.3 - Gráficos de controle por variáveis no sistema americano e inglês.
    - Gráfico da média
    - Gráfico da amplitude
    - Gráfico do desvio padrão
    - Relação entre os limites de controle e as especializações para uma variável.
  - 3.1.4 - Gráficos de controle por atributos.
    - Gráfico da fração defeituosa e  $n^0$  total de defeitos.

(10 Aulas)

04 - Normalização

- 4.1 - Antecedentes históricos.
- 4.2 - Início da normalização sistemática.
- 4.3 - Objetivos e princípios de normalização.
- 4.4 - Vantagens econômicas da normalização.
- 4.5 - A normalização nos países de economia avançada e no Brasil.
- 4.6 - Normas Brasileiras.
- 4.7 - As normas ISO na economia global.

(08 aulas)

05 - Métodos de Inspeção dos produtos industriais.

5.1 - Ensaaios não destrutivos:

5.1.1 - Descontinuidades ou defeitos: classificações

5.1.2 - Exame visual

5.1.3 - Ensaaios Magnéticos (partículas magnéticas, correntes parasitas)

5.1.4 - Métodos Radiográficos (Raios gama, neutrongrafia)

5.1.5 - Método dos líquidos penetrantes

5.1.6 - Ultrassonografia industrial

5.1.7 - Outros Ensaaios (holográficos, emissão acústica, termográficos, ...)

(12 Aulas)

06 - Seleção de Materiais, Processos de Manufatura e Projeto de produtos

6.1 - Etapas no desenvolvimento de um produto.

6.2 - Planejamento do projeto - Lançamento do produto.

6.3 - Ciclo de vida dos produtos industriais.

6.4 - Classificação e especificação dos materiais metálicos.

6.5 - Considerações sobre a seleção de materiais metálicos.

6.6 - Classificação dos processos de manufatura de materiais metálicos e não-metálicos.

6.7 - Requisitos funcionais na engenharia de materiais.

6.8 - Projeto e manufatura de componentes.

6.8.1 - Principais etapas do projeto

6.8.2 - Modelamento e simulação

6.8.3 - Considerações gerais sobre o projeto mecânico

6.8.4 - Otimizações

6.8.5 - Considerações sobre as propriedades dos materiais no projeto dos componentes

6.8.6 - Considerações sobre a influência dos processos de manufatura sobre o projeto dos componentes

6.8.7 - Projetos assistidos por computador (CAD)

6.8.8 - Os componentes dos sistemas CAD

6.8.9 - Aplicações do CAD na indústria

6.8.10 - Fundamentos da Manufatura Assistida por Computador (CAM)

6.9 - Considerações Econômicas na Seleção de Materiais

6.9.1 - Conceitos de análise econômica (análise de valor  
análise de custo mínimo, análise custo-  
benefício,...)

6.9.2 - Economia x materiais (Fatores que afetam os  
preços dos materiais, comparação dos materiais  
com base nos custos, competição entre os  
materiais).

7. Estudos de Casos

(15 aulas)

AULAS PRÁTICAS

01 - Práticas de Laboratório:

1.1 - Ensaio Não Destrutivo (08 Aulas)

02 - Práticas de Exercícios

2.1 - Controle estatístico de processos (06 horas)

03 - Seminários

(06 horas)

BIBLIOGRAFIA

01 - Controle da Qualidade - 4ª edição - Vol. I a VII - J.M. Juran  
S. Paulo - Makron, McGraw-Hill - 1991.

02 - Controle Estatístico de Qualidade - 8ª edição - 1986 - Livros  
Técnicos e Científicos Editora S.A. - Rio de Janeiro - RJ.  
Lourenço Filho, R.

03 - Controle Total de Qualidade - 1ª edição - Editora Edgar  
Blucher Ltda. Palmer, Colin F.

04. Gerência da Qualidade Total - Fundação Christiano Ottoni -  
EEUFMG. Vicente Falconi Campos - 1990.

05. Gerência Econômica da Qualidade através do TQC. S. Paulo - SP -  
Makron, McGraw-Hill, 1991. Valentino Bergamo Filho.

06. Testes de Qualidade - S. Paulo - SP - Nobel - 1987. Victor Mirshawka.
07. Kanban - Resultados de uma implantação bem sucedida. Paulo Décio Ribeiro - 3ª edição - Rio de Janeiro-RJ - COP Editora, 1989.
08. Impactos Sociais da Automação. O Caso do Japão. Henrique Rattner. São Paulo - SP. Nobel - 1988.
09. Aperfeiçoamento da qualidade e da produtividade: guia prático para implementação do CEP: controle estatístico de processos. John L. Hradesky - São Paulo - SP - McGraw-Hill, 1989.
10. Além das Fronteiras Nacionais - As empresas no Século XXI: O Japão e o mundo. Kenichi Ohmae. São Paulo - SP - Arteciência, 1988.
11. Controle Total da Qualidade - Notas de Aulas - A.R. da Costa. Ouro Preto - MG. Coletânea de informações disponíveis para consultas na rede local de microcomputadores da Escola de Minas - 1994.
12. Ensayos no Destructivos en Tecnologia de Materiales - Juan N. Baez - CONEA - Departamento de Materiales - Buenos Aires - 1986.
13. Stainless Steel Information and Design Data - Banco de Dados para Seleção de Materiais disponível para consultas na rede local de microcomputadores da Escola de Minas - 1993.
14. Selection of materials and processes for engineering design Mahmoud M. Farag. Prentice Hall International Ltd. (UK) 1989.
15. ASM Handbook - Vol. 17 - Nondestructive Evaluation and Quality Control - ASM Handbook Committee - 1989.
16. Metals Handbook - Vol. 11 - Nondestructive Inspection and Quality Control - 8th Edition - ASM Handbook Committee - 1976.

PROGRAMA DE DISCIPLINA

DISCIPLINA : TRANSFORMAÇÃO MECÂNICA DOS METAIS

CÓDIGO : 242                      PERÍODO : 9<sup>o</sup>.

PRÉ-REQUISITO : MET 223

CARGA HORÁRIA SEMANAL : Teórica 4 ; Prática 1

CARGA HORÁRIA : 75

-----  
EMENTA

Fundamentos de Transformação Mecânica dos Metais. Laminação. Trefilação. Extrusão. Estampagem. Forjamento.

-----  
PROGRAMA

01 - FUNDAMENTOS

- 1.1 - Apresentações iniciais: apresentação pessoal, o curso, a forma de participação do aluno, como será ministrado, avaliações, bibliografia.
- 1.2 - Definições básicas: Metalurgia, Conformação Mecânica, Transformação Mecânica, Campos de atuação técnica.
- 1.3 - Apresentação geral de todos os processos em seu detalhamento técnico fundamental. Porque estamos diante de uma Metalurgia Física aplicada.
- 1.4 - Proposições da teoria mecânica (itens da análise mecânica).
- 1.5 - Estudo da lubrificação nos processos de transformação.
- 1.6 - Procedimentos analíticos de que lança mão a teoria para avaliação das cargas (estudo de cada um dos procedimentos básicos).
- 1.7 - Considerações fundamentais sobre deformação plástica de metais.
- 1.8 - Estudo analítico da escolha de uma temperatura para se trabalhar a quente uma liga metálica.

02 - LAMINAÇÃO

- 2.01 - Conceitos Básicos.
- 2.02 - Descrição geral do equipamento denominado laminador. Como

- expressar seu tamanho.
- 2.03 - Trem de laminação. Descrição completa de um trem de laminação com base:
    - 2.3.1 - Nos programas de produção
    - 2.3.2 - Nos tipos de cadeiras
    - 2.3.3 - Nas possíveis disposições na área.
  - 2.04 - Informações visuais e descritivas sobre detalhes de cadeiras de laminação de desbastes e sobre a produção de diversos produtos não planos: trilhos, vigas I, cantoneiras, quadrados, estacas pranchas, etc.
  - 2.05 - Estudo dos cilindros: formas, dimensões típicas, características de qualidade, técnicas e materiais de fabricação, recuperação, talhagem, refrigeração e coroamento dos cilindros.
  - 2.06 - Estudo dos mancais: função, características de qualidade, classes.
  - 2.07 - Utensílios auxiliares e outros equipamentos importantes na laminação.
  - 2.08 - Itens da tecnologia processual. Agarramento do material. Determinação do ângulo máximo de agarramento.
  - 2.09 - Lei da constância de volume e suas consequências: dedução de expressões de cálculo de reduções e estudo da velocidade de passagem do material pelas cadeiras e pela abertura dos cilindros.
  - 2.10 - Estudo do alargamento do material laminado. Fatores que influem no alargamento.
  - 2.11 - Medidas do alargamento e cálculo do mesmo. Expressões de cálculos e método de Menel.
  - 2.12 - Força, toque e potência para laminar. Fatores que influem e expressões utilizadas.
  - 2.13 - Curva plástica de um material e curva elástica de uma cadeira. Função de transformação do "Roll-Grap".

### 03 - TREFILAÇÃO

- 3.1 - Conceitos iniciais. O processo e as variáveis técnicas importantes: redução no passe, resistência do material e

velocidade de trabalho. A metalurgia no processo.

- 3.2 - Produtos e matérias-primas.
- 3.3 - Análise do equipamento usado na trefilação dos vários tipos de produtos.
- 3.4 - Estudo das fieiras. Orifício: regiões e ângulo de trabalho parte paralela do orifício. Materiais das fieiras.
- 3.5 - O preparo do material a trefilar: extremidade, superfície, propriedades mecânicas.
- 3.6 - Lubrificantes utilizados.
- 3.7 - Desenvolvimento de temperatura no processo.
- 3.8 - Cálculo do esforço para trefilar: teoria simples, métodos dos blocos, resultados da teoria das linhas deslizantes.

#### 04 - EXTRUSÃO

- 4.01 - Conceitos básicos. Características dos diferentes processos. A evolução do processo. Métodos de extrusão.
- 4.02 - Equipamento de extrusão: descrição do equipamento básico para cada método, inclusive descrição das fieiras. Descrição da operação de extrusão.
- 4.03 - Fatores que concorrem para o desenvolvimento de uma extrusão de forma correta.
- 4.04 - Acessórios do equipamento principal.
- 4.05 - Tópicos da tecnologia: variação da carga. Relações temperatura, velocidade e lubrificação.
- 4.06 - Defeitos típicos da extrusão.
- 4.07 - Cálculo da força e da potência para a extrusão: método simples, método dos blocos, método do limite superior, resultados das linhas deslizantes.

#### 05 - ESTAMPAGEM

- 5.1 - Conceitos básicos. Produtos. Matérias primas. Tipos de operações de conformação de chapas.
- 5.2 - Análise dos tipos de deformação que têm lugar no processo de estampagem ou repuxamento.
- 5.3 - Análise do planejamento de passes em estampagem.

- 5.4 - O equipamento utilizado na conformação de chapas e a confecção das matrizes (nesta oportunidade falaremos também, sobre produção de matrizes de forjamento).
- 5.5 - O cálculo dos esforços na estampagem.
- 5.6 - Análise da estampabilidade de um material, incluindo curvas limite de conformação.

## 06 - FORJAMENTO

- 6.1 - Conceitos básicos. Matérias primas. Produtos. Forjamento por matriz aberta e por matriz fechada. Forjamento rotativo.
- 6.2 - Classificação dos processos. Os graus de complexidade da operação. Etapas da operação de forjamento.
- 6.3 - Equipamentos de forjamento. Estudo das matrizes (nesta oportunidade falaremos também, sobre produção de matrizes de estampagem. Se já tivermos falado sobre matrizes em estampagem consideraremos dado este tópico).
- 6.4 - Análise Geral de Projetos de passes e de formas de matrizes
- 6.5 - Alguns defeitos típicos e suas correções.
- 6.6 - O cálculo da energia disponível nos equipamentos. Taxa de deformação.



#### AULAS PRÁTICAS

- 01 - Justificativas para ensaios de materiais a serem conformados.
- 02 - Análise de cada um dos ensaios utilizados para avaliar comportamentos de materiais em conformação: tração, compressão, torção, dureza, plastômetro de camo. Seus usos, limitações e valores úteis que saem deles (com a devida interpretação).
- 03 - Análise das tensões. Círculo de Mohr. Critérios de escoamento (recordação e aplicação aos casos específicos da transformação mecânica dos metais).
- 04 - Cálculo da taxa de deformação em trefilação e extrusão.
- 05 - Cálculo da taxa de deformação em Laminação com colamento e deslizamento.
- 06 - Determinação do Coeficiente de Lankford, do coeficiente de anisotropia planar e do coeficiente de encruamento.
- 07 - Análise da capacidade de produção nas operações de transformação (ex: capacidade de produção de laminadores).

## BIBLIOGRAFIA

- 01 - USS - The making Shaping and Treating os Steel, United States Steel, 10ª edição, 1985.
- 02 - HIGGINS, R. A. - Engineering Metallurgy, vol 2, Metallurgical Process Technology, Hodder and Stoughton, 1976.
- 03 - HOWE, G. W. - An Introduction tho the Principles of Metalworking, Eduard Arnold Ltda, 1971.
- 04 - DIETER, G. E. - Metalurgia Mecânica, segunda edição, Guanabara Dois, 1981.
- 05 - THOMAS A. - Manual de Forjamento, Equipamentos de Forjaria, Associação Brasileira de Metais, dezembro 1982.
- 06 - HOSFORD, W. F. and CADDEL, R. M. - Metal Forming Mechanics and Metallurgy. Prentice - Hall International, Inc, 1983.
- 07 - HARRIS, J. N. - Mechanical Working of Metals. Teory and Practice. International Series ou Materials Science and Techology vol. 36 - Pergamos Press, 1983.
- 08 - FILHO, E. Brescian - Conformação Plástica dos Metais vol. II, 2ª edição, Editora Unicamp, 1985.
- 09 - CETLIN, P. R. e HELMAN, H. - Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais, Guanabara Dois, 1983.
- 10 - BARBOSA. G. - Laminação e Calibração de Produtos Não-Planos de Aço, 5ª edição, Associação Brasileira de Metais, 1987.
- 11 - MEDÍRCIO, D. - Transformação Mecânica dos Metais, Apostila da Parte Prática, nº 121, UFOP..