



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
Escola Superior de Tecnologia de Abrantes – E.S.T.A

Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Engenharia Mecânica

FICHA DA DISCIPLINA DE TECNOLOGIA DE LIGAÇÃO DE MATERIAIS

3º Ano

Ano Lectivo: 2006/2007

Docente Responsável: Mestre Isabel Ludovino

Corpo Docente: Mestre Isabel Ludovino

Regime: 1º Semestre

Carga Horária: 2T+2TP

Objectivos

Esta disciplina tem por objectivo fornecer ao aluno conhecimentos na área processos de ligação, dando especial relevância aos processos de soldadura. Será feita uma abordagem aos vários processos, onde se incluem aspectos técnicos, físicos, mecânicos e metalúrgicos relacionados com cada um.

Programa

1. Introdução (4 horas)
 - 1.1. Evolução histórica dos processos de ligação de materiais.
 - 1.2. Terminologia e simbologia dos processos de soldadura.
 - 1.3. Ligações soldadas: Soldadura por pressão e por fusão.
 - 1.4. Regras de Segurança

2. Máquinas de soldadura (2 horas)
 - 2.1. Inversores.
 - 2.2. Cuidados a ter com as fontes de energia.
 - 2.3. Curvas características das máquinas de soldadura.
 - 2.4. Factor de marcha.

3. Arco eléctrico na soldadura. (6 horas)
 - 3.1. Física do arco eléctrico.
 - 3.2. Transferência de calor no arco eléctrico.
 - 3.3. Transferência metálica no arco eléctrico
 - 3.3.1. Forças que actuam na gota.
 - 3.3.2. Tipos de transferência.
 - 3.4. Tipos de corrente e polaridade.
 - 3.5. Distribuição de temperatura na zona de soldadura.
 - 3.6. Ciclo térmico em soldadura.
 - 3.7. Escoamento de calor na peça.

4. Preparação de juntas soldadas: (4 horas)
 - 4.1. Afastamento
 - 4.2. Cobrejuntas
 - 4.3. Geometrias de chanfro.



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
Escola Superior de Tecnologia de Abrantes – E.S.T.A

Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Engenharia Mecânica

5. Descrição, análise dos principais parâmetros e aplicações industriais dos principais processos de Soldadura (16 horas):
 - 5.1. Soldadura por eléctrodo revestido
 - 5.2. Soldadura TIG.
 - 5.3. Soldadura MIG/MAG
 - 5.4. Soldadura com fios fluxados
 - 5.5. Soldadura Plasma
 - 5.6. Soldadura por Arco Submerso.
 - 5.7. Soldadura Oxigás
 - 5.8. Soldadura por resistência
 - 5.9. Brasagem
 - 5.10. Soldadura electroescória.
 - 5.11. Soldadura electrogás.
 - 5.12. Soldadura por explosão.
 - 5.13. Soldadura por fricção.
 - 5.14. Soldadura por ultrasons.
 - 5.15. Soldadura por feixe de electrões.
 - 5.16. Soldadura Laser.

6. Efeitos metalúrgicos na soldadura. (4 horas)
 - 6.1. Constituição da zona afectada pelo calor.
 - 6.2. Reacções gás-metal na zona fundida.
 - 6.3. Reacções escória-metal na zona fundida.
 - 6.4. Solidificação do banho de fusão.
 - 6.5. Transformações de fase na zona fundida durante o arrefecimento.
 - 6.6. Efeitos metalúrgicos na soldadura na zona afectada pelo calor
 - 6.6.1. Alterações metalúrgicas no aquecimento.
 - 6.6.2. Alterações metalúrgicas no arrefecimento.
 - 6.6.3. Métodos de análise.

7. Comportamento mecânico da junta soldada (2 horas)
 - 7.1. Dureza.
 - 7.2. Tenacidade.

8. Distorção térmica na soldadura (2 horas)

9. Cálculo económico de uma soldadura. (2 horas)

10. Soldabilidade dos Metais (2 horas)

11. Fissuração de juntas soldadas e tratamentos térmicos (6 horas)
 - 11.1. Fissuração a quente.
 - 11.2. Fissuração a frio
 - 11.2.1. Fissuração induzida pelo H.



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
Escola Superior de Tecnologia de Abrantes – E.S.T.A

Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Engenharia Mecânica

- 11.2.2. Fissuração transversal a 45°.
 - 11.2.3. Arrancamento lamelar.
 - 11.3. Determinação da temperatura de pré-aquecimento do material.
 - 11.4. Tratamento de relaxação de tensões residuais.
12. Defeitos estruturais em juntas soldadas e Ensaio não destrutivo de detecção de defeitos (6 horas)
- 12.1. Inspeção visual.
 - 12.2. Líquidos penetrantes.
 - 12.3. Partículas Magnéticas.
 - 12.4. Radiografias.
 - 12.5. Ultrasons
13. Adesivos e ligações adesivas (4 horas)
- 13.1. Classificações e tipos de adesivos.
 - 13.2. Mecanismos de adesão.
 - 13.3. Vantagens/desvantagens deste tipo de ligação.
 - 13.4. Fissuração de ligação adesivas.
 - 13.5. Desenho de juntas adesivas.

Bibliografia e Elementos de Estudo Facultados

Fundamental:

J. F. Oliveira Santos e L. Quintino – “*Processos de soldadura*”, Ed. Técnicas do ISQ; Lisboa, 1998
Altino J. R. Loureiro – “*Ligação de Materiais*”, Coimbra, 1998
Robert W. Messler Jr. – “*Principles of Welding*”, John Wiley & Sons, EUA, 1999 (ESTA 1426)
Folhas e apontamentos do docente fornecidos aos alunos nas aulas.

Apoio:

H. Granjon – “*Fundamentals of Welding Metallurgy*”, Abington Publishing, England, 1991
Boniface E. Rossi – “*Welding Engineering*”, McGraw-Hill, USA, 1954
J. F. Pereira Gomes – “*Higiene e segurança na soldadura*”; Ed. Técnicas do ISQ; Lisboa, 1993
P. Houldcroft e Robert John; Woodhead – “*Welding and cutting*”, Faulkner 1989

Método de Ensino

Estratégias pedagógicas adoptadas e sistemas de informação utilizados:

Aulas Teórico-práticas – Serão apresentados os conceitos teóricos-práticos da matéria a leccionar recorrendo ao data-show. Serão resolvidos exercícios de aplicação prática no quadro da sala de aulas.

Aulas Práticas Laboratoriais – Nos laboratórios da escola e nas empresas abaixo indicadas serão explicados os vários processos de fabrico e realizados trabalhos Laboratoriais/Oficinais.

Serão efectuadas visitas de estudo às seguintes empresas:

- IPIAC Nery (Torres Novas)



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
Escola Superior de Tecnologia de Abrantes – E.S.T.A

Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Engenharia Mecânica

- Metalúrgica Vieira Alves (Alferrarede)
- Tuboplan (Montalvo)
- MOM2 (Alferrarede)

Palestras previstas:

- “ Consumíveis e aparelhos de soldadura” Eng. Jorge Lima (ESAB)
- " Os gases industriais utilizados em Soldadura ". Eng. José Dias (Lind Sogas)

Mecanismos de apoio e acompanhamento dos alunos:

O horário de dúvidas será:

- Segunda-feira das 11h00 às 13h00 no Gabinete da docente
- Terça-feira das 16h00 às 17h00 no Gabinete da docente

Avaliação

Contínua:

Esta avaliação consiste em:

- Uma prova escrita (frequência ou exame) sobre a matéria leccionada, classificada de 0 a 20 valores. (E)
- Trabalho Prático 1: Soldadura por Eléctrodo Revestido. (TP1)
- Trabalho Prático 2: Soldadura MIG/MAG. (TP2)
- Trabalho Prático 3: Análise Metalográfica de uma junta soldada. (TP3)
- Trabalho Prático 4: Análise por Líquidos penetrantes de uma junta soldada (TP4)
- Trabalho Teórico-Prático: Exercício de Fabricação (EF)
- Relatório das Visitas de Estudo. (VE)

O aluno é aprovado à disciplina, se obtiver, pelo menos, 7 valores em frequência/exame(E) e se a nota final da disciplina for superior a 9,5 valores.

A Nota final da disciplina é calculada através da seguinte expressão:

$$NF = \left(\frac{TP1 + TP2 + TP3 + TP4}{4} \right) \times 0,2 + EF \times 0,2 + VE \times 0,1 + F \times 0,5$$

Cronograma dos trabalhos

Trabalhos/Visita de estudo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Trabalho P1			■	■	■	■									
Trabalho P2						■	■	■							
Trabalho P3											■	■			
Trabalho P4													■	■	■
Trabalho EF				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	