



Ficha de Unidade Curricular A3ES
Processos de Ligação de Materiais
Mestrado em Engenharia Mecânica
2025-26

1. Designação da unidade curricular

[2898] Processos de Ligação de Materiais / Welding And Joining Processes

2. Sigla da área científica em que se insere

TPM

3. Duração

Unidade Curricular Semestral

4. Horas de trabalho

175h 30m

5. Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais TP: 67h 30m

6. % Horas de contacto a distância

Sem horas de contacto à distância

7. ECTS

6.5

8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular

[1971] Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão | Horas Previstas: 67.5 horas

9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1418] Mário José Gonçalves Cavaco Mendes | Horas Previstas: 22.5 horas

[2202] Natália Sofia Mota Ferreira | Horas Previstas: 45 horas



10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).

A unidade curricular tem como objectivo compreender os tipos de ligação de materiais metálicos e não metálicos utilizados em engenharia mecânica. É efectuado o aprofundamento dos conceitos transmitidos na licenciatura e são introduzidas as tecnologias de ligação no campo dos novos materiais, nomeadamente nos materiais compósitos. É dada particular relevância aos aspectos metalúrgicos associados à soldadura de componentes metálicos, sendo estes também objectivos centrais da UC. Pretende-se que os alunos adquiram competências no âmbito dos estudos avançados envolvendo os processos e as tecnologias de ligação de materiais metálicos e não metálicos. Os alunos adquirem igualmente competências nas técnicas de avaliação do dano e do controlo da qualidade das ligações mecânicas.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).

The main objective of the curricular unit is to understand the joining processes of metallic and non-metallic materials used in mechanical engineering. The deepening of the concepts transmitted in undergraduate course are released and also the new joining techniques in the field of new materials, including composite materials. It is particularly relevant the metallurgical aspects associated with welding of metal components, which are also key objectives of the UC. It is intended that students acquire skills in the context of advanced studies involving the processes and technologies of metallic and non-metallic materials. Students gain also skills in technical assessment of damages and quality control of mechanical joints.

11. Conteúdos programáticos

1. Soldadura: Soldabilidade. Tratamentos térmicos. Ensaios. Dimensionamento e cálculo de juntas soldadas. Códigos e normas

2. Ligações Aparafusadas: Processos de fabrico. Normalização das roscas. Tabelas de perfis normalizados. Classes de resistência

3. Fusos de transmissão de movimento: Mecânica da ligação. Binário de aperto e desaperto. Reversibilidade e irreversibilidade. Rendimento

4. Ligação aparafusada pré-esforçada: Rigidez do parafuso e rigidez da junta. Segurança combinada. Segurança do parafuso. Resistência do parafuso. Classes de resistência. Fadiga

5. Ligações Rebitadas: Ligações. Carregamento centrado e descentrado. Peças ao corte: chavetas, pinos, troços e outros elementos de ligação

6. Pinos cavilhas e freios: Tipologia e sua aplicação. Processos de escolha. Cálculo

7. Ligações Soldadas: Projecto de ligações soldadas em flexão e torção

8. Ligação de materiais não metálicos: Soldadura de termoplásticos. Furação de compósitos. Dano. Ensaios não destrutivos



11. Syllabus

1. Welding: Electric arc welding. Resistance welding. Design and calculation. Codes and standards
2. Screwed Connections: Functions of the screw components. Manufacturing. Standard table dimensions. Nomenclature. Resistance classes
3. Motion transmission screws: Mechanical link. Tightening and loosening torque. Reversibility. Irreversibility. Yield
4. Preloading screwed connections: Preloading requested and preloading recommended. Constant stiffness link. Combined safety. Screw safety. Screw strength. Fatigue of screwed connections
5. Riveted Connections. Failure modes. Fracture and bending. Cutting and tear the sheath. Shear loads: curly brackets, pins
6. Pin bolts and brakes: Typology and its application. Processes of choice
7. Welded Connections: Design of welded connections in bending and twisting. Typical problems
8. Joining processes of non-metallic materials. Plastics, ceramics, composite materials. Adhesive bonding. Fracture. Welding of thermoplastics. Drilling of composites

12. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Proporcionar um conhecimento abrangente dos aspectos mais importantes da soldadura de materiais metálicos, soldadura de arco eléctrico, soldadura por resistência, projecto e cálculo. Códigos e normas.

Proporcionar um conhecimento abrangente dos aspectos mais importantes das ligações aparafusadas, nomeadamente ligações aparafusadas pré-esforçadas. Como aspectos importantes, onde se pretende que os alunos adquiram as competências, destaca-se a segurança, desempenho e fadiga e ligações aparafusadas.

Processos de união de materiais não-metálicos, plásticos, cerâmicos, materiais compósitos, colagem, soldadura de termoplásticos e de perfuração de compósitos são outros aspectos importantes a transmitir.

O aluno deve proceder ao aprofundamento dos conceitos transmitidos no curso de graduação.

Conhecer, compreender e produzir a informação técnica necessária para compreender os problemas associados à furação de componentes em materiais compósitos nas diferentes áreas de aplicação.

12. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

Provide a comprehensive knowledge of the most important aspects of the welding of metallic materials, electric arc welding; resistance welding, design and calculation. Codes and standards.
Provide a comprehensive knowledge of the most important aspects of the screwed connections, namely preloading screwed connections. As important aspects where it is intended that the students acquire skills are the screw safety, screw strength and fatigue of screwed connections.
Joining processes of non-metallic materials, plastics, ceramics, composite materials, adhesive bonding, welding of thermoplastics and drilling of composites are important aspects to learn.
The student should be aware of the need to deepening of the concepts transmitted in undergraduate course.
Know, understand and produce the technical information necessary for technicians to drilling composite components and structures of composite materials in the different application areas.

13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico

Os estudantes são introduzidos progressivamente nos conteúdos programáticos através da exposição oral dos temas e da apresentação de exemplos práticos e estudos de caso. Quando aplicável, é seguida uma abordagem assente na interpretação e resolução de exercícios.

13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model

Students are progressively introduced to the syllabus through oral presentation of the topics and the presentation of practical examples and case studies. When it is applicable, an approach based on interpreting and solving exercises is followed.

14. Avaliação

Durante o semestre, os estudantes desenvolvem dois trabalhos, concretamente, um trabalho de pesquisa bibliográfica (TPB) e um trabalho de natureza laboratorial (TL).

Método de avaliação : Avaliação distribuída com exame final

Avaliação distribuída : TPB, cuja ponderação é 25 %, e TL, cuja ponderação é 15%. Ambos os trabalhos são pedagogicamente fundamentais. A classificação mínima de cada trabalho é de 8,0 valores e a média final da avaliação distribuída é de 9,5 valores.

Exame Final : Realização de um exame escrito (E), classificado de 0 a 20 valores. A classificação mínima do exame é de 9,5 valores.

Classificação Final (CF) : $CF = 0.60 * E + 0.25 * TPB + 0.15 * TL$

14. Assessment

During the semester, students carry out two works, specifically, a bibliographical research work (BRW) and a laboratorial work (LW).

Assessment method: Distributed assessment with final exam

Distributed assessment: BRW, weighted at 25%, and LW, weighted at 15%. Both works are pedagogically fundamental. The minimum mark for each assignment is 8.0 and the final average mark for the distributed assessment is 9.5.

Final exam: A written exam (E), graded from 0 to 20. The minimum mark for the exam is 9.5.

Final Classification (CF): $CF = 0.60 \cdot E + 0.25 \cdot BRW + 0.15 \cdot LW$

15. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os conceitos fundamentais do programa são introduzidos dando particular ênfase a exemplos industriais, no caso dos processos de fabrico e projecto de materiais compósitos. Esta metodologia promove a aproximação do aluno à actividade profissional, minimizando o impacto da mudança de exemplos académicos para problemas reais.

Outro aspecto relevante é a transmissão de metodologias mais adequadas para prever o comportamento mecânico do laminado ou o componente, através de cálculos baseados nos critérios de falha mais relevantes. Tal metodologia potencia o objectivo de o futuro engenheiro ser capaz de se integrar numa equipa de criação e de projecto no campo de materiais compósitos.

A sequência dos conteúdos programáticos leva os alunos a compreender os vários métodos de produção, furação e técnicas de ligação de componentes em materiais compósitos.

O cálculo teórico do dano resultante da furação de compósitos laminados é suportado pela análise de resultados de programas de computação simbólica e elementos finitos, que permite a automatização de cálculo e facilidade no entendimento dos diversos fenómenos.

Através de ilustrações e modelos 3D contendo informação sobre tensões e deformações que surgem em forma de franjas de cores, o estudante pode visualizar o resultado de um determinado conjunto de cargas que foram aplicadas aos compósitos, bem como a concentração de tensões e o dano que se verifica em componentes de materiais compósitos, sujeitos a furação para execução de juntas.

São mostrados vídeos e animações computacionais que permitem uma melhor compreensão dos aspectos essenciais do estudo.

Os vários conceitos teóricos são apresentados nas aulas através de estudos comparativos, permitindo que os alunos compreendam os fenómenos subjacentes aos diferentes temas abordados neste curso. Esta parte teórica é complementada com uma componente prática em que os alunos resolvem exercícios que lhes permitam consolidar os conceitos teóricos. Quando for o caso, estudos de casos são apresentados, em que os alunos devem identificar o tipo de dano que ocorre na estrutura.

15. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

The fundamental concepts of the syllabus are introduced in class, giving emphasis to industrial examples, in the case of manufacturing processes and design with composite materials.

Predicting the mechanical behavior of the laminate or component, through calculus based on the most relevant failure criteria provides, to the future engineer means to be able to integrate a design team and project in the field of composite materials.

The sequence of program content leads students to understand the various methods of manufacturing, drilling and calculation of composite components.

The theoretical calculation of damage of laminated composites is supported by programs of symbolic computation and finite elements, which allow the calculation automation and ease in understanding the various phenomena. Through graphics and 3D models containing these latter stresses and strains arising in the form of color fringes, the student can visualize the result from a given set of loads which were applied to drilling composites.

Are shown videos and computational animations that enable better understanding of the essential aspects of the study.

The various theoretical concepts are presented in the schedule lectures, enabling the students to understand the underlying phenomena of the different topics covered in this course. This theoretical part is complemented with a practical component in which students solve exercises that will allow them to consolidate the theoretical concepts. When appropriate, cases studies are presented, in which the students must identify the type of damage responsible for structure failure.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

- Shigley's, Mechanical Engineering Design, R. G. Budynas e J. K. Nisbett, VIII Edition, McGraw-Hill
- AWS - Welding Handbook Vol 1 7ª edição
- ASM - Metals Handbook Welding and Brazing
- Edições Técnicas ISQ - Processos de soldadura
- Edições Técnicas ISQ - Ensaios mecânicos
- Edições Técnicas ISQ - Soldabilidade
- ASME IX e EUROCODE 3
- Composites Manufacturing, Materials, Product and Process Engineering, S. K. Mazumbar, CRC Press

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2024-07-17

Data de aprovação em CP: 2024-06-26