|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Universidade Federal de Santa Catarina**  **Centro Tecnológico**  **Departamento de Engenharia Mecânica**  **PLANO DE ENSINO (trimestre 2 de 2021)** |  |

Em caráter excepcional e transitório, para substituição do ensino presencial pelo ensino não presencial, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em atenção à Portaria MEC No 544, de 16 de junho de 2020, e à Resolução Normativa No 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020.

EMC5763 – Materiais Sinterizados: tecnologia de fabricação, produtos e aplicações

**1) Identificação**

Carga horária: 56 horas-aula, Teóricas

Turma: 14233

Nome do professor: Aloisio Nelmo Klein, e-mail: [a.n.klein@labmat.ufsc.br](mailto:a.n.klein@labmat.ufsc.br)

Período: **2º trimestre de 2021**

**2) Curso**

233 Engenharia de Materiais - Trimestral

**3) Requisitos**

EMC6711 ou EMC5711 (equivalente no trimestral)

**4) Ementa**

1. Introdução e visão geral da área de metalurgia do pó e materiais sinterizados;
2. Tecnologia de fabricação de pós: processos mecânicos, físicos químicos e termoquímicos;
3. Características físicas e propriedades tecnológicas de pós: tamanho de partícula, superfície específica livre, forma das partículas, densidade aparente, escoabilidade, compressibilidade, sinterabilidade;
4. Técnicas de conformação ou compactação de pós: preparação dos pós para a conformação; compactação uniaxial em matriz rígida e projeto de ferramental; moldagem de pós por injeção; compactação isostática, laminação e extrusão de pós; processos sem aplicação de carga.
5. Tratamento Térmico de sinterização: Aspectos termodinâmicos relacionados a sinterização e mecanismos de transporte de massa na sinterização; sinterização de sistemas monocomponentes; sinterização de sistemas multicomponentes e sinterização com presença de fase líquida; sinterização assistida por pressão externa; fornos e atmosferas de sinterização;
6. Principais tipos de materiais sinterizados
   1. Aços sinterizados, suas propriedades e aplicações; influência da porosidade sobre as propriedades mecânicas; Técnicas de liga utilizadas na metalurgia do pó ferrosa; homogeneização de misturas de pós durante a sinterização;
   2. Materiais porosos sinterizados e funções de engenharia de poros: filtros, buchas autolubrificantes;
   3. Materiais compósitos sinterizados: metal duro; pastilhas de freio e embreagem compósitos de baixo coeficiente de atrito; compósitos de alta densidade; contatores elétricos; ligas endurecidas por dispersão de partículas;
   4. Metais de alto ponto de fusão: W e ligas, Mo e ligas;
   5. Cerâmica estrutural;
   6. Noções de Cerâmica de Engenharia (Cerâmica avançada);

**5) Objetivos**

*Geral:*

Dar ao aluno uma base inicial sobre os conhecimentos básicos envolvidos na Ciência e Engenharia de Materiais e sobre a profissão de Engenheiro de Materiais

*Específicos:*

1. Definir uma serie de conceitos básicos necessários ao melhor entendimento dos conteúdos das disciplinas do curso.
2. Aprender conceitos iniciais de estrutura e microestrutura dos materiais.
3. Proporcionar uma ideia inicial sobre a importância da seleção correta de materiais para as aplicações na engenharia.
4. Definir as principais propriedades básicas dos materiais relacionadas a suas aplicações.

**6) Conteúdo Programático**

1. Introdução e visão geral da área de metalurgia do pó e materiais sinterizados;
   1. Introdução ao processamento de materiais e componentes a partir de pós;
   2. Principais materiais produzidos comercialmente a partir de pós
2. Tecnologia de fabricação de pós
   1. Processos mecânicos;
   2. Processos físicos químicos;
   3. Processos termoquímicos;
3. Características físicas e propriedades tecnológicas de pós:
   1. Tamanho de partícula, superfície específica livre, forma das partículas;
   2. Propriedades tecnológicas (densidade aparente, escoabilidade, compressibilidade
   3. Sinterabilidade e parâmetros de influência;
4. Técnicas de conformação, compactação ou moldagem componentes a partir de de pós;
   1. Preparação dos pós para a conformação;
   2. Compactação uniaxial em matriz rígida e projeto de ferramental;
   3. Moldagem de pós por injeção;
   4. Compactação isostática,
   5. Laminação e extrusão de pós;
   6. Processos sem aplicação de carga.
5. Tratamento Térmico de sinterização
   1. Aspectos termodinâmicos relacionados a sinterização e mecanismos de transporte de massa na sinterização;
   2. Sinterização de sistemas monocomponentes;
   3. sinterização de sistemas multicomponentes e sinterização com presença de fase líquida;
   4. Sinterização assistida por pressão externa;
   5. Atmosferas de sinterização;
   6. Fornos de sinterização
6. Principais tipos de materiais sinterizados
   1. Aços sinterizados, suas propriedades e aplicações; influência da porosidade sobre as propriedades mecânicas; Técnicas de liga utilizadas na metalurgia do pó ferrosa; homogeneização de misturas de pós durante a sinterização;
   2. Materiais porosos sinterizados e funções de engenharia de poros: filtros, buchas autolubrificantes;
   3. Materiais compósitos sinterizados: metal duro; pastilhas de freio e embreagem compósitos de baixo coeficiente de atrito; compósitos de alta densidade; contatores elétricos; ligas endurecidas por dispersão de partículas;
   4. Metais de alto ponto de fusão: W e ligas, Mo e ligas;
   5. Cerâmica estrutural;
   6. Noções de Cerâmica de Engenharia (Cerâmica avançada);

**7) Metodologia**

O conteúdo da disciplina será abordado ao longo do semestre em aulas expositivas síncronas incluindo vídeos ilustrativos dos processos de fabricação, os quais são apresentados ao longo das aulas síncronas e também disponibilizadas no MOODLE para quem quiser rever fora dos horários normais da aula, ou então perdeu alguma aula síncrona. Além disso, serão disponibilizadas listas de exercícios, sendo parte exercícios resolvidos e discutidos durante as aulas síncronas e os demais exercícios deverão ser resolvidos pelos alunos fora do horário de aulas, como atividades assíncronas. As listas de exercícios serão disponibilizadas no MOODLE, e também enviadas via lista de e-mails aos alunos matriculados. Com relação à combinação dessas duas atividades, esclarece-se o seguinte:

* As atividades assíncronas serão disponibilizadas através do MOODLE, com o suporte de material de apoio em meio digital.
* As aulas síncronas ocorrerão no horário oficial da disciplina.
* O link para as aulas síncronas será fornecido no MOODLE e também via lista de e-mails dos alunos existente no forum.
* O atendimento individual para sanar dúvidas ocorrerá em encontros síncronos, nos horários e formas descritas no PAAD e no MOODLE e no Cronograma detalhado abaixo.

**8) Avaliação**

A avaliação ocorrerá através de 2 (duas) provas (P1e P2). A média final (MF) será calculada pela média aritmética destas avaliações:

MF = (P1 + P2) / 2

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no período (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre, isto é, uma prova de recuperação (PREC), sendo a nota final (NF) calculada conforme parágrafo 3º do artigo 71 desta resolução, ou seja: NF = (MF + NREC) / 2.

A prova de recuperação cobrirá todo o conteúdo da matéria da disciplina.

Com relação à aplicação das avaliações e à frequência, esclarece-se o seguinte:

* As avaliações ocorrerão *online*, atendendo a Resolução Normativa 140/2020/CUn.
* As avaliações constarão do Cronograma, e serão detalhadas, registradas e divulgadas no MOODLE.
* A frequência suficiente ao curso é obrigatória. A frequência será registrada pelo docente, ou pelo próprio aluno, em cada acesso às aulas síncronas, utilizando o registro de frequência do MOODLE. O aluno também poderá ser requisitado a registrar frequência no acesso às aulas assíncronas. Para ter direito a fazer a Prova de recuperação, o aluno deverá ter atingido 75% de frequência nas aulas síncronas.

**9) Cronograma**

1. As aulas síncronas serão realizadas às segundas-feiras, entre 16h20min e 18h, e nas quartas feiras, entre 16h20min a 18h, via plataforma MOODLE ou meet.google.com.
2. As avaliações *online* serão realizadas nos dias 15/12/2021 (P1), 07/03 (P2), com início às 16:00 e término às 19:00min. A Prova de Reposição será realizada em 09/03, das 16:00h às 18:00h. A Prova de recuperação ser á no dia 14/03/2022 com início as 16:00 e encarra as 19:00h. Todas as avaliações serão realizadas via MOODLE.

OBS:. No calendário escolar da UFSC não está claro sobre se haverá recesso de 20 de dezembro a 30 de janeiro como o é nos cursos semestrais. Assim, as datas corretas só poderão ser definidas após eu tomar conhecimento desta lacuna de informação

1. As avaliações serão individuais, com consulta livre ao material disponibilizado no MOODLE.

O cronograma detalhado da disciplina é apresentado abaixo, em conformidade com a Resolução Normativa 140/2020/CUn.

Observação: Não está claro na portaria da UFSC se o curso trimestral de materiais (curso 233) terá recesso de escolar a partir do dia 20 de dezembro a 30 de janeiro, juntamente com os cursos semestrais. Após esta informação o cronograma poderá ser ajustado

**FASE 2 de 2021 (curso trimestral 233)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dia/Mes** | **Atividade síncrona** |  | **Conteúdo** | **Atividade**  **síncrona** | **Conteúdo** |
| Novembro 2021 |  |  |  |  |  |
| 01/11/2021 | 2 horas-aula |  | 1.1 | Sim | 1.1 |
| 03/11/2021 | 2 horas-aula |  | 1.2 | Sim | 1.2 |
| 08/11/2021 | 2 horas-aula |  | 2.1 | Sim | 2.1 |
| 10/1/2021 | 2 horas-aula |  | 2.2 | Sim | 2.2 |
| 15/11/2021 | Feriado – Proc. Rep. |  |  |  |  |
| 17/11/2021 | 2 horas-aula |  | 2.3 | Sim | 2.3 |
| 22/11/2021 | 2 horas-aula |  | 3.1 | Sim | 3.1 |
| 24/11/2021 | 2 horas-aula |  | 3.2 | Sim | 3.2 |
| 29/11/2021 | 2 horas-aula |  | 3.3 | Sim | 3.3 |
| Dezembro 2021 |  |  |  |  |  |
| 01 /12/2021 | 2 horas-aula |  | 4.1 | Sim | 4.1 |
| 06/12/2021 | 2 horas-aula |  | 4.2 e 4.3 | Sim | 4.2 e 4.3 |
| 08/12/2021 | 2 horas-aula |  | 4.4 a 4.6 | Sim | 4.4 a 4.6 |
| 13/12/2021 | 2 horas-aula |  | 5.1 e 5.2 | Sim | 5.1 e 5.2 |
| 15/12/2021 | Prova 1 |  |  |  |  |
| 20/12/2021 | RECESSO ESCOLAR ATÉ | DIA 30/01 ??? |  |  |  |
| Janeiro 2022 |  |  |  |  |  |
| 31/01/2022 | 2 horas-aula |  | 5.3 e 5.4 | Sim | 5.3 e 5.4 |
| Fevereiro 2022 |  |  |  |  |  |
| 02/02/2022 | 2 horas-aula |  | 5.5 | Sim | 5.5 |
| 07/02/2022 | 2 horas-aula |  | 5.5 e 5.6 | Sim | 5.5 e 5.6 |
| 09/02/2022 | 2 horas-aula |  | 6.1 | Sim | 6.1 |
| 14/02/2022 | 2 horas-aula |  | 6.2 | Sim | 6.2 |
| 16/02/2022 | 2 horas-aula |  | 6.3 | Sim | 6.3 |
| 21/02/2022 | 2 horas-aula |  | 6.3 | Sim | 6.3 |
| 23/02/2022 | 2 horas-aula |  | 6.4 | Sim | 6.4 |
| 28/02/2022 | Dia não letivo |  | 6.5 |  | 6.5 |
| Março 2022 |  |  |  |  |  |
| 02/03/2022 | 2 horas-aula |  | 6.6 | Sim | 6.6 |
| 07/03/2022 | Prova 2 |  |  |  |  |
| 09/03/2022 | Revisão |  |  |  |  |
| 14/03/2022 | Prova de recuperação |  |  |  |  |

**10) Bibliografia Básica (para o curso não presencial)**

1. Introduction to Powder Metallurgy : F. Thümmler and R. Oberacker; Series Editors: I. Jenkins and J. V. Wood (Disponível na biblioteca Setorial)
2. Powder Metallurgy: Principles and Appplications. Fritz V. Lenel; Metal Powder Industries Federation, 105 College Road East, Princeton, New Jersey 08540-6692 U.S.A. (disponível na biblioteca)
3. Sintering Theory and Practice, 1996; Randall M. German, Wiley -Interscience Publication John Wiley & Sons,INC.,605 Third Avenue, New York, NY, 10158-0012
4. Powder Metallurgy- Processing and Materials; Werner Schatt and Klaus-Peter Wieters - 1997 European Powder Metallurgy Association Old Bank Buildings, Bellstone; Shewsbury SY 1 1HU, UK
5. Injection Molding of Metal and Ceramics - Randall M. German & Animesh Bose; Metal Powder Industries Federation, 1997; 105College Road East, Princeton, New Jersey 08540-6692 U.S.A.
6. Powder Metallurgy Technology - 1997. Autor: G. S. Upadhyaya; Published by Cambridge International Science Publishing 7 Meadow Walk, Great Abington, Cambridge CB 1 6AZ, England ; http;//www.demon.co.uk/cambsci/homepage.htm
7. Powder Metallurgy Science; Randall M. German, 1984, Metal Powder Industries Federation, 1997, 105College Road East, Princeton, New Jersey 08540-6692 U.S.A.
8. Ferrous Powder Metallurgy; Autor: Andrej Salak, 1995; Published by Cambridge International Science Publishing, 7 Meadow Walk, Great Abington, Cambridge CB 1 6AZ, England http;//www.demon.co.uk/cambsci/homepage.htm
9. Todas as aulas em powerpoint (total de 1400 slides) serão disponibilizadas para o aluno via MOODLE.
10. Todas VIDEOAULAS já gravadas no semestre anterior sobre a matéria da disciplina serão disponibilizadas no Google Drive
11. Filmes sobre processamento de materiais a partir de pós serão disponibilizados via MOODLE (acesso via link disponibilizado no Moodle).

**11) Bibliografia Complementar**

1. Grupo Setorial de Metalurgia do pó (Fernando Iorvolino, Lucio Salgado, Aloisio N. Klein et al.) – A Metalurgia do pó-alternativa econômica com menor impacto ambiental –1 a edição –São Paulo, Metallum Eventos Técnicos
2. Narattam P. Bansal and Aldo R. Boccacci - Ceramics and Composites Processing Methods –2012, The American Ceramic Society, Published by John Willey and Sons Inc., Hoboken, New Jersey
3. Listas de exercícios sobre o conteúdo das aulas serão disponibilizadas aos alunos. Serão enviados via a lista de e-mails da turma de alunos e eles deverão retornar depois de resolvidos, também anexo a e-mail.