

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Magnésio

Extração e aplicações



Projeto FEUP 2024/25 - L.EMAT

Coordenação

Geral: Manuel Firmino e Sara Ferreira

De curso: Sónia Simões

Equipa 1LEMAT01_3

Supervisor: Sónia Simões

Monitor: Mariana Truta

Estudantes & Autores

Ana Beatriz Veiga de Almeida e Silva up202406219@up.pt

Ana Margarida Vieira Fernandes up202403286@up.pt

Carolina Martim Elias Olaio up202405838@up.pt

Catarina Balbeira Garcia up202403688@up.pt

6 de dezembro de 2024

Resumo

Este relatório foi elaborado no âmbito da unidade curricular “Projeto FEUP”, sendo o tema central o metal magnésio, nomeadamente a forma como é extraído e as suas aplicações. Deste modo, são dadas a conhecer as principais características do magnésio e as propriedades que o exaltam perante os outros metais.

De seguida, são abordados dois processos de extração denominados “Eletrólise” e “Processo Pidgeon”. São descritos os processos de extração e em que locais do globo são realizadas. Referimos também quais os impactos destes processos no ambiente.

Posteriormente, são abordadas as várias aplicações deste metal, com destaque para o seu papel nas indústrias biomédica e automóvel: o papel do magnésio na regeneração óssea e nos carros, respetivamente. Debate-se ainda sobre as vantagens/desvantagens da escolha do magnésio nestas indústrias ao invés da utilização de outros metais.

Constata-se também que a empregabilidade do magnésio contribui para a concretização dos “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” da ONU e para uma série de resultados positivos que impactam as sociedades atuais e futuras.

Palavras-Chave: eletrólise, processo Pidgeon, indústria automóvel, regeneração óssea

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à professora Sónia Simões e à monitora Mariana Truta por nos orientarem neste trabalho, fazendo-nos perceber qual o melhor rumo a tomar para podermos ter um relatório de qualidade, estando sempre disponível para nos retirar qualquer dúvida.

Gostaríamos de agradecer também a todos os envolvidos na primeira semana do projeto FEUP, que nos permitiu não só adquirir novas competências profissionais e pessoais, mas também ajudou a nossa integração na FEUP.

Índice

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vi
1. Introdução.....	7
2. O magnésio	8
2.1. Características e propriedades.....	8
2.2. Magnésio e ligas	8
2.3. Processos de fabrico	9
3. Extração	9
3.1. por eletrólise.....	10
3.1.1 Visão global do processo	10
3.1.2 No caso em específico do magnésio	10
3.2. por redução térmica – Processo Pidgeon.....	11
3.2.1 Calcinação.....	11
3.2.2 Redução	11
3.2.3 Vantagens e desvantagens deste processo.....	12
3.3. Comparação dos processos de obtenção do magnésio	13
4. Aplicações	13
4.1. na indústria automóvel	13
4.1.1 Utilização do magnésio e das suas ligas.....	13
4.1.2 Processamento das ligas de magnésio para a indústria automóvel	14
4.1.3 Ligas mais utilizadas.....	14
4.1.4 Impacto da China na indústria automóvel	15
4.1.5 Sustentabilidade na indústria automóvel.....	15
4.2. na indústria biomédica.....	15
4.2.1 Magnésio e as suas formas	15
4.2.2 Aplicações na vida.....	16
4.2.3 Vantagens e desvantagens.....	16
5. ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável)	17

5.1. O que são.....	17
5.2. Contribuição do magnésio.....	17
6. Conclusões.....	17
Referências bibliográficas.....	19

Lista de Figuras

Figura 1: tabela periódica atualizada (primeiro semestre de 2019), onde está realçada a localização do magnésio (Rottoni 2019).....	7
Figura 2: Representação gráfica de uma célula eletrolítica utilizada para um processo de galvanoplastia (Fernandes 2015).....	10
Figura 3: Representação de um forno “retort” no qual ocorre a etapa da redução do processo Pidgeon (adaptada de uma apresentação de Neto, F).....	12
Figura 4: Representação gráfica de as várias aplicações de biomateriais de magnésio e os seus processos fisiológicos correspondentes (Zhou 2021).....	16
Figura 5 e 6: Imagens referentes aos ODS cuja utilização do magnésio na indústria automóvel e biomédica em impacto	17

Lista de Tabelas

Tabela 1: comparação de propriedades físicas do magnésio com as de outros metais usados com alguma regularidade no campo da engenharia, mas também os seus preços. (Smith 1986)	8
---	---

1. Introdução

O magnésio (Mg), de número atômico 12, é um elemento da tabela periódica, situando-se no grupo 2 e no período 3, fazendo parte dos metais alcalinoterrosos.

Relativamente ao seu aspeto, apresenta uma coloração esbranquiçada-prateada com um leve brilho da mesma cor.

Este elemento químico foi descoberto em 1808 e encontra-se na natureza, a uma proporção de 2%, na constituição de vários minerais sendo um dos mais abundantes na crosta terrestre.

Tabela Periódica

GRUPO

PERÍODO

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

1 H Hidrogênio 1.008

2 He Hélio 4.003

3 Li Lítio 6.941

4 Be Berílio 9.012

5 B Boro 10.811

6 C Carbono 12.011

7 N Nitrogênio 14.007

8 O Oxigênio 15.999

9 F Flúor 18.998

10 Ne Néon 20.180

11 Na Sódio 22.990

12 **Mg Magnésio 24.305**

13 Al Alumínio 26.982

14 Si Silício 28.086

15 P Fósforo 30.974

16 S Enxofre 32.06

17 Cl Cloro 35.45

18 Ar Argônio 39.948

19 K Potássio 39.098

20 Ca Cálcio 40.078

21 Sc Escândio 44.956

22 Ti Titânio 47.867

23 V Vanádio 50.942

24 Cr Cromo 51.996

25 Mn Manganês 54.938

26 Fe Ferro 55.845

27 Co Cobalto 58.933

28 Ni Níquel 58.693

29 Cu Cobre 63.546

30 Zn Zinco 65.38

31 Ga Gálio 69.723

32 Ge Germânio 72.630

33 As Arsênio 74.922

34 Se Selênio 78.96

35 Br Bromo 79.904

36 Kr Criptônio 83.796

37 Rb Rubídio 85.468

38 Sr Estrôncio 87.62

39 Y Ítrio 88.906

40 Zr Zircônio 91.224

41 Nb Nióbio 92.906

42 Mo Molibdênio 95.94

43 Tc Técnico 98

44 Ru Ródio 101.07

45 Rh Ródio 102.91

46 Pd Paládio 106.36

47 Ag Prata 107.868

48 Cd Cádmio 112.415

49 In Índio 114.818

50 Sn Estanho 118.710

51 Sb Antimônio 121.757

52 Te Telúrio 127.6

53 I Iodo 126.905

54 Xe Xenônio 131.29

55 Cs Césio 132.905

56 Ba Bário 137.327

57 La Lantânio 138.905

58 Ce Cério 140.12

59 Pr Praseodímio 140.908

60 Nd Neodímio 144.24

61 Pm Promécio 145

62 Sm Samário 150.36

63 Eu Európio 151.964

64 Gd Gadolínio 157.25

65 Tb Térbio 158.925

66 Dy Disprósio 162.50

67 Ho Hólio 164.930

68 Er Érbio 167.259

69 Tm Térbio 168.930

70 Yb Ítrio 173.054

71 Lu Lutécio 174.967

72 Hf Háfnio 178.49

73 Ta Tântalo 180.948

74 W Tungstênio 183.84

75 Re Rênio 186.207

76 Os Ósmio 190.23

77 Ir Írídio 192.22

78 Pt Platina 195.084

79 Au Ouro 196.967

80 Hg Mercúrio 200.59

81 Tl Talco 204.38

82 Pb Chumbo 207.2

83 Bi Bismuto 208.98

84 Po Polônio 209

85 At Ástato 210

86 Rn Radônio 222

87 Fr Francio 223

88 Ra Rádio 226

89-103 Lantânídeos e Actínídeos

104 Rf Rfório 261

105 Db Dubnio 262

106 Sg Seabórgio 266

107 Bh Bório 264

108 Hs Hassíquio 277

109 Mt Meitnério 268

110 Ds Dárcio 271

111 Rg Róentgenio 272

112 Cn Copernício 285

113 Nh Nihônio 284

114 Fl Flúvio 289

115 Mc Moscóvio 288

116 Lv Livermório 293

117 Ts Tenessio 294

118 Og Oganessio 294

119-118 Lantânídeos e Actínídeos

119 Ac Actínio 227

120 Th Tório 232.038

121 Pa Protactínio 231.04

122 U Urânio 238.029

123 Np Neptúlio 237

124 Pu Plutónio 244

125 Am Amélio 243

126 Cm Curvílio 247

127 Bk Berquélio 247

128 Cf Califórnio 251

129 Es Éisberio 252

130 Fm Fermio 257

131 Md Mendelevio 258

132 No Nóblio 259

133 Lr Lawrénzio 262

Legenda:

- Não metais
- Metais alcalinos
- Semimetais
- Outros metais
- Lantanídeos
- Gases nobres
- Metais alcalino-terrosos
- Halogénios
- Metais de transição
- Actínídeos

Figura 1: tabela periódica atualizada (primeiro semestre de 2019), onde está realçada a localização do magnésio (Rottoni 2019)

2. O magnésio

2.1. Características e propriedades

O magnésio caracteriza-se por ser resistente à corrosão e por apresentar tanto um ponto de fusão baixo (650°C) como uma densidade muito reduzida (1,74 g/cm³ a 20°C), sendo que esta última característica o destaca dos restantes metais, tornando-o apelativo para aplicação em várias indústrias (Peixoto 2000).

É de notar também que este metal tem uma estrutura hexagonal compacta (HC), o que vai influenciar as suas propriedades.

Além destas características, o magnésio não só é muito reativo (o que o torna difícil de fundir e vaziar por ser muito inflamável), como o metal puro tem uma resistência mecânica relativamente baixa e também baixa resistência à fluência, à fadiga e ao desgaste, quando comparado com o titânio e o níquel (Smith 1986).

Analisando os dados apresentados na tabela seguinte (que compara o magnésio a outros metais usados com regularidade nos campos de engenharia), constata-se que o magnésio tem uma densidade mais baixa e um ponto de fusão mais baixo também. No entanto, o seu custo, comparando com o alumínio que também é muito utilizado pela sua baixa densidade, é mais elevado (Smith 1986).

Metal	Densidade a 20 °C (g/cm ³)	Ponto de fusão (°C)	Estrutura cristalina	Custo (US\$/kg) (1989)
Magnésio	1,74	651	HC	3,59
Alumínio	2,70	660	CFC	2,17
Titânio	4,54	1.675	HC $\rightleftharpoons$ CCC*	11,57-12,12***
Níquel	8,90	1.453	CFC	15,43
Ferro	7,87	1.535	CCC $\rightleftharpoons$ CFC**	0,44
Cobre	8,96	1.083	CFC	3,20

* Transformação ocorre à 883 °C.

** Transformação ocorre à 910 °C.

*** Esponja de titânio. O preço é de cerca de 50 toneladas.

Tabela 1: comparação de propriedades físicas do magnésio com as de outros metais usados com alguma regularidade no campo da engenharia, mas também os seus preços. (Smith 1986)

2.2. Magnésio e ligas

De modo a melhorar as propriedades do magnésio, este é muitas vezes combinado com outros elementos, formando ligas de magnésio.

É de notar que o magnésio tanto serve de metal base para se fazerem ligas a partir dele (de modo a tornar o magnésio mais resistente), como também serve para melhorar ligas de outros elementos. Por exemplo, quando adicionado ao aço, dado a grande afinidade do

magnésio ao enxofre, o magnésio vai-se combinar com este elemento, eliminando-o, o que vai melhorar as propriedades do aço, ou então é adicionado ao ferro fundido de modo a afinar o grão (Simões 2024).

Focando nas ligas de magnésio, estas podem ser distinguidas em dois tipos principais: ligas para trabalho mecânico e ligas para fundição, havendo ainda uma subdivisão em ligas para tratamento térmico e sem tratamento térmico (Smith 1986).

É de realçar que as ligas para trabalho mecânico, isto é, aquelas que sofrem processos de conformação plástica, têm, de modo geral, melhores propriedades do que as ligas para fundição, uma vez que, ao passar pelo processo de fundição, vão surgir defeitos no material, tais como poros e segregações (Simões 2024).

Relativamente à nomenclatura das ligas, estas são, em geral, designadas por duas letras maiúsculas, seguidas por dois ou três dígitos. As letras indicam os dois principais elementos da liga: a primeira letra indica o elemento com maior concentração e a segunda o elemento com a segunda maior concentração. O primeiro número define a percentagem em peso correspondente ao elemento da primeira letra (se apenas houver dois números) e o segundo define a percentagem em peso do elemento da segunda letra. Se, a seguir aos números, aparecer uma letra A, B etc., significa que houve modificação do tipo A, B etc., na liga. Algumas das letras usadas para designar os elementos de liga presentes nas ligas de magnésio são A (alumínio), E (terras raras), H (tório), K (zircônio), Q (prata), Z (zinco), M (manganês), S (silício) e T (estanho). Além de se indicarem os componentes das ligas, indica-se também se a liga passou por algum tratamento e, se sim, por qual (Smith 1986).

Tanto o zinco como o alumínio são frequentemente adicionados ao magnésio de modo a formar ligas para trabalho mecânico e ligas para fundição, uma vez que tanto um como o outro aumentam a resistência mecânica do magnésio, através do endurecimento por solução sólida (Smith 1986).

2.3. Processos de fabrico

Como já foi referido, o magnésio é um metal muito reativo, sendo, por isso, importante ter um cuidado especial no processamento deste metal, nomeadamente no processo de fundição e de conformação plástica.

É de referir ainda que, ao ser combinado com outros elementos (de modo a formar uma liga), a reatividade do magnésio vai diminuir, o que vai facilitar os processos de fabrico (Simões 2024).

3. Extração

Existem dois métodos principais para obter magnésio, sendo um deles a eletrólise e o outro a redução térmica. De seguida são explicados cada um deles e indicadas as suas

vantagens e desvantagens.

3.1. por eletrólise

3.1.1 Visão global do processo

A eletrólise é um processo que recorre à corrente elétrica contínua de um gerador para criar uma reação química não espontânea. Esse gerador é ligado aos eletrodos de uma célula eletrolítica de forma a obrigar os eletrões a atuar em reações provocadas de oxidação-redução em cada um dos eletrodos (ânodo e cátodo, respetivamente). (Fernandes, R.F., 2015)

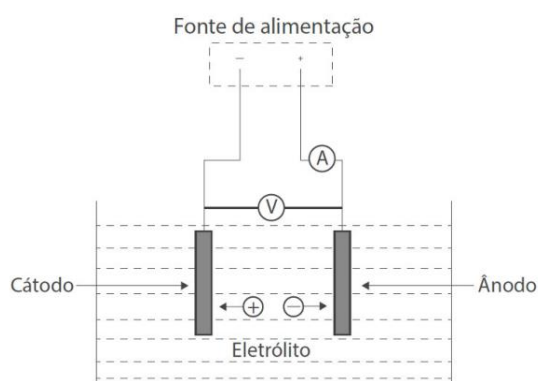


Figura 2: Representação gráfica de uma célula eletrolítica utilizada para um processo de galvanoplastia (Fernandes 2015)

No quotidiano, a eletrólise é um processo muito usado na preparação e purificação de metais, como, por exemplo, na obtenção do alumínio a partir do mineral bauxite, ou na refinação do cobre na etapa final da extração.

3.1.2 No caso em específico do magnésio

Desenvolveu-se uma pesquisa para extrair magnésio recorrendo à eletrólise da membrana de troca catiónica, de modo a separar catiões de salmoura e utilizar então o magnésio.

Nessa pesquisa, são abordados métodos para extrair vários metais valiosos, mas principalmente o magnésio, da salmoura de lagos salinos, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental causado pelos resíduos ricos em magnésio gerados durante a extração de potássio e lítio. Propôs-se a utilização de uma membrana de troca catiónica (CEM) para separar catiões como Mg^{2+} , otimizando a recuperação de recursos e minimizando a poluição.

Os lagos salinos são fontes importantes de minerais como lítio, magnésio e potássio. Contudo, a extração de potássio e lítio gera resíduos líquidos contendo magnésio, que poluem

o ambiente e representam um desafio para a exploração sustentável desses recursos. A pesquisa apresenta um método eletroquímico para separar e utilizar o magnésio de forma eficiente, ao mesmo tempo que recupera subprodutos como lítio e boro.

Os resultados indicam que o magnésio foi extraído com sucesso da salmoura, o lítio e o boro foram enriquecidos e separados, e o cloro foi consumido no processo. O estudo demonstra ainda que a estabilidade da eletrólise depende da concentração adequada do eletrólito. Essa abordagem procura promover a exploração racional dos recursos, reduzindo a poluição e utilizando subprodutos para aplicações como baterias e fungicidas. (Xi-Juan P, 2020).

Conclui-se que tecnologias mais avançadas e sustentáveis são essenciais para o aproveitamento total dos recursos minerais em lagos salinos, equilibrando desenvolvimento industrial e preservação ambiental.

3.2. por redução térmica - Processo Pidgeon

Uma outra forma de se obter magnésio é através da redução térmica do óxido de magnésio usando um metal como redutor. Existem vários processos associados a este método, como os processos Bolzano, Magnetherm e Mintek, porém, neste trabalho, será apenas abordado o processo Pidgeon, uma vez que é o método predominante na produção de magnésio.

É de notar ainda que este processo é muito utilizado na China, sendo que mais de 90% do magnésio puro atualmente no mercado é lá produzido recorrendo a este método (Yang, Liu, Liu, Chang, Mao, Li, Shan 2020).

Relativamente ao processo Pidgeon, este surgiu nos anos 40 do século XX e consiste em duas etapas: a calcinação da dolomite e a redução do óxido de magnésio de cálcio ($\text{MgO} \cdot \text{CaO}$).

3.2.1 Calcinação

A primeira etapa deste processo é calcinar a dolomite de modo a formar $\text{MgO} \cdot \text{CaO}$. Para isso, aquece-se o minério ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$), de modo a eliminar qualquer impureza que tenha e libertar CO_2 (Takeda, Uda, Okabe 2014).

3.2.2 Redução

Antes de passar para a redução, mistura-se o material calcinado com ferro-silício (tipicamente com 75-80% de sílica) num rácio de $\text{MgO}:\text{Si} = 1.25:1$ e transforma-se esta mistura em briquetes. Após isso, colocam-se os briquetes em fornos “retort”, como mostra a imagem seguinte, e aquece-se o forno até cerca de 1200°C .

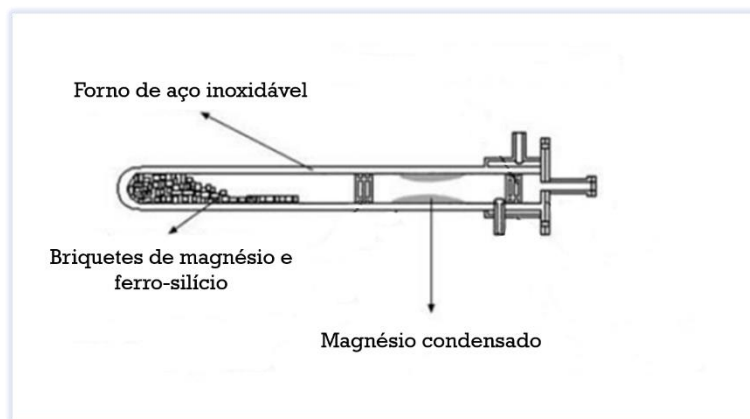
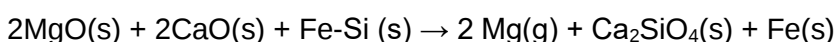


Figura 3: Representação de um forno “retort” no qual ocorre a etapa da redução do processo Pidgeon (adaptada de uma apresentação de Neto, F)

O magnésio é reduzido e passa ao estado gasoso, de acordo com a seguinte equação:



De seguida, dá-se a condensação do magnésio gasoso numa região do forno “retort” onde a temperatura é inferior. O magnésio condensado é então reunido, fundido e vazado para um molde de modo a formar um lingote.

Relativamente ao rendimento da reação, por cada 120 kg a 130 kg de briquetes utilizados são produzidos cerca de 20 kg do metal magnésio, o que faz com que o rendimento seja de cerca de 85%. Relativamente à pureza do metal, esta é de 99,95% (Takeda, Uda, Okabe 2014).

3.2.3 Vantagens e desvantagens deste processo

Por um lado, comparado com outros processos, este método é mais simples e, além disso, tem a capacidade de produzir magnésio com elevado grau de pureza (99,95%), sendo que o magnésio puro é a base da indústria do magnésio.

Apesar disso, há investigações para desenvolver novas técnicas que aumentem ainda mais o grau de pureza deste metal, uma vez que os 0,05% podem significar impurezas que prejudiquem o metal (principalmente as suas ligas), degradando as suas propriedades, como, por exemplo, a sua resistência à corrosão. Estas novas técnicas têm o objetivo de produzir magnésio com uma pureza de 99,99% sem haver um aumento significativo do custo do processo (Yang, Liu, Liu, Chang, Mao, Shan 2020).

Por outro lado, este processo requer uma grande quantidade de energia, estando associado também à poluição do ambiente (Wang, Zang, He 2005) (Prentice, Haque 2012).

3.3. Comparação dos processos de obtenção do magnésio

O processo Pidgeon, apesar de ter as suas vantagens, é altamente poluente, o que torna o método da eletrólise uma alternativa mais sustentável. Porém, este método ainda necessita de tecnologias mais avançadas para poder ser viável para a produção de magnésio como fonte principal de magnésio.

4. Aplicações

Este metal tem diversas aplicações, desde na indústria automóvel, na aeronáutica, na aeroespacial e até na informática.

Como cada uma destas indústrias requer propriedades diferentes, o magnésio é combinado com diferentes elementos de modo a formar ligas com as propriedades mais adequadas à indústria a que vai ser aplicado.

Das muitas aplicações que este metal e as suas ligas têm, foram selecionadas duas para abordar mais aprofundadamente, sendo estas a utilização do magnésio na indústria automóvel e na biomédica.

4.1. na indústria automóvel

Atualmente a procura de alternativas mais sustentáveis em todo o tipo de indústrias é muito significativa e a indústria automóvel não é exceção. Os automóveis são uma das principais preocupações devido às emissões de gases poluentes.

Sabe-se que, quanto mais pesado for um veículo, mais combustível irá gastar, já que será mais difícil de mover e, consequentemente, maior será o consumo de combustível e as emissões de gases. Assim sendo, uma solução para consumir menos combustível e reduzir a emissão de gases passa por utilizar materiais mais leves na produção dos automóveis. Ao trocar materiais pesados por outros mais leves, reduz-se o peso do veículo, o que vai permitir criar motores de menor cilindrada e grupos motopropulsores otimizados, tornando os carros mais ecológicos.

É de notar que a escassez de magnésio tem vários impactos nesta indústria. Esta afeta desde as ligas de alumínio (as ligas de alumínio utilizadas nesta indústria contêm magnésio, sendo que não existe nenhum substituto para este elemento), a produção de chapas (35% da procura de magnésio é para chaparia automóvel) até à diminuição do stock (este metal é difícil de armazenar por longos períodos, uma vez que oxida ao fim de três meses, o que irá inevitavelmente diminuir o stock ainda mais) (Standvirtual 2021).

4.1.1 Utilização do magnésio e das suas ligas

O magnésio, como já foi referido, é um metal pouco denso, sendo, atualmente, o metal estrutural mais leve, com uma densidade 35% menor que o alumínio e 78% menor que o aço.

As ligas de magnésio surgem como uma alternativa promissora devido à sua relação resistência-peso, à facilidade de aplicar processos de conformação plástica (apesar do magnésio puro implicar cuidados especiais nestes processos devido à sua reatividade, as suas ligas já apresentam menos reatividade e, portanto, não requerem tanto cuidado, tornando-se assim mais fácil o seu processamento) e à sua capacidade de poderem ser recicladas.

4.1.2 Processamento das ligas de magnésio para a indústria automóvel

Para as ligas de magnésio, a fundição sob pressão (HPDC) destaca-se como processo de fabrico, já que apresenta grande precisão e eficiência na produção de componentes leves e complexos.

Este processo começa no fabrico do molde, geralmente de aço. De seguida, a liga de magnésio é fundida e injetada dentro da cavidade sob alta pressão. O metal fundido é forçado para dentro do molde usando uma prensa. Devido à alta pressão de injeção, é garantido que a peça seja preenchida sem porosidade e que esteja detalhada como pretendido. Finalmente, o metal solidifica e é então ejetado da cavidade do molde.

A fundição sob pressão é altamente valorizada nesta indústria devido às suas vantagens, como, por exemplo, a flexibilidade de design das peças (que permite criar peças complexas com muita precisão), a alta velocidade de produção e de baixo custo, a capacidade de criar peças com tolerância dimensional estreita (o que permite que a montagem destas, tal como o seu ajuste, sejam precisos) e também o facto deste tipo de fundição produzir componentes com qualidade superficial perfeita e recursos que excluem a necessidade de outros métodos de fabrico.

4.1.3 Ligas mais utilizadas

Nem todas as ligas de magnésio se adequam a esta indústria, sendo as mais indicadas a AZ91, a AM60 e a AM50.

Relativamente à AZ91, esta é a liga de magnésio mais utilizada na indústria automóvel face à sua capacidade de fusão e resistência bem como às suas propriedades anticorrosivas, alta resistência à tração e baixa densidade. Esta liga é composta por cerca de 9% de alumínio, 1% de zinco e manganês e silício em pequenas quantidades. É apropriada para aplicações onde seja necessário menos peso, como peças de motores, caixas de transmissão e componentes estruturais.

Por outro lado, a liga AM60 também está presente em vários veículos já que a sua capacidade de se deformar plasticamente e a sua resistência a tornam apta para tal. Esta liga contém aproximadamente 8% de alumínio e 0.5% manganês. É usada para produzir colunas de direção, estruturas de assentos e peças de suspensão, que necessitam de resistência e

flexibilidade.

Por fim, a liga AM50 é a liga que apresenta maior resistência a altas temperaturas, sendo, por isso, aplicada onde as temperaturas de funcionamento são elevadas. É composta por 5% de alumínio, 0,5% de manganês e quantidades mínimas de zinco e zircônio. As suas aplicações são principalmente em peças de automóveis que são expostas a altas temperaturas como coletores de admissão turboalimentados, tampas das cabeças de cilindros de motores diesel e blocos de motores.

4.1.4 Impacto da China na indústria automóvel

A China é um dos principais produtores de ligas de magnésio no mundo, uma vez que a indústria de magnésio neste país está mais desenvolvida.

Alguns dos fatores que levaram ao desenvolvimento desta indústria foram o custo reduzido da mão de obra e da produção.

Estes fatores permitiram não só o desenvolvimento da indústria, mas também a possibilidade de obter ligas de alta qualidade a um preço menos elevado, em comparação com outros países fornecedores.

4.1.5 Sustentabilidade na indústria automóvel

Com a indústria automóvel cada vez mais focada na redução de emissões e na melhoria da eficiência energética, o magnésio e as suas ligas continuarão a ser fundamentais no desenvolvimento de veículos mais leves e ecológicos.

4.2. na indústria biomédica

Devido às suas propriedades mecânicas e oste promotoras, o magnésio, as suas ligas e os biomateriais formados através do mesmo têm grande potencial para serem utilizados em implantes ortopédicos nos próximos anos.

Vários estudos são feitos no sentido de descobrir quais são as ligas ou biomateriais deste metal que apresentam melhores características para contrariar problemas como a degradação do magnésio a ritmos indesejados e a rápida perda de força mecânica.

Ao resolver estas questões juntam-se critérios como a aceleração provocada na formação do osso ou a sua biocompatibilidade, tornando o magnésio um grande foco de atenção quando se fala de materiais para implantes ósseos do futuro.

4.2.1 Magnésio e as suas formas

Para que este material seja potencializado ao seu extremo, várias ligas e biomateriais são estudados e analisados. Ligas de magnésio e terras raras, por exemplo, são ligas que apresentam características do metal como a sua baixa densidade, mas corrigem a sua grande tendência para corrosão, que não é ideal (Sindeaux 2019).

Já os biomateriais, como biocerâmicas de magnésio, apresentam baixos níveis de toxicidade e são biodegradáveis, permitindo que não sejam necessárias cirurgias de remoção das próteses.

4.2.2 Aplicações na vida

Num futuro próximo espera-se que testagens de implantes e próteses de magnésio possam ser colocadas na prática em casos clínicos. Contudo, de momento, apenas são conduzidos testes em laboratório, para garantir que, posteriormente, os utentes estarão em segurança.

4.2.3 Vantagens e desvantagens

Relativamente a outros metais utilizados na indústria biomédica, o magnésio apresenta três grandes vantagens: o custo reduzido, a sua versatilidade e a sua resistência à tração. Por ser um metal muito abundante, é bastante barato, o que reduz, em grande escala, os custos associados à manufatura dos vários dispositivos ortopédicos mencionados neste relatório.

Além disso, como as ligas de magnésio e os seus biomateriais se dissolvem no organismo depois de cumprirem a sua função, os dispositivos feitos das mesmas não só contribuem para cirurgias menos invasivas e processos de recuperação do utente mais rápidos, como também são benéficos para o ambiente, contribuindo para a redução de “lixo” cirúrgico. Esta vertente sustentável acaba também por atrair as empresas para o uso do magnésio (Zhou 2021).

Referimos ainda o seu módulo de Young que é bastante semelhante ao do osso, destacando o magnésio dos metais mais abundantes neste setor da indústria biomédica, o que confere ao utente maior conforto.

Na imagem seguinte estão representadas graficamente as várias aplicações de biomateriais de magnésio e os seus processos fisiológicos correspondentes.

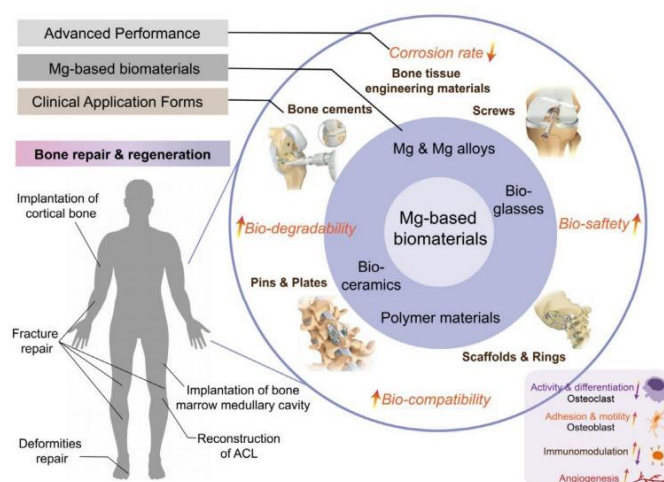


Figura 4: Representação gráfica de as várias aplicações de biomateriais de magnésio e os seus processos fisiológicos correspondentes (Zhou 2021)

5. ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável)

5.1. O que são

“Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são a nossa visão comum para a Humanidade e um contrato social entre os líderes mundiais e os povos. São uma lista das coisas a fazer em nome dos povos e do planeta e um plano para o sucesso” (Ban Ki-moon - antigo Secretário-Geral das Nações Unidas)

Os objetivos de desenvolvimento sustentável são 17 objetivos que “definem as prioridades e aspirações globais para 2030 em áreas que afetam a qualidade de vida de todos os cidadãos do mundo e daqueles que ainda estão para vir” (17 Objetivos • ODS - BCSD Portugal)

5.2. Contribuição do magnésio

A utilização do magnésio nas áreas referidas, e em muitas outras, contribui para o cumprimento dos “ODS” definidos pela ONU. Contudo, é de realçar o seu impacto nos objetivos 3 (saúde e qualidade) e 9 (indústria, inovação e infraestruturas), que abordam aspetos muito relevantes no mundo atual e na realidade do nosso país.



Figura 5 e 6: Imagens referentes aos ODS cuja utilização do magnésio na indústria automóvel e biomédica em impacto

6. Conclusões

Com a realização deste relatório, conclui-se que o magnésio é um metal muito útil para o ser humano, por apresentar características apelativas a inúmeras indústrias. Constatase também que o método de extração por eletrólise, mesmo precisando ainda de algum desenvolvimento, é muito menos poluente que o processo Pidgeon.

Relativamente às suas aplicações, é possível afirmar que este metal traz grande inovação aos setores da indústria automóvel e biomédica, podendo revolucionar vários aspetos, mais concretamente, no fabrico de carros mais leves e na regeneração óssea.

Apesar da utilização do magnésio nas áreas referidas cumprir alguns ODS (objetivos de desenvolvimento sustentável), é necessário investir nos estudos feitos sobre este metal para que se possam encontrar outros métodos ou melhorar os já existentes, de forma a que seja possível obter magnésio de alta qualidade sem poluir o meio ambiente.

Desta forma, reforça-se que a investigação ainda tem um papel fulcral a desempenhar para que as aplicações do magnésio nos ramos da biomedicina e da construção automóvel sejam cada vez mais frequentes e sustentáveis.

Referências bibliográficas

"17 Objetivos • ODS - BCSD Portugal". ODS - BCSD Portugal. Consultado em 6 de dezembro de 2024.

<https://ods.pt/ods/>

Berg, E., 2023. "Terras raras: a Europa importa 100% destes elementos críticos para a sustentabilidade, mas qual é o preço desta dependência?". Portugal: National Geographic Portugal.

<https://www.nationalgeographic.pt/ciencia/terras-raras-a-europa-importa-100-destes-elementos-criticos-para-a-sustentabilidade-mas-qual-e-o-preco-desta-dependencia> 3038

Fernandes, R.F., (2015) Eletrólise, Rev. Ciência Elem., V3(1):019

<http://doi.org/10.24927/rce2015.019>

Gao, F., Z. Nie, Z. Wang, X. Gong, T. Zuo. 2008. "Assessing environmental impact of magnesium production using Pidgeon process in China". Transactions of Nonferrous Metals Society of China.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1003632608601296>

Mendes, V., 2012. "Próteses biodegradáveis podem revolucionar a medicina". Portugal: Jornal Expresso.

<https://expresso.pt/actualidade/proteses-biodegradaveis-podem-revolucionar-medicina=f726106>

Neto, F., s.d. "Metalurgia extrativa dos não ferrosos".

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3281114/mod_resource/content/0/PMT3409_6.pdf

Peixoto, E., 2000. "Elemento Químico: Magnésio". Sociedade Brasileira de Química.

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a11.pdf>

Porto Editora, Infopédia, eds. "Magnésio". Acedido a 22 de novembro de 2024.

[https://www.infopedia.pt/artigos/\\$magnesio](https://www.infopedia.pt/artigos/$magnesio)

Prentice, L.H. Haque. 2012. "MagSonic™ carbothermal technology compared with the electrolytic and pidgeon processes". Acedido a 19 de novembro de 2024.

https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84860800886&doi=10.1007%2f978-3-319-48203-3_7&partnerID=40&md5=c378b13fca339b7bc0f7421a6c2e9e3f

Simões, S., 2024. "Slides da Aula de Engenharia de Materiais I". Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Sindeaux, A., 2019. "Ensaio Eletroquímico para aplicação de magnésio puro e liga de magnésio com terras raras como biomaterial para regeneração óssea". Fortaleza.

<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/49228>

Smith, W., J. Hashemi. 2012. "Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais". AMGH Editora Ltda.

Standvirtual., ed. 2021. "Escassez de Magnésio Na China Ameaça Indústria Automóvel-Diário Automóvel".

<https://www.standvirtual.com/diarioautomovel/escassez-de-magnesio-na-china-ameaca-industria-automovel/>

Takeda, O., T. Uda, T. H. Okabe. 2014. "Rare Earth, Titanium Group Metals, and Reactive Metals Production".

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080969886000195>

Wang, X. Zang, J. He. 2005 "Recent technological advancement and developmental trend of pidgeon process in smelting magnesium in China". Acedido a 19 de novembro de 2024.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-35148853795&doi=10.4028%2f0-87849-968-7.43&partnerID=40&md5=809b87962c59b3d11b2fe3a39806f4dd>

Xi-Juan P., D. Zhi-He, Z. Ting-An, M. De-Liang, F. Yang-Yang. 2020. "Separation of metal ions and resource utilization of magnesium from saline lake brine by membrane electrolysis" Separation and Purification Technology, Volume 251.

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117316>

Yang, B. Liu, F. Liu, B.-Y. Chang, Z.-M. Mao, L.-Y. Li, J. Shan, Z.-W. 2020. "Producing High Purity Magnesium (99.99%) Directly by Pidgeon Process". Acedido a 19 de novembro de 2024.

https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081679759&doi=10.1007%2f978-3-030-36647-6_44&partnerID=40&md5=621b2e39bd93687ffae0b4b1280f521

Zhou, H., B. Liang, H. Jiang, Z. Deng, K. Yu. 2021. "Magnesium-based biomaterials as emerging agents for bone repair and regeneration: from mechanism to application". Journal of Magnesium and Alloys, Volume 9.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213956721000578>