Metalurgia do Magnésio

Grupo:
Cecilia Biancardi
Daniele Ucha
Henrique Noguchi

Roteiro

- Introdução
- Metalurgia Primária
  - Processos Eletrolíticos
  - Processos Térmicos
  - Refino
- Metalurgia Secundária
  - Processos com fluxo
  - Processos sem fluxo
  - Classes Especiais

INTRODUÇÃO – CARACTERÍSTICAS

- Propriedades do Metal

	Magnésio	Alumínio	Ferro
Densidade	1,738 g/cm3	2,697 g/cm3	7,874g/cm3
Condutividade Térmica	156 W/m.K	237 W/m.K	80 W/m.K
Módulo de Young	~45 GPa	~70 GPa	~180 GPa
Limite de Escoamento	~200 MPa	~270 MPa	~350 MPa

Fonte: Callister, W.D. Ciência e Engenharia de Materiais

- Principais Usos:
  - Ligas de Alumínio (latinhas)
  - Peças fundidas (indústria automobilística)
  - Síntese de compostos orgânicos
  - Aditivo para produção de aço ou urânio

INTRODUÇÃO – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO

PRODUCTION STATISTICS FOR MAGNESIUM (TONS)

	1937	1942	1944	1946	1951	1958
U.S.A. . . .	2,059	44,418	142,518	4,823	37,116	30,096
U.K. . . .	2,000	14,865	13,094	1,700	7,996	2,600
U.S.S.R. . .	700	5,000	5,000	3,000	—	45,000
Germany . .	13,646	37,213	38,683	2,009	—	210
Canada . .	—	367	4,799	145	4,000	5,810
Other countries .	1,395	3,013	5,468	—	5,888	17,284
Totals . .	19,800	104,876	209,562	11,677	55,000	101,000

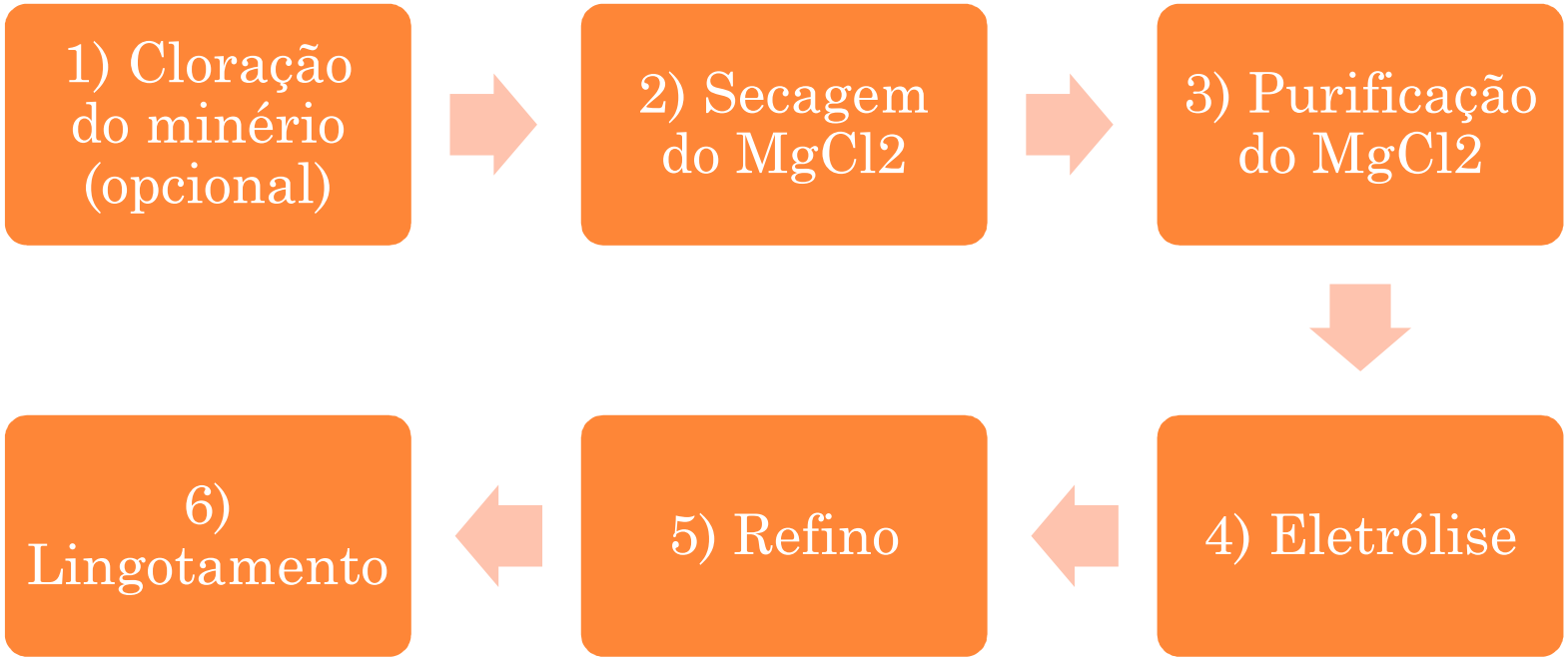
Fonte: Dennis, W.H., *Metallurgy of the non-ferrous metals*, 2nd edition, London

Produção Primária – Fontes

Minério	Fórmula	Teor de Mg	Processo Típico
Magnesita	$MgCO_3$	28,8 %	Ambos
Dolomita	$MgCO_3.CaCO_3$	13 %	Ambos
Bischofita	$MgCl_2.6H_2O$	12 %	Eletrólise
Carnalita	$MgCl_2.KCl.6H_2O$	9 %	Eletrólise
Serpentina	$3MgO.2SiO_2.2H_2O$	27 %	Ambos
Água do mar	$Mg^{2+}(aq)$	0,13 %	Eletrólise

- Divisão dos processos em dois grandes grupos
  - *Eletroquímicos*: eletrólise ígnea do $MgCl_2$
    - 18-28 kWh/kg, investimento de 10k-18k US$ / ton Mg
  - *Térmicos*: redução térmica do MgO
    - 45-80 kWh/kg, investimento de até 2k US$ / ton Mg

Produção Primária – Eletrólise



PRODUÇÃO PRIMÁRIA – ELETRÓLISE

- Minérios utilizados:(ex: bischofita)
  - Clorados (ex: bischofita, água do mar): mais econômico
  - Não clorados : Necessário converter em $MgCl_2$

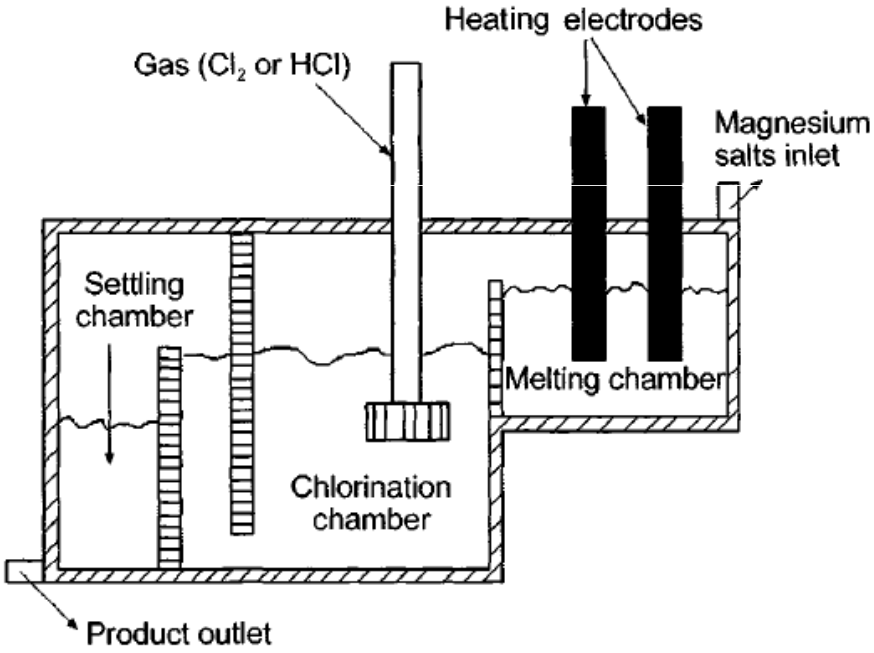
- *Secagem*: evitar a hidrólise do $MgCl_2$ e formação de óxido que aglomera no fundo do reator
  - $MgCl_2.H_2O \rightarrow MgOHCl + HCl$
  - $MgOHCl \rightarrow MgO + HCl$

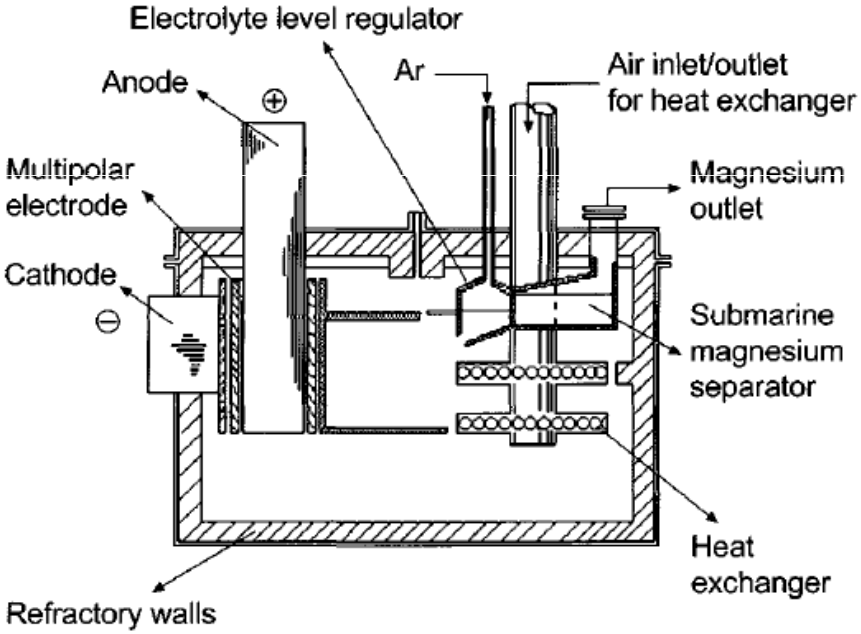
- *Eletrólise*
  - Banho de sais para facilitar fusão (25 % $MgCl_2$)
  - Redução da resistividade e aumento de densidade

PRODUÇÃO PRIMÁRIA – ELETRÓLISE

Clorador de três camadas (etapa 3)

Eletrólise (etapa 4)





Fonte: Friedrich, H.E. et Mordike, B.L. *Magnesium Technology – Metallurgy*, Springer 2006

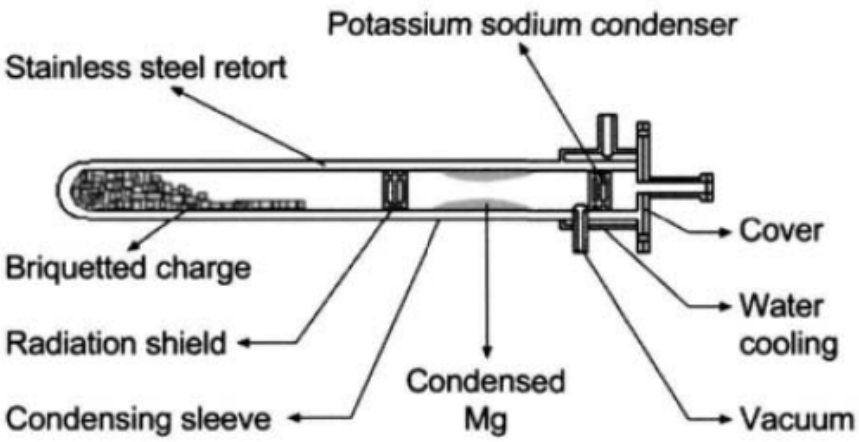
Produção primária – Processos térmicos

- Processos que reduzem o óxido de magnésio (MgO)
- Principais minérios: Magnesita e Dolomita
  - $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$
  - $MgCO_3.CaCO_2 \rightarrow MgO.CaO + 2CO_2$

- Segundo o redutor, são divididos em:
  - *Silicotérmicos*:
    - Ferrosilício - Si(Fe); T ≅ 1100 -1500 °C e P ≅ 10^{-2}-10^{-3} atm
  - *Aluminotérmicos*:
    - Alumínio metálico; temperatura baixa (a partir de 900 °C)
  - *Carbotérmicos*:
    - Carvão ou compostos com carbono; alta temperatura (~1850 °C)

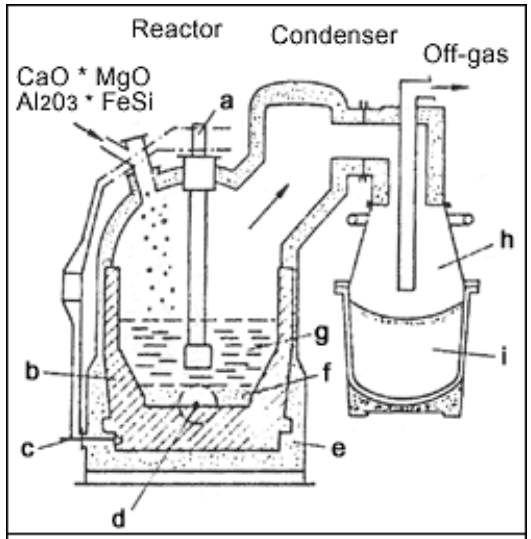
Produção primária – Processos térmicos

- Processo Pigeon
  - Minério calcinado e redutor forma briquete
  - Coloca-se no forno e aquece
  - ↑T ⇒ Impurezas



Fonte: Friedrich, H.E. et Mordike, B.L. *Magnesium Technology – Metallurgy*, Springer 2006

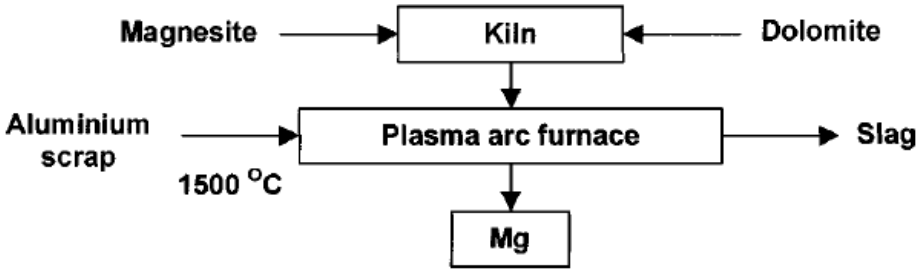
- Magnetherm
  - Aquecimento por corrente alternada através de escória líquida que bóia
  - Escória: bauxita pré calcinada



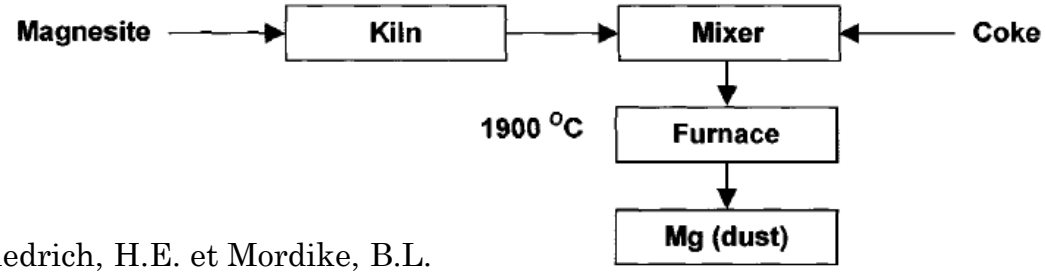
Magnetherm reactor
a) Copper electrode; b) Graphite lining; c) Bottom electrode; d) Taphole; e) Refractory; f) Low-grade FeSi; g) Slag h) Condenser; i) Condenser crucible

Produção primária – Processos térmicos

- Aluminotérmicos
  - Baixas temperaturas (900 °C)
  - Alto custo do redutor
  - Ex: *Processo Heggie*



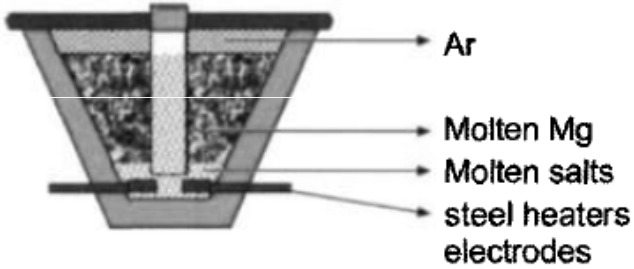
- Carbotérmicos
  - Altas temperaturas (1850 °C para o coque)
  - Resfriamento rápido necessário para evitar re-oxidação
  - Baixo custo do redutor

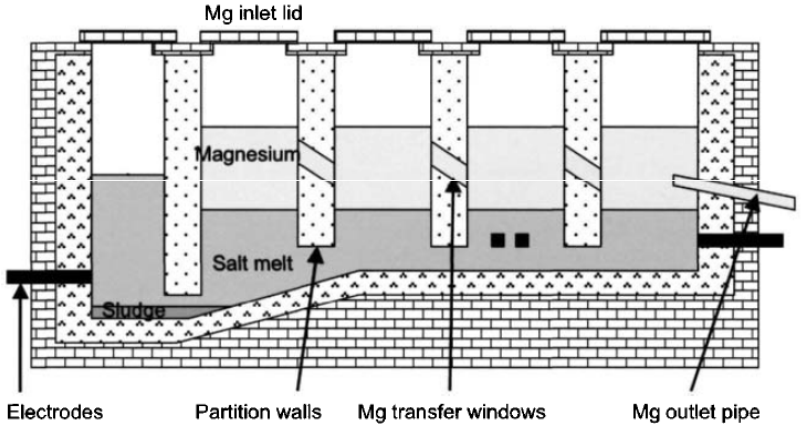


Fonte figuras: Friedrich, H.E. et Mordike, B.L. *Magnesium Technology – Metallurgy*, Springer 2006

REFINO DO MAGNÉSIO

- *Eletrolítico*: Continuous Refining Furnace (CRF)
  - Limpar o magnésio das impurezas
  - Permitir o vazamento nos lingotes





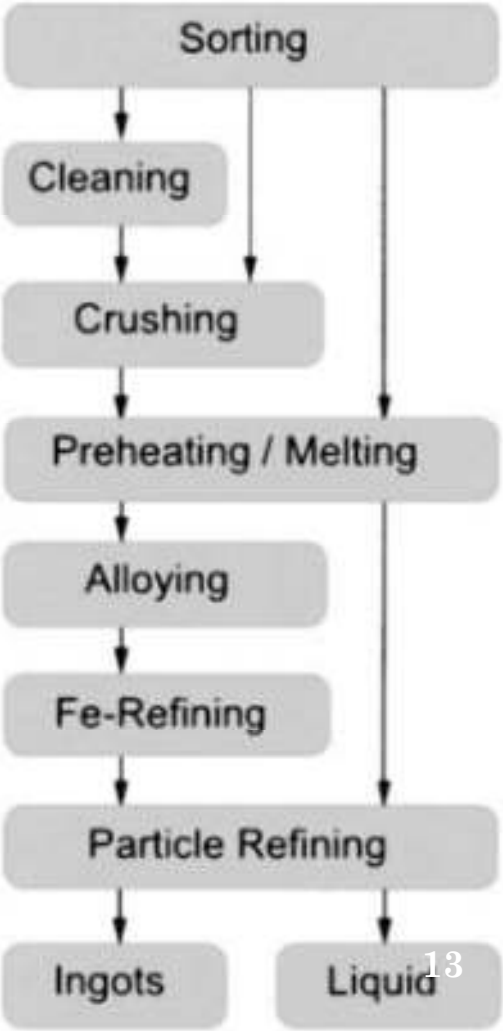
- *Processo térmico*
  - Eliminar óxido e nitrato de Mg e outros metais
  - Derretimento em fornos de aço
  - Adição de fluxos de cloreto que refinam o metal
  - Decantaçao do óxido e nitreto

Fonte figuras: Friedrich, H.E. et Mordike, B.L. *Magnesium Technology – Metallurgy*, Springer 2006

RECICLAGEM DO MAGNÉSIO

- Redução energéticos de cerca de 95 %
- Principal fonte de sucata: fundição sob pressão automotiva. De um lingote inicial, encontram-se:
  - 50%: produto fundido final
  - 42%: defeitos, canais, massalotes
  - 3%: cavaco de usinagem
  - 2%: perda na fusão
  - 3%: outros

- Necessidade de <u>classificação</u>



Fonte: Friedrich, H.E. et Mordike, B.L. *Magnesium Technology – Metallurgy*, Springer 2006

RECICLAGEM – CLASSIFICAÇÃO

Classe	Característica	Particularidade na Reciclagem
1	Alta qualidade, não contaminada	Pouco ou nenhum (somente triagem)
2	Presença de insertos de outros metais que não o cobre	Nenhuma se o inserto tiver baixa solubilidade no Mg
3	Contaminação com tintas, vernizes ou solventes orgânicos	Aquecimento para volatilização das tintas
4	Material finamente particulado seco	Maior quantidade de fluxo salino para compensar o excesso de óxido
5	Material finamente particulado com umidade	Processo especial de remoção de óleo
6	Drosse livre de sal	Muito de sal e mistura vigorosa
7	Escória contendo sal	Reaproveitamento da escória rica em Mg
8	Magnésio do fim de ciclo de vida	Triagem rigorosa das partes do produto (futuro…)

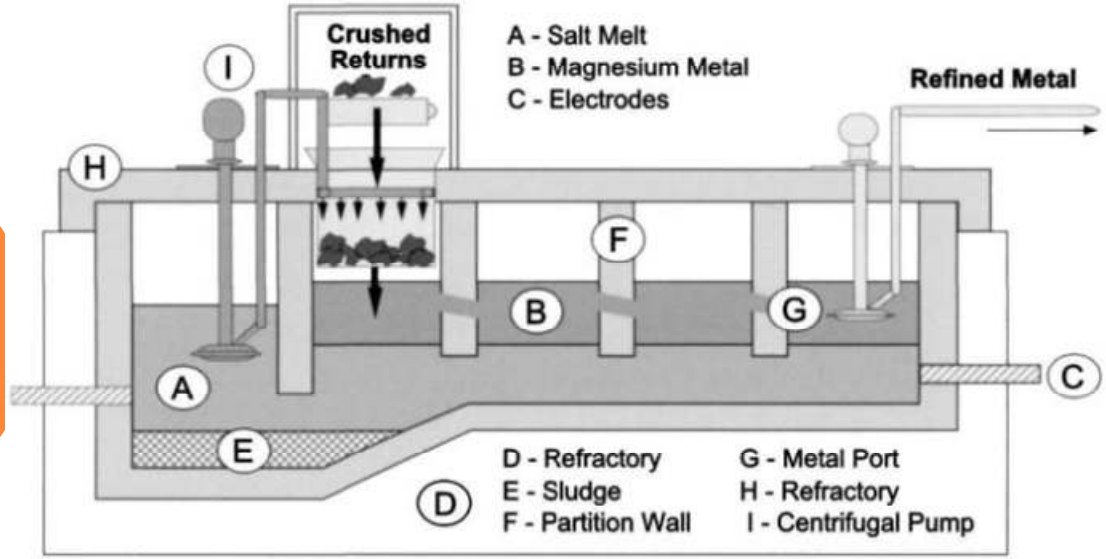
RECICLAGEM

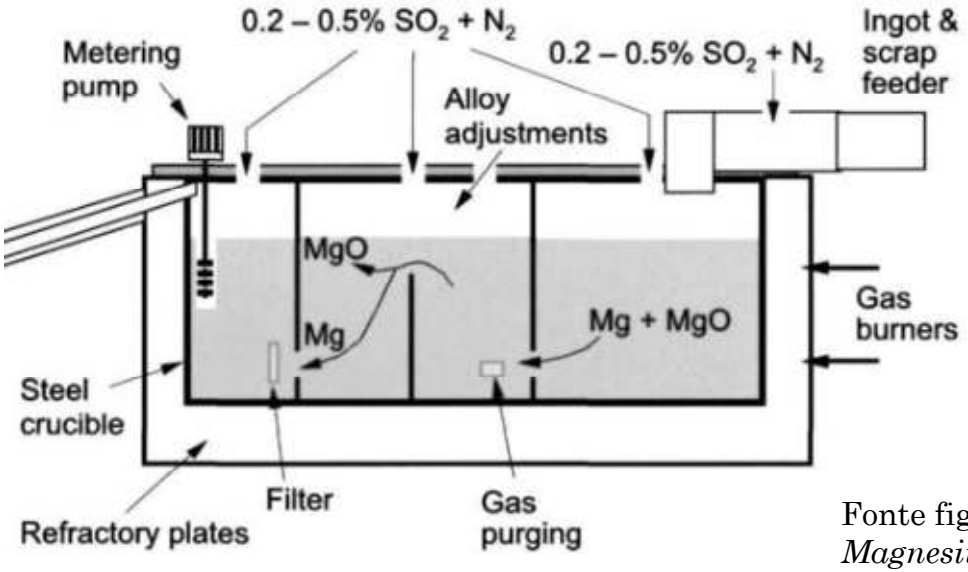
- Processos com Fluxo
  - Fluxo de sais fundidos refina o magnésio
  - Controle da temperatura e mistura de sais
  - O banho deve cumprir duas funções
    - Solubilizar a camada de óxido
    - Facilitar o coalescimento do magnésio líquido

- Processos sem fluxo
  - Atmosfera neutra protetora (SO_2 + ar seco)
  - Gás de purga e decantação refinam o magnésio
  - Condições ótimas de processo
    - Pouca agitação (para que inclusões separem-se)
    - Menor tamanho de bolha possível na purga

RECICLAGEM

Processo Hydro Magnesium (contínuo com fluxo)





Processo Rauch, Schmitz & Apelt (sem fluxo)

Fonte figuras: Friedrich, H.E. et Mordike, B.L. *Magnesium Technology – Metallurgy*, Springer 2006

RECICLAGEM – CLASSIFICAÇÃO

Classe	Característica	Particularidade na Reciclagem
1	Alta qualidade, não contaminada	Pouco ou nenhum (somente triagem)
2	Presença de insertos de outros metais que não o cobre	Nenhuma se o inserto tiver baixa solubilidade no Mg
3	Contaminação com tintas, vernizes ou solventes orgânicos	Aquecimento para volatilização das tintas
4	Material finamente particulado seco	Maior quantidade de fluxo salino para compensar o excesso de óxido
5	Material finamente particulado com umidade	Processo especial de remoção de óleo
6	Drosse livre de sal	Muito de sal e mistura vigorosa
7	Escória contendo sal	Reaproveitamento da escória rica em Mg
8	Magnésio do fim de ciclo de vida	Triagem rigorosa das partes do produto (futuro…)

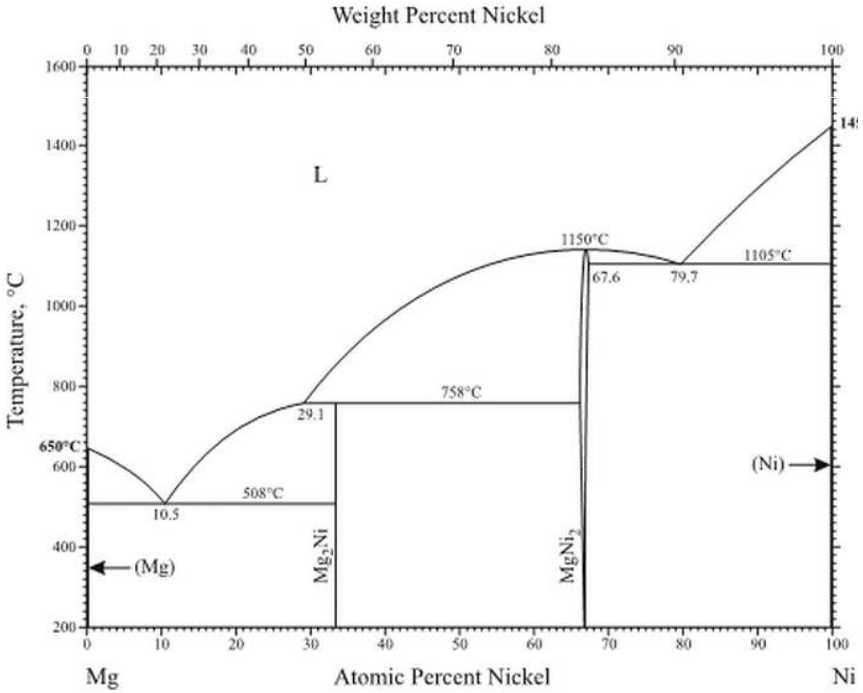
RECICLAGEM – CONTAMINANTES

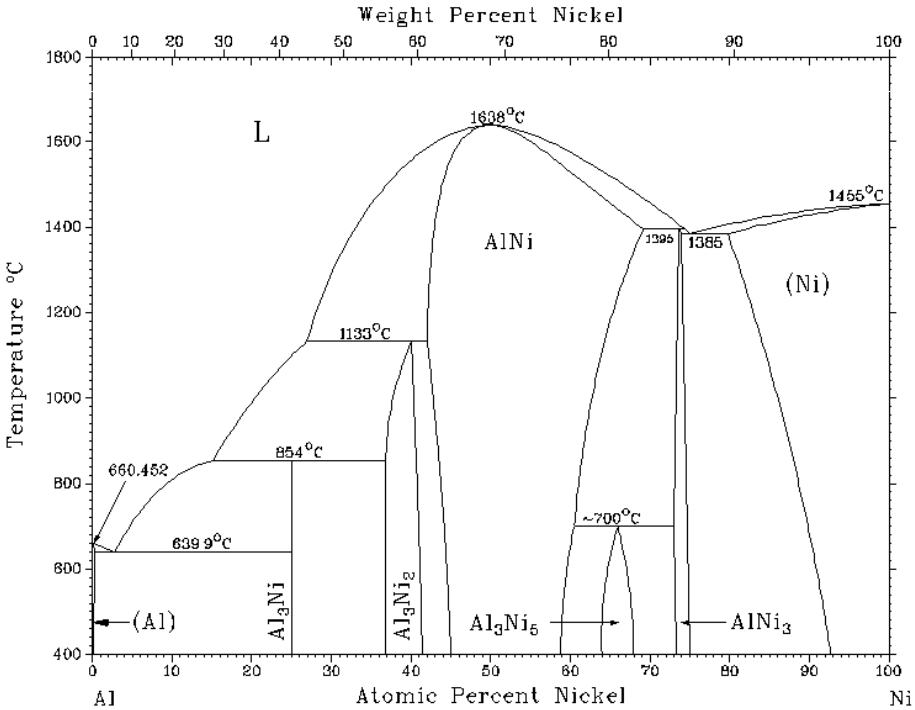
Níquel e Ferro

- Aumento da corrosão
- Adição de Al ou Mn – redução de solubilidade

Cobre

- Aumento da corrosão
- Adição de Zn – formação de eutético





Fonte : http://tptc.iit.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=212:binary-phase-diagram-of-al-ni&catid=27:td-results&Itemid=33

Obrigado pela Atenção !