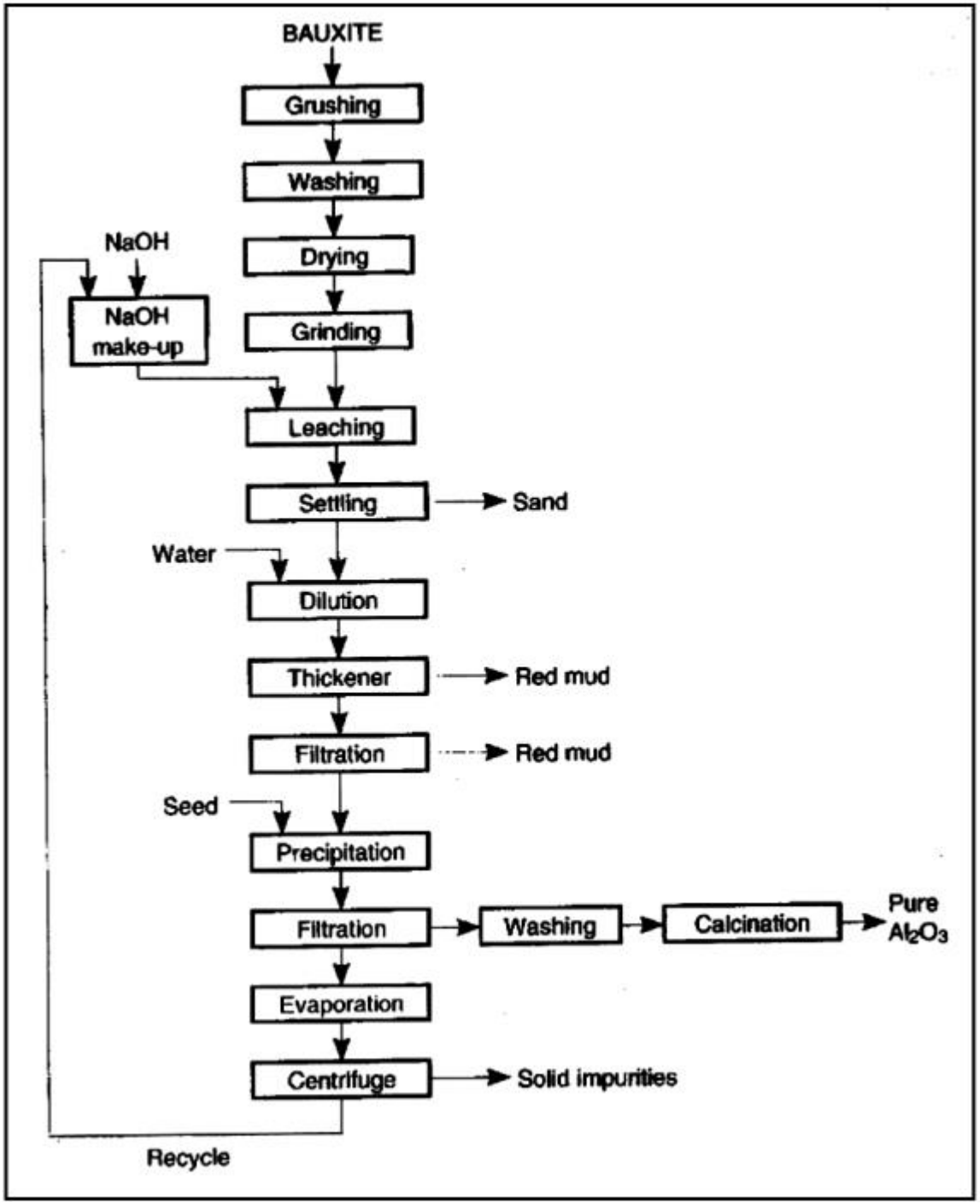
METALURGIA EXTRATIVA DOS NÃO FERROSOS

PMT 3409

Flávio Beneduce

PROCESSO BAYER

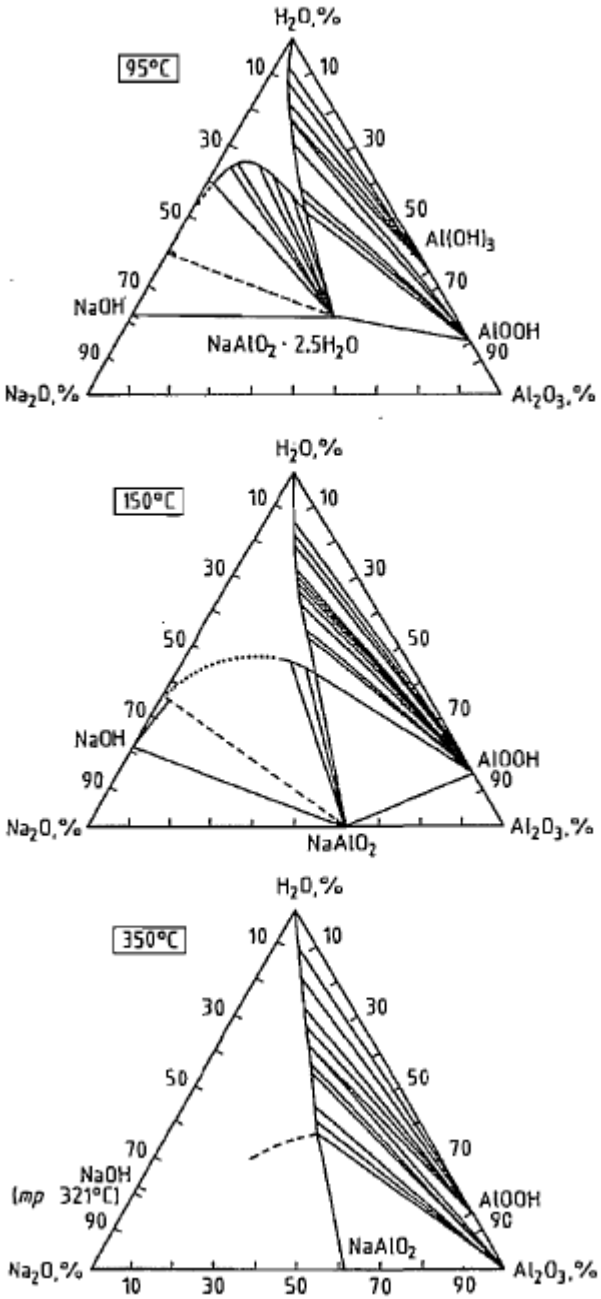


DIGESTÃO

- A Gibisita pode ser digerida a 135-150°C a pressão atmosférica:
  $AlO(OH)*H_2O + 2NaOH = 2NaAlO_2 + 4H_2O$
- A Boemita pode ser digerida a 205-245°C a pressão atmosférica:
  $AlO(OH) + 2NaOH = 2NaAlO_2 + 2H_2O$
- O diásporo pode ser digerido acima de 250°C a pressões de cerca de 35 atm:
  $AlO(OH) + 2NaOH = 2NaAlO_2 + 2H_2O$

Processo típico: 150°C/4 atm

DIGESTÃO



Bauxite type	Temperature, K	c_{NaOH}, g/L	Final $c_{Al_2O_3}$, g/L
gibbsitic	380	260	165
	415	105–145	90–130
boehmite	470	150–250	120–160
	510	105–145	90–130
diaspore[a]	535	150–250	100–150

[a] CaO is added to digests to accelerate dissolution of diaspore.

DIGESTÃO

- A sílica deve ser também digerida:

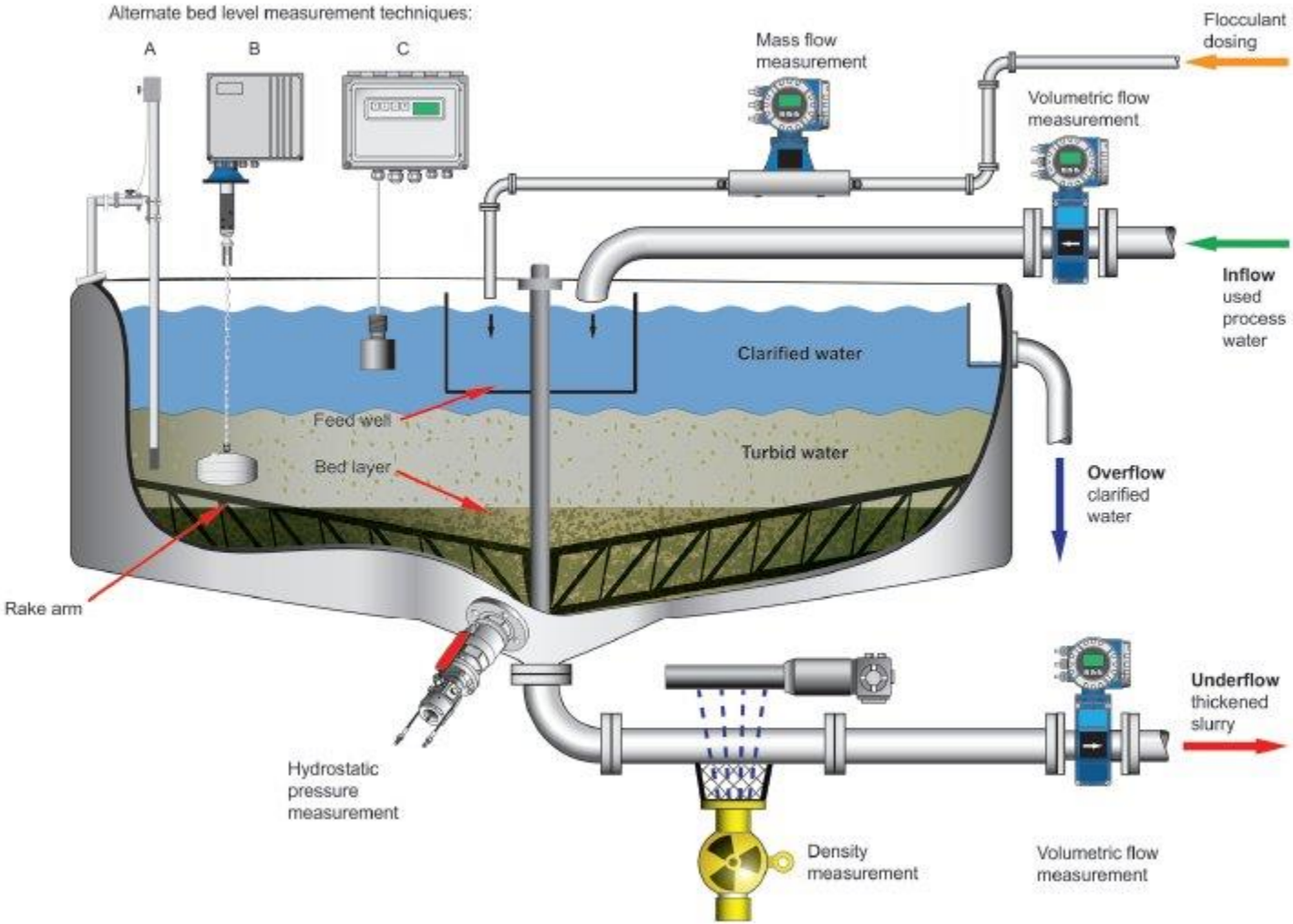
$$Al_2O_3.2SiO_2(OH)*H_2O + 2NaOH = 2NaAlO_2 + 2Na_2SiO_3 + 5H_2O$$

- A adição de CaO
  - Minimiza a %SiO_2 no licor
  - Minimiza a %P e %carbonatos
  - Acelera a digestão do diásporo

CLARIFICAÇÃO

- É produzido o licor rico que é uma solução de aluminato de sódio tetra hidratado $NaAlO_2.2H_2O$, $NaAl(OH)_4$
- >100μm – areia
- Sólidos removidos por decantação em espessadores
- Adiciona-se floculantes
  - Amido de milho (0,5-3kg/t bauxita)
  - Polímeros (acrilato-acrilamina, copolímeros)
- A lama vermelha é separada do processo

CLARIFICAÇÃO



CLARIFICAÇÃO

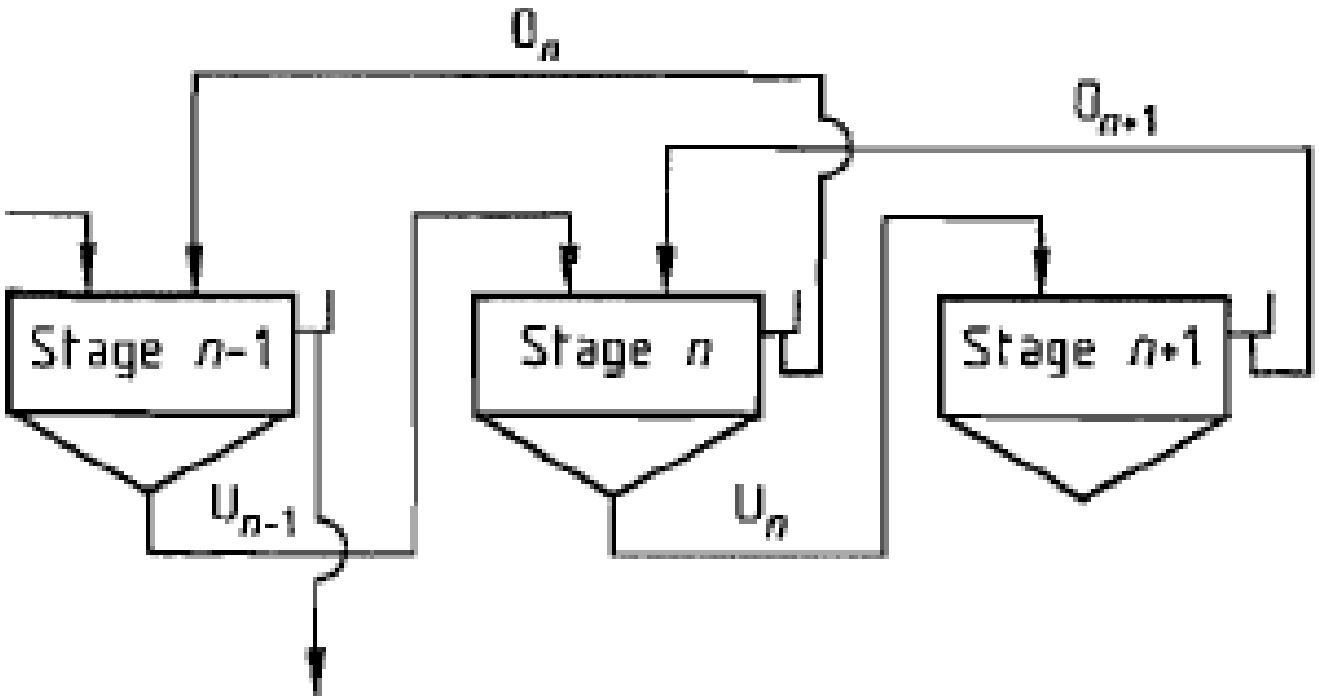


Figure 21.26: Flows at stage n in countercurrent decantation (O = overflow; U = underflow).

CLARIFICAÇÃO

Lagoa de disposição de lama vermelha

PRECIPITAÇÃO

- Neste processo cristais de hidróxido de alumínio ($Al(OH)_3$) são produzidos pelo abaixamento da temperatura e pela adição de sementes

$$2NaAlO_2 + 4H_2O = Al_2O_3.3H_2O + 2NaOH$$

CALCINAÇÃO

- Os cristais de hidróxido de Al são lavados, secos e então aquecidos a temperaturas entre 1010-1260°C em fornos calcinadores rotativos ou de leito fluidizado

$$\mathbf{Al_2O_3.3H_2O = Al_2O_3 + 3H_2O}$$

ou

$$\mathbf{2Al(OH)_3 = 2Al_2O_3 + 3H_2O}$$

- Entre 400-600°C é formada γ-Al_2O_3 (não é inerte)
- Acima de 1150°C a γ-alumina transforma-se em α-alumina (coríndon), que é quimicamente inerte

PROCESSO BAYER

Parâmetros de consumo da alumina	
Bauxita (t/t)	1,85 a 3,4
Cal (kg/t)	10 a 50
Soda cáustica (kg/t)	40 a 140
Vapor (t/t)	1,5 a 4,0
Óleo combustível - calcinação (kg/t)	80 a 130
Floculante sintético (g/t)	100 a 1000
Energia elétrica (kwh/t)	150 a 400
Produtividade (Hh/t)	0,5 a 3,0
Água m^3/t	0,5 a 2,0

Fonte: Boletim Técnico - ABAL/Produtores de Alumínio Primário

PROCESSO HALL-HEROULT

- Eletrólito: criolita (Na_3AlF_6)
  - corresponde ao melhor meio para a eletrólise da alumina (redução eletrolítica), pelos seguintes motivos:
    - É um bom solvente para a alumina
    - Possui um potencial de decomposição superior ao da alumina
    - É um bom condutor de eletricidade

PROCESSO HALL-HEROULT

- Possui um baixo ponto de fusão
- Possui boa fluidez
- Possui uma densidade inferior à do alumínio, nas temperaturas operacionais empregadas
- Possui uma baixa pressão de vapor
- Não reage quimicamente com os eletrodos
- Não reage quimicamente com os produtos da eletrólise

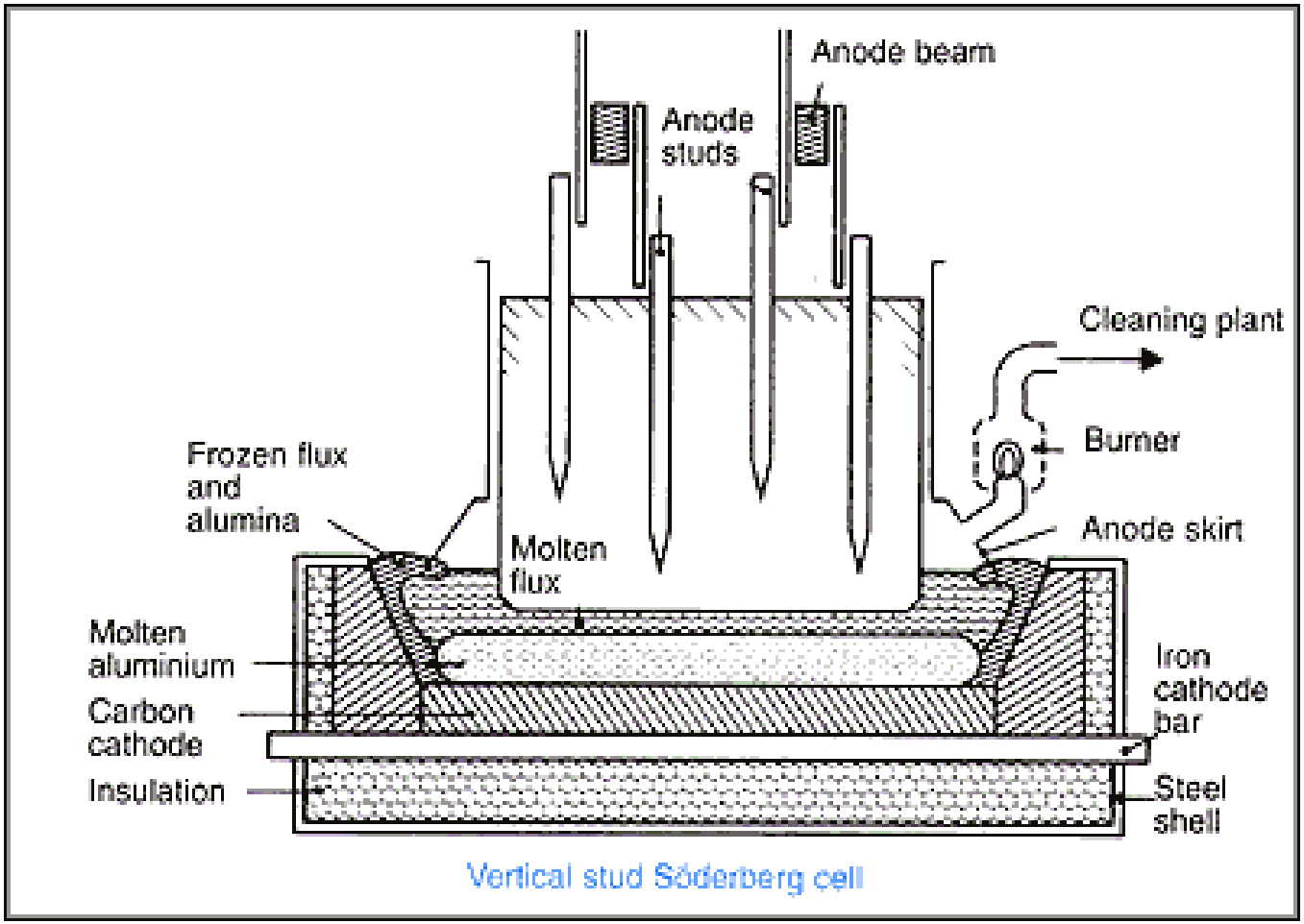
PROCESSO HALL-HEROULT

- A solubilidade da alumina é função da composição do eletrólito e da temperatura de operação
  - A relação NaF/AlF_3 é denominada razão da criolita e apresenta valor igual a 3, para a condição de criolita no estado puro
  - ⬆**NaF/AlF_3** ⬆**Eficiência de corrente**
  - ⬆**NaF/AlF_3** ⬆**Volatilização do eletrólito**
  - NaF/AlF_3 = 2 a 3
  - Temperatura de operação = 940°C a 980°C

PROCESSO HALL-HEROULT

- Diversos aditivos são incorporados ao eletrólito para permitir uma redução na temperatura de operação da cuba eletrolítica e de conduzir a um incremento na eficiência de corrente
  - AlF_3
    - Reduz o ponto de fusão da criolita
    - Neutraliza a soda presente na alumina (0,6% Na_2O), resultando em criolita
    - Maior emissão de F
    - Reduz o "*lombo*" lateral
    - Aumenta o *"lombo"* de sola

PROCESSO HALL-HEROULT



Anodo Söderberg

PROCESSO HALL-HEROULT

- Li_2CO_3
  - Transforma-se em LiF
  - Reduz a resistência elétrica do banho
  - Há uma redução de cerca de 9°C na temperatura eutética para cada 1,0 % de LiF no banho.
  - Reduz a pressão de vapor do banho
  - O Li se incorpora ao metal e torna-se um problema para fabricação de certas ligas.
  - O Li_2CO_3 é bastante caro e seu uso torna-se inviável (US$22.000/t)

PROCESSO HALL-HEROULT

	Solubilidade Al_2O_3	Condutivida de Elétrica	Densidade	Viscosidade	Temperatura do Banho	Solubilidade do Metal	Tensão Superficial	Pressão de Vapor
CaF_2	↓	↓	↑	⌒↑	↓	↓	↑	↓
AlF_3	↓	↓	↓	↓	⌒↓	↓	↓	↑
LiF	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓
MgF_2	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓
NaCl	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	
NaF	⌒↓	↑	⌒↓	⌒↓	⌒↓	↑	↑	↓
Al_2O_3	—	↓	↓	⌒↑	↓	↓	⌒↑	↓
Temperatura	↑	↑	↓	↓	—	↑	↓	↑

Legenda :

↓↑ Aumenta ou reduz as propriedades.

⌒↑ ⌒↓ Aumenta ou reduz as propriedades de forma não linear.

PRODUÇÃO DE CRIOLITA

Fluoreto de Sódio e Aluminio

Na_3AlF_6

$$6\ NaOH + Al_2O_3 + 12\ HF \rightarrow 2\ Na_3AlF_6 + 9\ H_2O$$

PROCESSO HALL-HEROULT

Composição de banho tradicional

		%
Criolita	Na_3AlF_6	79,0
Alumina	Al_2O_3	2,5
Fluoreto de Alumínio	AlF_3	12,0
Fluoreto de Cálcio	CaF_2	6,5
Fluoreto de Lítio	LiF	0,0

Composição do banho de Lítio

Criolita	86,5
Alumina	2,5
Fluoreto de Cálcio	5,0
Fluoreto de Alumínio	3,5
Fluoreto de Lítio	2,5

Li é adicionado sob forma de Carbonato de Lítio - Li_2CO_3