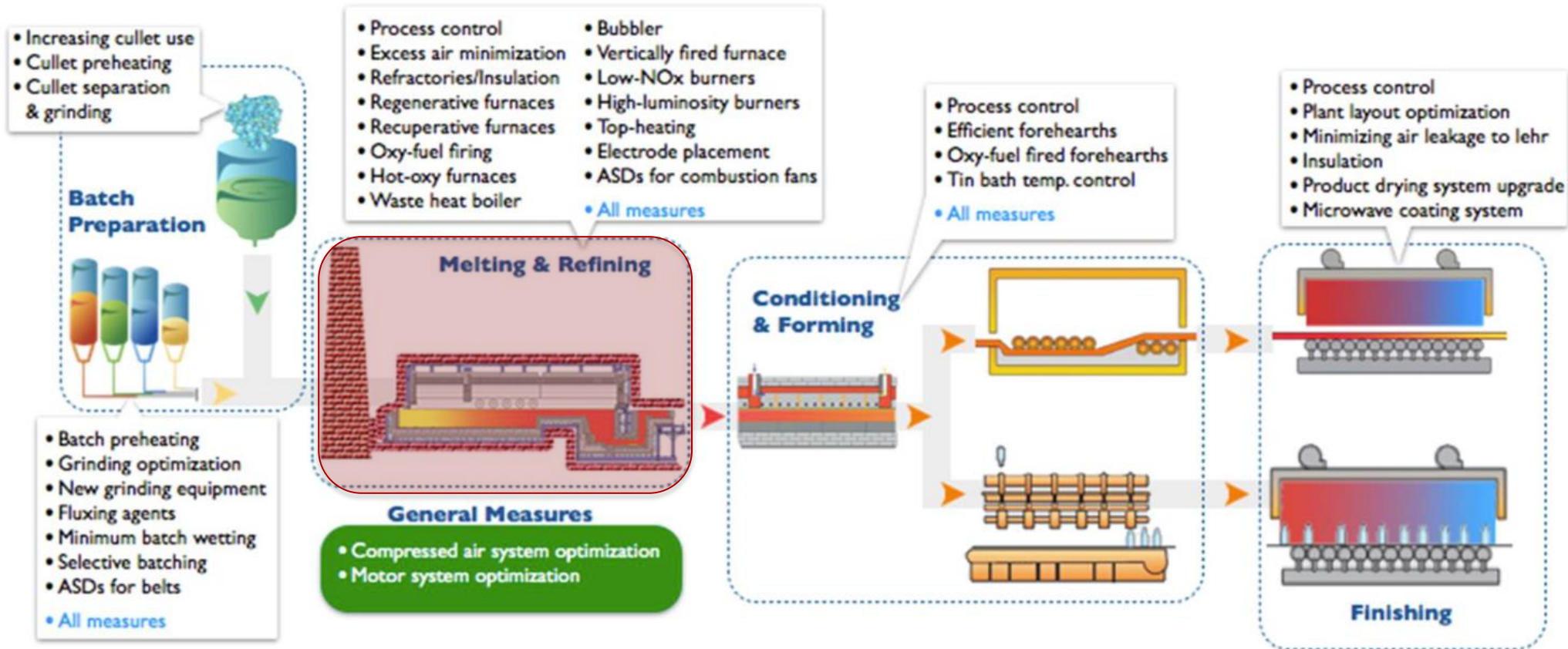
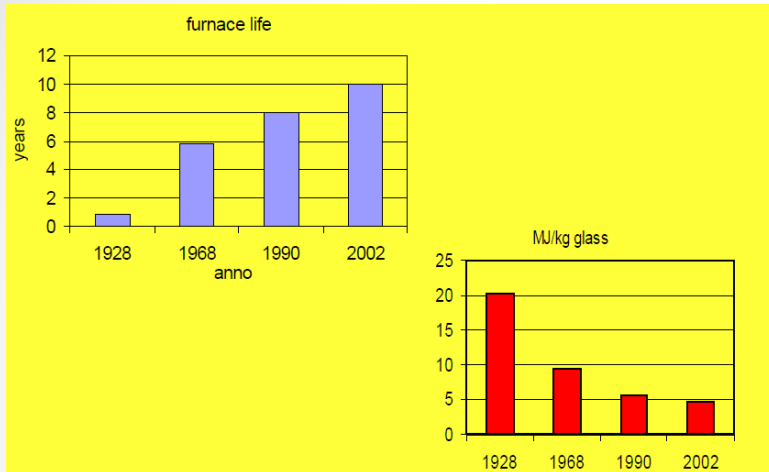


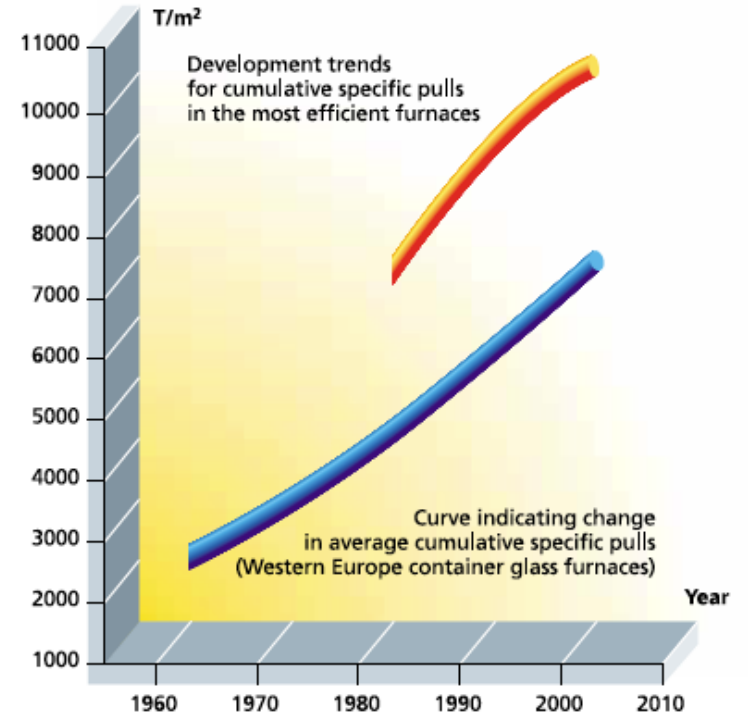
RIGOR DE PROCESSO NA REDUÇÃO DOS CONSUMOS



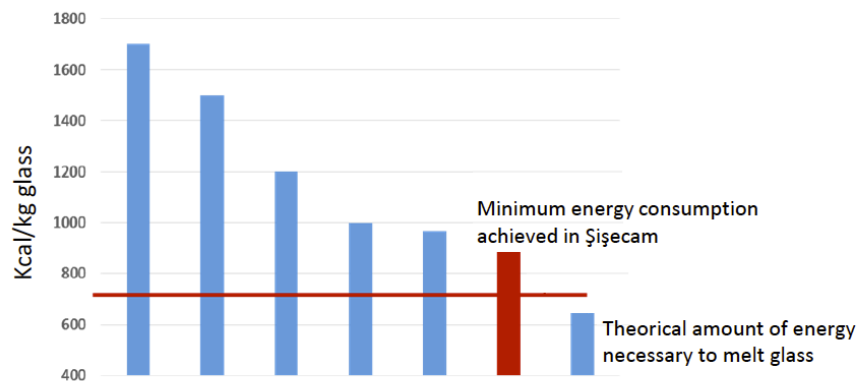
Evolução histórica dos fornos de vidro



Cumulative specific pull as a function of time



© 1992-2013 - Saint-Gobain SEFPRO - The Use of Refractories for Container Glass Furnaces



Posição até 2015

Posição atual em fornos novos End-Port no Brasil
= 860 kcal/Kg vidro (40% de caco)

Consumo energético no setor vidreiro

Typical energy usage in a glass plant per process step (indicative values)	Container glass	Float glass	Tableware	Continuous fibres	Glass insulation wool
Total energy consumption (as primary energy) in MJ per kg molten glass	7.0 – 8.5	8.0 – 9.5	25 – 50	17 – 25	20 – 25
Batch preparation	1 %	0,5 %	1 %	2.5 %	2 %
Glass melt furnaces	60 – 65 %	85 – 90 %	45 – 50 %	35 – 40 %	30 – 35 %
Refiners & Feeders	4 – 8 %	none	10 – 15 %	15 – 18 %	< 5 %
Glass forming	20 %	1,5 – 2 %	20 %	15 %	20 %
Annealing lehrs	3 – 5 %	1,5 – 2 %	estimated 6 %	none	none
Post treatment	2 – 3 %	2 %	estimated 6 %	15 – 20 %	20 – 25 %
Utilities and rest	2 – 3 %	5 %	5 %	10 %	15 %
Air Pollution Control (APC)	1,5 %	2 %	1 %	1 – 2 %	2 %

Primary energy based: incl. efficiency power plant, oxygen production

DEMANDA ENERGÉTICA DE FORNOS DE VIDRO

- Entalpia (energético) para aquecimento de matérias prima
- Entalpia de reações:
 - a) Decomposição de materiais primas ex, $\text{CaCO}_3 - \text{CaO} - \text{CO}_2$
 - b) Reações endotérmicas entre matérias prima
 - c) Dissolução de grãos de areia em fusões de silicatos
 - d) Formação de gases: **Partes do calor sensível está sendo recuperado em regeneradores ou recuperadores**

Aquecimento de gases de processo (ar secundário, ar de atomização , **ar parasita**, nitrogênio/hidrogênio etc.)

Influenciado pela condução e manutenção do forno

Perda térmica por paredes e superfícies do forno

Radiação através de aberturas e visores (geral)

Refrigeração de equipamentos (eletrodos, enforadeiras etc.)

Volatilização e decrepitação de matérias primas

Manutenção de recuperadores e regeneradores

Manutenção de tanque de trabalhos e feeders

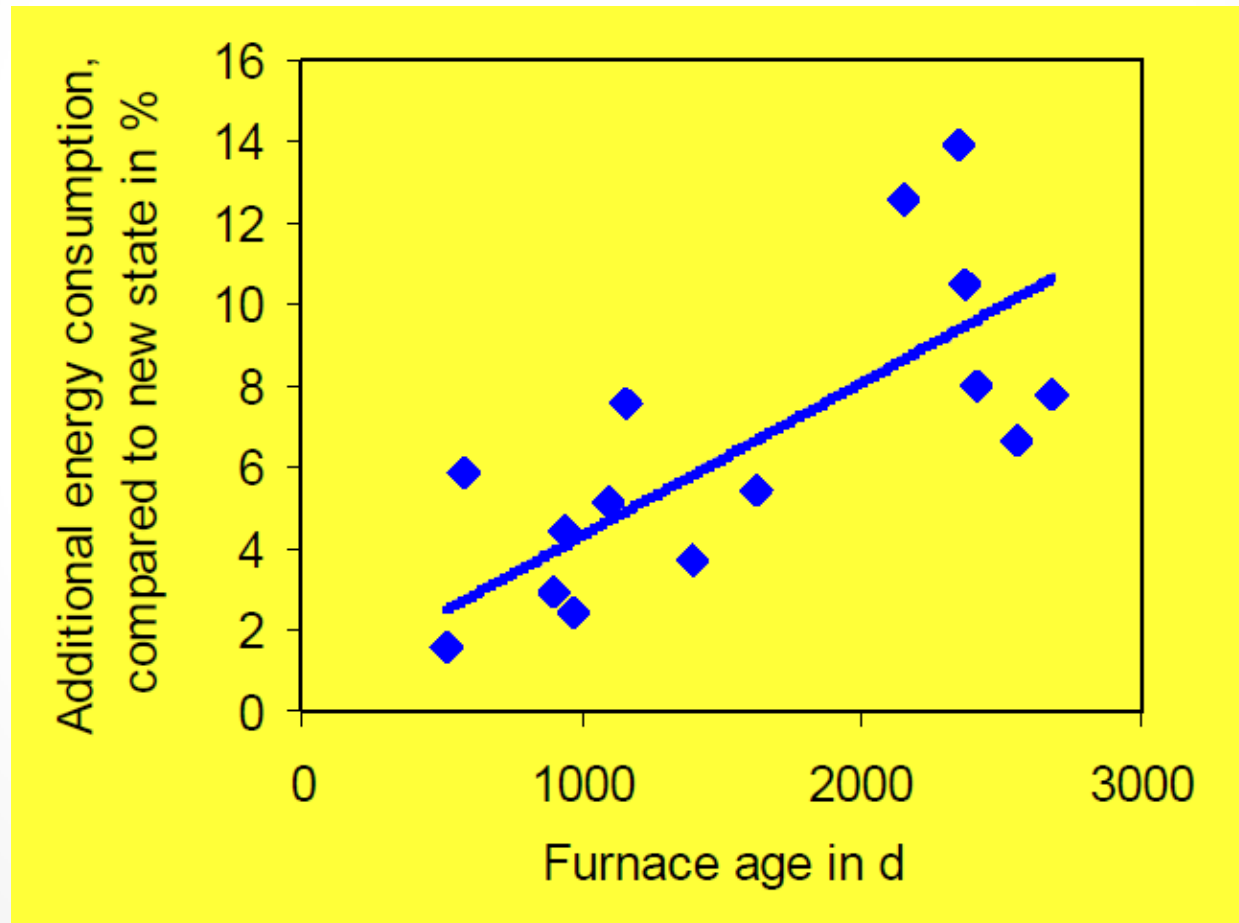
Regulagem e manutenção de maçaricos

Regulagem de enfora de matérias primas e caco

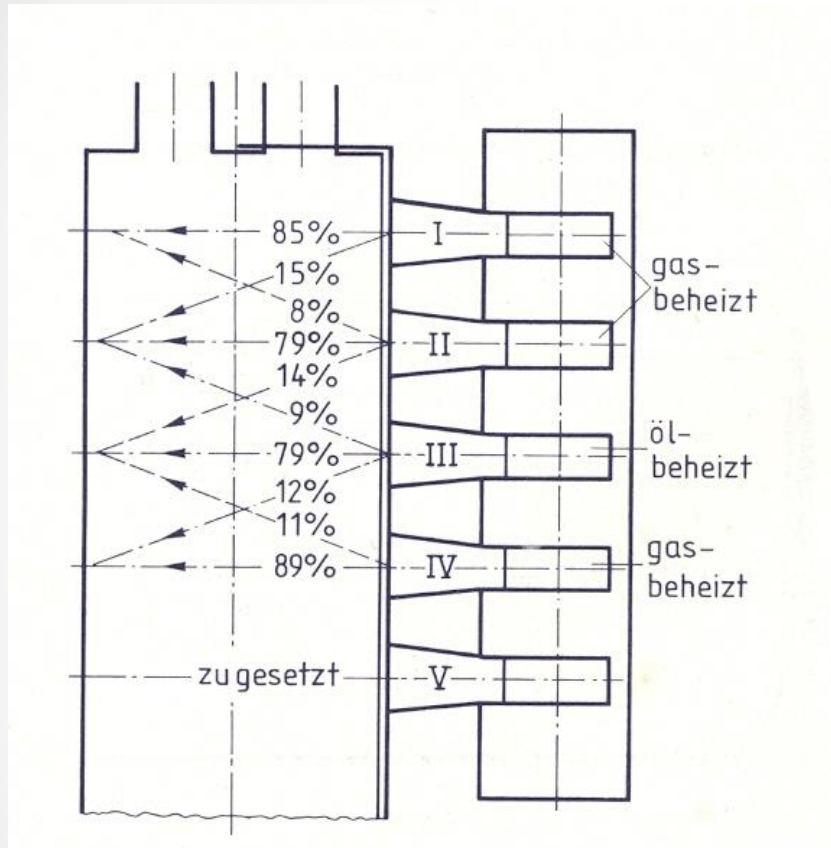
Medidas para economizar energia

- Usar regeneradores com eficiência térmica maior que 65%
- Aumentar uso de caco reciclado na composição (cada 10% adicionado gera uma economia de 2.5%)
- Aumentar a luminescência da chama (permite uma economia de 1 a 3% no consumo energético)
- **Melhoramento na isolação do forno e manutenção refratária mais frequente**
- Aumento da extração específica do forno (fabricação de embalagem $> 4 \text{ Tvf /dia} \cdot \text{m}^2$)
- Geração de vapor ou energia no canal de gases
- Aliviar peso dos produtos fabricados
- Pré aquecimento de composição ou caco
 - 10 a 12 instalações existentes na Europa
 - 10 a 18% de redução de consumo energético
- Substituição ar de combustão por oxigênio
 - Mais eficiente em fornos recuperativos que em fornos regenerativos

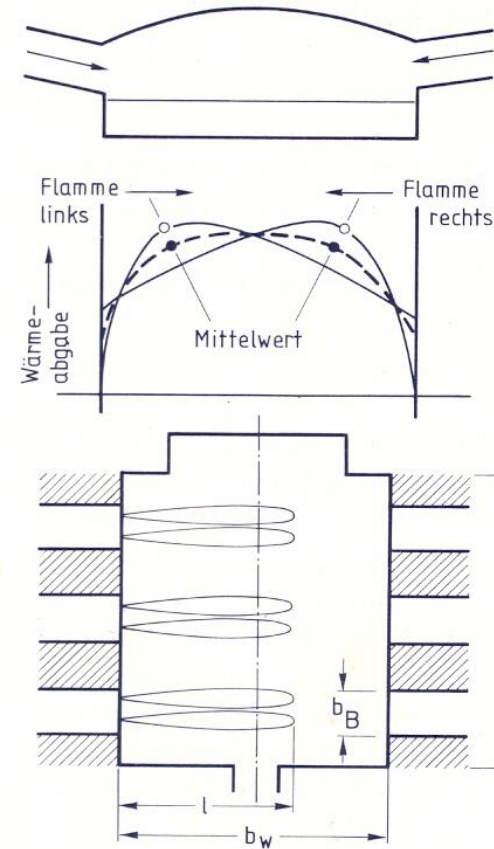
Influencia do envelhecimento do forno no consumo energético



Distribuição de energia forno transversal



Distribuição de energia entre
ports

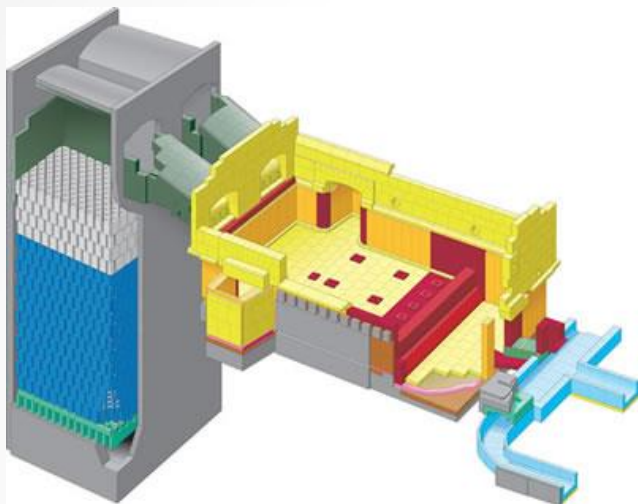


Ponto quente de chama no forno

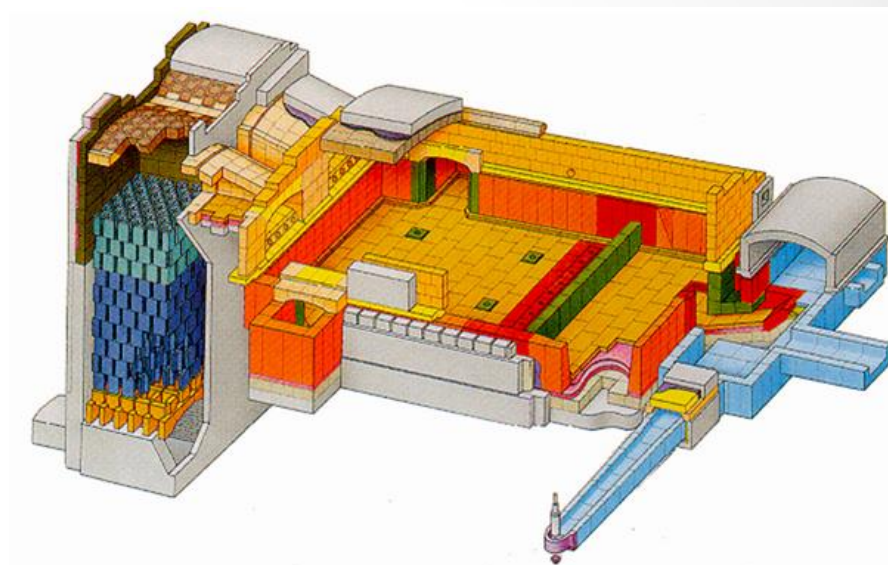
r = área de transmissão sobre o banho
 n = quantidade de maçaricos

$$r = nbI/sbw$$

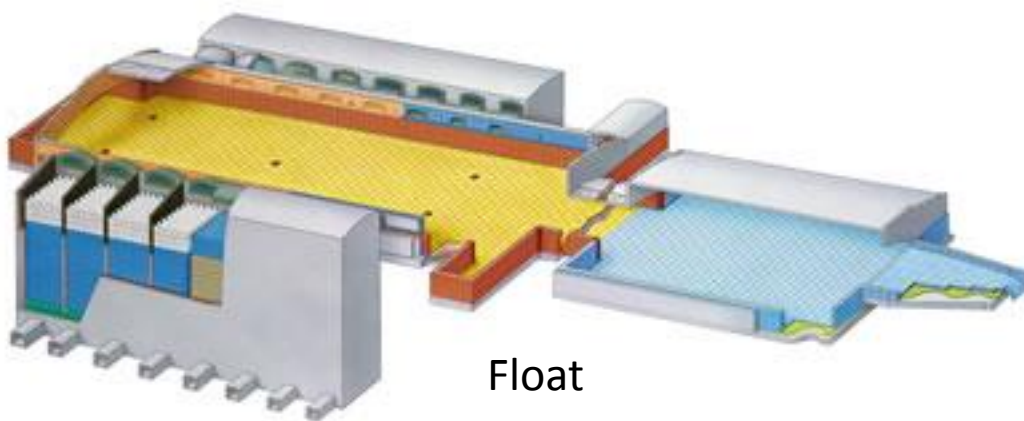
Fornos mais comuns no Brasil



End-Port
Deep Refiner

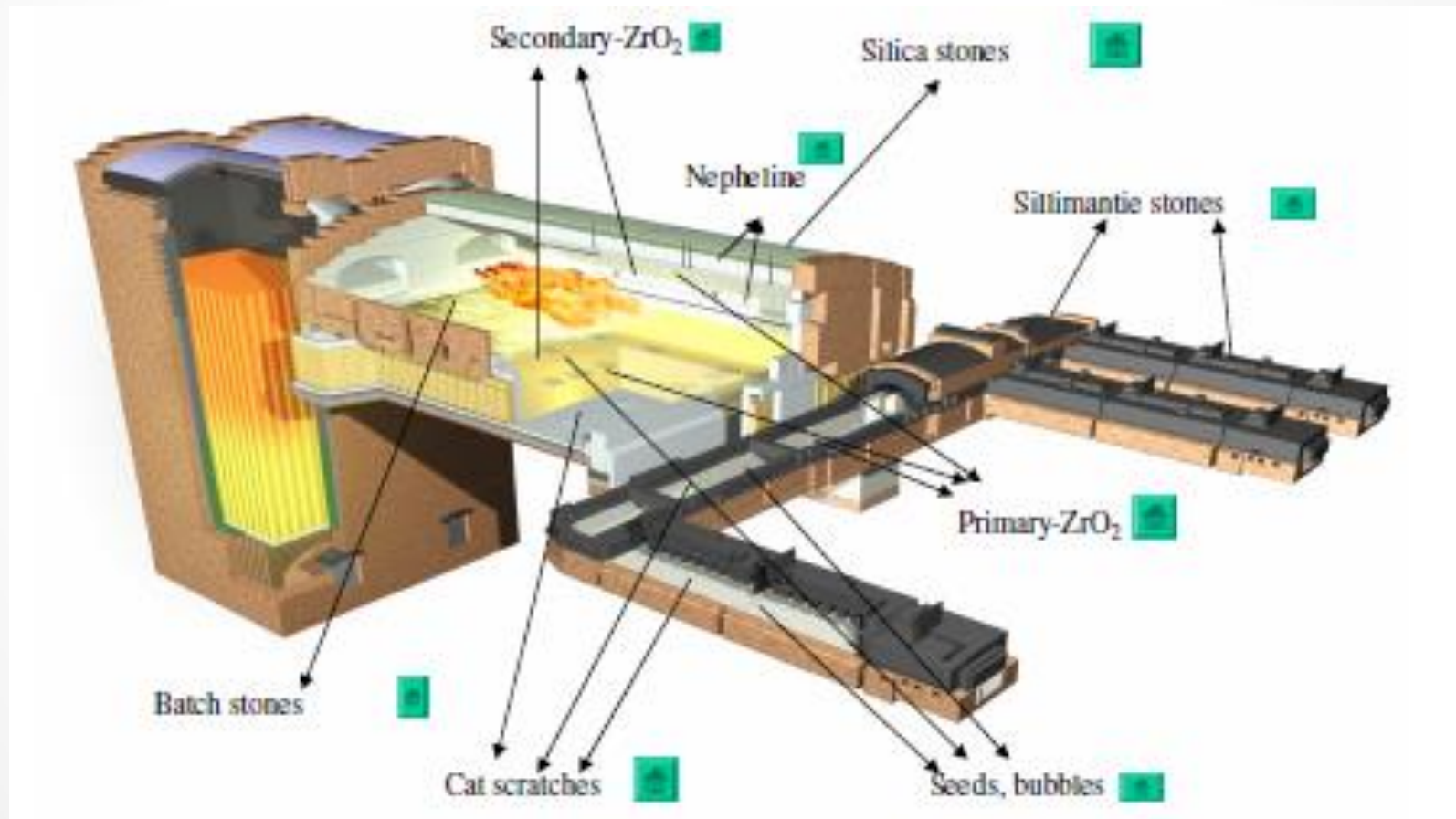


End-Port normal

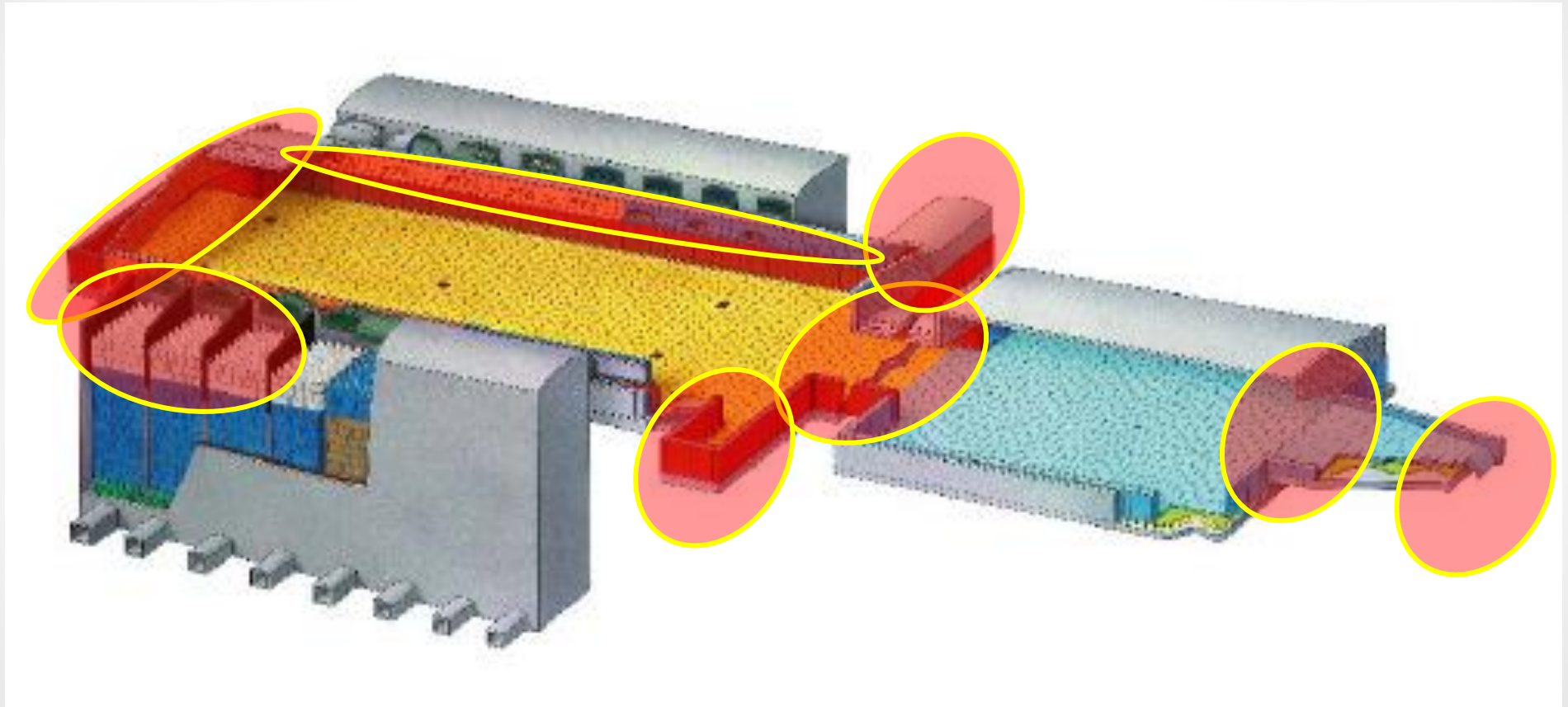


Float

Prováveis fontes de defeitos por problemas de condução ou manutenção inadequada

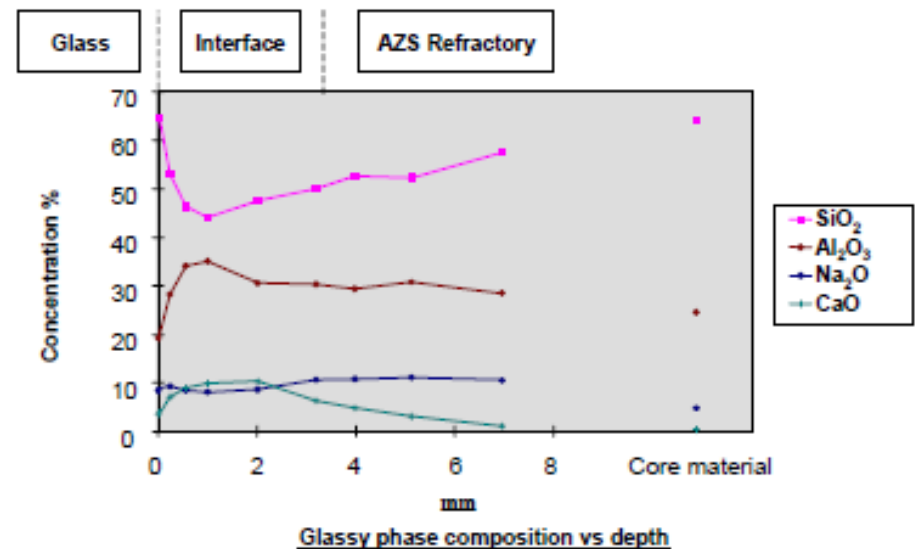
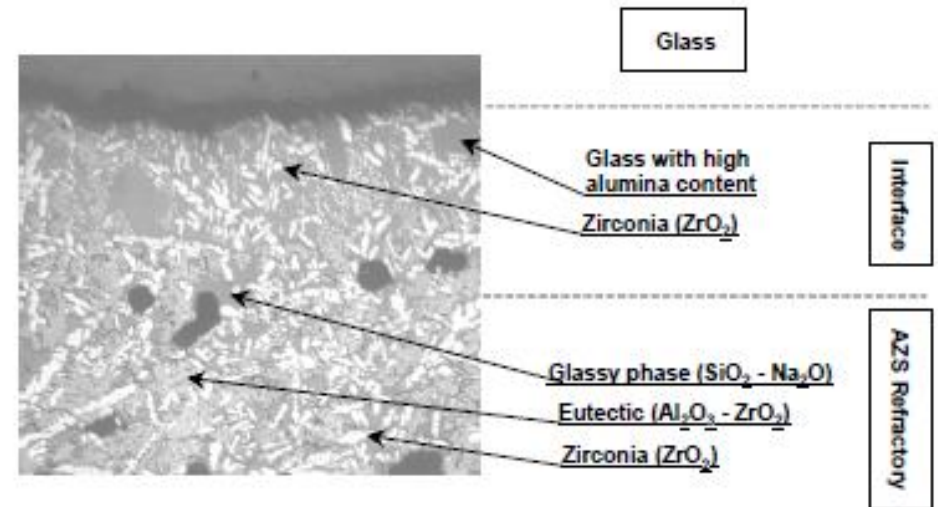
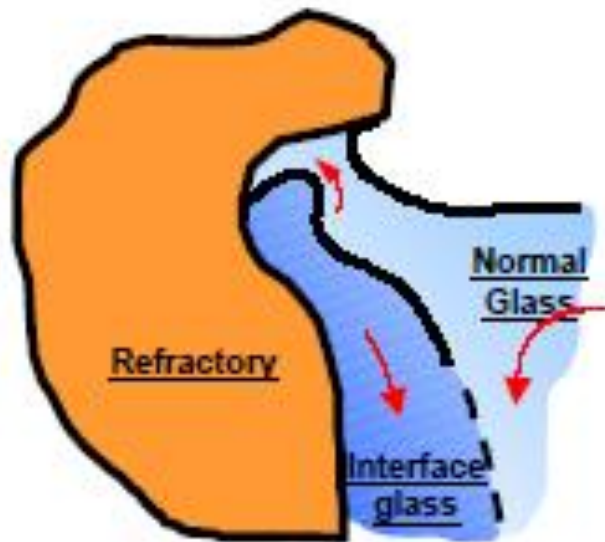
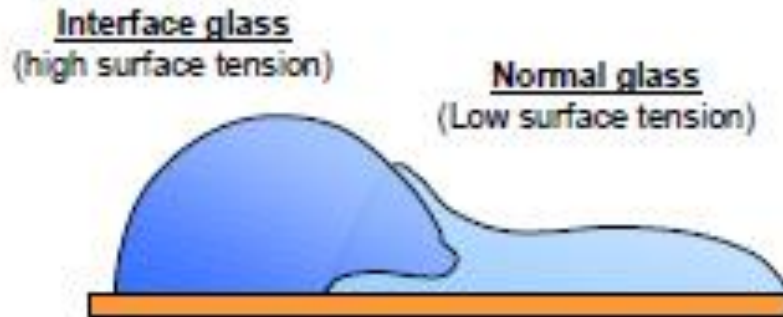


Pontos sujeitos a grandes desgastes



No caso de existência mais as zonas como barragens,
borbulhadores e eletrodos

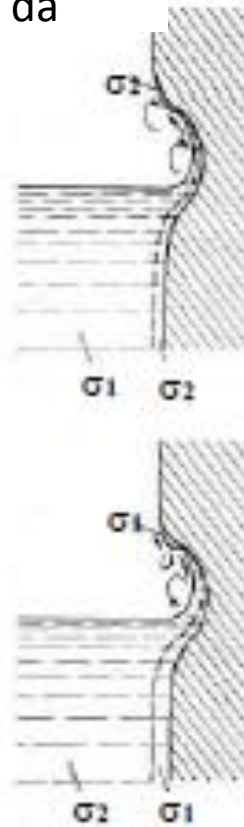
Desgaste da cuba em função de troca de vidro



Desgaste do material refratário



Desgaste da
cuba



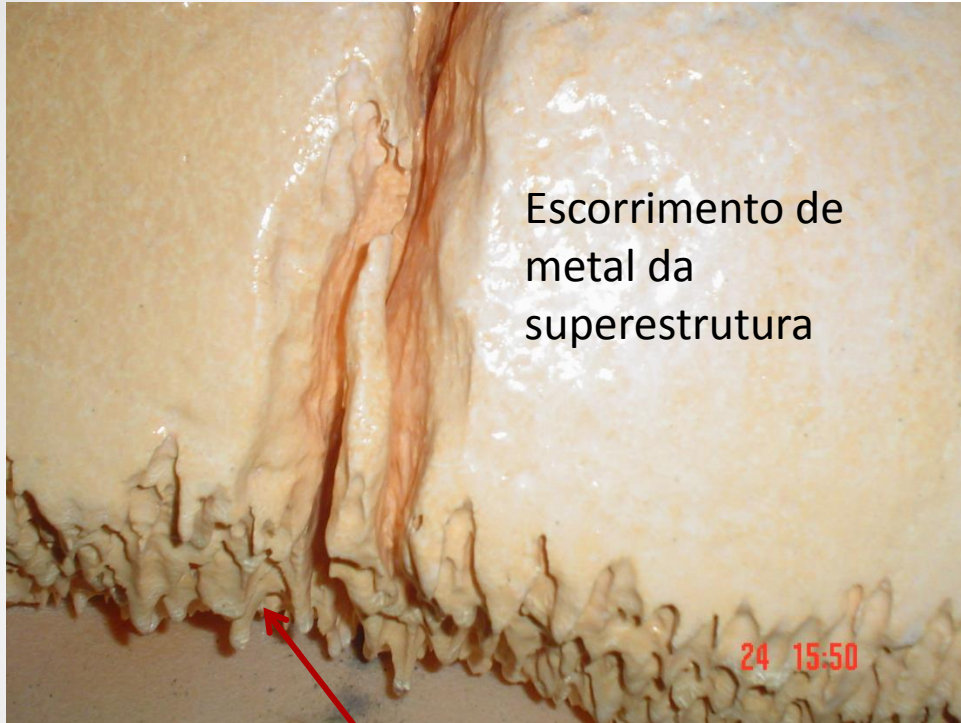
Ataque por
bolha



Ataque por
metal



Desgaste por metal e bolha em AZS

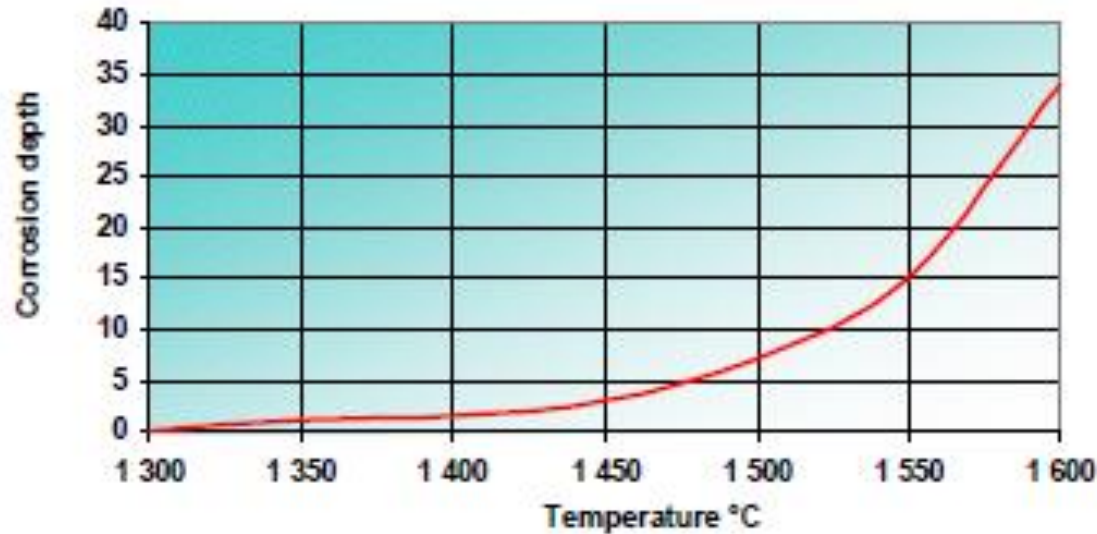


Ataque por bolha em uma cuba trincada horizontalmente



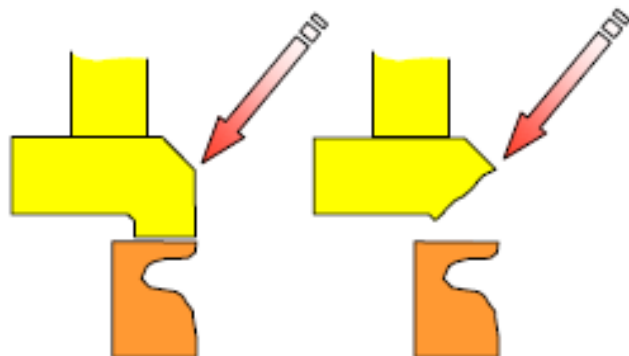
Ataque de refratário por Metal na soleira do forno

Desgaste da cuba por falha na ventilação e temperatura de trabalho

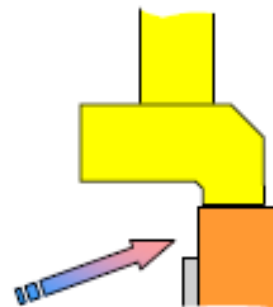


A partir de 1400° C à velocidade de desgaste duplica a cada 50° C de aumento

Dependendo da má condução da ventilação da cuba corremos grandes riscos de quebra de narizes da superestrutura por choque térmico



Tuckstone shadow



Air cooling

Destruição de nariz do pé direito



Entrada de ar falso da ventilação de cuba através de junta aberta entre nariz e cuba de fusão provocando destruição do nariz. Puxando a chama para esta região procurando oxigênio do ar falso completando combustão de CO residual da chama

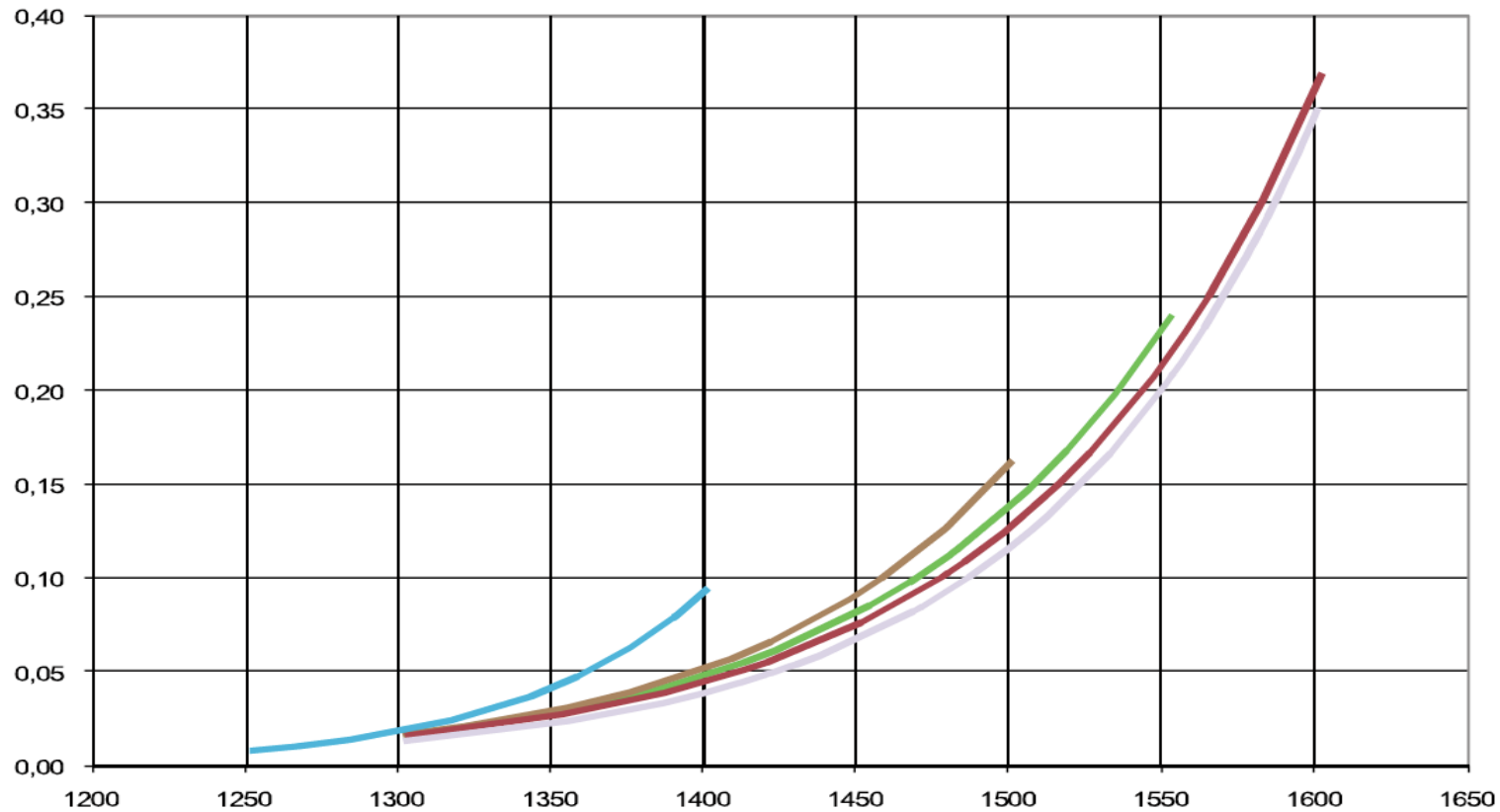
Desgaste refratário da cuba

Comparative Corrosion of ER Fused Cast Products

These curves are based on average results and are not to be taken as establishing precise values.

CORROSION CURVE TEST IN LABORATORY CONDITIONS ON SODALIME GLASS

cm³/hour



- ER 1681
- ER 1685
- ER 1711
- ER 1195
- JARGAL M

Temperature (°C)

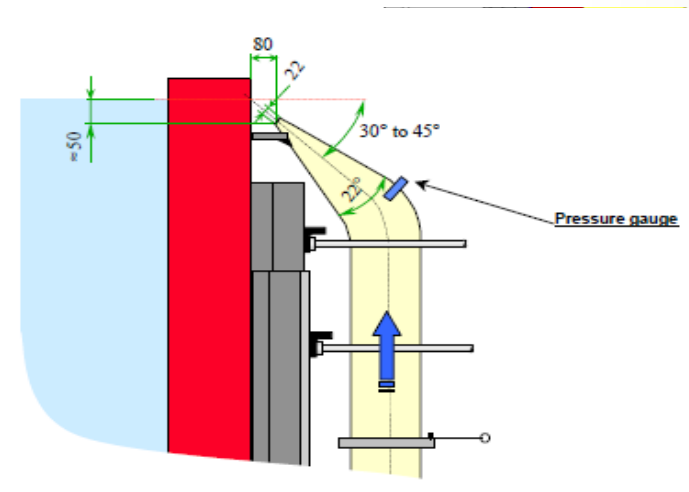
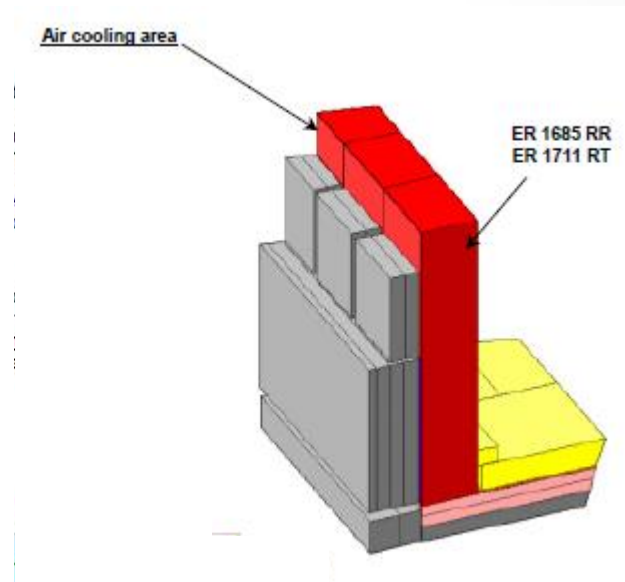
Informação SEFPRO

Importância da regulação da ventilação da cuba

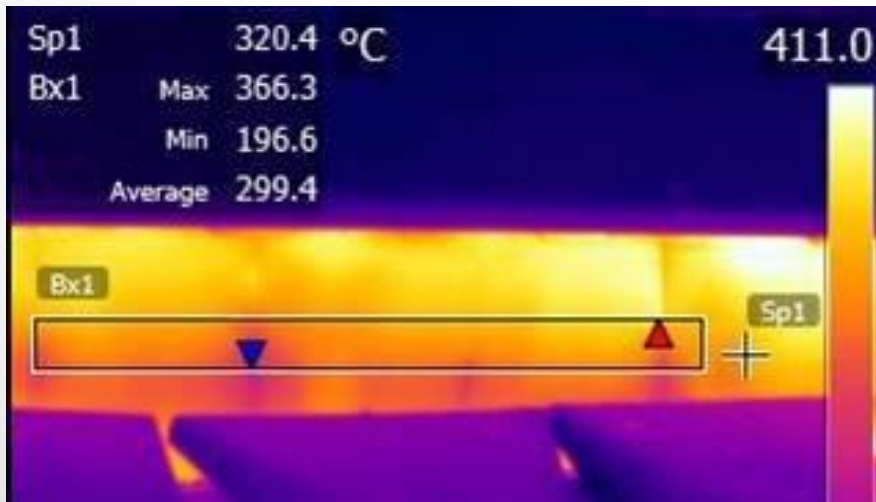
A partida dos equipamentos deve seguir critérios do fabricante do refratário

A ventilação mínima recomendado é na linha do vidro 1000 litros por segundo por metro linear com uma velocidade de 30 m/s.

Em casos de pontos críticos 1300 litros e velocidades de 50 m/s



Ventilação de cuba



Instalação correta e alinhada



Instalação com falta de manutenção comprometendo funcionamento correto da ventilação

A ventilação deve ser regulada usando anemômetro ou câmara de imagem infravermelho

INFLUENCIA DE VENTILAÇÃO INCORRETA



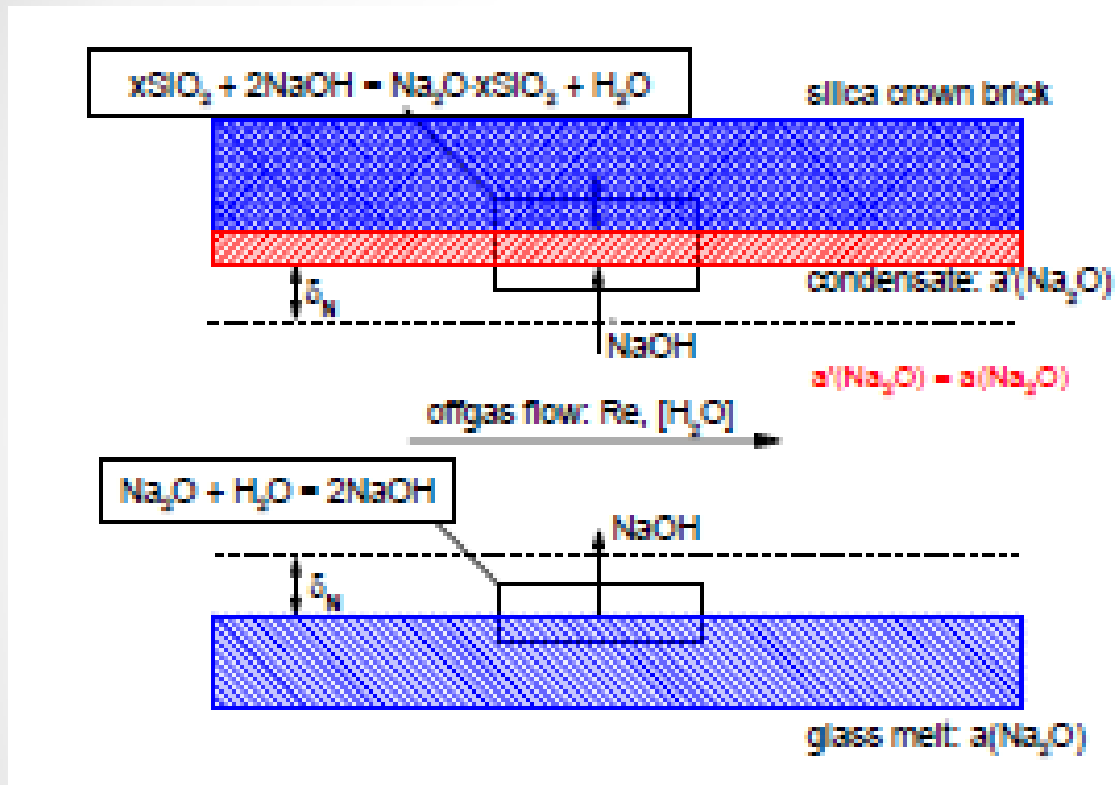
Centro de gravidade
do pé direito
altamente
comprometido

Ventilação mal
posicionada

Posicionamento correto da ventilação da
cuba. A existente não está fazendo seu
trabalho conforme manual de ventilação
para fornos de vidro proporcionando
desgaste anormal da cuba no nível de vidro



Corrosão de abóbada



REAÇÃO QUÍMICA MATERIAL REFRAATÁRIO

Reações químicas De materias refratários em ambiente oxidante

	Periklas (Magnesita queimada)				Periklas-Chromita ligante químico				Chromita-Periklas ligante químico				Chromita Periklas queimado				Chromita				Fosterita				Korund 90% Al2O3				Korund 70% Al2O3				Schamotta				Silika			
	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C	1500 °C	1600 °C	1650 °C	1710 °C				
Periklas (Magnesita queimada)																																								
Periklas-Chromita ligante químico																																								
Chromita-Periklas ligante químico																																								
Chromit Periklas gebrannt																																								
Chromita																																								
Fosterita																																								
Korund 90% Al2O3																																								
Korund 70% Al2O3																																								
Schamotta																																								
Silika																																								
nenhuma reação fraca reação reação media Reação destrutiva destruição total																																								

Reparo de ninho de rato

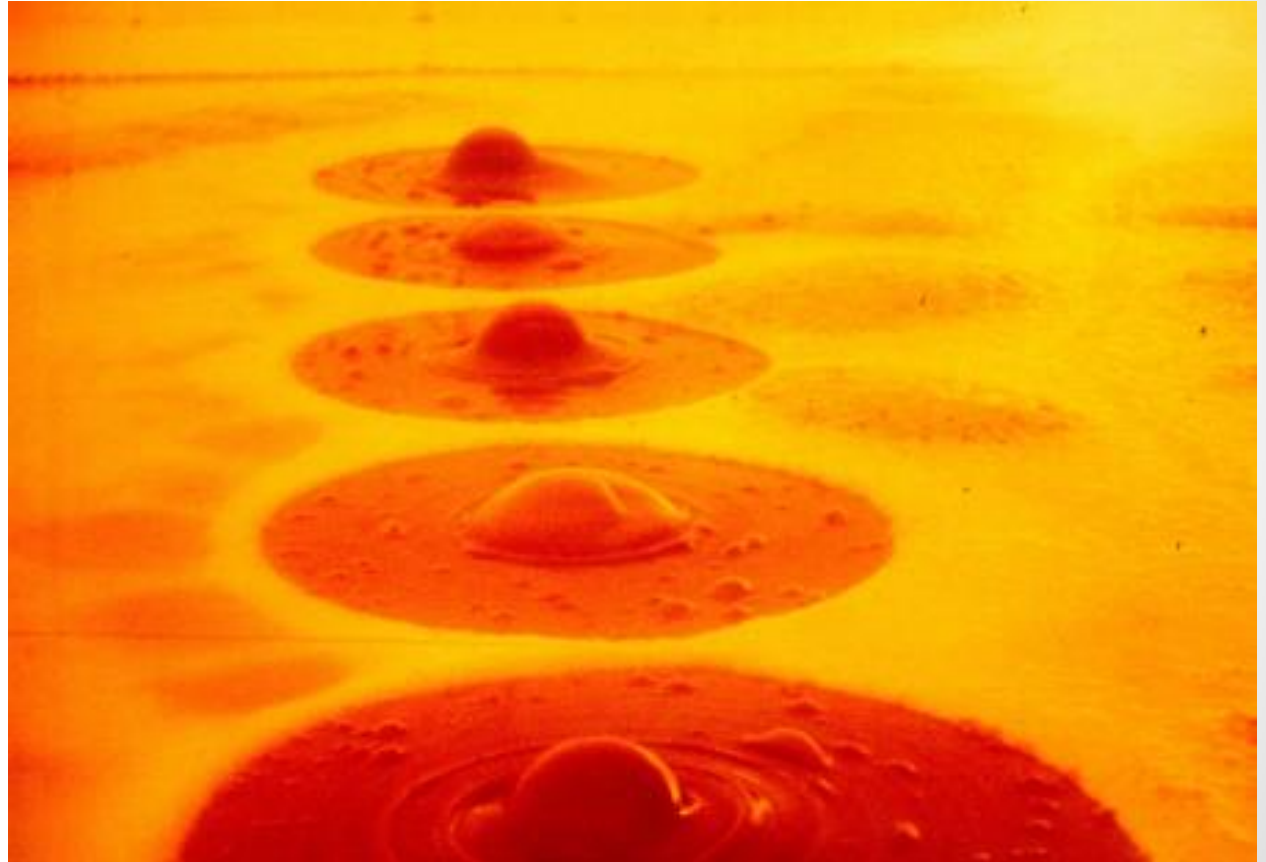


Reparo com massa refrataria não
combatível formando eutetico
atacando refratário do pé direito

Borbulhador

Um volume de vazão de gás excessiva leva a correntes de convecção alta, destruindo a parte refratária da soleira e região da cuba próxima a linha do borbulhador

Não é recomendada uma vazão maior que 15 l/min por borbulhador



Espuma no banho na região do borbulhador (indicativo de problemas de fusão)

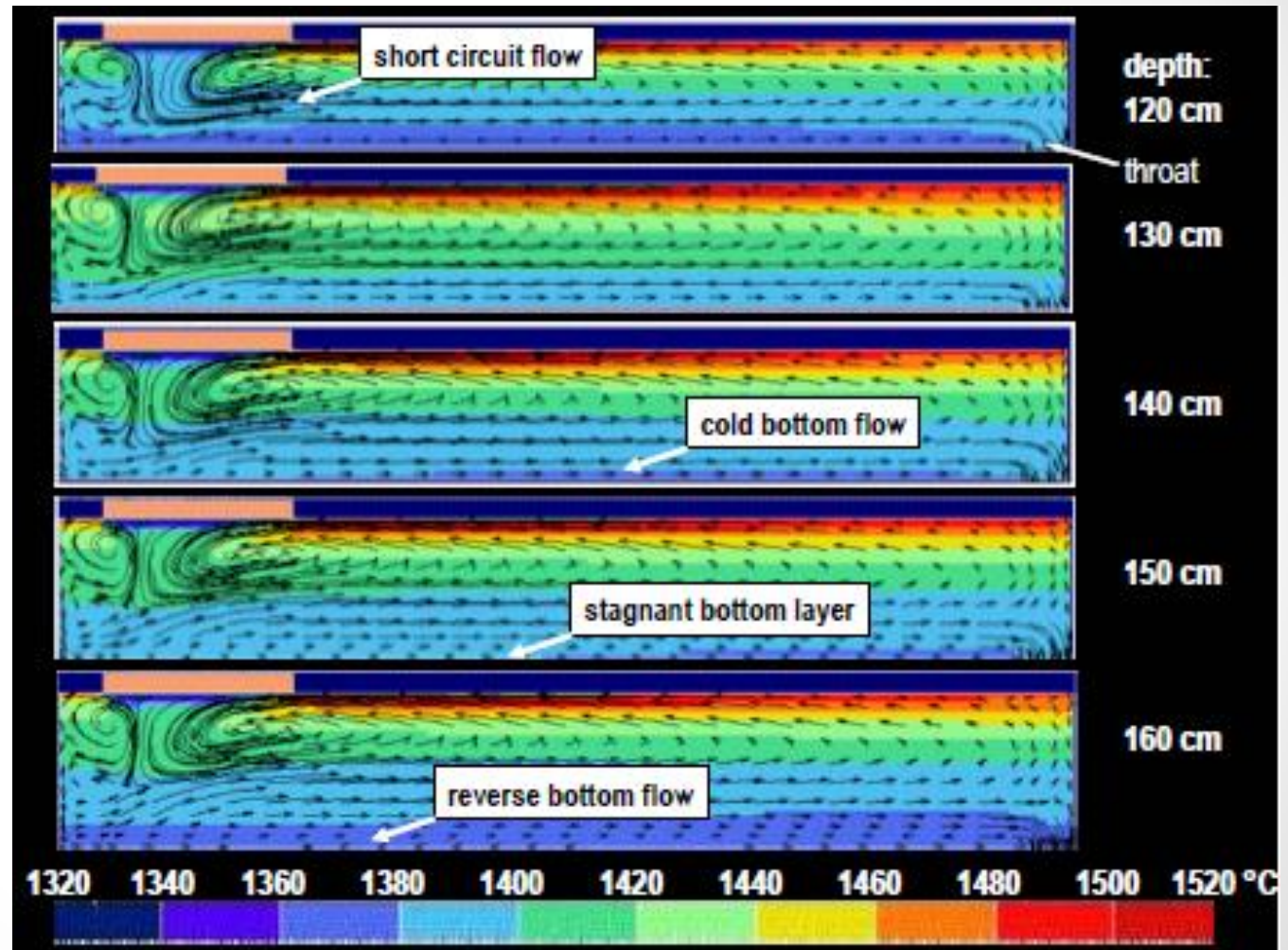


16.07.2009 08:25

Variação de tonagem (extração)

Em forno float a variação da extração deve ser igual a zero.

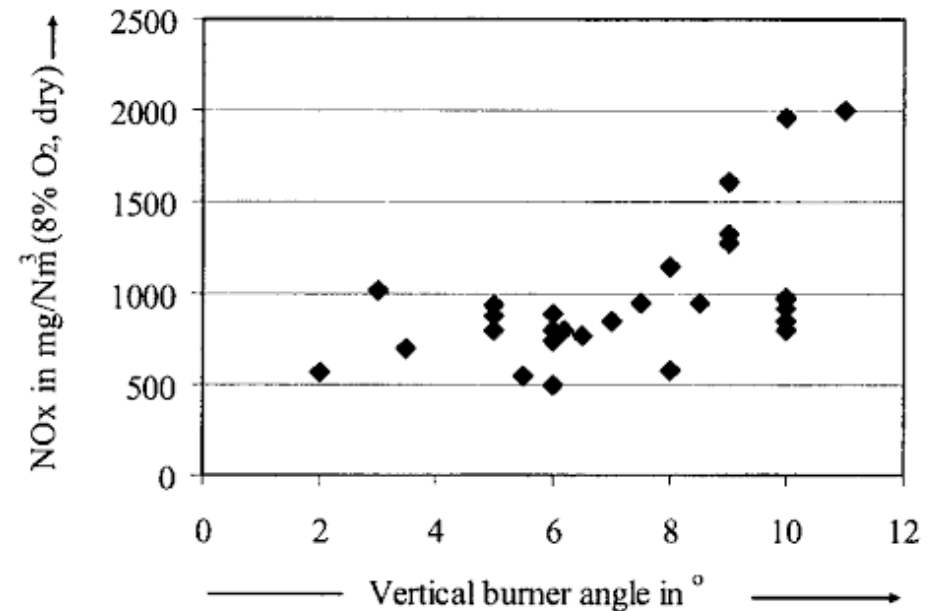
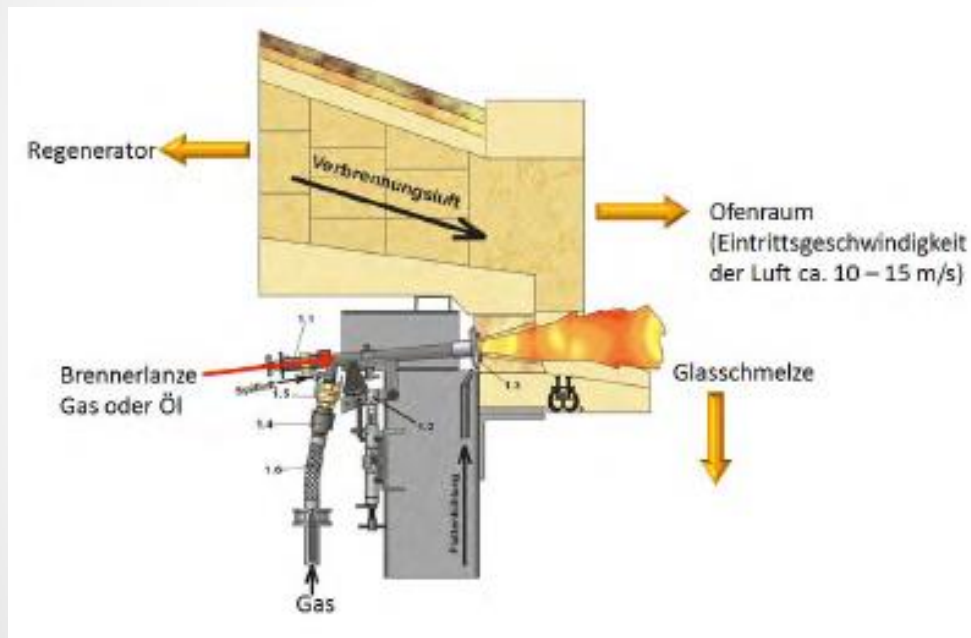
Trabalhar com variação de tonagem altera significativamente as condições de temperatura da soleira levando a cristalização do vidro na soleira nos piores casos



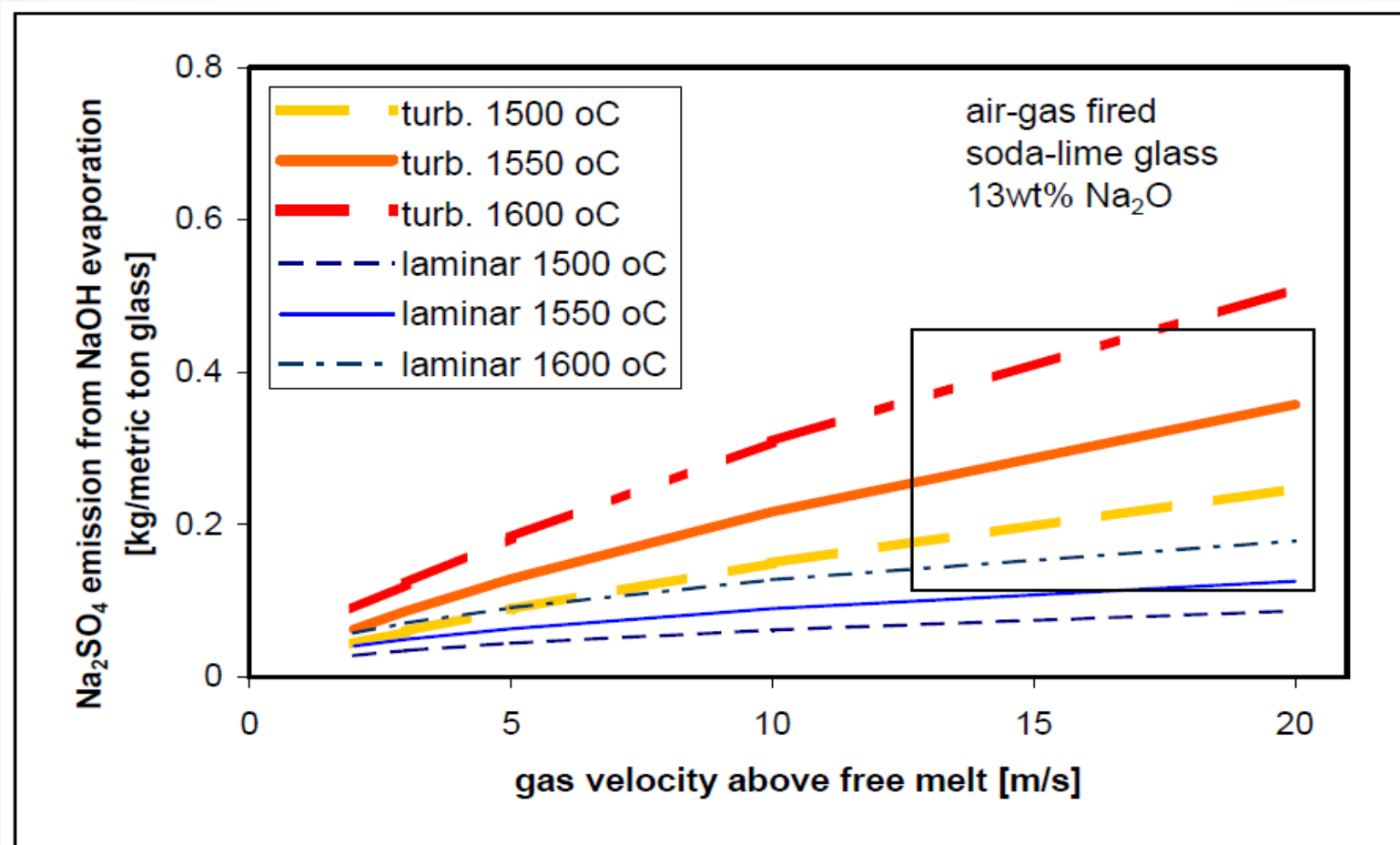
Maior a profundidade da cuba maior o problema gerado

Consumo energético em função do ângulo de maçarico

Future Energy-Efficient and Low-Emissions Glass Melting Processes

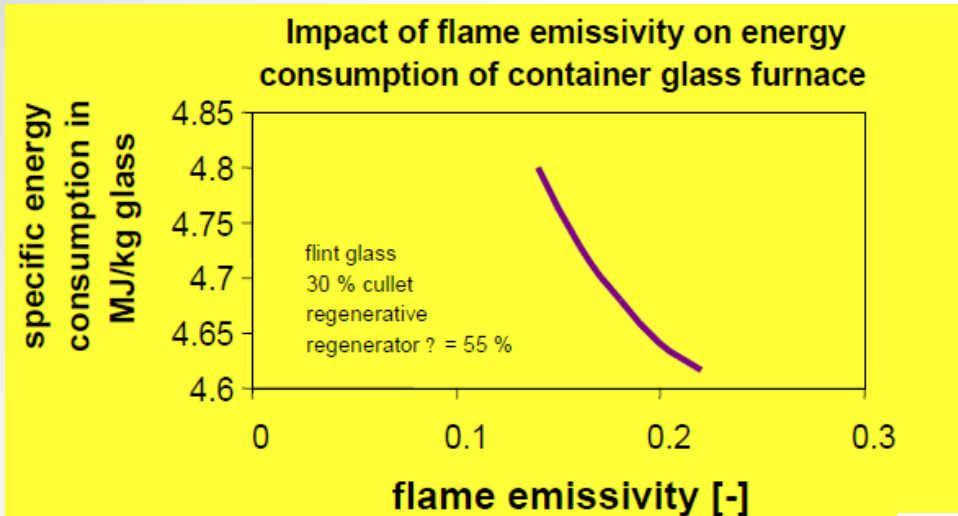


Importância do dimensionamento do queimador sobre velocidade da chama



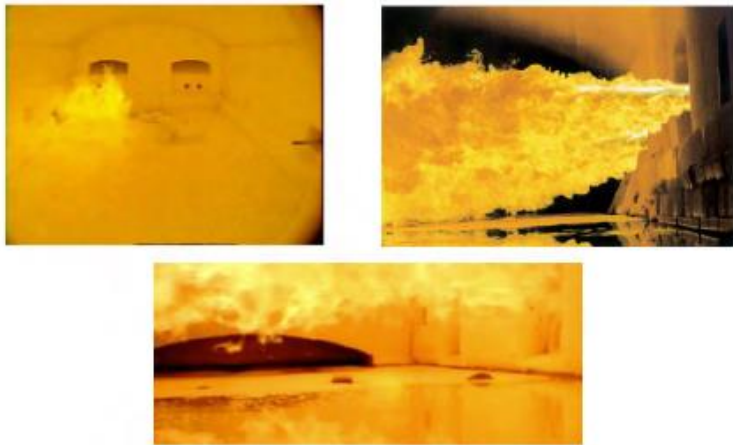
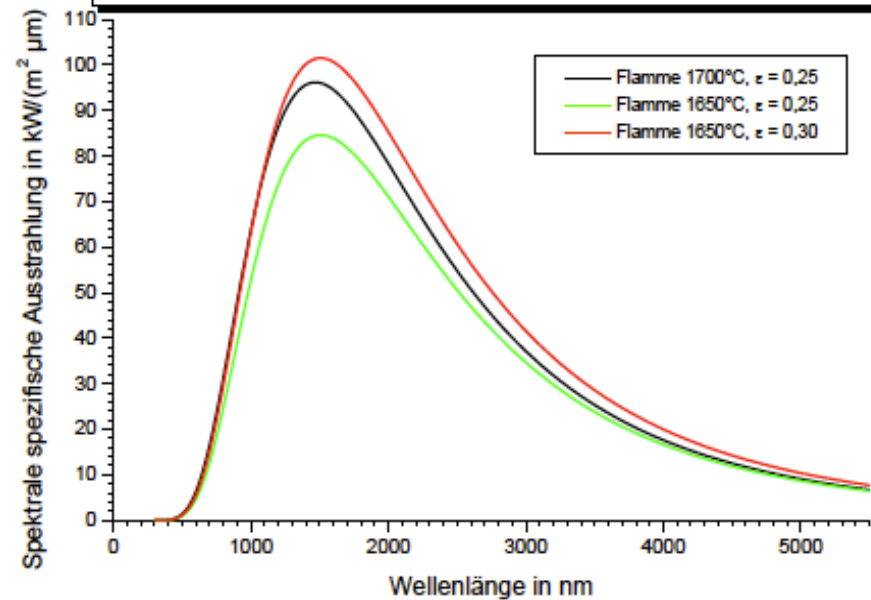
Influência da velocidade de chama sobre a volatilização do sulfato de sódio formando vapor de NaOH em vidros sodo cálcicos

EMISSIONIDADE DA CHAMA



Influencia do coeficiente de emissão sobre a intensidade da radiação

Einfluß des Emissionskoeffizienten auf die Strahlungsintensität



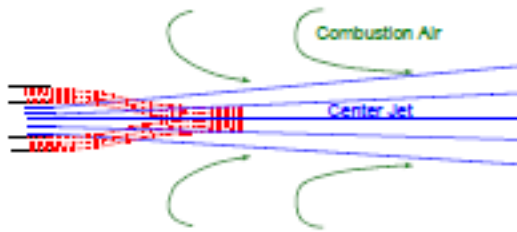
Combustão mista GN – Óleo melhorando emissividade

Maçarico óleo
combustível



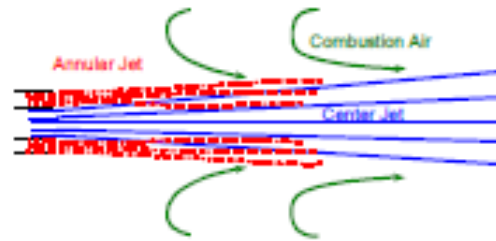
Maçarico GN

Tipo de chama em função do tipo de maçarico



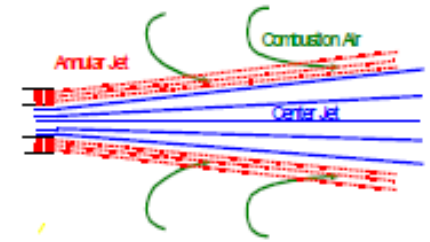
Maçarico de alta velocidade

- Jato de GN coesivo
- Combustão rápida com ar secundário dentro do forno
- Chama curta
- NOx 10 a 15 % mais baixo que maçaricos convencionais



Maçarico de velocidade media

- Mistura retardada com ar secundário dentro do forno
- Chama mais longa
- NOx 25 a 35% mais baixo que maçaricos convencionais

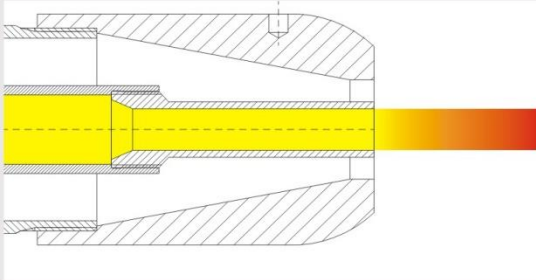


Maçarico de velocidade baixa

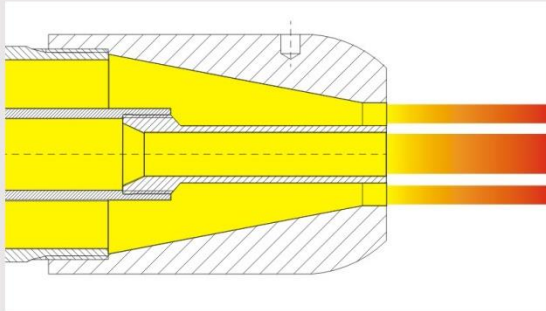
- Formação de outra zona de combustão com um núcleo de jato de GN central
- Craqueamento do GN aumentado
- Luminosidade da chama maior
- NOx 35 a 40% mais baixo que maçaricos convencionais

Efeitos da regulagem

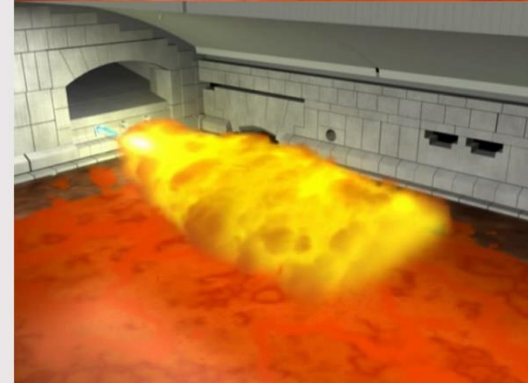
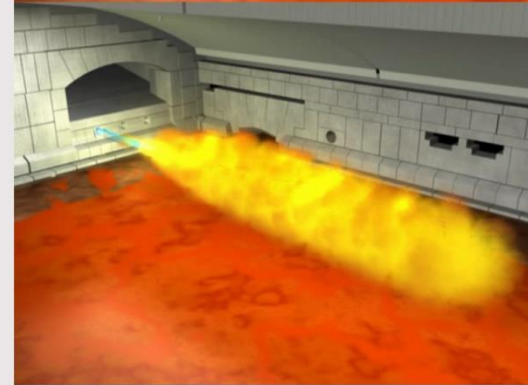
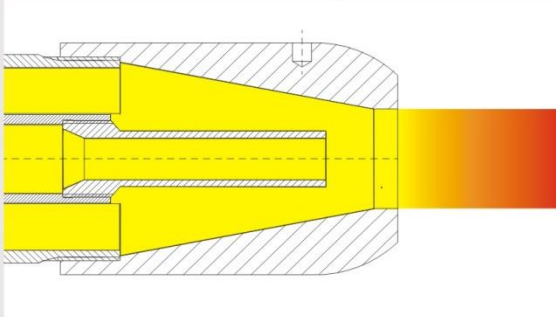
Inner nozzle operation



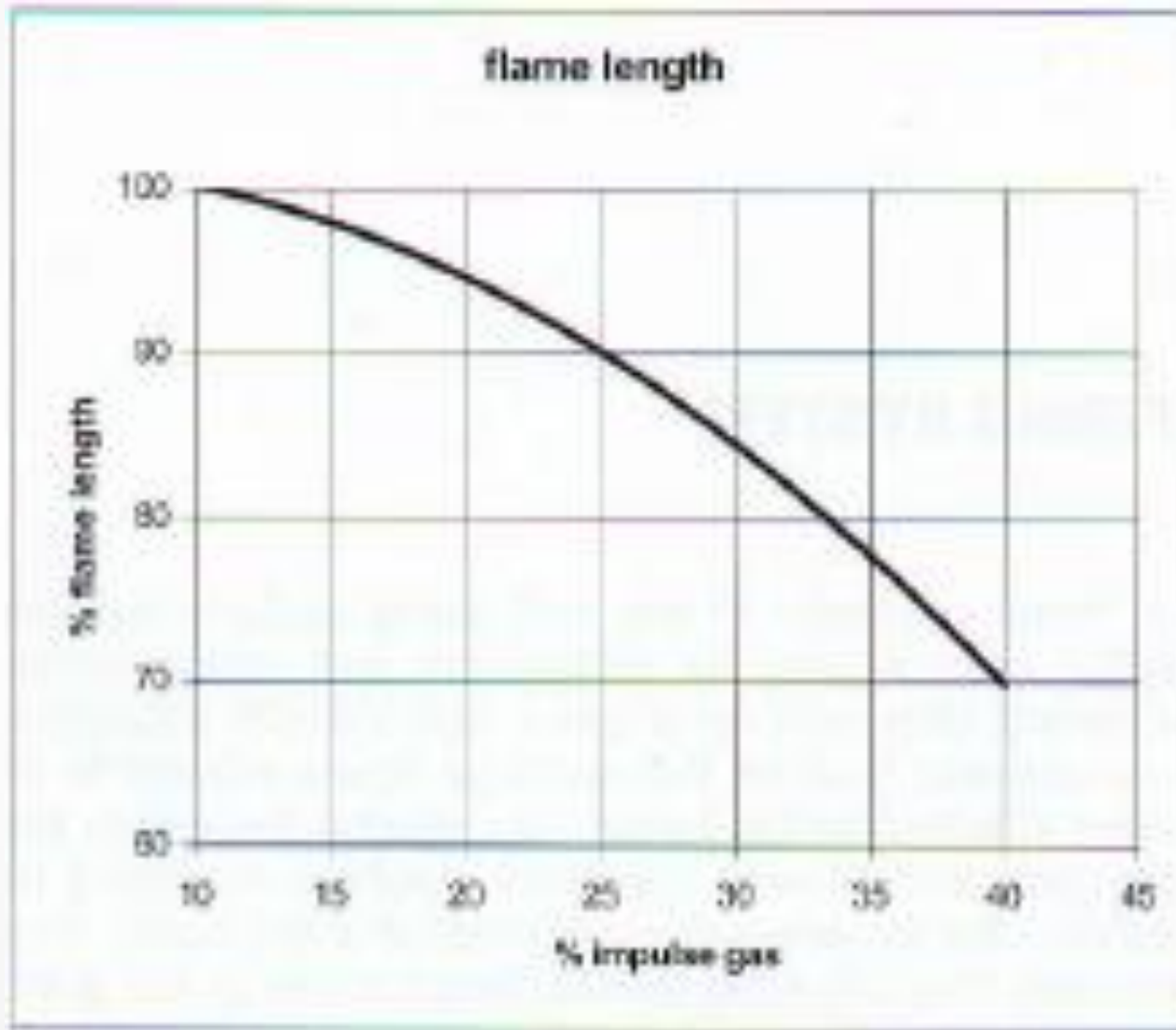
Inner and outer nozzle operation



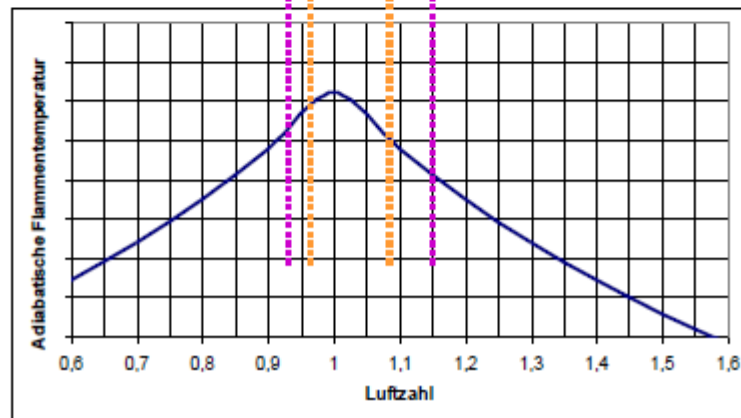
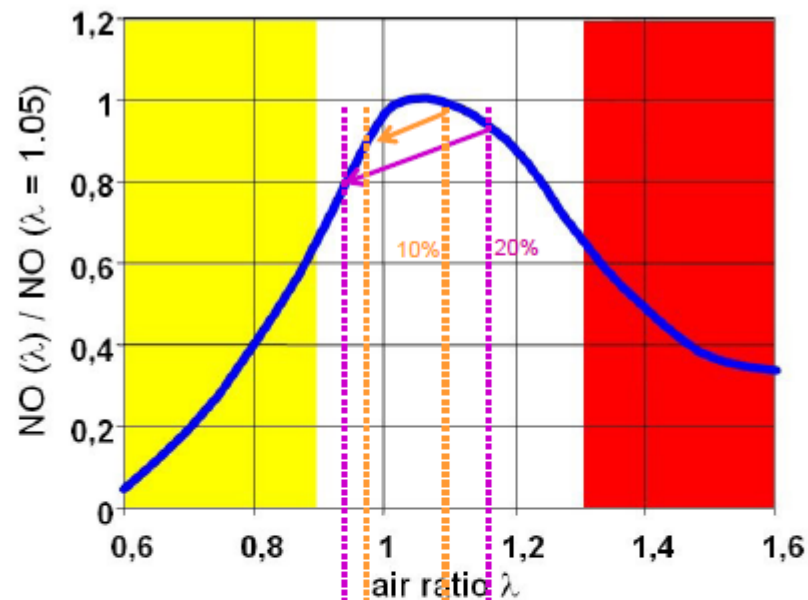
Retracted inner nozzle operation



Comprimento da chama

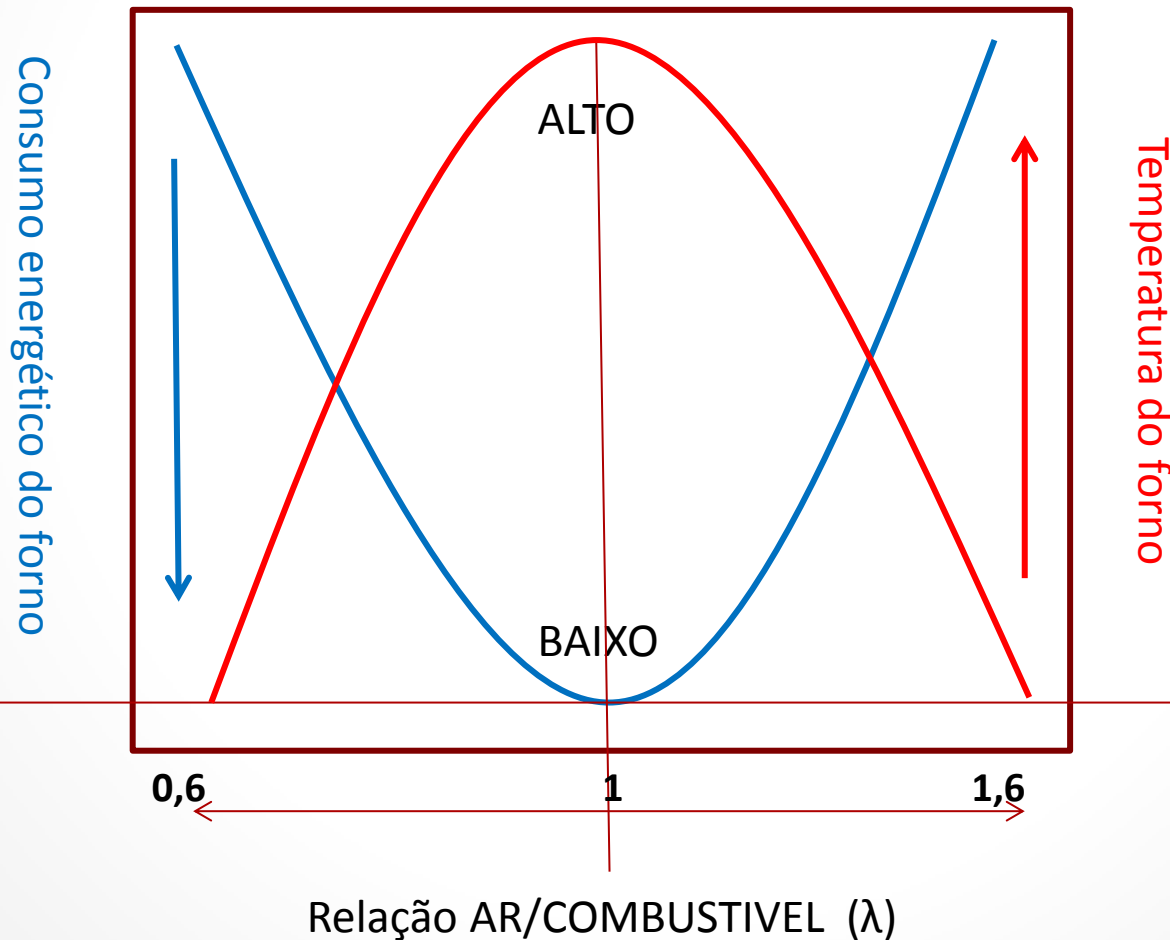


Influencia do fator de ar secundário sobre a temperatura da chama adiabática, e formação de NOx

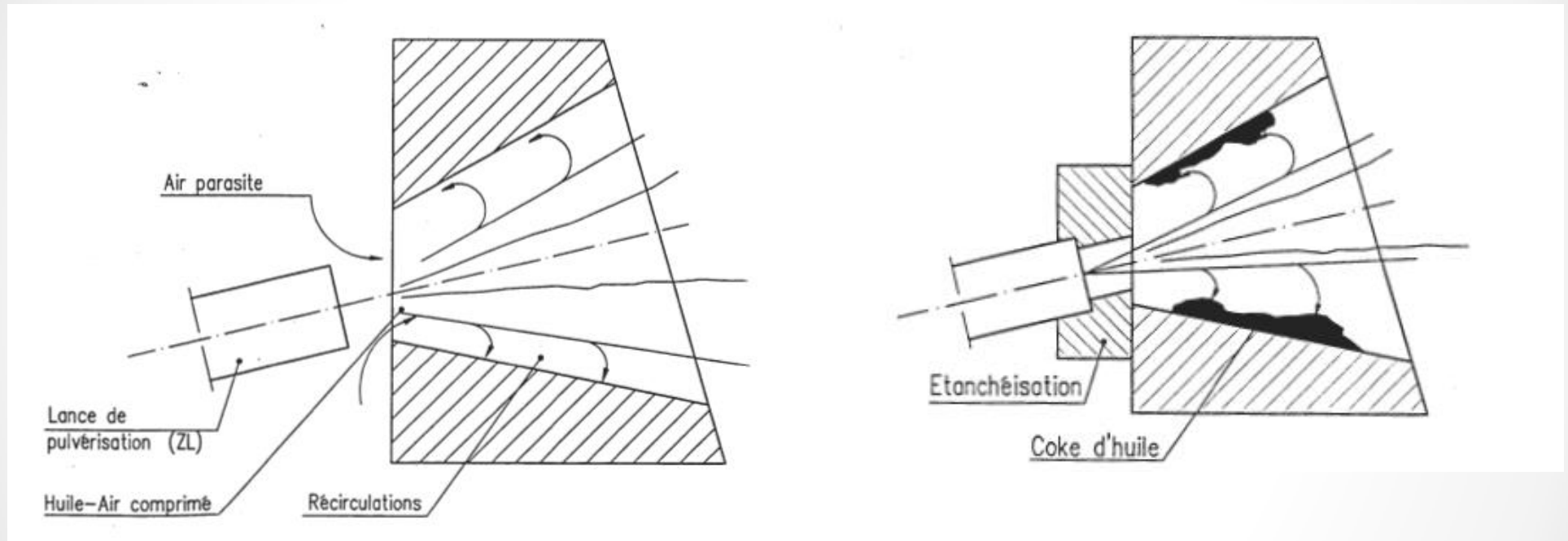


Influencia de má regulagem da combustão

Curva valido para cada queimador

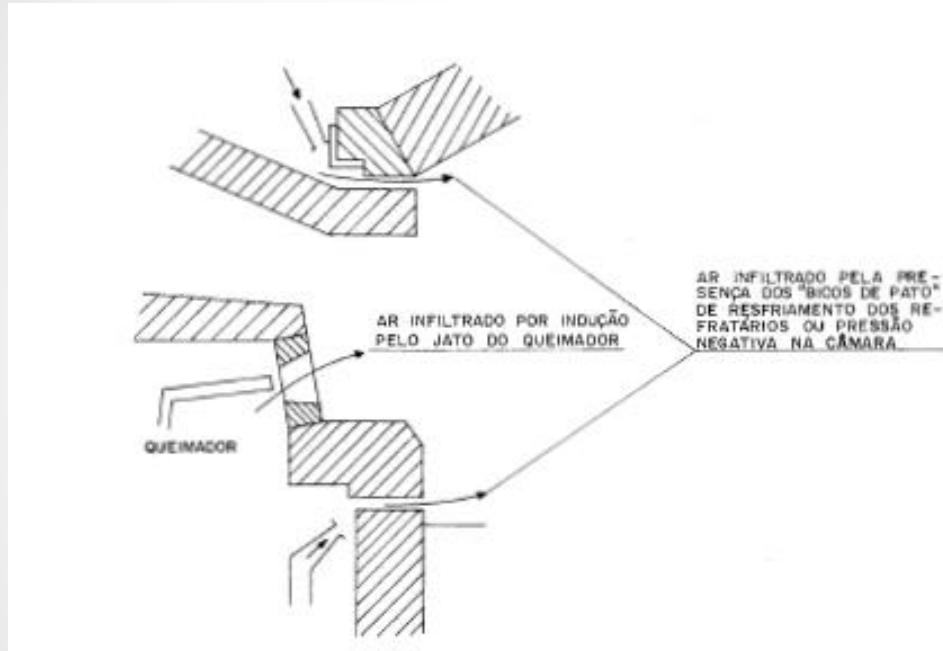


Formação de coque na combustão com óleo combustível



Maçaricos mal posicionados levam a aumento de formação de NOx aumentando o consumo energético do forno, como, são a origem de desgaste excessiva de blocos de maçarico e formação de carbonização de componentes do combustível. No pior caso podem ser a origem de grandes incêndios nos queimadores por retorno de chama devido a carbonização ou destruição do bloco maçarico

Pontos críticos de entrada de ar falso



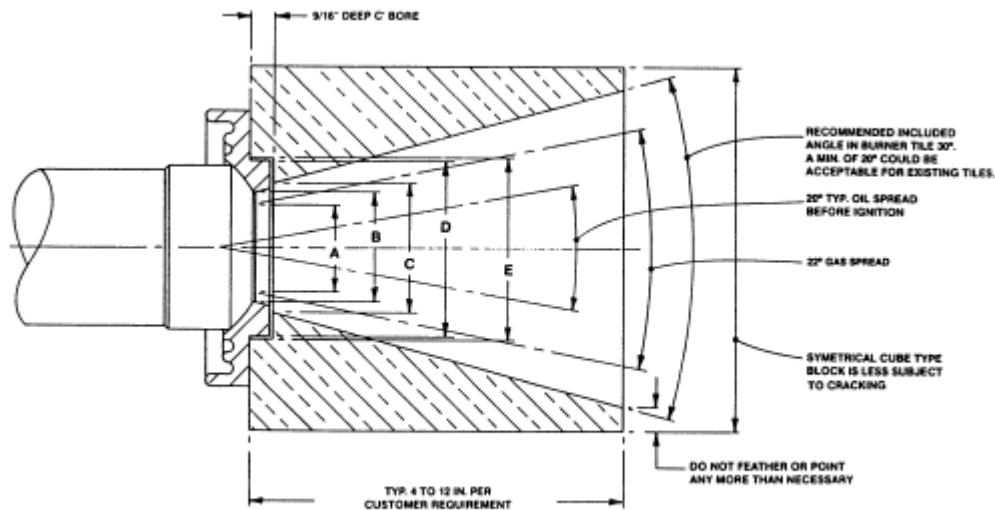
Caso típico de falta de manutenção

Troca de bloco queimador durante a campanha

Importante é durante a campanha que os equipamentos originais sejam mantidas a qualquer custo evitando alteração de chama e problemas de combustão levando a destruição dos refratários na área do laboratório de combustão

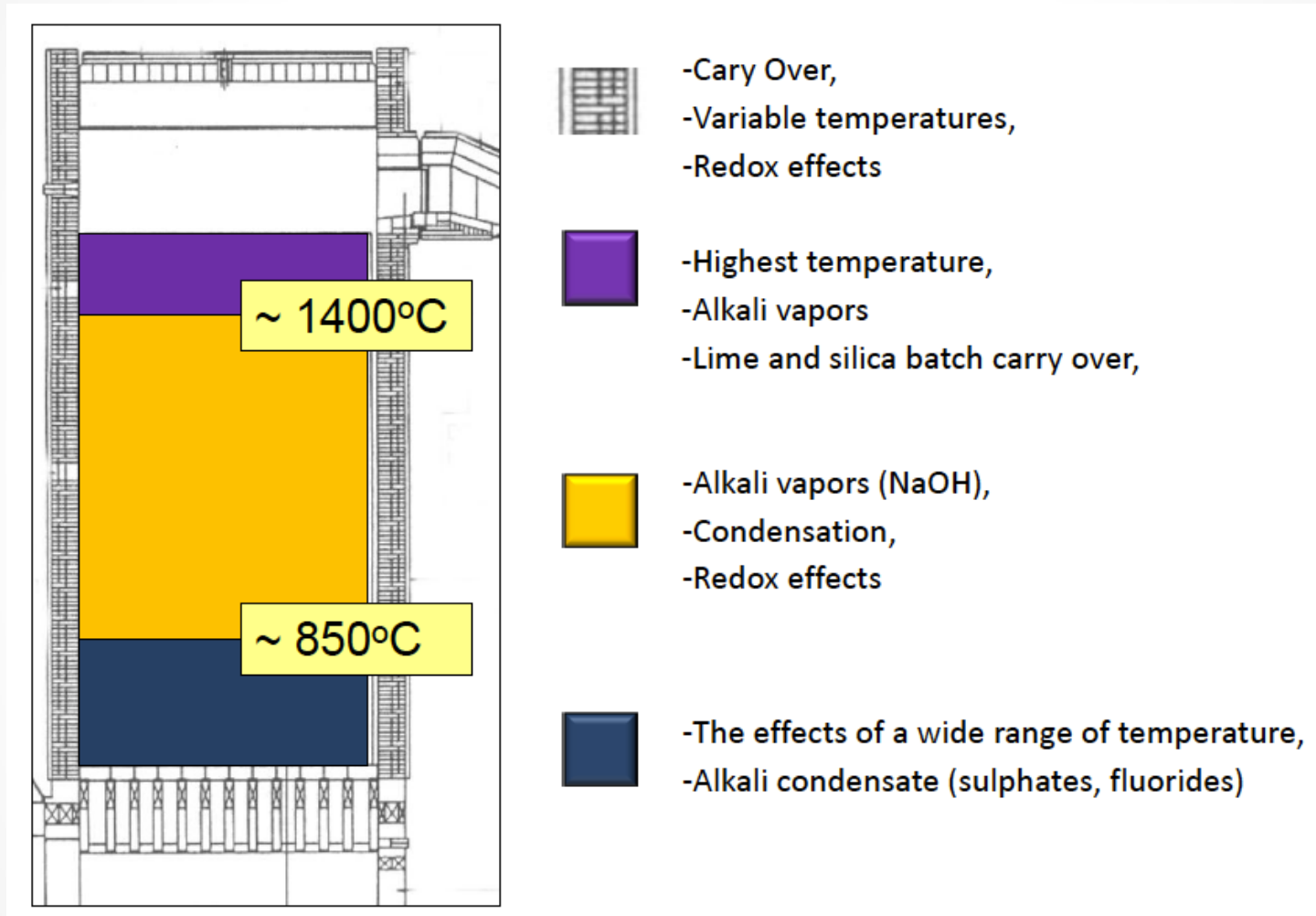
Portanto deve existir uma documentação completa do tipo de maçarico instalado com as características específicas para cada queimador

Qualquer alteração durante a campanha provoca aumento de consumo de combustível e NOx



ADJUSTABLE BURNER TYPE								
DIM'S	SE	SS	GE	GS	ME	MS	BE	BS
(2) A ^{IN} / _{MM}	1.250/032	1.250/032	1.440/037	1.440/037	1.500/038	1.904/048	2.400/061	2.400/061
B ^{IN} / _{MM}	1 3/4 /044	2 1/4 /057	2 1/4 /057	2 1/4 /057	2 1/4 /057	2 3/4 /070	3 1/4 /083	3 1/4 /083
C ^{IN} / _{MM}	2 /051	2 1/2 /064	2 1/2 /064	2 1/2 /064	2 1/2 /064	3 1/8 /079	3 5/8 /092	3 5/8 /092
D ^{IN} / _{MM}	3 7/16 /087	3 7/16 /087	3 7/16 /087	3 7/16 /087	3 15/16 /100	3 15/16 /100	3 7/8 /100	3 7/8 /100
E ^{IN} / _{MM}	3 1/2 /089	3 1/2 /089	3 1/2 /089	3 1/2 /089	4 /102	4 /102	4 /102	4 /102

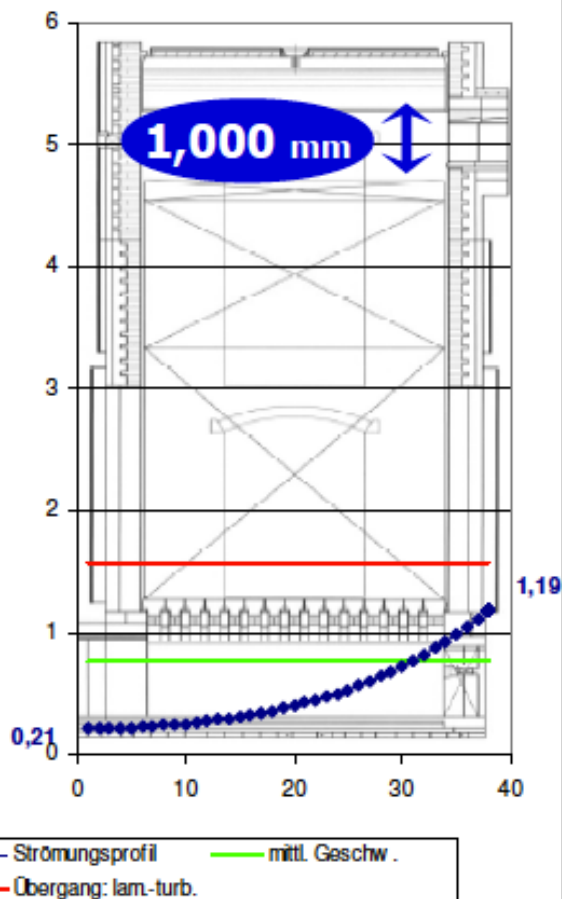
Ataques e desgastes de refratários em regenerador



Envelhecimento regenerador

Strömungsprofil der Luft in der Kammer

NEW

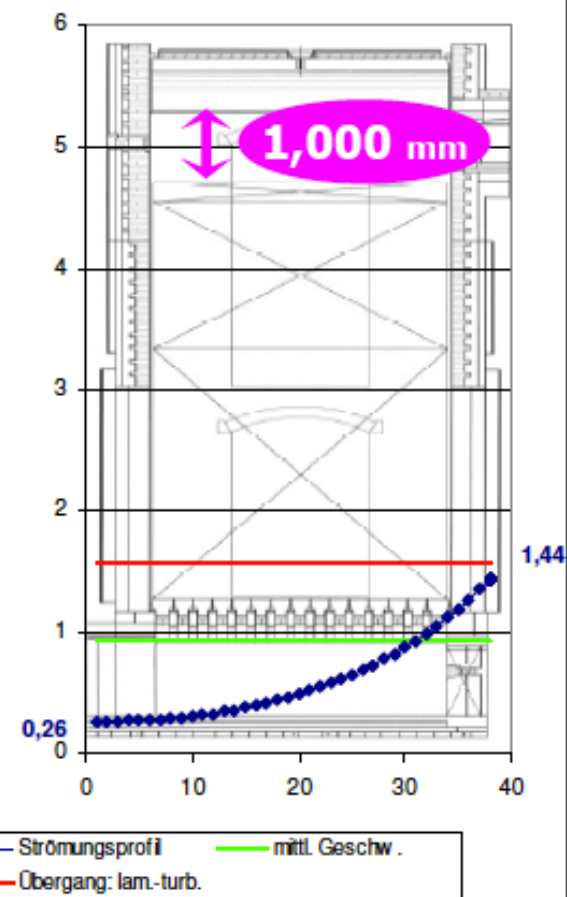


EMPILHAGEM CHAMINÉ

38 X 30 X 72	BLOCO CHAMINÉ (cm)	38 X 30 X 72
7,00 X 5,60	ÁREA CÂMERA (metros)	7,00 X 5,60
0,29	Velocidade de gases de saída (Nm/s)	0,34
0,23	Velocidade Ar sec. (Nm/s)	0,28
403	Volume câmara (m³)	403
37,7	Área de aquecimento por m² de fusão (m²)	37,5
75,8	Volume de ar no regenerador (Nm/s)	75,8
2,45	Volume empilhagem por m2 de fusão (m³/m²)	2,45
209,585	Carga energética de aquecimento (kcal/m³/h)	259,395
70	EFICIENCIA REGENERADOR (%)	65

Strömungsprofil der Luft in der Kammer

AGED 1.8 %/y (12y)



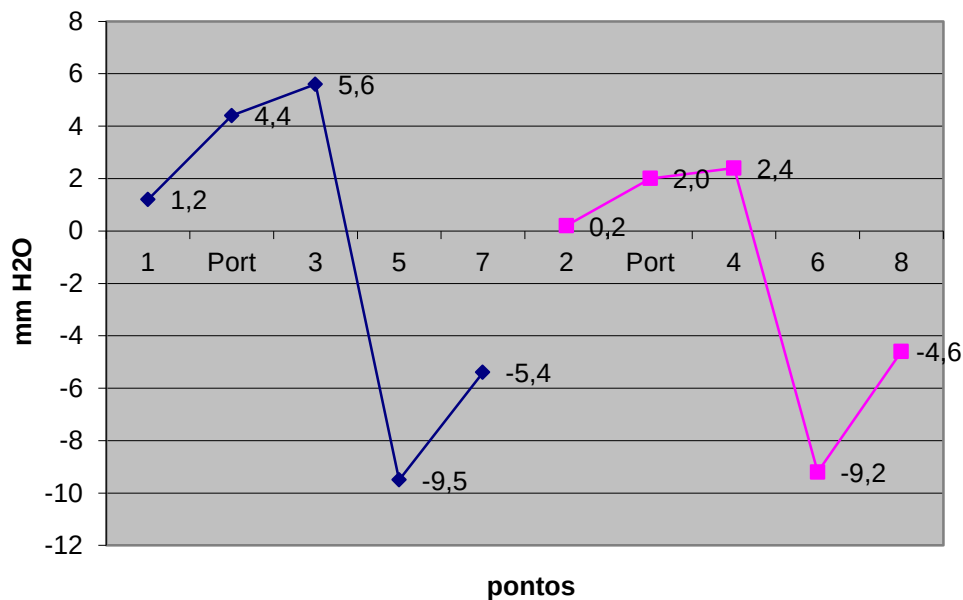
Análise de pressão operacional de um forno End Port

Análise da condição de equilíbrio de pressão depressão no sistema de combustão um forno de vidro (Forno End Port faltam dados de vidro Float, mas serve como exemplo)

Pressão e análise de Gas									
Ponto	O2 direito	CO direito	O2 esquerdo	CO esquerdo	subindo direito	descendo direito	subindo esquerdo	descendo esquerdo	Tiragem Motor %
1	1,3	10450			1,2				66
Port	4	89			4,4	2,3			
3	3,7	10			5,6	0,6			
5	4,2	1			-9,5	-6,6			
7	5,2	2			-5,4	-2,7			
2			0,4	12600			0,2		61
Port			3,6	0			2,0	0,4	
4			3,9	7			2,4	0,4	
6			4,3	22			-9,2	-6,4	
8			6,1	7			-4,6	-2,7	

Exemplo de gráfico

Pressão subindo



Pressão descendo

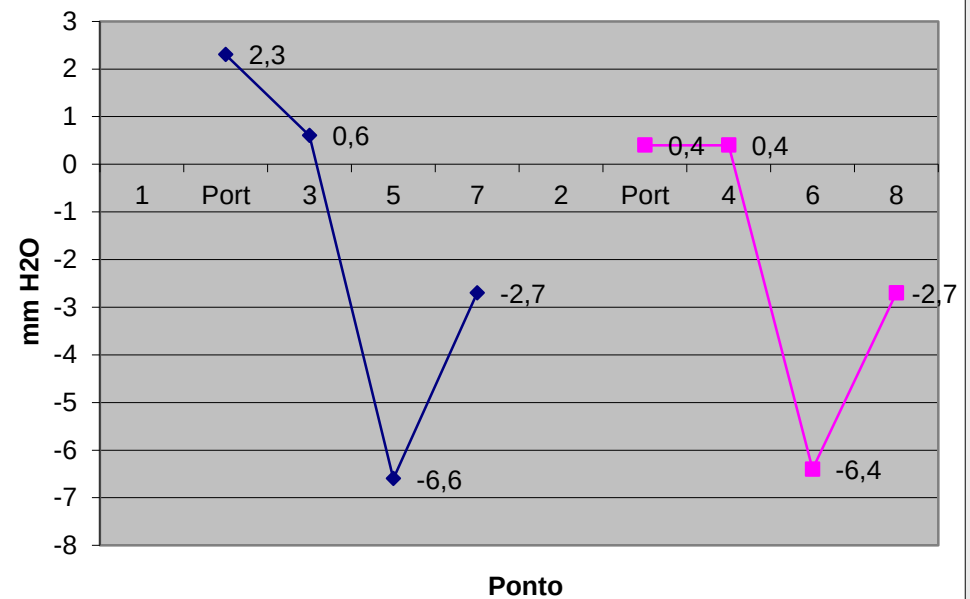
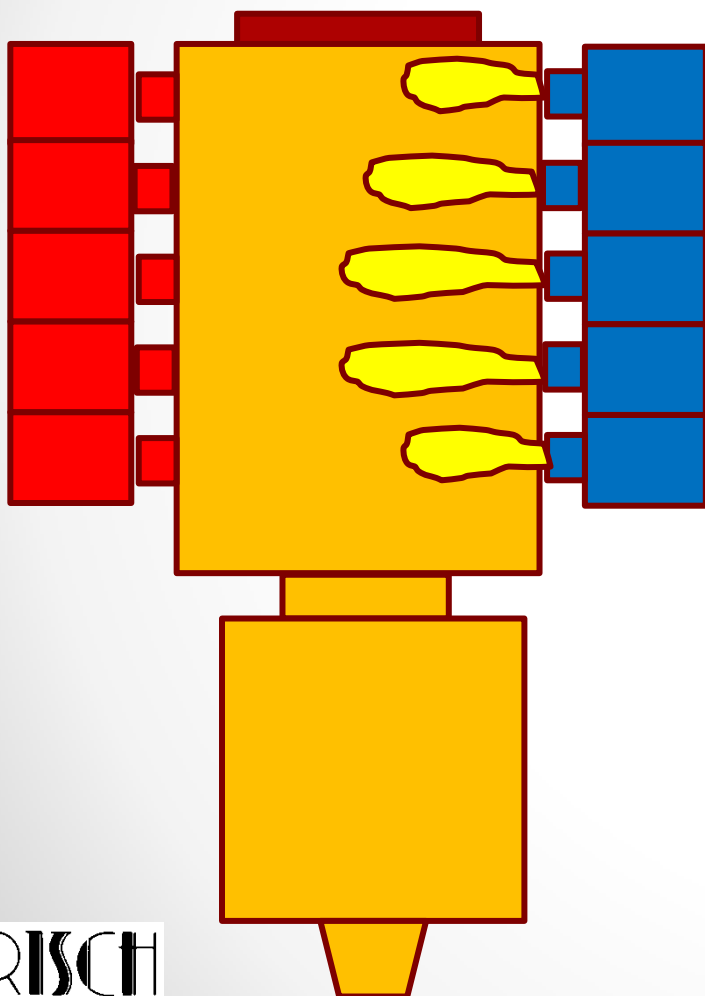


Gráfico mostra entupimento do regenerado do lado direito

Análise pressão depressão

PRESSÃO E DEPRESSÃO AR DE COMBUSTÃO SUBINDO (COM QUEIMA)				PRESSÃO E DEPRESSÃO GASES SAINDO (SEM QUEIMA)		
	LADO ESQUERDO (mmH2O)	LADO DIREITO (mmH2O)	PONTOS		LADO ESQUERDO (mmH2O)	LADO DIREITO (mmH2O)
VISOR LATERAL BACIA DE FUSÃO	1,52	0,76	1	VISOR LATERAL BACIA DE FUSÃO	0,25	1,27
VISOR LATERAL DO PORT	1,27	1,27	2	VISOR LATERAL DO PORT	3,81	3,81
VISOR LATERAL DO REGENERADOR	3	2,54	3	VISOR LATERAL DO REGENERADOR	-2,54	-3
VISOR FRONTAL DO REGENERADOR	2,54	3	4	VISOR FRONTAL DO REGENERADOR	-2	-2
FIADA 05 DA EMPILHAGEM	2	1,77	5	FIADA 05 DA EMPILHAGEM	-3,81	-4,31
FIADA 12 DA EMPILHAGEM	-1,27	-5	6	FIADA 12 DA EMPILHAGEM	-5,84	-1,52
FIADA 17 DA EMPILHAGEM	-2	-2	7	FIADA 17 DA EMPILHAGEM	-6,85	-6,85
FIADA 28 DA EMPILHAGEM	-4,31	-3,81	8	FIADA 28 DA EMPILHAGEM	-4,31	-8,63
CONDUTA	-4,31	-4,31	9	CONDUTA	-12,19	-12,19
CANAL DA CHAMINÉ	-23,5	-24	10	CANAL DA CHAMINÉ	-24	-23

Exemplo a ser seguida para cada câmara lateral em forno transversal (Float) ou câmara do lado direito e esquerdo em forno End Port



	Lado Direito		Lado Esquerdo		
Regenerador	0,39 mbar 1310 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,09 mbar 1360 °C 6,1 % O2 06 ppm CO	0,25 mbar 1316 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	0,08 mbar 1363 °C 5,4 % O2 0 ppm CO	2400 mm
	0,14 mbar 1279 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,35 mbar 1286 °C 5,7 % O2 9 ppm CO	0,03 mbar 1281 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,60 mbar 1290 °C 4,1 % O2 10 ppm CO	2000 mm
	- 0,13 mbar 1194 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,58 mbar 1236 °C 4,6 % O2 5 ppm CO	- 0,10 mbar 1200 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,80 mbar 1241 °C 3,6 % O2 18 ppm CO	2100 mm
	- 0,74 mbar 1140 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,59 mbar 1185 °C 3,4 % O2 9 ppm CO	- 0,45 mbar 1146 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 0,91 mbar 1200 °C 3,2 % O2 25 ppm CO	2300 mm
	- 0,74 mbar	- 0,82 mbar	- 0,25 mbar	- 0,95 mbar	
Arco	- 0,96 mbar 210 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 1,64 mbar 388 °C 5,1 % O2 11 ppm CO	- 0,96 mbar 230 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 1,45 mbar 401 °C 2,9 % O2 30 ppm CO	
Conduta	- 0,94 mbar 110 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 2,04 mbar 363 °C 12,8 % O2 3 ppm CO	- 0,98 mbar 119 °C 20,9 % O2 0 ppm CO	- 1,67 mbar 370 °C 11,5 % O2 9 ppm CO	
Válvula de Reversão					
	- 1,45 mbar 328 °C	- 2,00 mbar 419 °C	- 1,38 mbar 335 °C	- 1,92 mbar 415 °C	
10,2 % O2 6 ppm CO					

Análise de gás, pressão e volagem (equipamento e instalação)

- Tubo coletor de gás ou pressão
- Analisador de gás eletrônico com registro (O_2 , CO, CO_2)
- Analisador de pressão eletrônico
- Sistema de coleta de água em todos os pontos
- Alimentação de água em todos os pontos de medição
- Pá de volagem conforme especificação
- Pontos de coleta no regenerador para volagem
- Pontos de coleta para análise de gases e pressão

Carry Over (Volagem)

É possível quantificar o nível de volagem medindo-se o peso de um depósito acumulado em uma pá coletora refrigerada a água (pá de volagem) expondo-a no regenerador durante 24 ou 48 horas . As dimensões de chapa inox são 35 x 100 x 225 mm . Este coletor da amostra é colocado 5 cm acima da última fiada da empilhagem sobre o centro da mesma, ou no lado onde os fumos entram (centro do fumo do port).

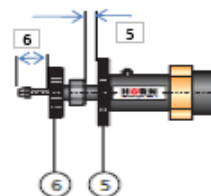
É preferível manter a pá de volagem pelo menos 150 mm da parede evitando o eventual gotejamento da máscara e coroa.

A volagem é expressa em grama de depósito por decímetro quadrado por dia. Este método é descrito por O.I. na revista “Glass Industry” (Maio, 1970).

Na comparação de fornos é considerada a variação de níveis de caco. A volagem é feita para a amostragem do peso seco da matéria prima menos o caco.

Regulagem maçarico

REGULAGEM DE MAÇARICOS											
Maçarico	No UBV	Ângulo	Externo (6)	Interno (5)	Pressão	Vazão	Regulagem	Cavalete entrada	Cavalete saída	Dia	OBS.
BR 1	LE	1	6	12	10	0,20	280	2,5	0,8	05/10/2008	Regulagem Original HORN
BR 2		2	6	12	10	0,20	280				
BR 3		3	6	12	10	0,20	280				
BR 1	LD	4	6	12	10	0,20	280	2,5	0,8	22/06/2009	Regulagem encotrada
BR 2		5	6	12	10	0,20	280				
BR 3		6	6	12	10	0,20	280				
BR 1	LE	1	9,3	9,9	8,8	0,38	280	2,5	0,8	22/06/2009	Regulagem encotrada
BR 2		2	8,6	10,8	10	0,36	320				
BR 3		3	8,8	9,38	10	0,38	320				
BR 1	LD	4	8,9	10,33	8,6	0,38	320	2,5	0,8	22/06/2009	Regulagem encotrada
BR 2		5	8,9	8,1	9,2	0,38	320				
BR 3		6	9	8,3	6	0,38	280				
BR 1	LE	1	9,3	9,63	10,7	0,32	380	2,5	0,8	22/06/2009	Regulagem deixada redução de particulado
BR 2		2	8,6	12,88	10,9	0,30	370				
BR 3		3	8,6	9,38	10	0,18	220				
BR 1	LD	4	8,8	10,33	8,6	0,18	220	2,5	0,8	22/06/2009	Regulagem deixada redução de particulado
BR 2		5	8,9	9,95	7,8	0,32	380				
BR 3		6	9	9,15	7,7	0,33	340				
BR 1	LE	1	9,3	9,63	10,7	0,28	360	2,5	0,8	30/06/2009	Medição PRAMEC durante quatro horas
BR 2		2	8,6	12,88	10,9	0,28	355				
BR 3		3	8,6	9,38	10	0,12	220				
BR 1	LD	4	8,9	10,33	8,6	0,16	208	2,5	0,8	30/06/2009	Medição PRAMEC durante quatro horas
BR 2		5	8,9	9,95	7,8	0,28	370				
BR 3		6	9	9,15	7,7	0,28	355				



O₂ VOLAGEM PRAMEC

3,5 1,382 0,301

3,0 1,118 0,301

3,6 3,5

OBSERVAÇÃO

Composição com redução de sulfato estava 0,9Kg/100Kg Areia. Chamine com 80% de tiragem sendo a depressão atingindo -47mm H2O

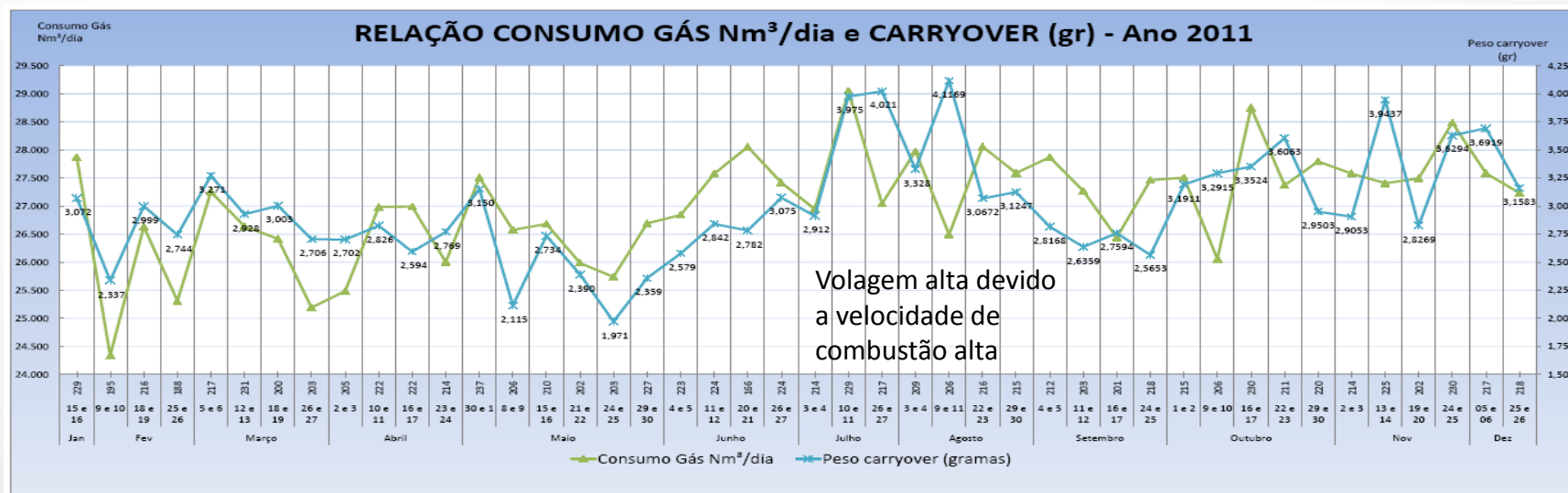
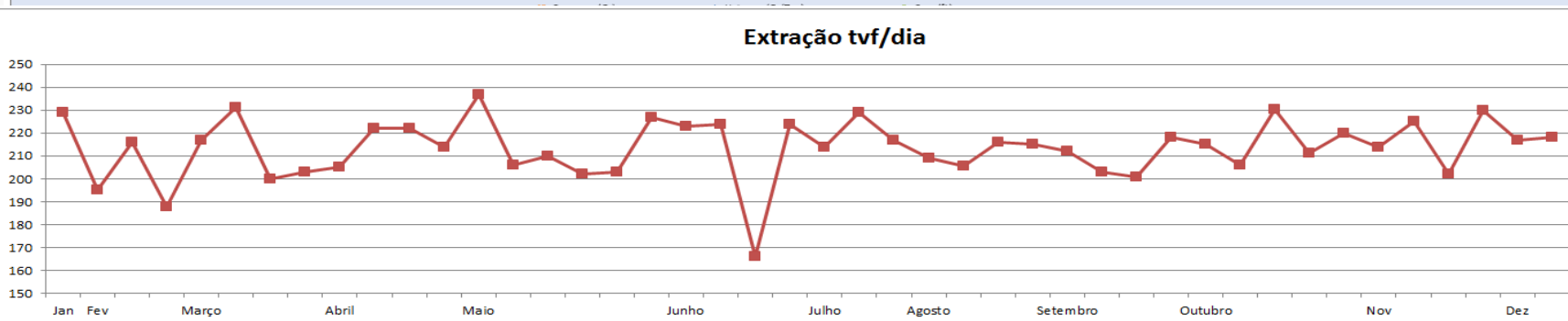
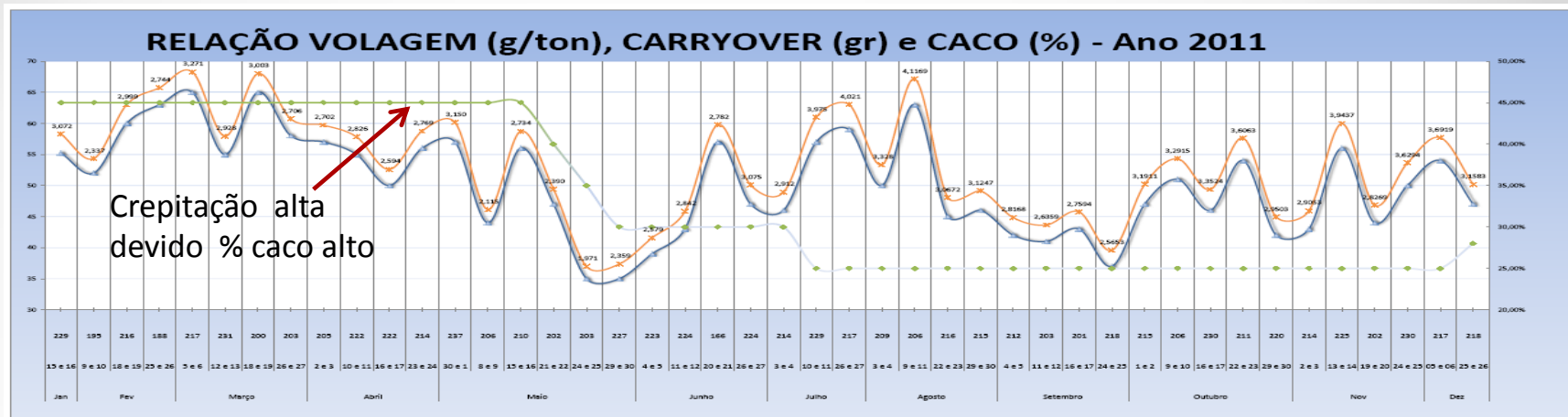
Outubro - 2009

DESCRIÇÃO	UNIDADE	META CONAMA	MEDIÇÃO 23/10/09		
Material Particulado (MP)	Kg / tvf	0,4000	0,1566	0,1762	0,1737
Óxido de Enxofre (SOx)	Kg / tvf	1,4000	0,5458	0,5599	0,5065
Óxido de Nitrogênio (NOx)	Kg / tvf	3,2000	2,0668	2,3643	2,4463
			1,9307	2,0155	2,2022
			2,1373	1,9449	2,1660

META CETESB

Material Particulado (MP)	mg / Nm3	50,00	49,40	57,30	56,30
-----------------------------	----------	-------	-------	-------	-------

Volagem de fornos				
Dados para calculos	Data analise	30/06/2009	01/07/2009	Media
Forno		4	4	4
Data da volagem		30/jun	01/jul	30/6-17
Extração do forno	ton/dia	197,900	203,800	200,850
Boosting	Kw/dia	13,857	13,353	13,605
Consumo de GN Fusão	Nm³/dia	24,008	24,225	24,117
Ar secundário	Nm³/Nm³ GN	12,691	12,807	12,749
Relação Ar/GN				12,69
Temperatura to ponto quente	°C	1,555	1,555	1,555
% de Caco no vidro fundido	%	55	55	55
Composição enformada (sem caco)	ton/dia	109	112	110
Umidade da composição	%	3,8	3,6	3,7
Área do regenerador (um lado)	m²	25,335	25,335	25,335
Comprimento da pá de volagem	mm	224,0	224,0	224,0
Largura da pá de volagem	mm	94,0	94,0	94,0
Area da pá de volagem	m²	0,021	0,021	0,021
Peso do carryover do lado esquerdo	gr		1,382	1,382
Peso do carryover do lado direito	gr	1,118		1,118
Volagem	Kg/dia			3,008
Volagem por tonelada de composição	gr/ton			66
Volagem fraca	gr/ton	< 50 - 100	< 50 - 100	< 50 - 100
Volagem media	gr/ton	100 - 150	100 - 150	100 - 150
Volagem forte	gr/ton	> 150 - 200	> 150 - 200	> 150 - 200
Volagem por tonelada de vidro fundido				36
Composição da volagem		PF	%	%
		SO ₂	54,048	55,699
		Na ₂ O	34,275	38,394
		SiO ₂	1,119	0,791
		Fe ₂ O ₃	0,245	0,209
		CaO	3,245	0,955
		K ₂ O	1,251	1,162
		MgO	3,185	0,358
		PbO	0,658	0,662
		P ₂ O ₅	0,307	
		Rb ₂ O	0,415	0,381
		Ti ₂ O ₃	0,350	0,339
		NiO	0,047	
		ZnO	0,126	0,094
		Bi ₂ O ₃	0,191	0,353
		Al ₂ O ₃	0,086	0,079
		SnO ₂	0,184	0,166
		MnO		#DIV/0!
		As ₂ O ₃		#DIV/0!
		ZrO ₂		#DIV/0!
		Cl	0,104	0,115
		Cr ₂ O ₃	0,059	
		CdO		0,087
		Ag ₂ O	0,104	0,134
Composição do combustível				
CO ₂	%			
N ₂	%			
CH ₄	%			
C ₂ H ₆	%			
C ₃ H ₈	%			
PCS medio	Kcal/Kg			
Densidade	Kg/m³			
Observação				
Regulado maçarico de dentro com 100m3/h a menos que maçarico central e externo. Regulado maçaricos baixando velocidade de gases e baixado 5° C na temperatura quente do forno				



Dêcrepitação de Carbonatos

- Matérias primas carbonatados liberam na fusão CO_2 dependendo da estrutura cristalina e energia envolvida. Os mesmos explodem liberando partículas finas nos gases de exaustão entupindo a empilhagem dos regeneradores.
- A decrepitação depende da forma e granulometria do grão
- A tendência de de crepitação da dolomita e maior que do calcário
- “Pilkington test” esta sendo o mais usado



Example of a decrepitation test for dolomite

Estimativa de níveis carryover

Na indústria vidreira temos suficientes informações permitindo uma quantificação dos limites de volagem :

Fraco volagem = $Pó < 50 - 100$ grama / ton.

Forte volagem = $Pó > 150 - 200$ grama / ton.

Mas, empiricamente, podemos também inspecionar o forno de vidro, conseguindo uma ideia do nível de volagem.

A aparência da superestrutura, depósitos em condutos queimadores, depósitos no topo de empilhagem permitem uma avaliação do aumento da volagem

O uso de soda leve, a qualidade de matérias primas, umidade e combustível (gás ou óleo) são parâmetros que influenciam diretamente o nível de volagem.

Regulagem Enfornadeira Side-Port (Float)



Existe divergências grandes na regulagem de enfornadeira traseiras especialmente quando há uma parada, ou a manutenção de uma maquina de enfora. Alguns preferem maquinas individuais e outras maquinas duplas ou somente uma mesa de enfora. A razão é a distribuição da composição dentro do forno no caso de parada de um elemento perturbando as correntes de convecção de vidro do banho levando posteriormente a problemas de qualidade de vidro

Enfornadeira Float

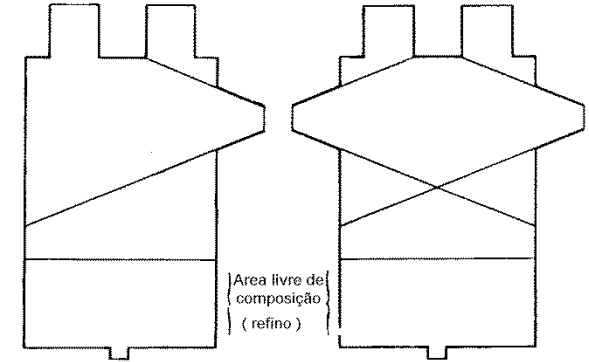
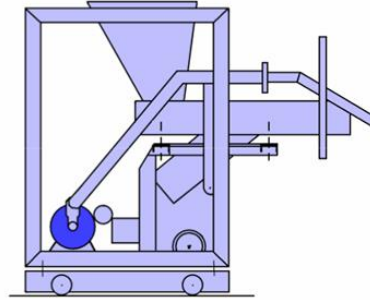
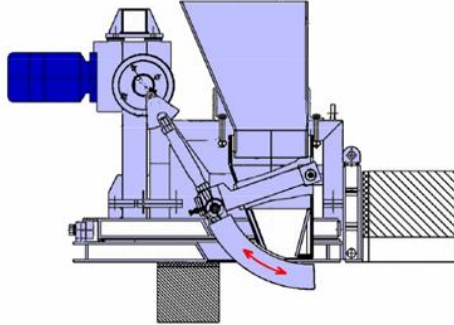
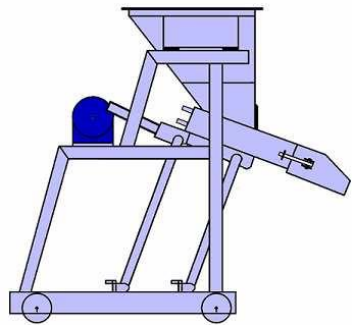


Área de enforna protegida
evitando entrada de ar falso
Melhorando eficiência do
forno

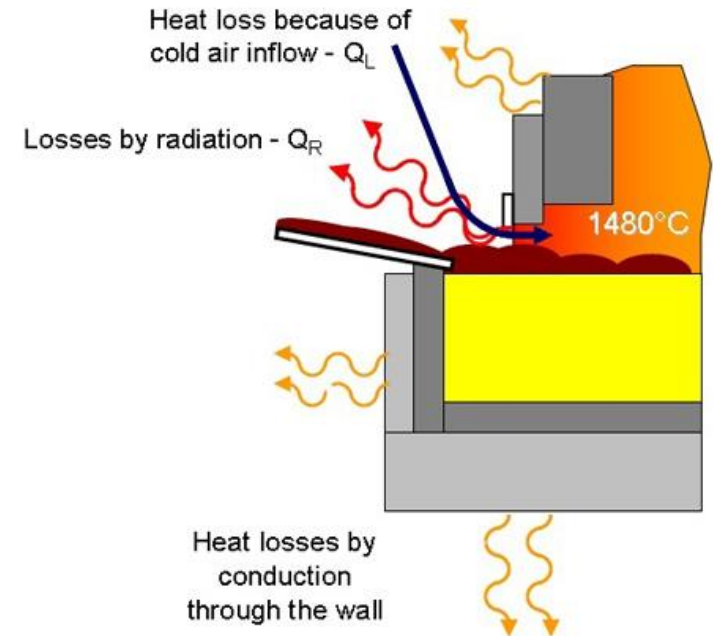
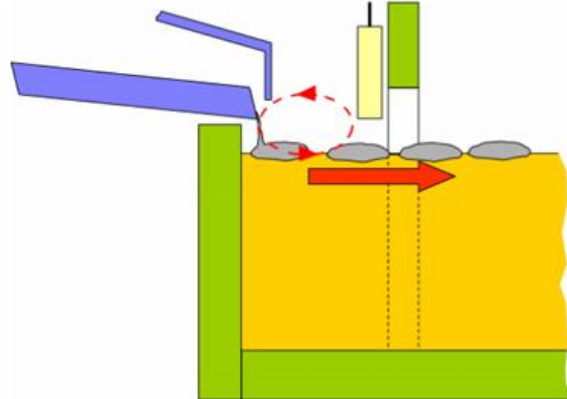
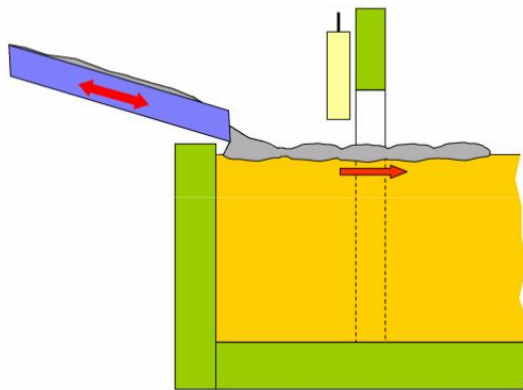
Janela de visória



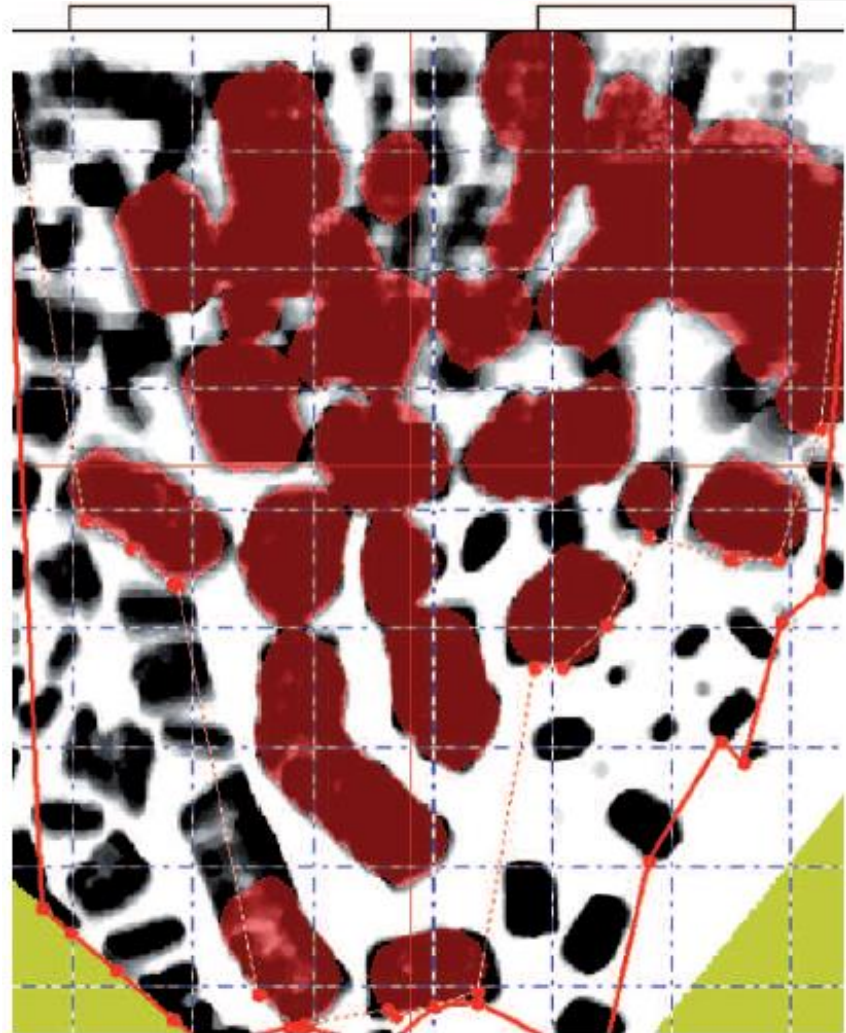
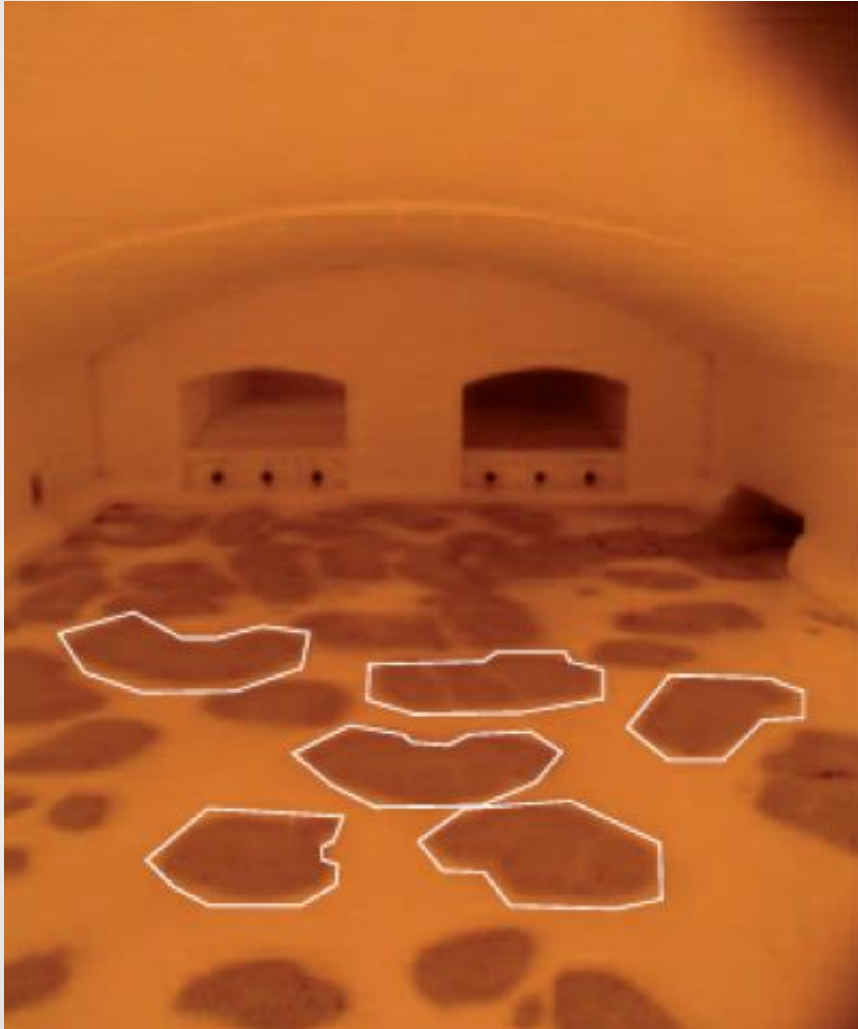
Enfornadeiras laterais em fornos End-Port



Area desejada pela cobertura da composição



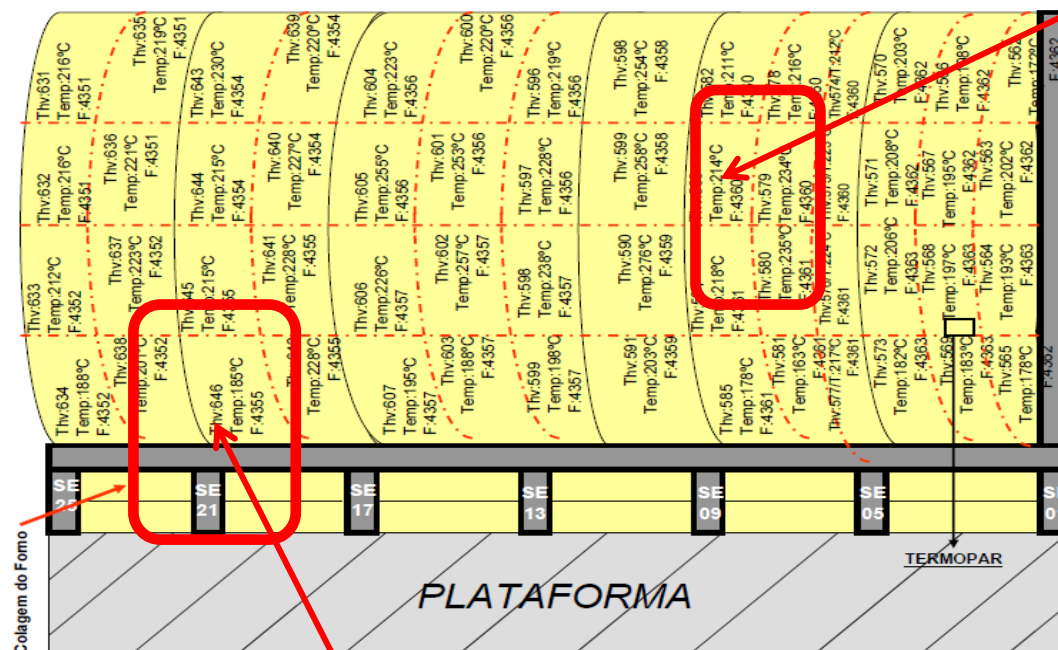
Batch Control



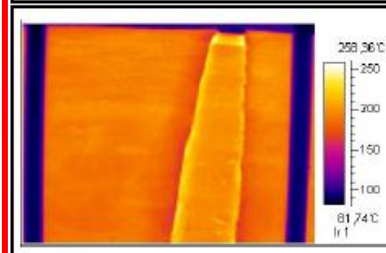
Enforna otimizada através de software e de uma câmera já instalada

Termografia

Aboboda – Lado Direito do Forno 04



ABOBODA DO FORNO 4 \ Lado direito do forno



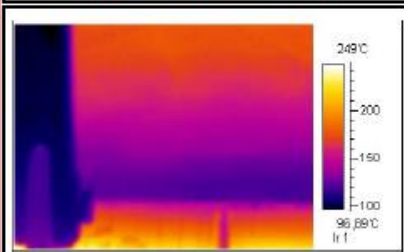
589.JPG

100_4358.JPG

Histórico de Inspeção:

Nº da Inspeção	Data	Temp. °C	Temp. Amb. °C	Obs.:
7418	30/4/2010	258	80	Temperatura interna: 1555°C. Emiss: 0.87.

ABOBODA DO FORNO 4 \ Lado direito do forno



634.JPG



100_4352.JPG

Histórico de Inspeção:

Nº da Inspeção	Data	Temp. °C	Temp. Amb. °C	Obs.:
7418	30/4/2010	188	80	Temperatura interna: 1555°C. Emiss: 0.87.

Controle de impedância do vidro no caso de boosting ou forno elétrico

Impedância depende de:

- Altura do banho de vidro
- Aprofundamento dos eletrodos
- Distâncias entre eletrodos
- Diâmetro dos eletrodos
- Largura da cuba
- Localizações das linhas de eletrodos
- Temperatura média do vidro nas proximidades dos eletrodos
- Teor de álcalis da composição (% da composição)

VIGILÂNCIA DOS APOIOS ELÉTRICOS

As instalações de apoio elétrico devem ser inspecionadas periodicamente de maneira rotineira, além dos controles legalmente obrigatórios no país (instalação elétricas por exemplo).

São recomendadas as seguintes ações:

De maneira continua (desde que um eletrodo está instalado, quer ele esteja sob tensão ou não), vigilância dos seguintes pontos:

Temperatura da água de retorno de resfriamento dos eletrodos com alarme alto;

Vazão da água de retorno de resfriamento dos eletrodos com alarme baixo;

MANUTENÇÃO DA INSTALAÇÃO

Lembramos sumariamente as ações clássicas de manutenção deste tipo de instalações:

limpeza da poeira dos barramentos, aperto das conexões elétricas (como para os transformadores) e de maneira geral respeitar a legislação vigente;

seguimento e tratamento da qualidade da água de resfriamento

Geral

pH entre 8,0 e 8,5 dureza 6 a 8° franceses (60 a 80 mg de CaCO_3 por dm^3) ou 3,4 a 4,5° alemães (34 a 45 mg de CaO por dm^3)

NORMA HORN :

Água para refrigeração dos eletrodos

PH	(pH)	7 a 8
Whole hardness (Dureza)	<15° d	
Whole salt content (Conteúdo de sais)	< 1000mg/l	
Iron (Ferro)	<0,1 mg/l	
Suspension substance (Material e m suspensão)	< 30 mg/l	
Conductivity (Condutividade)	ca. 1000 S/cm	
Carbonate hardness (Dureza de Carbonatos)	7° d	
Aggressive carbon dioxide (Dióxido de Carbono agressivo)	0 mg/l	
Chloride (Cloro)	<200mg l	
Sulphate (Sulfatos)	<100mg/l	

vigilância e limpeza dos filtros de água;

vigilância e limpeza dos filtros a ar (por exemplo de ventilação do local dos transformadores e reguladores).

Aprofundar regularmente os eletrodos um pouco, por exemplo 1 a 2 mm por mês ou 5mm cada 3 meses.

Aprofundar 100mm cada seis meses (Regra fabricante de fornos HORN) (Importante impedância do banho e calculada pelo fornecedor)

Aprofundar os eletrodos conforme a impedância original (forno novo) a cada seis meses

Deslocam-se assim as partes eventualmente em curso de devitrificação. O eletrodo permanece assim livre e sua penetração no vidro facilmente corrigida quando se tornar necessário. A experiência prática (pequena resistência à subida permitindo distanciar as ações) fixará o intervalo de tempo ideal separando as intervenções.

Manutenção de Forno



Economia proporcionada pela manutenção de fornos

- Melhor eficiência de perda térmica com a limpeza da isolação e maior durabilidade dos refratários
- Maior eficiência térmica durante a campanha na recuperação energética em regeneradores e recuperadores
- Redução de entrada de ar parasita no forno
- Maior estabilidade na condução do forno
- Melhor queima dos combustíveis (geometria da chama e transferência energética)
- Melhor qualidade de vidro durante a campanha
- Redução do envelhecimento do forno (0.8 a 2% de energia por ano de campanha)
- Melhora das condições ambientais de trabalho e meio ambiente

Efeitos da Manutenção no processo de fusão de vidro

PREPARAÇÃO DA COMPOSIÇÃO E MATÉRIA PRIMA

Manutenção de moinhos	Melhora energético e redução na volatilização da matéria prima no forno da granulometria permitindo fusão com menor consumo
Silos e abastecimento	Menor contaminação da matéria prima e redução de perdas
Pesagem	Melhor homogeneidade do vidro e redução de perdas na fabricação
Mistura	Melhor homogeneidade do vidro
Transportadores	Melhor homogeneidade do vidro e redução de perda de matéria prima e produção
hidramix	Maior controle da umidade da composição
Tratamento de caco	Melhora de qualidade de vidro melhorando rendimento da produção

Efeitos da Manutenção no processo de fusão de vidro

Forno de fusão

Controle de processo	Melhora na estabilidade do processo de fusão e qualidade de vidro
Ar secundário ajuste e parametrização	Redução de consumo energético e melhora na condição ambiental
Ajuste Maçaricos	Redução de consumo energético e melhora na condição ambiental
Controle de potencia dos motores	Redução do consumo da energia elétrica
Borbulhador	Melhora na homogeneidade do vidro e desgaste do forno
Isolação do forno (limpeza, eliminação de vazamentos etc.)	Redução de consumo energético
Maçaricos Low-NOx	Redução de consumo energético e melhora na condição ambiental
Ventilação de refratários	Aumento da vida útil dos refratários
Refrigeração equipamentos (eletrodos, enforadeira etc.)	Aumento da vida útil dos equipamentos
Manutenção refratários (fechamentos lanternas, ajustes de visores e aberturas, pontos vermelhos etc.)	Redução de consumo energético e melhora na qualidade de vidro. Melhora na vida útil dos refratários
Regenerador (limpeza empilhagem, canais, ports etc.)	Melhora no consumo energético e aumento da durabilidade dos refratários
Aproveitamento resíduos do filtro eletrostático	Redução de custos na matéria prima
Manutenção elétrica e instrumentação	Estabilidade de processo e redução de falhas do mesmo proporcionando melhor qualidade de vidro

Efeitos da Manutenção no processo de fusão de vidro

Manutenção de Feeder e Distribuidor

Limpeza de coberturas e isolamento	Melhora de qualidade do vidro e aumento de eficiência do controle térmico
Ajuste de Maçaricos	Redução de consumo de combustível e redução de defeitos no vidro
Ajuste de chaminés e dampers	Aumento de qualidade de vidro e redução de consumo de combustível
Manutenção conti drain	Melhora na qualidade de vidro e diminuição de desgaste dos refratários
Manutenção de estirres e mecanismos	Melhora na qualidade de vidro e redução do desgaste de refratários
Controle do processo	Melhora no controle de fabricação dos vidros
Inspeção periódica de juntas e conexões	Diminuição de riscos de vazamentos de vidro

Bibliografia

- Manual Brite Fire Combustion Tec
- AIF Forschungsvorhaben Nr 15015N (Abschlussbericht HVG-GWI)
- Seminário Horn São Paulo Março 2010
- HORN Brochuras
- SEFPRO Brochuras
- SORG Brochuras
- Analyse of raw material at CELSIAN
- Curso de engenharia de fusão SG 1978 (França)
- Energy efficiency of glass furnaces & Controlling Energy & Emission (Ruud Beerkens) IPCOS
- Industrial Efficiency Technology Database