

LEVANTAMENTO DE PERFIL DE TEMPERATURAS – FORNO THERMAL

01/06/2010

Objetivando conhecer o perfil de temperaturas do forno Thermal instalado no LMMC-IPT, utilizou-se um cadinho de grafite vazio, e um termopar do tipo B com poço pirométrico de alumina. Toda estrutura interna do forno é de grafita, logo se utiliza atmosfera inerte de argônio com pressão parcial positiva, evitando entrada de ar.

Na tampa do forno, havia um sistema para entrada do termopar, que permitia a movimentação ascendente e descendente do mesmo. As medidas de temperatura foram tiradas no centro do forno ao longo da altura do forno, variando a posição da ponta do termopar, partindo da base interna do cadinho até pouco abaixo da tampa de grafita, conforme indicado na Figura 1.

O sistema de controle do forno é acoplado a um pirômetro ótico, que mede as temperaturas em um ponto próximo a altura de 10 cm.

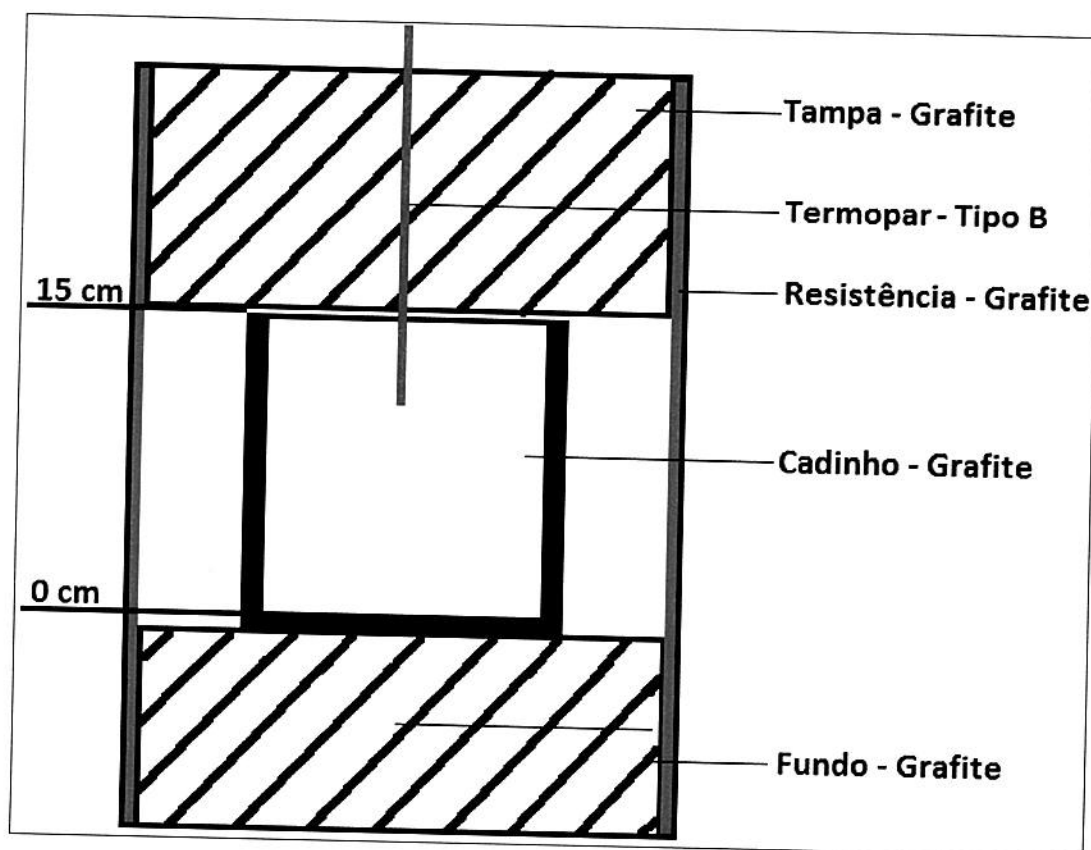


FIGURA 1. ESQUEMA DO ENSAIO DE MEDIDA DE PERFIL TÉRMICO DO FORNO THERMAL - IPT.

A Figura 2 mostra os perfis traçados quando as temperaturas nominais do forno, isto é medidas pelo pirômetro óptico, eram de 1400°C e 1500°C.

Para o perfil de 1400°C, tiraram-se medidas de temperatura após 10, 30 e 60 minutos que o pirômetro ótico indicava a temperatura em questão. Para um mesmo ponto as variações, quando existiram, foram da ordem de 5°C o que nos levou a assumir que o perfil é estacionário. Para as medidas a 1500°C esperou-se 30 minutos após o pirômetro óptico marcar a temperatura em questão.

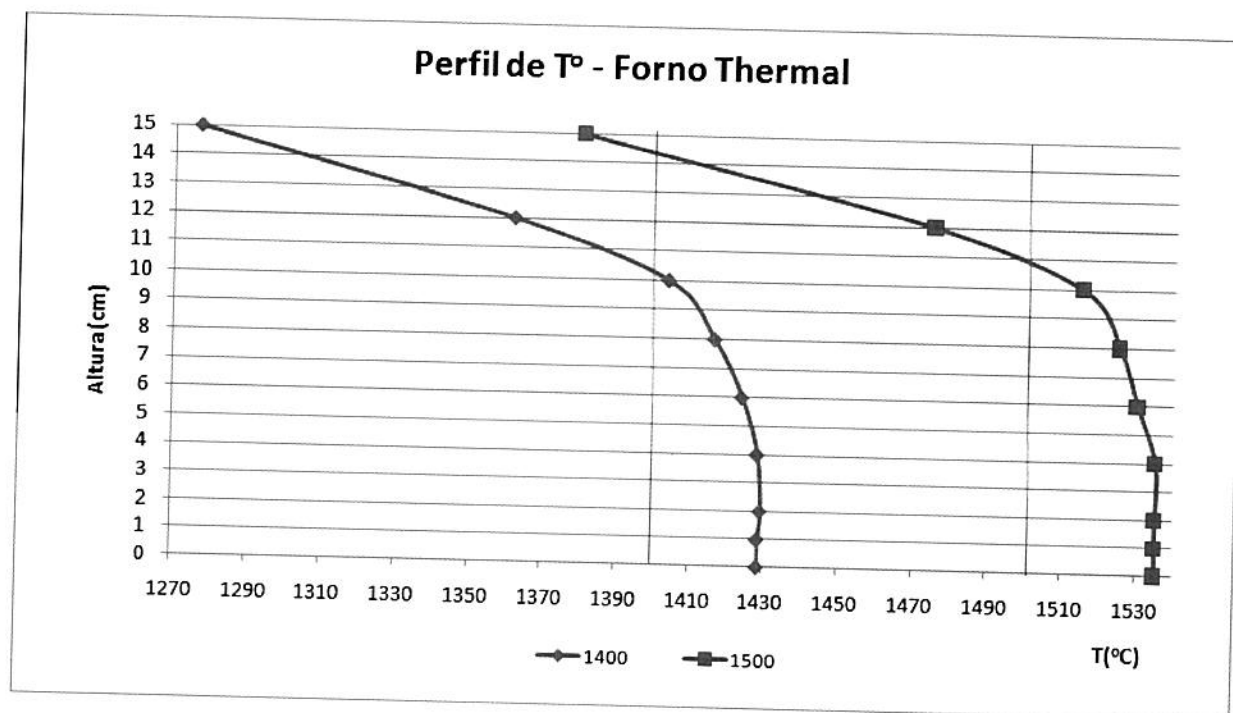


FIGURA 2. PERFIL TÉRMICO DO FORNO THERMAL A 1400°C E 1500°C.

Para ambos os perfis, o comportamento é bastante similar. Até ~10 cm as temperaturas são maiores que as nominais, sendo que até ~5cm mantêm-se estáveis a 30°C acima da temperatura nominal. A partir deste ponto iniciam uma queda, inicialmente suave e posteriormente mais brusca.

Até ~11cm pode-se dizer que o forno trabalha na temperatura nominal +/- 30°C, colocando a variação ao longo da altura dentro do erro de medida da temperatura. A partir de ~12cm a queda de temperatura é bastante acentuada chegando a quase 150°C abaixo da temperatura nominal.

Os valores obtidos do termopar foram bem parecidos com os valores do pirômetro ótico na altura em que o pirômetro ótico faz a medida (~10cm), mostrando coerência nos resultados.

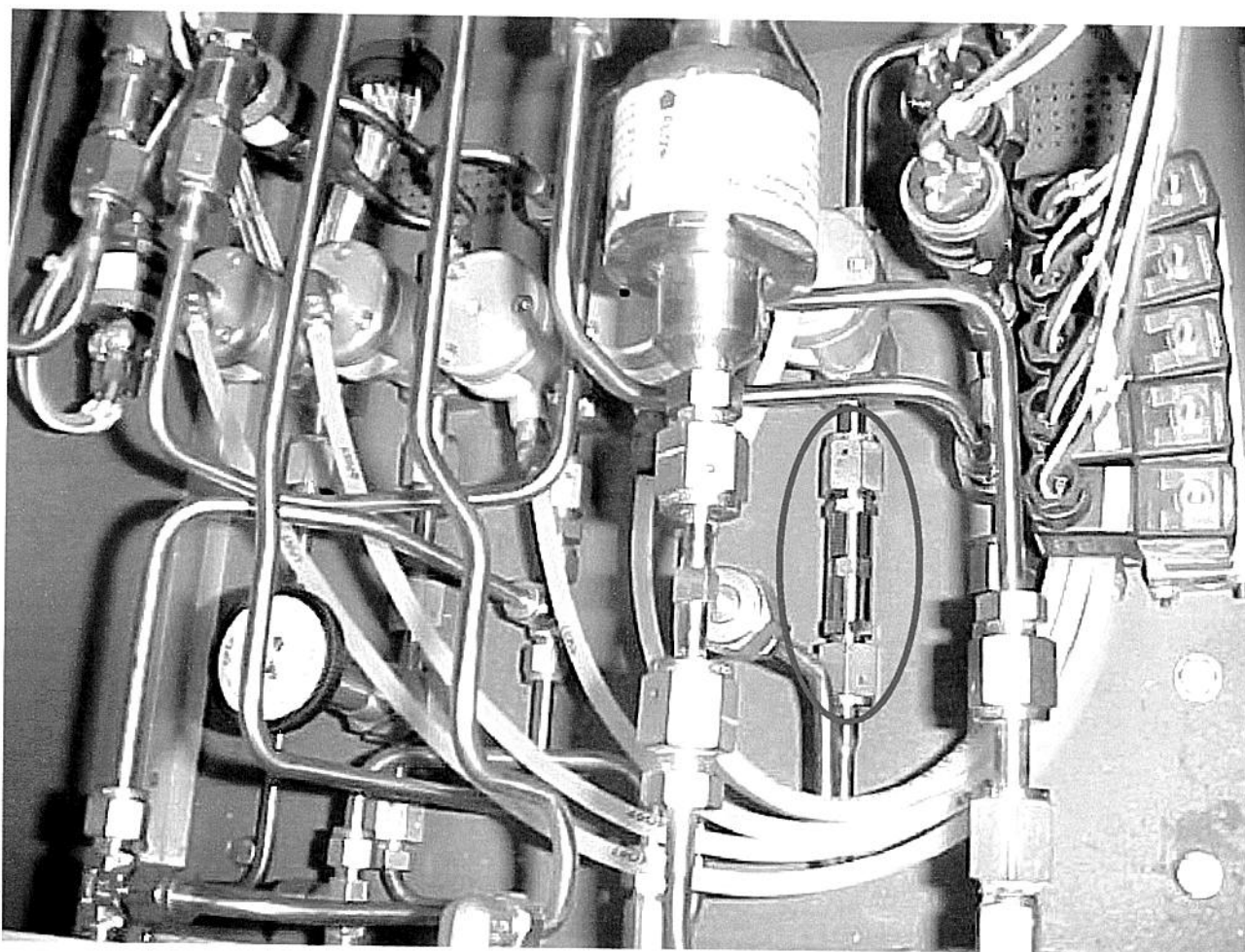
Pode-se então dizer que a altura efetivamente útil do ponto de vista térmico é de 11 a 12 cm.

Limpeza da Válvula Solenóide – Sistema de Gases

(Forno Thermal)

Durante a realização de uma corrida no forno Thermal, a pressão no interior da câmara deve ser de 0 (zero) psi, ou muito próximo disso, pois nesta fase temos apenas fluxo de gás inerte, sem o acúmulo do mesmo.

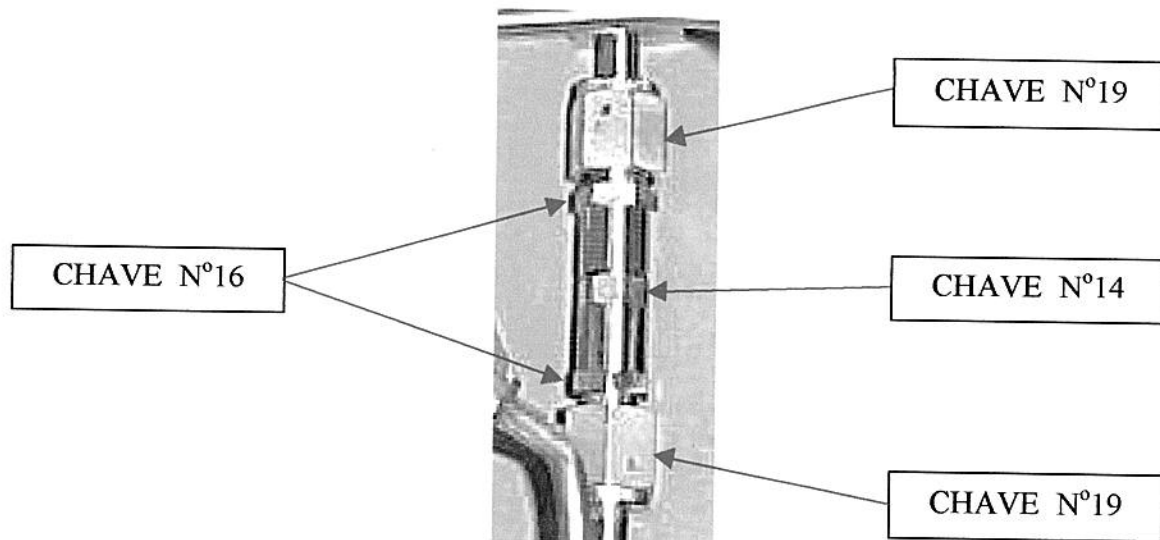
O aumento de pressão no interior da câmara, durante uma corrida, indica um entupimento na linha de gás que sai da câmara. O ponto crítico dessa linha é uma válvula solenóide, indicada no interior da elipse em vermelho na foto abaixo. Neste caso, tal válvula deve ser retirada da linha, desmontada e limpa, de acordo com as instruções a seguir.



As linhas de gases da foto acima se encontram no sistema de gases, que está sobre o forno. Para visualiza-las, basta retirar a tampa do equipamento.

A retirada da válvula em questão, bem como a sua desmontagem, deve ser feita utilizando-se “chaves-de-boca”, conforme mostra o esquema a seguir.

Durante a retirada da válvula, deve-se tomar o cuidado para não se perder as duas pequenas arruelas metálicas que servem de vedação entre a válvula e a linha de gás, sendo uma em cada extremidade. Tais arruelas também devem ser limpas.



Durante a recolocação da válvula na linha de gás, deve-se tomar o cuidado com o sentido do fluxo de gás. Para isso, observe que há uma seta desenhada na região central da válvula (*“porca da chave nº14”*), que indica o sentido no qual o gás flui através da mesma. Tal seta deve estar apontada para frente do equipamento, ou ainda, de cima para baixo conforme a foto anterior.

Manual simplificado de operação do forno Thermal:

Refrigeração:

- 1) Ligar Chiller
- 2) Abrir válvula esfera do Chiller
- 3) Ligar válvula solenóide do Chiller

Gás:

- 1) Manter pressão Cil gás inerte em 150 kPa
- 2) Manter pressão Cil ar comprimido em 3 bar
- 3) Ligar Control Power *Ligar forno.*

Atmosfera do forno:

Procedimento de evacuação seguido de purga com inerte:

Verificar se o botão de purga está na posição 1 (10 min de purga) – atrás do forno

- 1) Ligar o botão Control Power
- 2) Aguardar 10 minutos (o manômetro registrará ~ 5 Psi) *→ Ver com luz verde operando*
- 3) Ligar bomba vácuo
- 4) Colocar a chave da esquerda na posição purga à vácuo
- 5) Colocar a chave da direita na posição purga a gás inerte
- 6) Pressionar o botão Start – lâmpada verde
- 7) Abrir a válvula da bomba de vácuo
- 8) Ao fim da purga de vácuo (leva ~10 min) o alarme soará por alguns segundos avisando o fim da purga
- 9) Fechar a válvula de vácuo
- 10) Desligar a bomba, o gás inerte começará a entrar automaticamente na câmara do forno
- 11) Acertar as vazões de gás da janela (mínima vazão 0,01 CCFM N2 ou 0,24 NI/min de argônio) e câmara. A pressão da câmara será de ~ 1 atm. *11 atm
10 min*
- 12) Ligue o forno
- 13) Ao final da corrida passe a chave da esquerda para purga com inerte e em seguida aperte o botão reset e o sistema voltará a purgar o forno. As lâmpadas de inert flow e inert purge estarão ligadas e a de Start estará desligada
- 14) Aguarde 10 min, após este tempo as lâmpadas de inert flow e inert purge se apagarão automaticamente. Aguarde o forno retornar a baixa temperatura (300 C) para desligar a refrigeração e abri-lo.

Programação do ciclo térmico:

Ordem dos botões do programador (da esquerda para a direita)

1 – Menu

2 – Barra de rolagem para cada item do Menu escolhido

3- Seta de seleção para baixo

4- Seta de seleção para cima

Limitar potência manual em 40 até que a T chegue a 1000 C

Colocar no modo AUTO

Selecionar Menu (botão 1)

Se já houver programa selecionado:

Acertar no menu (botão 1) o run list, acertar o programa desejado (program 1 ou 2 ou 3 etc)
Selecionar na barra de rolagem (botão 2) Stat off (programa sem uso) ou Stat run para iniciar programa selecionado.

Apertar Run (botão pequeno para iniciar)

prog 1 (bot 2)

Se não houver programação:

Selecionar Menu (botão 1)

Progrm List

Selecionar na barra de rolagem (botão 2):

Rampa min ou h

Patamar (Dwell) min ou h

Segmento 1

Tipo rampa

Rmpr (configuração do tipo graus/min)

Target – selecionar o target

Selecionar taxa em K/min

Segmento 2

Tipo: Dwell

Duração: X min

Segmento 3:

Exemplo: end – desliga o forno.

(Reset)

Apertar Run (botão pequeno para iniciar)

Obs: Se quiser interromper o ensaio no meio do caminho vá no Menu (botão 1) e selecione run list, program 1 e em seguida Stat off.

Observações sobre o uso dos gases:

Hélio: até a T nominal do forno desde que seco, limpo e puro

Argônio: até 1800 C desde que seco, limpo e puro (acima desta temperatura pode ionizar e causar excessiva corrente)

Nitrogênio: até 1700 C desde que seco, limpo e puro com ambiente ventilado até 2500 C devido a formação de compostos CN.

Hidrogênio: até 2250 C desde que seco, limpo e puro. Acima de 2250 C pode haver alguma dissociação de $H_2 \rightarrow 2H$ e o grafite será vagarosamente erodido formando hidrocarbonetos. com ambiente ventilado até 2500 C devido a formação de compostos CN.

Como configurar o tipo de instrumento desejado para o controle de temperatura (termopar, pirômetro).

Ordem dos botões do programador (da esquerda para a direita)

- 1 – Menu
- 2 – Barra de rolagem para cada item do Menu escolhido
- 3- Seta de seleção para baixo
- 4- Seta de seleção para cima

Procedimento

- Selecionar através do menu (botão 1) 'ACCS List'
- Pressionar a barra de rolagem (botão 2), aparecerá escrito no visor 'Code'
- Pela seta de seleção (botão 3 ou 4) ajustar o número 1, em seguida aparecerá no visor 'Code Pass'
- Pressionar a barra de rolagem (botão 2), aparecerá no visor 'Goto'
- Selecionar pela seta de seleção (botão 3 ou 4) 'conf'
- Pressionar a barra de rolagem (botão 2), aparecerá no visor 'Conf'
- Pela seta de seleção ajustar o número 2, em seguida aparecerá no visor 'Conf Pass'
- Pressionar a barra de rolagem (botão 2), aparecerá no visor 'inSt Conf'
- Selecionar através do menu (botão 1) 'i P Conf'
- Pressionar a barra de rolagem (botão 2), o visor mostrará 'i nPt'
- Pela seta de seleção ajustar o tipo de instrumento desejado para o controle de temperatura (pirômetro, termopar e etc.). Para o uso do pirômetro deve-se selecionar 'volt.t' e colocar a resistência atrás do forno*. Abaixo uma lista com os vários tipos de instrumentos.

Name	Description	Values	Meaning
i P	Input configuration		
i nPt	Input type	Jtc	J thermocouple
		Ktc	K thermocouple
		Ltc	L thermocouple
		Rtc	R thermocouple (Pt/Pt13%Rh)
		Btc	B thermocouple (Pt30%Rh/Pt6%Rh)
		Ntc	N thermocouple
		Ttc	T thermocouple
		Stc	S thermocouple (Pt/Pt10%Rh)
		PL 2	PL 2 thermocouple
		Ctc	Custom downloaded t/c (default = type C)
		rtcd	100Ω platinum resistance thermometer
		mU	Linear millivolt
		uolt	Linear voltage
		mA	Linear milliamps
		Sr U	Square root volts
		Sr A	Square root milliamps
	* see 'CUSE' List.	mUc	8-point millivolt custom linearisation*
		Uc	8-point Voltage custom linearisation*
		mA c	8-point milliamp custom linearisation*

Para selecionar o tipo de junta fria

Após o procedimento acima

- Pressionar novamente a barra de rolagem (botão 2), o visor mostrará 'CJC'
- Pela seta de seleção ajustar o tipo de junta fria desejada. Abaixo alguns tipos.

CJC	Cold Junction Compensation	Auto	Automatic internal compensation
		0°C	0°C external reference
		45°C	45°C external reference
		50°C	50°C external reference
		OFF	No cold junction compensation

Se o instrumento desejado para o controle de temperatura for um termopar do tipo C, o tipo de junta fria a ser ajustada é 'Auto'

Para sair do nível de configuração

- Selecionar através do menu (botão 1) 'Ei t', em seguida com a seta de seleção selecionar 'YES' e esperar 2 segundos o visor voltará ao modo inicial.

Observação

Quando o forno estiver ligado não deve-se realizar estas operações, pois o forno interromperá o programa que está sendo executado.

- * Instalação da resistência para o uso do pirômetro como controlador de temperatura. Abaixo a região traseira do programador 'EUROTHERM'

