

MANTENDO O CONTROLE DE PROCESSOS EM REGENERADORES E SISTEMAS DE AR SOPRADO ATRAVÉS DO ACOMPANHAMENTO TERMOGRÁFICO*

Marcelo de Souza Fonseca¹
Sandro Valério Maia Larrubia²
Robson da Silva Oliveira³

Resumo

A disponibilidade operacional de um sistema é crucial para a habilidade de uma organização ser bem-sucedida, ou seja, aumentar o tempo levado para um equipamento falhar e aumentar o tempo de parada para intervenções de reparo ou manutenção. Para alcançar tal intento se torna necessário fazer uso de técnicas avançadas de manutenção preditiva como a análise termográfica. Esse artigo tem como objetivo prover as etapas de uma metodologia termográfica focada em Alto Forno, especificamente no Regenerador e seus componentes, e descrever os resultados os quais mostram que se essa metodologia for corretamente aplicada pode contribuir para evitar intervenções não programadas e garantir a segurança operacional.

Palavras-chave: Altos Fornos; Mapeamento e análise termográfica; Regeneradores; Injeção de massa.

MAINTAINING CONTROL OF PROCESSES IN REGENERATORS AND BLOWN AIR SYSTEMS THROUGH THERMOGRAPHIC FOLLOW-UP

Abstract

The operational availability of a system is crucial to an organization's ability to be successful, strictly speaking, increasing time to failure and decreasing downtime due to repairs or scheduled maintenance. To accomplish that, it becomes necessary to make use of advanced predictive maintenance technologies, as thermographic analysis. This paper aims at providing the steps of a Thermographic Methodology with focus on the Blast Furnace, specifically the Regenerator and its components, and describing the results which show that if this method is properly applied it can help to avoid unscheduled interventions and ensure industrial safety.

Keywords: Blast Furnaces; Mapping and thermographic analysis; Regenerators; Injection of mass.

¹ Superior em Gestão da Produção Industrial, técnico de manutenção preditiva III, termografista Nível 1 e 2, coordenação de manutenção preditiva/manutenção central, Ternium BR, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro e Brasil.

² Engenheiro de produção, assessor operação III, coordenação de preservação alto forno, Ternium BR, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro e Brasil.

³ *Técnico especialista de manutenção mecânica, coordenação de inspeção mecânica alto forno, Ternium BR, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro e Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Em uma siderúrgica integrada, os Altos Fornos tem uma função decisiva na redução das matérias primas, sendo o sistema de Regeneradores um dos equipamentos vitais para o seu processo produtivo.

Os Regeneradores têm por função aquecer o ar injetado através das ventaneiras para a combustão do Coque. Ele é considerado um dos equipamentos críticos dentro de uma siderúrgica, que trabalha com processo de redução, no que concerne o processo produtivo e segurança operacional, uma vez que trabalha sob alta pressão e temperatura. Em meados do ano de 1989, na Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), foi registrada a ocorrência de um acidente em um dos regeneradores da planta. A estrutura do topo do regenerador, denominado “Domo” rompeu projetando refratários incandescentes a mais de um quilometro de distância, resultando em duas vítimas fatais e prejuízo financeiro estimado em 10 milhões de dólares.

Uma das técnicas fundamentais que devem compor o plano de inspeção desse equipamento com a finalidade de avaliar e acompanhar a condição estrutural do mesmo, de forma a garantir a disponibilidade operacional e a segurança do processo, é a técnica de Termografia[1].

Segundo a norma NBR 15424[2], a “Termografia por infravermelho é o método de medição de temperatura, sem contato, que possibilita a formação de imagens térmicas (chamadas termogramas) de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha emitida pelos objetos”. Essa técnica tem o intuito de auxiliar a manutenção e operação de equipamentos industriais, garantindo que as informações sobre o perfil térmico estejam dentro dos padrões operacionais de projeto, tendo nela, uma forma investigativa para melhorias de processos produtivos [3].

Através dessa técnica poderosa, construiu-se um plano de manutenção para acompanharmos a evolução dos desgastes refratários nos Regeneradores e seus componentes, como as juntas de expansão, Válvulas de ar quente, Linha de Ar quente, Câmara de mistura e Anel de Vento dos Altos Fornos da Ternium BR.

Tem-se como premissa acompanhar o ciclo operacional do equipamento, levantar os pontos de ocorrências de não conformidades, indicar à operação e manutenção aonde devemos intervir no reparo, acompanhar nos dias de parada a execução dos serviços no local, se possível com o acompanhamento térmico seguindo alguns procedimentos e após voltar à operação normal, atestar a eficácia da intervenção.

Este trabalho visa demonstrar que se aplicando uma técnica de manutenção preditiva chamada de “Inspeção ou mapeamento Termográfico”, podemos ter o controle térmico de equipamentos de processo, garantindo a sua operação dentro

dos padrões operacionais, indicando desgastes, trincas e não conformidades que venham a aparecer durante a sua campanha de trabalho.

No desenvolvimento deste trabalho, verão que o acompanhamento termográfico empregado no direcionamento da injeção de massa, nos trarão ganhos de tempo, economia de material (massa refratária), segurança operacional do equipamento, assertividade nas regiões abrangidas pela injeção e maior garantia de o equipamento voltar a operar dentro dos padrões de projeto.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Para que se consiga executar as inspeções e os mapeamentos termográficos nos equipamentos de processo, deve-se especificar equipamentos que melhores se adequem ao serviço. Entre os itens a serem analisados para a especificação do Termovisor (equipamento que através do seu detector efetua a leitura da radiação de energia térmica ou infravermelha IV, emitida pelos corpos), estão os seguintes abaixo conforme norma NBR 15424[2].

- a) Faixa da temperatura de medição (0 a 150; 150 a 600 e 600 a 2000°C.)
- b) Faixa espectral;
- c) Resolução espacial e de medição;
- d) Tipo de detector;
- e) Sensibilidade térmica;
- f) Campo de visão (FOV);
- g) Taxa de repetição de quadros (frame rate);
- h) Temperatura de operação;
- i) Grau de proteção do instrumento: interferência eletromagnética; resistência a vibrações e a choques, encapsulamento;
- j) Características físicas: ergonomia, peso, dimensão;
- k) Possibilidade de ajuste de parâmetros: Distância, temperatura, umidade e emissividade;
- l) Pós-processamento que permita uma avaliação qualitativa e quantitativa a partir da alteração dos parâmetros de medição;
- m) Certificado de calibração com rastreabilidade reconhecida.



Calibration Certificate

Model FLIR T640
Serial N° 55910329
Calibration Site FLIR Systems Brasil
Calibration Date September 11, 2017

This is to certify that the calibration of the camera identified above is carried out using radiation sources that are traceable to International Standards at the Rede Brasileira de Calibração (Brazilian National Calibration Standards).


Quality Control

Figura 1. Termovisor e certificado de calibração

2.1 Procedimentos de inspeção nos Regeneradores

O método de inspeção termográfica com mapeamento segue alguns procedimentos indispensáveis para que se tenham resultados satisfatórios, são eles:

2.1.1 Especificação e estado do equipamento para a inspeção

O Termografista deve ser qualificado [2], demonstrando ter atributos pessoais, treinamento e experiência de trabalho. Ter uma câmara termográfica calibrada e adequada conforme descrito no item 2.0[4]; Um termo-higro-anemômetro (mede temperatura ambiente, umidade e velocidade do vento) calibrado para determinação das condições ambientais; Rádio de comunicação interpessoal, conforme legislação vigente; Inventário (com informações relevantes sobre a última inspeção), com equipamentos mapeados segundo uma rota lógica sequencial de inspeção eficiente e segura; Não realizar inspeções sob chuva, garoa ou neblina. Após a estiagem, esperar no mínimo 1h para iniciar o trabalho.

É importante para se ter êxito nos mapeamentos dos Regeneradores que o termografista siga alguns critérios e esteja alinhado com o responsável do Regenerador. Convém que o termografista tenha conhecimento ou solicite informações sobre os componentes, suas funções e o regime de operação dos equipamentos inspecionados para entender os padrões térmicos observados. A geometria dos equipamentos que serão abordados nesse trabalho encontra-se nas figuras 2 e 3.

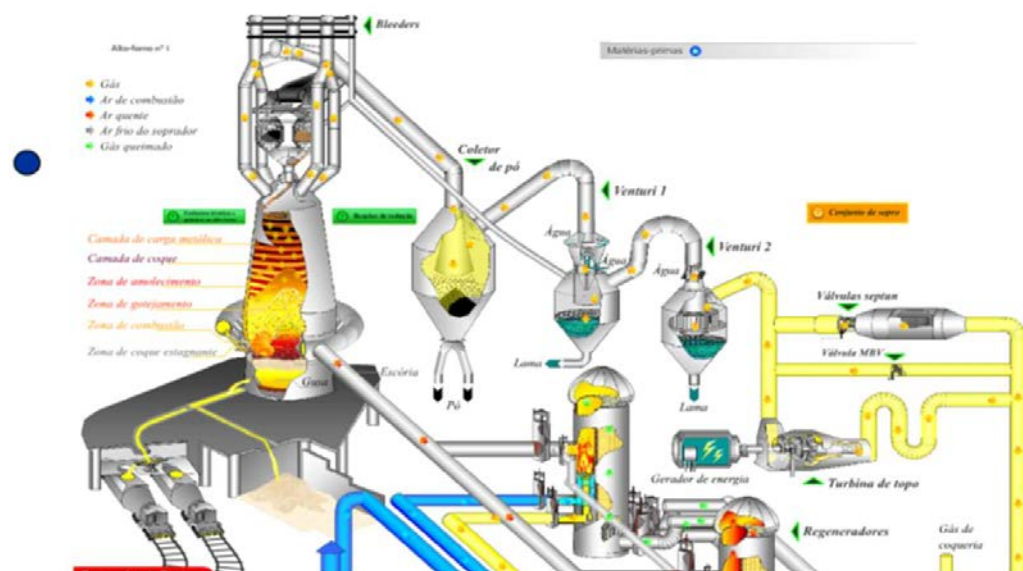


Figura 2. Partes dos Regeneradores e processo produtivo integrado (regeneradores, juntas de expansão, válvulas de ar quente, linha de ar quente, anel de vento e corpo do Forno)



Figura 3. Conjunto dos Regeneradores na Ternium BR

2.2 Dados operacionais

Primeiro passo é verificar junto à operação, se o equipamento está em sua marcha de trabalho normal e se no turno anterior sofreu alguma alteração no processo (parada brusca ou alguma anormalidade operacional).

É importante frisar que todo o equipamento deve ser dividido em áreas, as quais irão facilitar posteriormente a identificação para correção dos pontos levantados. Tem-se a temperatura anotada em uma planilha de campo, independente de se haverem ocorrências de pontos fora da normalidade de projeto. Os parâmetros definidos para as faixas de “normalidades e intervenções nos equipamentos” dos Regeneradores, foram acordados juntamente com a **engenharia, operação e o especialista determografia** da Ternium BR. Ficando assim definidas como, Faixa de trabalho “normal até 199°C.”, “temperatura elevada > que 200°C. e < que 250°C” e “temperatura crítica > de 250°C.” A planilha usada para registro das temperaturas nas regiões dos equipamentos, encontram-se na figura 4.

Planilha de Temperatura						
MEDIÇÃO TERMOGRÁFICA NOS REGENERADORES - 01, 02 e 03 DO ALTO FORNO # 01 EM 020517						
REGIÕES	REG # 01	REG # 02	REG # 03	L. C. M.	C.M. CORP	IMAGEM
DOMO (CORPO C.C.)	95	99	95			
DOMO (CORPO C.E.)	105	106	100			
DOMO (PIRÔMETRO C.C.)	100	181	112			
DOMO (PIRÔMETRO C.E.)	114	120	110			
DOMO (FLANGE C.E.)	106	115	101			
DOMO (FLANGE C.C.)	174	99	151			
CÂMARA DE E. (CORPO)	125	187	144			
CÂMARA DE C. (CORPO)	140	152	127			
JUNTAS C.M. E CORPO	80	120	197	236	409	CM T1
PESCOÇO C.C. / VAQ	209	230	112			
VÁLVULAS DE AR Q.	143	348	132			VAQ T2
JUNTAS DE EXP.	207	391	211			JEXP T3
L. AR QUENTE	138	131	201			
J. EXP. L. AR QUENTE	156	102	125			
RAMAL BACK DRAFT				112		

L. PU-01	179°C.	L. PU-05	L. PU-01	223°C.	L. PU-05	L. PU-01	187°C.	L. PU-05
195°C.	REG - 01 J.EXP - L. VAQ	159°C.	238°C.	REG - 02 J.EXP - L. VAQ	391°C.	164°C.	REG - 03 J.EXP - L. VAQ	211°C.
189°C.			162°C.			185°C.		
137°C.	L. PU-01	L. PU-05	L. PU-01	165°C.	L. PU-05	L. PU-01	172°C.	L. PU-05
134°C.	REG - 01 J.EXP - L. LINHA	207°C.	159°C.	REG - 02 J.EXP - L. LINHA	156°C.	152°C.	REG - 03 J.EXP - L. LINHA	175°C.
146°C.			115°C.			154°C.		

Figura 4. Planilha usada para registro das temperaturas.

As temperaturas que se encontram nas faixas de críticas, acima de 250°C. devem ser registradas, assim como os termogramas e as fotos das imagens do local a serem efetuadas as intervenções. Nas figuras 5 e 6 encontram-se registros de pontos com aquecimento fora dos padrões normais de trabalho.

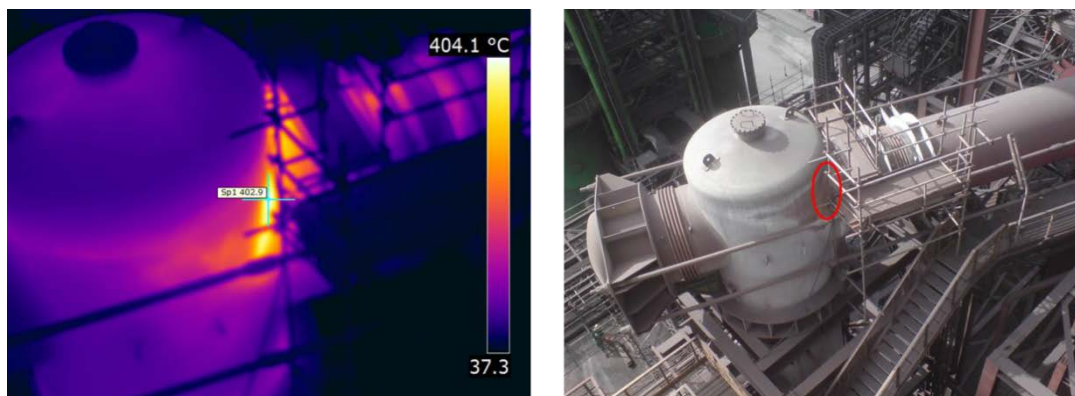


Figura 5. Termograma e foto da câmara de mistura



Figura 6. Termograma e foto da válvula de ar quente

2.3 Preparações dos pontos levantados que serão corrigidos

A técnica para restabelecer o equipamento, consiste na injeção de massa refratária nos pontos determinados na inspeção, de onde foram gerados os laudos de intervenção. Nestes pontos serão feitas perfurações na carcaça e soldados pequenos tubos (Nipes), que servirão de entrada para a passagem da massa para corrigir as trincas e imperfeições nas paredes refratárias.

Antes das intervenções definitivas, determinamos em conjunto, se as regiões podem sofrer algum tipo de refrigeração induzida[5], caso positivo, estes pontos serão programados para serem corrigidos na próxima parada de manutenção dos Altos Fornos. É de praxe também ser feita uma parada de poucas horas antes da parada maior, para as soldagens dos pequenos tubos (Nipes), conforme mencionadono exposto acima. Também é solicitado os ensaios de LP (liquido penetrante)devido a pressão e temperatura exercidas na região[6]. Nas figuras 7, 8,9 e 10 poderemos verificar algumas destas fases de preparação.

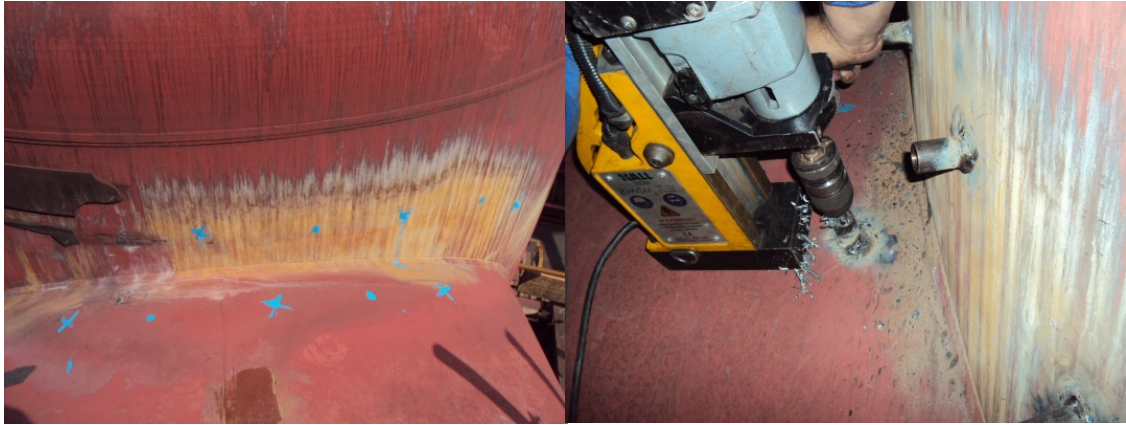


Figura 7. Marcação dos pontos e perfuração da carcaça

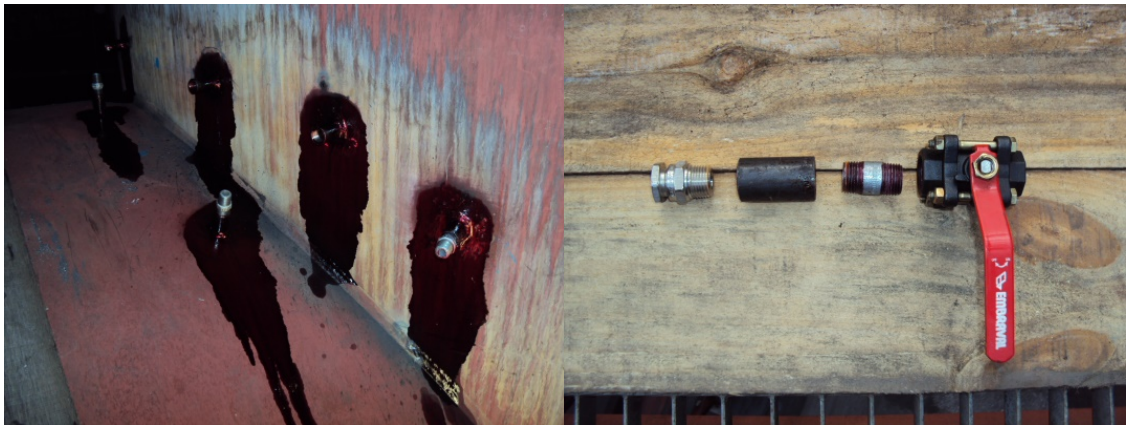


Figura 8. Aplicação do LP (liquido penetrante) na região e válvula e acessórios usados



Figura 9. Limpeza aonde já existia o Nipe e colocação de tampão a ser usado após a injeção



Figura 11. Máquina para injeção de massa refratária e o balde com a especificação da massa

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tradicionalmente o método de injeção de massa consiste no acompanhamento através do manômetro de pressão da máquina, regulando-se a entrada e só interrompendo o procedimento em situações de pressão acima do permitido ou início de resistência à massa injetada.

Quando conciliamos o método tradicional ao de inspeção termográfica, obtemos uma ferramenta que nos permite visualizar o caminho percorrido pela massa, nos possibilitando interromper o procedimento de injeção no momento adequado. Ganha-se em segurança, pois diminui-se os riscos de quedas de tijolos ou paredes refratárias, como também em economia no uso da massa, pois quando percebe-se que o local já foi preenchido, pode-se interromper o procedimento antes de acusar nível alto de pressão.

3.1 Aplicando a técnica do mapeamento termográfico durante a injeção de massa

Os melhores resultados alcançados, geralmente estão após a primeira intervenção de uma região abrangida pela injeção de massa, esse efeito pode ser explicado de acordo com os seguintes pontos.

Antes da primeira injeção de massa efetuada em um equipamento, existem pequenas trincas nos refratários devido a alguns fatores, como tempo decampanha, variações operacionais, paradas bruscas dos equipamentos que ocasionam deltas de temperaturas que influenciam diretamente na dilatação dos tijolos refratários. Em muitos casos ao iniciar a campanha dos Regeneradores após o Blow-in (início de operação de um Alto Forno) do equipamento, devido a sua curva irregular de aquecimento ou muitas paradas ocasionadas do Alto Forno, ocasionam também grandes variações térmicas que prejudicam os refratários.

Quando efetuamos uma correção em uma região que começa a apresentar um ponto reincidente, tem-se um cenário diferente neste caso. Nas regiões periféricas que da primeira injeção encontravam-se com várias trincas, pelos fatores expostos acima, estarão neste caso calafetadas pela primeira injeção, não havendo caminhos para a massa refratária. Concluímos então que a área a ser corrigida é bem menor e localizada (termo fig.12), observamos com isso que por ser tratar de um percurso menor, muitas das vezes usa-se pouca massa e não se consegue visualizar o trajeto, pois o mesmo é bem curto e localizado. Nas figuras 12, 13 e 14 poderemos ver a injeção na região do “Anel de Vento”.

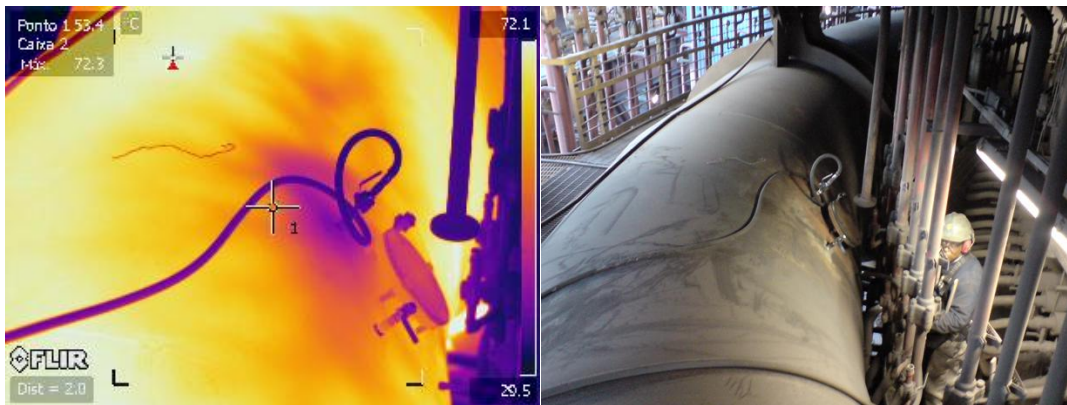


Figura 12. Injeção de massa refratária em um dos pontos do Anel de Vento (trajeto menor)

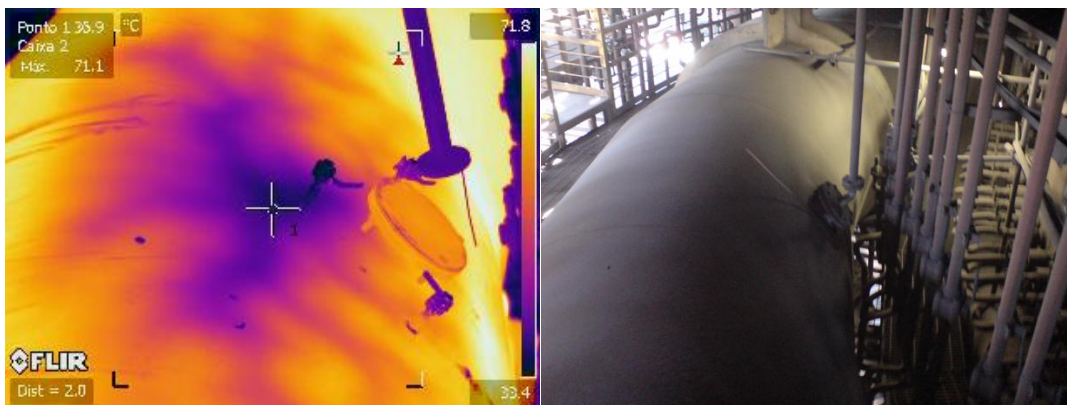


Figura 13. Injeção de massa concluída e retirada do equipamento pelo colaborador

Com os procedimentos adotados e etapas cumpridas, obteve-se êxito em 100% das ações programadas e executadas, possibilitando-se afirmar que os resultados advindos de um planejamento e programação bem elaborados, em conformidade com a manutenção e operação, traz na aplicação do mapeamento termográfico, uma ferramenta poderosa na garantia da disponibilidade operacional dos equipamentos de processo através do perfil térmico. Na figura 14 podemos ver como ficou a região após a injeção de massa refratária (veremos que o perfil térmico distribuído na região é bem homogêneo, sem variações de temperatura).

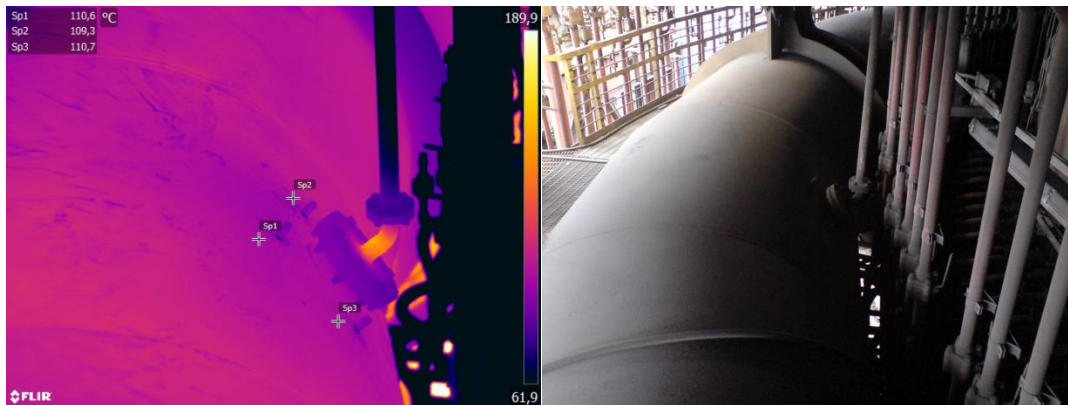


Figura 14. Após a injeção de massa o equipamento voltou a sua temperatura de projeto

Levando-se em conta que uma parada de emergência por rompimento (em uma das partes metálicas do equipamento), para a troca de uma junta, válvula de ar quente ou até mesmo reparo na região da linha de ar quente, aonde necessitaríamos de uma parada do “Alto Forno”, de 1 a 4 dias, poderia nos levar a ter perdas de produção com prejuízos que podem variar entre 1 milhão a 5 milhões de dólares.

4 CONCLUSÃO

Desde que se iniciou o acompanhamento dos equipamentos de processo, através da técnica de mapeamento termográfico, temos o controle térmico das regiões do sistema de ar soprado dos regeneradores, garantindo disponibilidade do equipamento, segurança operacional e produção para os Altos Fornos.

O presente trabalho evidencia a importante aplicação da técnica de mapeamento termográfico em equipamentos de processo, possibilitando um controle preciso dos desgastes naturais do equipamento durante a sua campanha de trabalho.

Verifica-se também que o acompanhamento termográfico no momento da injeção, pode nos trazer uma grande economia no uso da massa aplicada, ganho de tempo, precisão da região abrangida por visualização, diminuição do risco de deslocamento de um tijolo refratário ou uma parede e queda de material na parte interna dos regeneradores.

Observamos também maior precisão do caminho seguido pela massa refratária, pois no procedimento anterior de verificação da pressão elevada na máquina, não se tinha como visualizar e verificar se o percurso seguido da massa eram nas trincas ou se estava se deslocando para o canal de passagem do ar aquecido.

Desde que se iniciou o acompanhamento dos equipamentos de processo, através da técnica de mapeamento termográfico, temos o controle térmico das regiões do sistema de ar soprado dos regeneradores, garantindo disponibilidade do equipamento, segurança operacional e produção para os Altos Fornos.

Podendo-se afirmar então que esta técnica sendo bem aplicada tanto em Regeneradores, como em uma diversidade de equipamentos de processos em uma siderúrgica, nos traz uma poderosa ferramenta no controle da integridade estrutural de carcaças e regiões que exijam uma proteção térmica.

REFERÊNCIAS

- 1 Xavier P.V. Maldague, Nondestructive Evaluation of Materials by infrared Thermography – Columbus, Ohio: American Society for Nondestructive Testing, Inc. Disponível na ASNT pelo pedido # 950
- 2 Ensaios não destrutivos, NBR 15424 – Termografia - terminologia
- 3 Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos – NBR 15572
- 4 C. Holst Gerald, Testing and Evaluation of Infrared Imaging Systems. JCD Publishing Co. – Columbus, Ohio: American Society for Nondestructive Testing, Inc. Disponível na ASNT pelo pedido # 951
- 5 Termografia Nível 2 ITC – Infrared Training Center, A lei de Newton de Resfriamento Laboratório
- 6 Manual ASM International vol. 17, Nondestructive Evaluation and Quality Control Columbus, Ohio: American Society for Nondestructive Testing, Inc. Disponível na ASNT pelo pedido # 105
- 7 Termografia Nível 1 ITC – Infrared Training Center, Manual do curso
- 8 Frank P. Incropera and David P. Dewitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Third Edition – Columbus, Ohio: American Society for Nondestructive Testing, Inc. Disponível na ASNT pelo pedido # 952