

6. EQUIPE BAJABC DA UNIVERSIDADE DO GRANDE ABC

Coordenação:

Prof. Antonio Carlos Pires

Equipe Técnica:

Eng. Ney Marcos Ferreira

Eng. Fabiano Luiz dos Santos

Hildebrando da Silva Gomes - Designer

Alunos:

Antonio Carlos Veronesi

Eduardo Cremonese de Souza (Capitão)

Fabiola Sartori (Piloto)

Henrique da Silva

Leandro Selan

Sandro Ednei Brando (Piloto)

Silvan Oliveira da Silva

Colaborador:

Alex Sanches

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, E. P. e MELO, J. M. C., Re-pensando o Conhecimento do Engenheiro. *Revista de Ensino de Engenharia*, n. 16, dezembro de 1996, Brasília: Abenge, 1996.

HAGBORG, W. J., High School Student perceptions and satisfaction with group advisory. *Psychology in the schools*, Journal, 1995.

FONTES, F. A. O., et al, *Uma experiência multidisciplinar na Engenharia Mecânica* - DEM - UFRN. COBENGE, 1997.

OLIVEIRA, V. F. e NANEIRO, R. M., O ensino e a aprendizagem do Processo de Projeto nos cursos de Engenharia. In: *Anais do 17º Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Gramado, 1997.

ALGUMAS RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA REFORMAS DE PLANTAS TERMELÉTRICAS E INDUSTRIAIS

Profa. Dr. Dora de C. R. Poli

Professora das disciplinas Estatística e Geometria Analítica dos Cursos de Ciências da Computação, Matemática e Engenharia da UniABC e Pesquisadora do IPEN-CNEN/SP.

Omar F. Aly

Eng. Mecânico da POLI-USP, Consultor com experiência de 21 anos na área de Usinas e Mestrando do IPEN-CNEN/SP.

Wanderley de Lima

Físico, Chefe do Departamento de Aplicações na Engenharia e na Indústria do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP.

Resumo

As modernas técnicas de avaliação de plantas de processo em geral, como termoeletricas e petroquímicas entre outros processos industriais, permitem que esses sejam reformados e tenham estendidas suas vidas úteis por um tempo significativo com um investimento relativamente baixo em comparação com os custos originais de construção dessas plantas. Como estivemos envolvidos na reforma e modernização de uma usina termoeletrica de 470 MW na região metropolitana de São Paulo, damos neste artigo algumas recomendações de caráter prático baseadas em nossa experiência nos serviços relativos a essa reforma e modernização.

Palavras-chave: Avaliação de integridade, Extensão de vida útil, Plantas industriais, Reformas.

Abstract

The new integrity evaluation technology for thermoelectric power plants and other plants like petrochemical industries allows their rehabilitation and life extension through a long time with a relatively low investment compared

with their original building costs. We were involved with a 470 - MW thermoelectric power plant rehabilitation and modernization. This plant is located in São Paulo, Brazil, and in this paper some practical recommendations are given in order to improve the performance of related jobs concerning plant rehabilitation and modernization in this paper.

Keywords: *Integrity evaluation, Life extension, Process plants, Rehabilitation.*

INTRODUÇÃO

O nosso trabalho é baseado em nossa experiência na Usina Termoelétrica Piratininga localizada em São Paulo, Capital. Uma usina acionada a óleo combustível com capacidade de geração de 470 MW de origem e construção americana - caldeiras da Babcock and Wilcox Co., turbogeneradores da General Electric Co. e engenharia da Stone and Webster Co.

Essa experiência englobou o período de 10 anos, de 1989 a 1999, quando iniciaram-se os serviços de reforma das unidades abrangendo o programa de extensão de vida útil das caldeiras, incluindo as linhas de vapor de alta energia, entre elas e os turbogeneradores, reformas de alguns sistemas auxiliares e revisão geral com desmontagem dos turbogeneradores, já visando também a extensão de sua vida útil. Participamos, então, de diversos serviços que incluíram planejamento, especificação e contratação de serviços, bem como sua coordenação e inspeção.

A Usina Termoelétrica Piratininga é constituída segundo o ciclo Rankine sem e com reaquecimento respectivamente para as unidades 1/2 e 3/4 da planta. O vapor produzido para gerar energia tem pressão de cerca de 65 atm e temperatura 490°C nas unidades 1 e 2 e 130 atm e 530°C nas unidades 3 e 4. A usina queima cerca de 118 ton/h de óleo combustível para gerar os seus 470 MW.

Nossas recomendações foram, então, baseadas em nossa experiência; não têm uma ordem metodológica e possivelmente não esgotam um assunto tão complexo e extenso quanto a procedimentos de operação, manutenção e engenharia dessa usina.

ALGUMAS RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

1. Aproveitar a ocasião da reforma para efetuar as alterações necessárias para adequação ambiental

Seguindo esse preceito fizemos algumas adequações ambientais exigidas pela Legislação Ambiental Brasileira e Estadual, como o sistema de neutralização

de efluentes líquidos provenientes do sistema de produção de água desmineralizada para a usina antes de seu lançamento no Canal Pinheiros.

Também fizemos a adequação do ramal que supre os tanques de armazenamento de óleo combustível da usina com válvulas de segurança equipadas com retornos adequados de suas saídas para esses tanques de modo a evitar algum risco de derramamento de óleo no meio ambiente em que está instalada a usina.

Preparamos ainda um estudo de conversão de partes poluentes dos gases de combustão em matéria prima para fertilizante feito em cooperação entre EMAE-Empresa Metropolitana de Águas e Energia proprietária da Usina, IPEN-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e o "Japan Consulting Institute" - Japão para ser uma das alternativas de combate à poluição gasosa e que produz a chuva ácida e fumaça na usina e sua vizinhança a serem instaladas.

É preciso salientar que não se deve apenas cumprir a legislação vigente, mas também satisfazer os preceitos das normas internacionais de qualidade ambiental como as da série ISO 14000 e ainda atender as reivindicações da comunidade envolvida com a planta e, acima de tudo, prevenir problemas dessa natureza que possam causar transtornos futuros. Por exemplo, embora nossa legislação ainda não estabeleça limites para emissão de Nox, é de se prever que isso ocorrerá em breve e daí levaremos em consideração esse fato nos estudos e nas aquisições de novos equipamentos como o fizemos para os novos queimadores das caldeiras. A pena para desconsiderar esses preceitos pode ser uma não renovação da licença de operação da planta e um prejuízo irreversível na imagem institucional da empresa.

2. Aproveitar a ocasião da reforma para efetuar as alterações necessárias para adequação da segurança do trabalho

Do mesmo modo que o item anterior, deve-se lembrar de corrigir situações que possam levar a acidentes do trabalho, situações que, às vezes, vêm de anos e que por diversas razões são proteladas quanto a uma solução definitiva; por exemplo, efetuar uma troca completa de corrimãos e passarelas, efetuar uma revisão completa na ponte rolante ou outros equipamentos de levantamento, instalar detectores e monitores em equipamentos de processos críticos como no sistema de combustão das caldeiras e muitos outros exemplos.

Deve-se lembrar que muitas vezes durante reformas é muito mais simples a parada de equipamentos que normalmente não podem parar e mesmo a alocação de recursos para pequenos projetos e modificações que podem resolver problemas antigos que preocupam e exigem medidas paliativas que causam transtornos, além de não resolver os problemas de forma definitiva. Para essa etapa é muito importante lançar mão de um adequado registro histórico de operação e manutenção.

3. Aproveitar a ocasião da reforma para efetuar as alterações necessárias para adequação da eficiência da planta

Do mesmo modo que os itens anteriores, deve-se aproveitar o período de reforma para sanar problemas que influem na eficiência da planta como, por exemplo, sanar os velhos vazamentos em chaparias, purgadores e linhas de vapor e efetuar os reparos em isolamento térmico que afetam não só o lucro, mas também a imagem da empresa.

Novamente, nossa sensibilidade adquirida com os anos de experiência aponta que a maioria desses problemas pode ser resolvido no tempo de reforma a um custo relativamente baixo aproveitando as sobras de recursos da mesma.

Pode-se, ainda, aproveitar essa ocasião para introduzir, inclusive em nível de projeto-piloto ou teste, novas tecnologias ainda não incorporadas à planta como, por exemplo, um sistema computadorizado de monitoramento do balanço térmico do processo.

4. Aproveitar a ocasião da reforma para efetuar as alterações necessárias para adequação da instrumentação

A modernização da instrumentação, normalmente, é um item que se costuma substituir, modernizar ou melhorar em reformas de plantas de processo: assim, efetuamos estudos e projeto executivo para substituir a velha instrumentação pneumática das décadas de 50/60 por nova instrumentação digitalizada de última geração que permitirá, após o seu início em operação, uma maior segurança e confiabilidade operacional para o processo.

No entanto, não se deve esquecer de fazer melhorias às vezes não previstas no escopo geral dessa reforma, mas que se pode aproveitar a ocasião para se enfrentar. Por exemplo, aproveitar a reforma para modificar o sistema de medição de nível nos tanques de óleo combustível ou modificar o opacímetro nas chaminés que apresentavam problemas ou substituir os inexatos medidores de fluxo de óleo combustível. Enfim, numa planta de processo normalmente sempre há o que se modificar nesse aspecto.

5. Recomendações quanto à aplicação de programas de inspeção e testes

Esses programas são aplicados normalmente em equipamentos tais como caldeiras, linhas de vapor de alta energia, turbinas, geradores, vasos de pressão em geral e consistem em uma série de ensaios destrutivos e não-destrutivos em seus componentes para dar um diagnóstico preciso daqueles que deverão

ser substituídos ou acompanhados ao longo da sua posterior operação.

São, portanto, programas muito eficientes para dar um preciso diagnóstico para o planejamento da reforma da instalação, porém exigem alguns cuidados que consideramos fundamentais em sua aplicação:

a) Cuidado para não transformar uma inspeção não destrutiva em destrutiva:

Um caso típico desse problema ocorreu na inspeção dos anéis de retenção de 2 turbos geradores de grande porte (135 MW) com os danos provocados durante a sua desmontagem, pela má isolamento das bobinas de indução elétrica utilizadas como acessório para realizá-la. Esse fato causou um atraso significativo na operação de uma dessas unidades de 135 MW, pois precisaram ser fornecidos e fabricados novos anéis. Esses anéis têm uma função estrutural muito importante no rotor do gerador que é o de manter a integridade do rotor submetido à grande força centrífuga (ele gira a 3600 rpm).

Durante a Revisão Geral com Desmontagem dessas unidades, o fabricante do turbogerador recomendou que fossem desmontados e inspecionados, através de ensaios não-destrutivos (líquido penetrante fluorescente, ultrassom, réplicas metalográficas), os anéis de retenção do gerador, para prevenir falhas devidas à corrosão e corrosão sob tensão, e também para se fazer uma avaliação adequada da vida residual dessas máquinas, etapa preparatória para uma futura reforma; por outro lado, essa recomendação é seguida pela maior parte dos fabricantes de geradores que utilizam materiais originais de projetos desses anéis e que são submetidos a condições de operação normalmente severas. O colapso desses anéis poderá produzir um acidente catastrófico com o turbogerador.

Durante a desmontagem dos anéis, feita com supervisão do fabricante e executada através de processo de aquecimento por indução elétrica, algumas descargas ocorreram entre as cablagens das bobinas de aquecimento e as superfícies dos anéis causando danos nos 4 anéis desmontados (2 por unidade).

Após testes não-destrutivos de réplica metalográfica executados próximos às superfícies afetadas, o fabricante condenou dois anéis que apresentaram danos em sua estrutura metalográfica e determinou que os outros dois fossem usados até um certo valor admissível.

Assim como já dissemos, esse fato causou um atraso significativo na operação de uma unidade de 135 MW, pois precisaram ser fornecidos e fabricados novos anéis.

Esses danos consistiram, basicamente, em pequenas depressões distorções (como as produzidas pelo faiscamento de eletrodos de solda) e adjacentes a elas, surgiram zonas termicamente afetadas (ZTA's) com material transferido na sua estrutura metalúrgica e altos valores de dureza.

Em função da condenação pelo fabricante dos dois anéis acima, houve necessidade de reenviar os rotores dos geradores para a oficina da empresa montadora e efetuar o transpasse de um anel de um gerador para o outro após removidos os defeitos, retirando desse o anel condenado e assim viabilizando a montagem e operação de um turbogerador.

Em resumo, este fato causou indisponibilidade adicional de uma dessas unidades por mais 5 meses, tempo necessário para fornecimento, fabricação e instalação dos novos anéis e tornar novamente disponível a unidade.

Deve-se, ainda, ressaltar que os ensaios não destrutivos aplicados nos anéis desmontados (i.e. líquido penetrante fluorescente, visual e ensaio ultrassônico) apontaram originalmente apenas pequenos defeitos facilmente sanáveis no diâmetro externo do anel em torno das superfícies de ajuste ou seja esse fato confirmou que os anéis foram danificados em virtude de falhas introduzidas pelo processo de desmontagem.

b) Fazer antes da reforma uma revisão detalhada no programa de inspeção e testes:

Em geral, esse programa já vem preparado por uma firma que faz a engenharia da reforma ou também pelos próprios fabricantes dos equipamentos principais como caldeiras e turbogeradores.

É, no entanto, muito importante revisá-lo criticamente à luz do histórico de manutenção e operação e da experiência do pessoal técnico da planta, que deverá incluir pontos notórios de falhas não previstos ou prever maior ou menor número de testes por componente conforme a sua experiência.

Tivemos um claro exemplo desse fato quando a firma de engenharia responsável pelo serviço em nossa planta recomendou que se fizessem testes de réplicas metalográficas em conexão tipo T de vapor superaquecido a 530C e 130 atm para detectar sinais de fluência em uma de duas unidades gêmeas e com condições, características e históricos operacionais semelhantes. Como nada de anormal foi anteriormente detectado nessa unidade, a recomendação foi de que os ensaios não precisariam ser feitos na outra unidade. Ai entrou a experiência do pessoal da planta que fez realizar a inspeção na outra unidade.

O resultado foi a descoberta do completo comprometimento estrutural da conexão examinada que apresentou macrotrincas inaceitáveis por fluência e que teve que ser substituída.

Uma das explicações plausíveis para esse fato é a diferença existente na deformação e nas tensões de 2 linhas em unidades gêmeas mas que apresentavam diferentes recalques em suas fundações.

c) Fazer um acompanhamento sistemático dos resultados do programa de inspeção e testes durante e após a reforma:

Essa recomendação é muito importante porque vários tipos de testes, especialmente aqueles de réplicas metalográficas que verificam a existência ou o estado de severidade da fluência ("creep") em, por exemplo, coletores e tubulações de alta temperatura e pressão, necessitam de acompanhamento periódico para se verificar as evoluções dos defeitos detectados. Como normalmente eles são feitos em grande quantidade numa avaliação, é necessário que sejam acompanhados através de rotinas de inspeção por meio de fichas de acompanhamento de componentes e que sejam rigorosamente registrados no apropriado histórico de manutenção. O ideal é que esse acompanhamento também seja efetuado por uma equipe própria da planta (e não totalmente terceirizado), uma vez que essas informações são vitais para a segurança operacional das unidades e também dos trabalhadores. Deve-se ressaltar que no exterior, EUA e Europa, houve acidentes em equipamentos dessa natureza com caldeiras, tubulações de vapor de alta energia, turbogeradores e trocadores de calor com vítimas fatais e grandes tempos de paralisação de unidades com enormes prejuízos monetários e para a imagem das empresas responsáveis.

Finalmente, é necessário e recomendável que as empresas sigam com rigor as Normas Brasileiras sobre o assunto, aquelas que têm força de lei como a NR-13 e também as Normas da ABNT sobre o assunto, que reuniram para sua elaboração um precioso acervo técnico de profissionais brasileiros.

CONCLUSÃO

As recomendações acima não esgotam o assunto, mas dão uma idéia de como devem ser conduzidas as reformas de unidades termoeletricas e industriais para que as empresas proprietárias se beneficiem ao máximo dessas reformas sob o aspecto técnico-econômico e também quanto às suas imagens junto ao público e aos clientes. Devemos lembrar que esse universo de pessoas é cada vez mais exigente quanto à conservação ambiental, quanto à segurança do trabalho, além da própria qualidade e confiabilidade do produto fornecido como, por exemplo, a energia elétrica: reflexo dessa atitude são as Normas ISO de qualidade, meio ambiente e ainda as de segurança e de condições do trabalho que estão sendo implantadas há pelo menos uma década e que serão praticamente mandatórias no comércio internacional a médio prazo.

BIBLIOGRAFIA

ABNT- Inspeção de Segurança de Caldeiras Aquotubulares a Vapor, projeto 04:011.07-005 São Paulo, janeiro de 1999.

ALY, O. F. Damage caused while dissembling the retainer rings of a generator of the Piratininga power plant. *The Journal of the International Society for Technology, Law and Insurance* Vol4, n.3, 4, Vienna, Austria, p.197-199 September/Dec.1999.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão com texto da NR-13*. Brasília:1996.

POLL, D.C.R.; LIMA, W.; ALY, O.F. Conversão de Partes poluentes dos gases de combustão de termelétrica em matéria prima para fertilizante. *Caderno UniABC de Engenharia* Ano 1. Número 8, São Caetano do Sul, p.52-60 setembro de 1999.

FONTES E VETORES DA ENERGIA

Prof. Dr. Leonam dos Santos Guimarães

Professor Adjunto das disciplinas de Engenharia Econômica e Gerenciamento da Produção para o curso de Engenharia Mecânica de Produção e de Processos de Fabricação II e Processos Industriais para o curso de Engenharia Mecânica.

Resumo

Energia é um conceito cujo emprego, nos últimos tempos tem se vulgarizado na linguagem corrente, muitas vezes descaracterizando seu sentido técnico original. O presente artigo pretende consolidar este conceito técnico, definindo as formas básicas de energia encontradas na natureza, as transformações entre estas formas básicas e as utilizações práticas destas formas formadas. Em seguida, são discutidas as fontes naturais de energia e suas aplicações nos sistemas energéticos desenvolvidos pelo homem para atender às suas necessidades.

Palavras-chave: Energia, Fontes, Sistemas.

Abstract

Energy is a concept whose employment, has been vulgarized in the current language lately, sometimes deforming its original technical sense. The present article intends to consolidate this technical concept, defining the basic forms of energy found in nature, the transformations among these basic forms and the practical uses of these transformed forms of energy. Soon after, the natural sources of energy and their effective applications to energy systems developed by the man to satisfy his needs are discussed.

Keywords: Energy, Sources, Systems.

CONCEITO DE ENERGIA

Energia, s. f. (l. energia, gr. energeia), 1. Capacidade dos corpos para produzir um trabalho ou desenvolver uma força. 2. Eficácia, modo como se