

Comunicado Técnico nº 5

O Uso do Vapor e das Caldeiras na Gestão da Umidade nas Algodoeiras

Giancarlo Goldoni Jr.

1. O que é vapor?

O vapor pode ser definido como um gás resultante da mudança de estado de um elemento líquido ou sólido pela ação de calor neste corpo. O vapor de água é a própria água em seu estado gasoso. Este vapor de água pode ser classificado como: vapor seco (saturado), úmido ou vapor superaquecido.

No caso do vapor seco (saturado), todas as suas moléculas de água estão em estado gasoso (vapor), ou seja, o vapor está totalmente isento de presença de água. É utilizado na grande maioria das indústrias e processos de menor porte. A temperatura varia entre 130°C a 350°C e a pressão gira em torno de 8kgf/cm² na maioria destes processos.

No caso do vapor úmido, uma porção das moléculas de água condensa formando pequenas gotículas. É a mistura de água no estado líquido (pequenas gotículas) e estado gasoso.

O vapor superaquecido é criado através do aquecimento adicional sobre o vapor úmido ou saturado, mantendo inalterada a pressão. Apresenta temperatura mais alta e densidade mais baixa do que um vapor saturado à mesma pressão. Utilizado em grandes complexos industriais com temperaturas na faixa de 400°C a 560°C.

2. A caldeira

A caldeira é um equipamento que trabalha numa pressão superior a pressão atmosférica, produzindo vapor a partir da energia térmica cedida por uma fonte combustível (sólida, líquida ou gasosa) e de um elemento comburente (ar). A capacidade de geração de vapor, em geral, é expressa em quilo de vapor (kg/h) ou tonelada de vapor por hora (t/h).

De acordo com a NR-13 (Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão), toda caldeira deve ter afixada em seu corpo, uma placa de identificação indelével com um mínimo de informações como: nome do fabricante, número de ordem, ano de fabricação, pressão máxima de trabalho admissível, pressão de teste hidrostático, capacidade de produção de vapor, área de superfície de aquecimento, código de projeto e ano de edição. Também é necessário que o estabelecimento onde está instalada possua: o prontuário da caldeira, o registro de segurança, o projeto de instalação, os projetos de alteração ou reparo e relatórios de inspeção.

A NR-13 classifica as caldeiras em três categorias. Categoria “A”, são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 kPa (19,98 kgf/cm²). Pertencem a categoria “C” aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 kPa (5,99 kgf/cm²) e o volume é igual ou inferior a 100 litros. Constitui a categoria “B” todas aquelas que não se enquadram nas categorias anteriores.

Com relação às instalações, as caldeiras necessitam de um local específico, ou seja, uma casa ou uma área para esse fim. De acordo com a opção de instalação escolhida no projeto, a caldeira deve atender a outra série de requisitos específicos no local, sempre priorizando a segurança.

Do ponto de vista técnico, atualmente as caldeiras dividem-se em 3 tipos principais, conforme a disposição da água em relação aos gases: flamotubulares, aquatubulares e mistas.

Nas flamotubulares, os produtos de combustão circulam pelo interior dos tubos, que ficam imersos na água a ser vaporizada. Utilizam combustíveis líquidos ou gasosos.

Nas aquatubulares, a água a ser vaporizada circula pelos tubos, e os produtos de combustão pelo exterior deles. Obtém maiores produções de vapor a pressões elevadas e altas temperaturas.

Caldeira utilizada para gestão da umidade no beneficiamento



A necessidade de utilização de combustíveis sólidos para caldeiras pequenas, como nas usinas de beneficiamento de algodão, fez surgir o tipo misto. Basicamente são caldeiras flamotubulares com uma antecâmara de combustão com paredes revestidas de tubos de água. Na antecâmara se dá a combustão de sólidos usando grelhas de diversos tipos.

3. Aplicação de vapor na algodoeira

As usinas de beneficiamento de algodão têm utilizado cada vez mais o vapor proveniente das caldeiras em suas ações de gestão da umidade. As caldeiras utilizadas são do tipo mista, uma solução prática e eficiente quando há disponibilidade de combustível sólido (lenha e resíduos de pré-limpeza). Por isso, a preferência por esse tipo de caldeira se deve principalmente ao custo operacional reduzido, se comparado ao uso do gás, apesar do alto investimento. Porém, ainda existem muitas limitações atreladas a estes dispositivos. Há dificuldade em manter uma pressão de vapor adequada utilizando-se somente resíduos (casquinha). Também o dimensionamento, as técnicas de aplicação de vapor no algodão, as normas de gestão da umidade e a automação de todo o processo são insuficientemente dominados pelos fabricantes. Nem sempre é utilizada a isolamento térmica das tubulações que levam o ar quente até os pontos de aplicação, o que diminui significativamente o rendimento e a eficiência do processo. Vale lembrar que é necessário fazer a inspeção e a limpeza dos equipamentos periodicamente.

Nas caldeiras mistas utilizadas atualmente, as pressões de trabalho em prática variam em média de 5 a 7 Kgf/cm². O tipo de vapor normalmente é o vapor úmido, ou seja, o vapor gerado geralmente contém umidade vinda de moléculas de água não-vaporizada que foram carregadas para dentro do vapor distribuído no sistema.

A gestão da umidade na algodoeira é essencial para a produtividade como também para a qualidade dos produtos. As intervenções sobre umidade no beneficiamento compõem a secagem, a umidificação do algodão em caroço e a umidificação da fibra, e o vapor pode ser aproveitado para todas.

3.1 Secagem do algodão em caroço

O princípio da secagem é colocar o algodão em contato com ar quente e seco. No caso do uso de vapor para secagem, o ar ambiente movido por um ventilador passa por um trocador de calor aquecido pelo vapor fornecido pela caldeira. O ar aquecido é posteriormente levado ao contato com a massa de algodão em caroço. O vapor nunca entra em contato direto com o algodão.

A umidade do algodão em caroço no módulo (fardão) ou na fita do desmanchador é heterogênea. A temperatura de secagem precisa ser permanentemente e rapidamente ajustada. O ajuste da temperatura do ar manualmente ou automaticamente, fazendo variar o fluxo de vapor no trocador, não é satisfatório pela inércia da variação de temperatura. Com vapor de caldeira, o ajuste da temperatura de ar deve ser automático e feito pela quantidade de ar frio misturada com ar quente. O trocador de calor deve permanecer com temperatura constante e alta, para ter potencial de aquecimento suficiente. Entende-se também a necessidade de um bom dimensionamento do trocador de calor para conseguir temperaturas de ar suficientes (até 130°C) e não abafar o fluxo de ar de transporte e secagem do algodão.

Muitos sistemas de regulação automática, além de agir sobre o fluxo de vapor no trocador, são deficientes também por ser baseados somente nas medições de temperatura do ar de secagem antes do ponto de mistura e não sobre a umidade efetiva do algodão na entrada do processo. Os fabricantes de caldeiras não propõem sensores de umidade do algodão em caroço, nem softwares baseados em tal princípio.

3.2 Umidificação do algodão em caroço

A técnica recomendada é de colocar ar quente e úmido em contato com o algodão em caroço. Para isso, o ar ambiente é aspirado para dentro de uma unidade umidificadora onde é aquecido por um pequeno trocador de calor. Após o aquecimento o ar é misturado com vapor da caldeira no interior da unidade e soprado por um ventilador até as caixas de aplicação instaladas entre a rosca distribuidora e os alimentadores de descarçadores. As caixas de aplicação devem fechar automaticamente em caso de levantamento dos peitos dos descarçadores para evitar umidificação em excesso.

O fluxo de vapor injetado na unidade umidificadora deve ser controlado por uma válvula proporcional e que se ajusta automaticamente para manter a temperatura do ar úmido definida pelo operador. É interessante que o ajuste de temperatura do ar úmido soprado possa ser feito manualmente do painel de controle (*display* e *setpoint*). Os operadores devem monitorar pelo menos a umidade do algodão em caroço na saída de cada alimentador (antes de entrar no descarçador). A medição manual é possível utilizando umidímetro. A medição por sensor de umidade não foi acertada de maneira satisfatória ainda, o que impossibilita o ajuste automático da quantidade de vapor a ser injetada no fluxo de ar. A umidificação do algodão em caroço é destinada a reduzir os danos mecânicos à fibra, porém raramente está disponível e é praticada nas algodoieiras.

Caixas de aplicação de vapor para umidificação do algodão em caroço



3.3 Umidificação da fibra

Semelhante ao sistema anterior, o ar ambiente é aspirado para dentro de uma unidade umidificadora e aquecido por um pequeno trocador de calor. Posteriormente o ar aquecido é misturado com vapor da caldeira e empurrado por um ventilador até o ponto de contato com a fibra em um dispositivo de aplicação localizado entre o condensador geral e a prensa, e/ou no próprio condensador.

Um sensor de presença de fibra na tubulação de subida até o condensador permite interromper a injeção de ar úmido na bica ou no condensador quando não há presença de pluma no sistema. Outra possibilidade é utilizar o CLP do processo para dosar e interromper a injeção de vapor na unidade umidificadora em função do número de descarçadores beneficiando.

Umidificação por vapor na bica da prensa



Neste sistema com vapor de caldeira a temperatura do ar também deve ser regulada manualmente desde o painel de controle (*display* e *setpoint*). A regulação da quantidade de vapor injetada no gerador de umidade é baseada num sensor de umidade da fibra que deve ser disposto num lugar onde o contato com a fibra se faz com uma pressão regular. Nos sistemas propostos pelos fabricantes, o sensor é geralmente e erradamente disposto no fundo da bica.

4. Medição e controle

Atualmente, todas as caldeiras necessitam de algum tipo de instrumentação e controle automático capaz de possibilitar que as variáveis do processo se mantenham dentro de determinados limites pré-programados para atender à demanda de vapor e operar com garantia de segurança.

4.1 Sistemas de medição

Os principais sistemas de medição incluem: medição de nível de água com boias, medição de pressão (geralmente manômetro de Bourdon) e medição de temperatura com termopares ou sensores tipo PT100.

4.2 Sistemas de controle

A função principal de um sistema de controle é receber sinais enviados pelos instrumentos (níveis das variáveis controladas), comparar com os valores de “*setpoint*”, computar e enviar sinais de correção para os atuadores. Nas caldeiras alguns dos controles principais são da vazão da água que alimenta o processo (acionamento e desligamento da bomba) e da pressão de trabalho através do sistema de controle de chama, com auxílio de um inversor de frequência que controla a velocidade do motor de um ventilador centrífugo. Raramente existe *display* da pressão de trabalho da caldeira no painel de controle do processo da usina. Considerando que a pressão de vapor na caldeira determina o fluxo de vapor em todo o circuito, a falta de *display* no painel de comando equivale a deixar a gestão da umidade no beneficiamento na mão do operador da caldeira.

5. Segurança

Para maior segurança na operação, toda usina que opera com caldeira deve possuir no mínimo o manual com procedimentos de partidas e paradas, procedimentos e parâmetros operacionais de rotina, procedimentos para situações de emergência, procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente.

Todos os instrumentos e controles que interfiram na segurança da caldeira devem ser calibrados periodicamente e adequadamente mantidos. Para isso estes sistemas de controle e segurança devem ser submetidos à manutenção preventiva (baseada no tempo) ou preditiva (baseada na condição).

As caldeiras novas devem ser submetidas a inspeções de segurança inicial, antes da entrada em funcionamento, no local de operação. Já a inspeção de segurança periódica em caldeiras que estão em pleno funcionamento, deve ser executada em prazos citados pela NR-13. Em geral, doze meses para caldeiras das categorias “A”, “B” e “C”. Há também a inspeção de segurança extraordinária em situações de alterações, danos, reparos, inatividade, mudança de local, etc.

A norma ressalta que toda caldeira a vapor deve estar obrigatoriamente sob operação e controle de operador de caldeira treinado e certificado. A norma também especifica todas as condições para a capacitação deste operador. É imprescindível estar atento às questões de segurança, como inspeções regulares e operadores treinados. Vale ressaltar que qualquer tipo de problema em relação a este dispositivo é de responsabilidade do dono do estabelecimento.

6. Conclusão

A gestão da umidade no decorrer do processo de beneficiamento é uma necessidade para produtividade e qualidade. As caldeiras muitas vezes utilizam os resíduos de beneficiamento (cascas e caules) como fonte de energia e por isso o custo da gestão da umidade por fardo fica, a princípio, mais barato do que com gás (GLP). Porém, a tecnologia sofre limitações, como investimento alto e técnicas de aplicação e automação defeituosas, que tornam o gás uma alternativa tecnicamente bem mais eficiente. No momento de decidir sobre o investimento, o menor custo de operação com vapor deve ser considerado junto com o risco de perda em qualidade e produtividade.

Profissionalização do Beneficiamento e da Classificação do Algodão Brasileiro

- Desenvolvimento de projetos de usinas e laboratórios
- Modernização e adequação
- Assessoria na operação
- Estudos técnicos e de viabilidade
- Treinamentos

COTIMES, Serviços de Consultoria Agroindustrial LTDA COTIMES DO BRASIL

Rua Voluntários da Pátria, nº 1444 - Centro
CEP 85.812-160 - Cascavel - Paraná - Brasil

Jean-Luc D. Chanselme
Celular: +55 45 9912 6953 | Fixo: +55 45 3037 1321
jean@cotimesdobrasil.com.br | skype: jean.cotimesdobrasil

Paulo Vicente Ribas
Celular: +55 66 9969 9733 | Fixo: +55 66 3498 2575
paulo@cotimesdobrasil.com.br | skype: paulo.cotimesdobrasil