

Conceitos de engenharia para contenção da emissão de odores nas fábricas de celulose sulfato

MFN -0931

N CHAMADA:

TITULO: Conceitos de engenharia para contenção da emissão de odores nas fábricas de celulose sulfato

AUTOR(ES): SWIFT, L.K.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 11

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 22-25.11.1978

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1978, ABTCP

PAG/VOLUME: p.169-178,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 11, 1978, São Paulo, p.169-178

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:



CONCEITOS DE ENGENHARIA PARA CONTENÇÃO DA EMISSÃO DE ODORES NAS FÁBRICAS DE CELULOSE SULFATO

L.K. SWIFT
Main Engenharia S.A.

RESUMO

O desenvolvimento de um sistema de controle de emissão de odores de uma fábrica de celulose consiste em três etapas bem definidas:

1. Em primeiro lugar, devem ser estabelecidos os objetivos deste controle. O grau de controle da emissão dependerá dos compromissos morais e legais, bem como da disponibilidade de capital.

2. Os pontos de emissão devem ser identificados e seus conteúdos quantificados, estabelecendo propriedades físicas e químicas.

3. O projeto do sistema de controle de emissão deverá ser desenvolvido, considerando a operação da fábrica e a disponibilidade de produtos químicos e água. Isto estabelece a base para o detalhamento do projeto.

Dois casos de sistema de controle de emissão estão descritos neste documento. O primeiro diz respeito a uma fábrica já existente, com limitações normais e obrigatórias de descarga. O segundo co-

bre o sistema aplicado a uma nova fábrica. Em ambos os casos, somente a tecnologia moderna comercialmente provada foi utilizada.

INTRODUÇÃO

Uma fábrica de celulose, que inicia agora um programa de controle da emissão de odores, leva uma enorme vantagem em relação às pioneiras de 5, 10 ou 20 anos atrás. Hoje em dia, o sistema de controle é efetuado com base numa tecnologia comprovada e não em tentativas.

A extensão de qualquer programa de controle de emissão é função de diversos fatores:

1. Compromisso moral para com a comunidade vizinha;

2. Legislação federal, estadual e local em vigor ou pendente de aplicação;

3. Disponibilidade de capital para a execução de um projeto com pouco ou nenhum retorno tangível de investimento.

DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

Fábrica Nova:

Antes de qualquer projeto de

construção ser iniciado, os objetivos e escopo do projeto devem ser estabelecidos. Uma fábrica nova de celulose, num local novo, terá seus objetivos de controle diferentes daqueles de uma fábrica já existente, ou de uma em expansão. Uma fábrica nova de celulose será projetada para operar num nível de odor tão baixo quanto o permitido pela tecnologia já comprovada. Os componentes do sistema de controle da emissão de odores serão desde logo uma parte integrante do projeto global.

Ainda que em muitos locais não existam limitações específicas para emissão de odores nas fábricas de celulose, a nova fábrica terá que conseguir uma licença de construção. Os órgãos reguladores oficiais, provavelmente, hão de requerer que a nova fábrica inclua, como parte de suas obrigações pela licença de construção, ou limitações específicas ou características de projeto do processo, que resultariam numa operação controlada de baixo odor. Mais ainda, a nova fábrica poderá ser solicitada a assu-

mir um compromisso para com a comunidade vizinha, de operar num nível tão baixo de odor quanto possível. Finalmente, a nova fábrica deverá incluir condições de eliminação de odor em seu projeto, a fim de submeter-se à inevitável regulamentação federal e estadual. É bem menos oneroso incluir tais condições no projeto original, do que incluí-las posteriormente numa operação já existente.

Fábrica Existente:

A fábrica já existente enfrenta um problema diferente. Uma simples tentativa de diminuir os odores da operação poderá ser proibitivamente cara para a maioria das fábricas de celulose. Para uma fábrica já existente, é mais razoável iniciar um programa em etapas para uma redução gradativa de odores, concentrando-se inicialmente nos focos de emissão mais ofensivos. Para ajudar a estabelecer os objetivos de controle, as fontes de emissão devem ser identificadas e quantificadas.

O que primeiro diz respeito a uma fábrica existente serão as regulamentações federal e estadual existentes. O odor de uma fábrica de celulose é comumente medido em termos de TRS (total reduced sulfur).

As regulamentações tanto limi-

tam as emissões de TRS na base de peso de TRS por unidade de produção (libras por toneladas de produção), por concentração volumétrica de TRS por focos individuais (TRS em partes por milhão), como também impõem métodos de tratamento para certos focos de emissão, baseados na melhor tecnologia disponível (1-7).

EMIÇÃO DE ODORES

Não está no escopo deste trabalho descrever as propriedades dos compostos odoríferos, formados no processamento da celulose. Um número de excelentes trabalhos tem sido publicado nesta área. Devido à natureza das reações da polpa envolvida no processo da celulose tipo sulfato, compostos do TRS sempre serão formados e poderão ser libertados de soluções, em qualquer lugar onde estejam expostos à atmosfera (8-11). A localização e magnitude das emissões de TRS serão uma função do sistema individual de fabricação envolvido. Duas fábricas de celulose não serão projetadas, construídas e operadas da mesma maneira. O sistema de controle da emissão de odores deve ser projetado para cada situação individualmente.

No caso de uma fábrica já existente, a melhor maneira de estabelecer as propriedades dos focos de

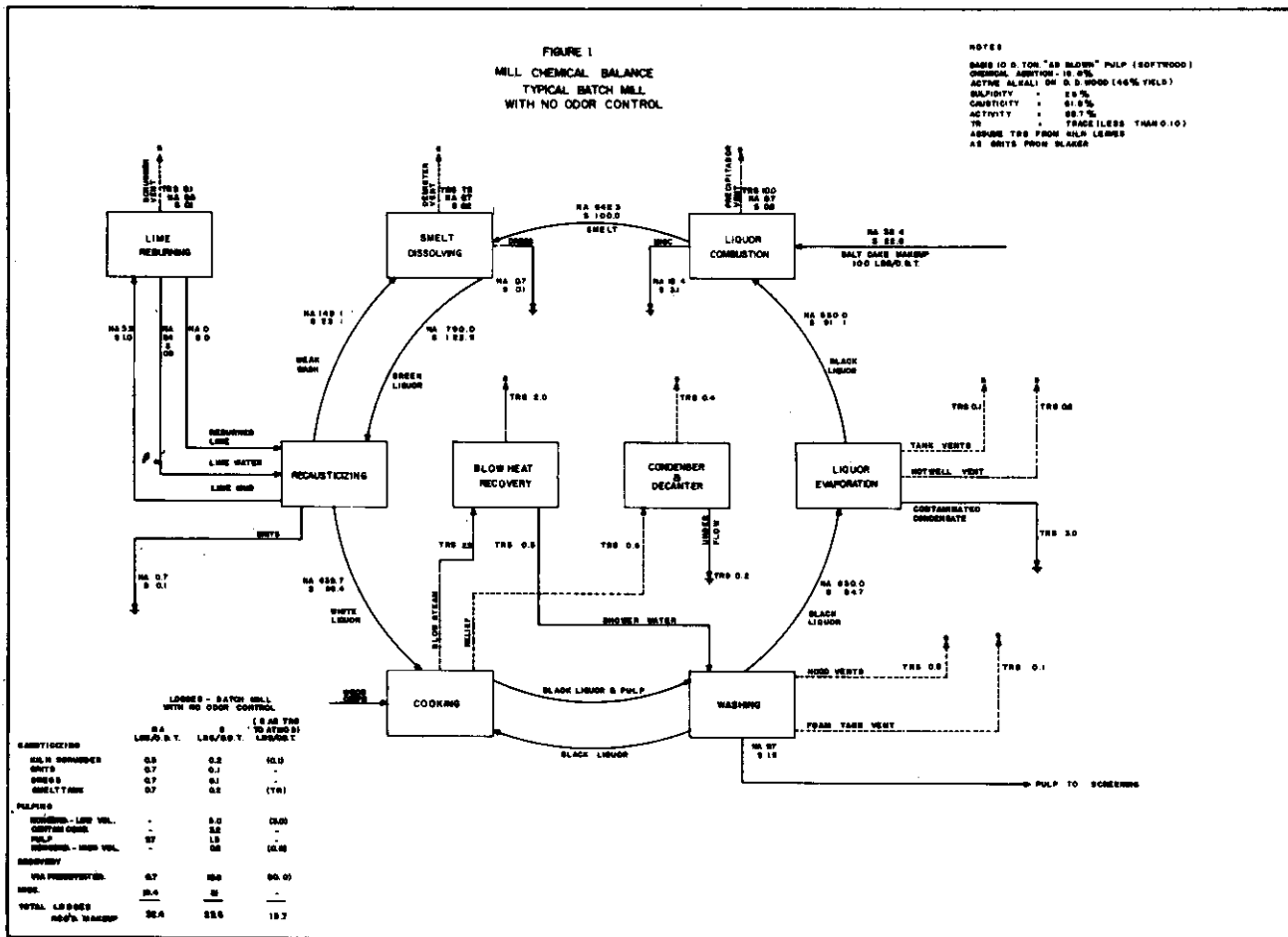
emissão é pela medida real de campo, quando e onde for possível. Isto é especialmente importante, se os objetivos de controle de emissão forem para otimizar os custos de capital vis-à-vis a redução de emissão de TRS abaixo de níveis específicos. Uma significativa fonte de TRS em uma fábrica pode ser uma fonte menor em outra, devido às peculiaridades do processo.

No caso de uma nova fábrica ou em lugar de medidas de campo para uma fábrica já existente, há uma quantidade considerável de dados suplementares disponíveis, baseados na experiência, como também em literaturas, típicas de fontes de muitas fábricas (8-10-12-19).

CASO I — FÁBRICA JÁ EXISTENTE

Vamos examinar o caso de uma fábrica existente, sem nenhuma instalação de controle de odor. É assumido que a redução da emissão de TRS (medida como enxofre) seja abaixo de 1 libra de TRS por tonelada de celulose seca e não-branqueada.

Esta fábrica típica usa digestores "Batch", um tanque de descarga, peneiras de nós abertas, tambores de lavagem a vácuo e um sistema de peneiragem não pressurizado antes da estocagem e de branquea-



mento. A terebentina é recuperada por uma descarga do digestor, via condensador e decantador. O escoamento do decantador é ligado ao esgoto. O vapor de descarga é só parcialmente condensado em um sistema subdimensionado de recuperação de vapor quente. O condensado de vapor de descarga é usado como água de lavagem nos tambores lavadores a vácuo.

O líquido de cozimento gasto é evaporado em evaporadores de múltiplo efeito, com condensadores indiretos, seguido por um evaporador de contato direto em cascata. A recuperação é feita numa caldeira de recuperação convencional e a regeneração numa operação convencional de caustificação com forno de cal.

Balanço Químico da Fábrica:

O primeiro passo para se estabelecer as características de emissão é realizar um balanço químico da fábrica (20). O balanço químico é importante pelas seguintes razões:

- fornece um levantamento das perdas químicas versus quantidades a restituir;
- avalia o efeito da contenção de odor nas soluções de misturas químicas a restituir;
- ajuda a estabelecer as prioridades de instalação nos setores de contenção.

A quantidade de enxofre perdido em qualquer fábrica deve ser recuperada tradicionalmente, através do sulfato de sódio. Um aspecto significativo no balanço químico da fábrica é o fato de que 45 a 60% do enxofre perdido da fábrica, estão na forma de compostos voláteis (21).

Um balanço químico típico de uma fábrica está mostrado na figura 1. Deve ser enfatizado que os balanços químicos mostrados nas figuras 1, 2 e 5 não representam nenhuma fábrica isolada.

Redução da Emissão de Odores

Conforme indica a figura 1, a maioria das perdas de TRS ocorre por causa da operação da caldeira de recuperação, com evaporação tipo cascata.

A redução desta emissão de TRS, na operação desta caldeira de recuperação numa fábrica existente, pode ser obtida, ou pela oxidação do licor preto ou pela eliminação da evaporação do licor por contato direto. Atualmente, o método mais comum de redução da emissão de TRS da caldeira de recuperação de uma unidade existente é feito aumentando-se a oxidação do licor preto. Os compostos que posteriormente reagiriam com gases no cano de fornalha, para formar as emissões de TRS, são oxidados

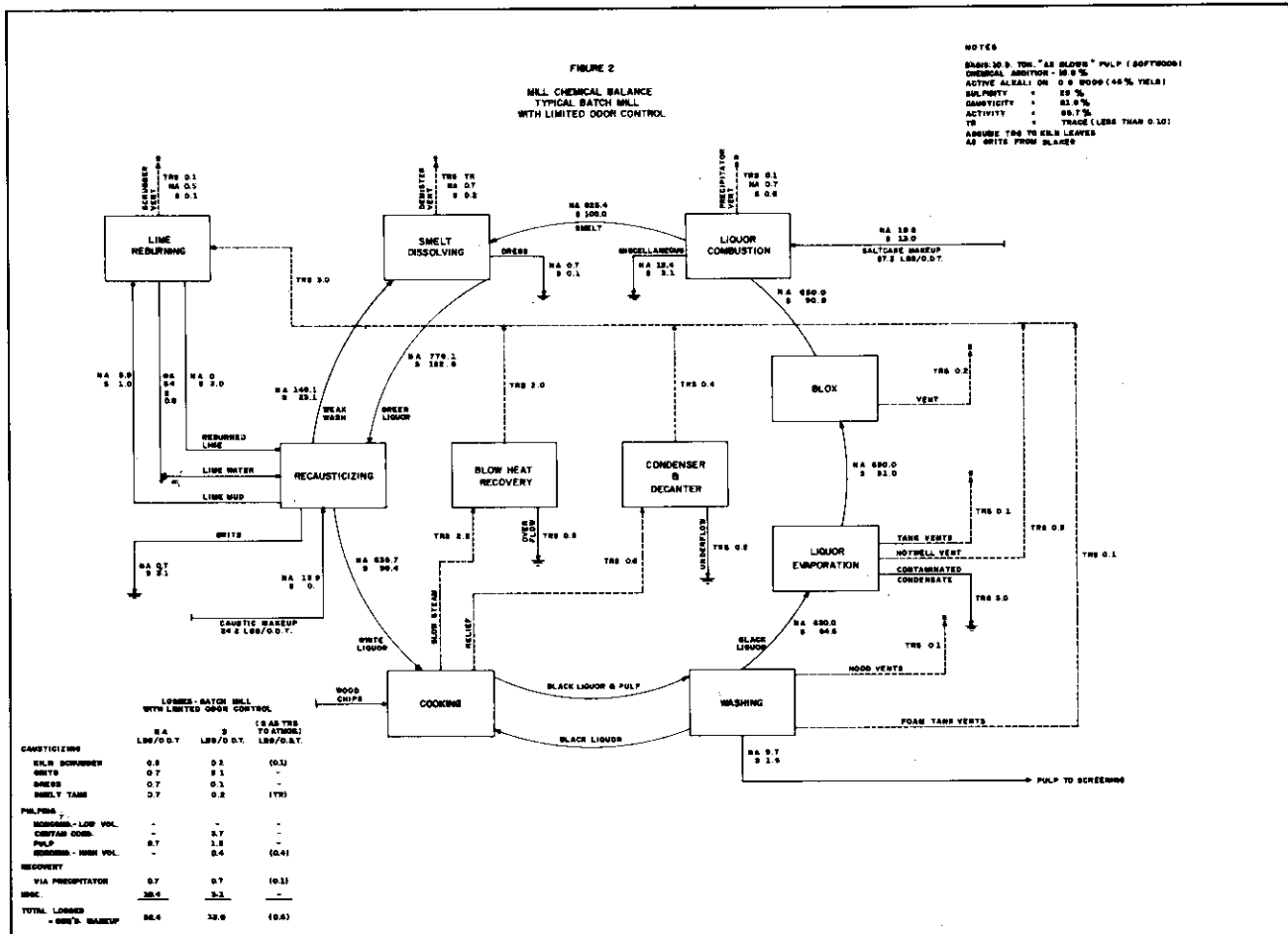
para formas mais estáveis, impedindo dessa forma sua posterior decomposição.

A segunda alternativa, ou seja, a eliminação da evaporação do licor em contato direto, envolve a adição de um ou dois concentradores de contato indireto e a conversão da caldeira de recuperação por um tipo de projeto com nível de odor mais baixo. Entretanto, esta conversão pode não ser prática em todas as situações.

Um terceiro método, envolvendo a lavagem dos gases fluentes através de um meio absorvente de TRS, está ainda nos estágios preliminares de desenvolvimento comercial.

Os outros pontos principais da emissão, que requerem tratamento, são os gases das descargas dos digestores (via recuperação de gás quente e condensação), tanque de espuma e poço quente de evaporação. Os melhores métodos aprovados de tratamento destas fontes é a incineração num forno de cal ou um incinerador stand-by. Em alguns poucos casos, nos Estados Unidos, a incineração é conseguida em caldeiras de força ou de recuperação.

Algumas fábricas costumam lavar uma ou mais destas fontes com meios cáusticos como o licor



branco. Entretanto, essa limpeza é só parcialmente efetiva, para os compostos de TRS com peso molecular mais alto não sendo removidos. Outras alternativas possíveis, tais como o tratamento com cloro ou ozônio, por uma ou outra razão não encontraram uma aceitação total.

Finalmente, as emissões que exalam das coifas de lavagem podem ser bem reduzidas, usando-se água quente limpa, um chuveiro, em lugar de vapor condensado já contaminado (18). Pode-se esperar que as emissões de TRS diminuam de 70 a 95% pelo tratamento e disposição dessas condensações, onde quer que seja.

A implementação dos tratamentos acima resultarão num balanço químico da fábrica, como mostra a figura 2. Note-se que as emissões de TRS reduziram-se de 13,7 libras por tonelada para 0,6 libras por tonelada.

Descarga e Liberação de Gases do Digestor

O elemento mais importante da coletagem e incineração da descarga do digestor e alívio de gases é a condensação completa do vapor acompanhante. Há várias maneiras para um bem-sucedido acesso a isto, uma das quais é mostrada na figura 3. O vapor liberado do digestor passa primeiramente através de um separador de fibras, para remover as fibras entranhadas. Isto é imperativo, pois a fibra pode rapidamente entupir um permutador térmico de contato indireto e reduzir consideravelmente sua eficiência de operação. Separadores ciclônicos são geralmente usados para esta finalidade. O vapor liberado é condensado num condensador de contato indireto. O condensado é enviado através de tubos a um decantador de terebentina e os elementos não condensáveis são recolhidos para incineração. A maioria das fábricas de celulose de fibra longa tem uma condensação apropriada e um setor de recuperação de terebentina (isto pode ser atribuído ao mercado lucrativo para o subproduto terebentina em muitas regiões) (22-23).

Por outro lado, um grande número de fábricas não tem sistema adequado de recuperação de calor do vapor de descarga. Em muitos casos o equipamento é antiquado, e em outros os sistemas tornaram-se de pouca capacidade, em virtude do aumento da produção.

O sistema de recuperação do vapor da descarga deveria ser capaz de condensar todo o vapor durante o tempo todo. Para isto, em primeiro lugar, a fibra deve se separar

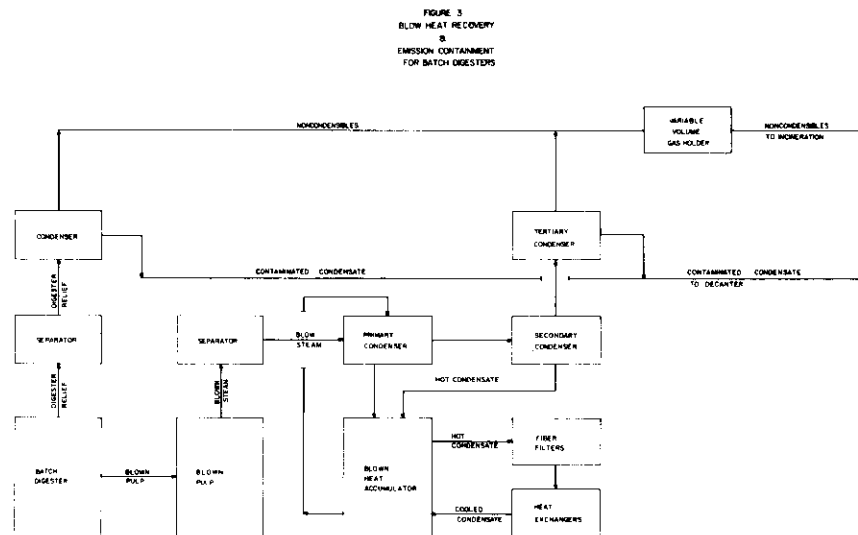
do vapor de maneira adequada. Isto pode ser obtido através de um separador interno, localizado no topo do tanque de descarga, ou ainda com separador externo tipo ciclone, localizado entre o tanque de descarga e o tanque acumulador. O separador interno tem a vantagem de eliminar o fluxo do licor de limpeza exigido com separadores externos (24).

O vapor de descarga passa primeiro pelo condensador primário, localizado sobre o tanque acumulador. Condensadores a jato, tipo barométrico, condensadores de cascata e condensadores tipo barragem têm sido usados com sucesso nesta aplicação. A água de condensação é fornecida pelo fundo do acumulador. O vapor condensado no acumulador é então usado como fonte de calor para várias operações da fábrica, de acordo com as necessidades da água e calor das outras operações.

O calor é removido pela contínua circulação do condensado quente no topo do tanque, através de permutadores de contato indireto, onde o calor é transferido para a água limpa e fresca. A quantidade de calor disponível e, conseqüentemente, a sua remoção, é função do índice de produção. O condensado esfriado volta ao fundo do tanque acumulador e permanece ali disponível para uma próxima descarga. Defletores são normalmente incorporados ao projeto de fabricação do acumulador, para prevenir a mistura de camadas térmicas. É da maior importância o uso de água limpa e quente sobre os chuveiros nos lavadores da polpa marrom. Conforme mencionado anteriormente, substituindo-se a água contaminada por água limpa do chuveiro, as emissões de TRS deste ponto serão bastante reduzidas.

Filtros de fibras são normalmente incluídos na água condensada circulante, para remover qualquer fibra trazida pelo vapor, antes da água condensada entrar nos permutadores de recuperação de calor. Este problema será mínimo se a separação ocorrida no tanque de descarga for boa. Filtros internos e externos têm sido aplicados com sucesso nesta operação. Ambos os tipos podem ser eventualmente equipados com dispositivos de fluxo de retorno para limpeza, manuais ou automáticos.

O sistema indicado na figura 3 utiliza condensadores secundários e terciários. Este tipo de sistema permite condensar a maior parte do vapor nos dois primeiros estágios de condensação. O vapor sai quente (190-205°F) do segundo estágio (a terebentina começa a condensação a aproximadamente 170°F). O condensado do segundo estágio retorna ao acumulador e o vapor não condensado flui para o terceiro condensador, onde é esfriado a uma temperatura considerada ótima, para a separação de terebentina a 110-120°F. Do condensador terciário o condensado é enviado, por tubos, a um decantador de terebentina e o gás não condensado é recolhido num sistema para impedir a emissão. A terebentina pode ser recuperada do vapor em quantidades até 03. gal/ton. de produção, para certas madeiras (25-26). Tanto o condensador do tipo de contato direto, como o de contato indireto, podem ser usados como condensador secundário. O condensador terciário será uma unidade do tipo de contato indireto, concentrando a terebentina condensada em uma fluência relativamente pequena. O uso de um condensador secundário de contato indireto pode ser vantajoso, depen-



dendo das necessidades da água limpa aquecida.

Recipiente de Gás de Volume Variável

No projeto de um sistema de contenção de odor, envolvendo digestores "Batch", há uma área que quase sempre apresenta controvérsia. É a que diz respeito a alguns tipos de recipiente de gás de volume variável.

O fluxo médio não condensável, advindo do vapor liberado do digestor "Batch", é normalmente menos que 100 cfm; entretanto, o pico instantâneo do fluxo pode ter vários milhares de cfm, ou mais, dependendo da infiltração de ar e da capacidade de condensação (17). Esta súbita onda em volume, como também a concentração de não condensáveis altamente inflamáveis, podem ser muito prejudiciais, para a operação de um forno de cal, ou do incinerador. Além disto, condutores de maior tamanho são necessários para fazer face às ondas.

Várias fábricas projetaram e instalaram sistemas eliminando a necessidade de recipiente de gás de volume variável. Uma concepção é tirar todo o ar primário do forno de cal, através dos condensadores de recuperação de calor de descarga (3). O fluxo de ar tido como primário é maior que o fluxo dos não condensáveis libertados durante a descarga. Com este sistema específico, o ar primário entre descargas é simplesmente o ar ambiente empurrado através dos condensadores. Durante as descargas, o ar ambiente é deslocado pelos gases de saída do digestor.

Outra concepção é distribuir não condensáveis entre vários fornos de cal, reduzindo, desta forma, o fluxo máximo para cada forno (27). As peculiaridades dos processos individuais envolvidos têm que ser levadas em conta, quando se determina se um recipiente de gás é ou não necessário.

Há dois tipos de recipiente de gás usados na indústria de papel. Um é do tipo cobertura flutuante. A parede de fora é preenchida com água, que funciona como um selo. O domo interno sobe e desce, conforme as ondas de não condensáveis são liberadas numa relação constante. O recipiente de gás de cobertura flutuante é geralmente construído em aço carbono.

Um outro tipo de recipiente disponível é o de esfera de vapor. Este consiste numa esfera FRP (plástico reforçado com fibras de vidro), com uma membrana interna reforçada, que sobe e desce da mesma maneira que a cobertura flutuante (17).

O recipiente de gás de cobertura

flutuante é normalmente mais caro que o de esfera de vapor, dependendo, porém, dos custos relativos, de fabricação com FRP em relação aos de aço carbono. A experiência mostra que o custo de manutenção é talvez mais alto no sistema de esfera de vapor que no tipo de cobertura flutuante.

De qualquer maneira, o sistema de recuperação de vapor quente deverá ser projetado, de uma forma que os gases não condensáveis fossem tanto diluídos abaixo, como mantidos concentrados acima do nível de explosão de 2-50%. Em muitos casos, isto é melhor conseguido, assegurando-se que nenhum ar possa se infiltrar no sistema.

Durante a descarga, o tanque de descarga, o acumulador e os canais condutores estão cheios de vapor. Entretanto, se houver um longo período entre as descargas, o vapor pode se condensar, causando uma pressão negativa no sistema, o que poderá resultar em infiltração de ar. Isto pode ser evitado, adicionando-se vapor nos canais condutores entre o tanque de descarga e o acumulador controlado por um regulador de pressão. Também a válvula de controle no recipiente de gás de volume variável deve fechar abaixo de uma certa pressão, para evitar vácuo no sistema.

Sistema de Contenção

A figura 4 mostra o sistema de contenção para uma fábrica com digestores "Batch", com controle de odor limitado. Os gases não condensáveis são recolhidos de vários pontos de emissão e enviados através de tubos para a entrada do ventilador de ar forçado, para incineração no forno de cal. O sistema de coleta mostrado na figura 4 é um sistema aberto. Num sistema aberto, gases não condensáveis são diluídos abaixo do nível de combustão e a velocidade nos canais condutores é mantida bem acima da propagação da chama, de 2.5 FT por segundo (28). O ar de diluição é encaminhado através de entrada de borboletas balanceadas, garantindo, assim, que os gases não condensáveis sejam diluídos abaixo das concentrações de combustão. Tal sistema seria projetado para transportar cerca de 2-4 cfm/t/d de produção de celulose, para o forno para incineração. Dependendo da localização física, muito, senão a maior parte do ar de diluição, poderia ser proveniente da ventilação do tanque de espuma da lavagem da polpa marrom; uma fonte de muito odor, mas relativamente diluída (18). Isto tem a vantagem adicional de prover a diluição de ar quente, durante os meses de inverno.

Os protetores de chama devem estar localizados entre o ventilador do não condensável e o ventilador de ar primário do forno de cal. Isto previne que a chama do forno se propague de volta, no caso de um ventilador falhar. Os protetores de chama poderão ser instalados em paralelo, um agindo como reserva para permitir a limpeza do outro. Os protetores de chama poderão ser instalados verticalmente ou, se for necessária a instalação horizontal, deverão ser comprados com dreno na base, para permitir a remoção de qualquer resíduo que tenha caído no sistema de coleta, naquele ponto. Discos de ruptura deveriam ser incluídos entre o ventilador de ar forçado do forno e o ventilador que manda os gases não condensáveis, a fim de permitir a liberação de um fluxo de retorno inesperado. Os discos de ruptura podem ser comprados com um dispositivo que dispare um alarme quando o disco for rompido. Isto deveria ser feito a fim de notificar os operadores que existe um problema. Todos os discos de ruptura deveriam ter saída fora das portas.

Um desvio de emergência automático é incluído para transferir os elementos não condensáveis para a atmosfera, ou a um ponto alternativo de incineração, no caso de falta de fogo. Caso o ventilador falhe, o sistema deveria ser dirigido para a atmosfera. É desejável também ter um ventilador sobressalente. Para assegurar uma diluição apropriada, é desejável medir o fluxo e a temperatura dos gases saindo do ventilador dos não condensáveis, antes deles chegarem à entrada do ventilador de ar forçado do forno. Adicionalmente, o gás da saída do forno com excesso de oxigênio deveria ser controlado, para garantir a completa oxidação dos compostos sulfúricos reduzidos (29).

Em geral, os condutores devem ser inclinados e purgadores de condensado incluídos em pontos estratégicos. Os drenos dos purgadores e protetores de chama devem incluir vedações e conexões para lavar.

Materiais de Construção

Muitos materiais de construção são adequados, dependendo das alternativas econômicas. Em geral, os permutadores térmicos deveriam ter superfícies de aço inoxidável. O aço carbono é adequado para os canais condutores do vapor de descarga, como também para a construção de acumuladores. Fibras de vidro ou aço inox são apropriados para coletores de elementos não condensáveis. Os ventiladores podem ser tanto de aço inox

como de fibra de vidro com eixos de aço inox.

CASO II — FÁBRICA NOVA

Este segundo caso apresenta uma fábrica nova, com instalações de contenção e redução de odor já incorporadas como parte integral do processo. A polpa é cozida num digestor contínuo, seguido pela lavagem por difusão e um sistema pressurizado fechado para extração de nós e peneiramento. O licor de cozimento que foi utilizado é evaporado em evaporadores de múltiplo efeito e em concentradores de contato indireto. Os produtos químicos de cozimento são recuperados em uma caldeira de recuperação de baixo odor e regenerados num sistema convencional de recaustificação.

Balanco Químico da Fábrica

A figura 5 mostra um balanço químico simplificado para este sistema. Como indicado, a totalidade das emissões atmosféricas da fábrica de celulose chegam um pouco acima de 02 libras de TRS por tonelada de produção. Um total de 5 libras de TRS por tonelada é transportado de várias fontes até o forno de cal, para incineração, e um total de 3 libras de TRS por tonelada é transportado de várias fontes para a caldeira de recuperação, também para incineração.

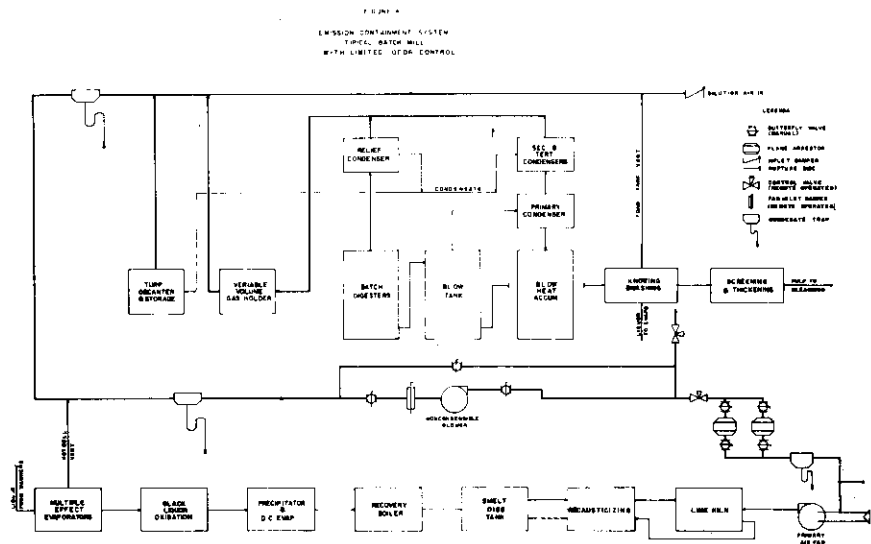
Redução de Emissão de Odor

Assumindo um adequado excesso de oxigênio, há indicações de que o TRS, entrando no forno de cal, será oxidado em dióxido de enxofre, que combinará com a cal e eventualmente deixará o sistema com resíduos. O TRS que sai do forno é como o sulfureto de hidrogênio resultante de reações entre o sulfureto dissolvido e o gás fluente, por causa do peso molecular mais alto dos sulfuretos orgânicos (29). Por isto, reduções posteriores têm sido desejáveis pela adição de soda cáustica para lavagem (30). Qualquer TRS saindo do tanque de dissolução das cinzas é como um sulfureto de hidrogênio, que pode ser controlado pela lavagem com meio cáustico (18).

TRS contendo gases não condensáveis, transportado para a caldeira de recuperação para incineração, serão oxidados em dióxido de enxofre e libertados do sistema com o gás fluente. Este será adicionado ao total de SO₂ emitido desta fonte. É indicado que SO₂ adicionais emitidos de uma caldeira, como resultado de incineração de gases dispersos, não devem ser incluídos, quando da determinação da conformidade com os padrões de performance (31).

Sistema de Contenção

A figura 6 mostra a totalidade do sistema de contenção, para uma fá-



brica nova. Fontes de emissão de baixo volume e de alta concentração são coletadas para incineração no forno de cal. O sistema poderia ser aberto, conforme indica a figura 4. Entretanto, neste caso, é apresentado um sistema fechado. Esta escolha foi feita para reduzir o tamanho dos canais condutores. Nesta situação, os protetores de chama deveriam ser instalados em todas as fontes, como também em lugares estratégicos do conjunto de condutores principais, para proteger o equipamento de uma explosão. Os discos de ruptura deveriam ser localizados em posições estratégicas nos condutores. Todos os discos de ruptura deverão ter alarme e saída para fora das portas. Espera-se que o total de gás não condensado, a caminho do forno de cal deste sistema, seja do nível de 0.25 a 1.25 cfm/t/d de produção.

Um desvio automático de emergência, a um ponto alternativo de combustão, é previsto para assegurar a incineração de combustíveis de baixo volume — alta concentração —, durante o tempo todo. Isto seria ativado numa falha da chama.

Um ventilador de sistema de baixo volume assegura que o sistema venha a operar sob uma pequena pressão negativa, o tempo todo. Assim, é desejável que qualquer brecha no sistema resulte num fluxo puxado para dentro, em vez de para fora. Os elementos não condensáveis deixando o ventilador serão continuamente medidos em fluxos e temperatura.

Todas as outras fontes são coletadas num sistema de alto volume e baixa concentração. Isto inclui qualquer ponto, onde o licor preto ou o estoque de polpa marrom (antes do armazenamento) foi exposto à atmosfera.

As coifas são fechadas tanto quanto possível e todas as corren-

tes são vedadas, a fim de reduzir os volumes manipulados. Os purgadores de condensado devem ser instalados em pontos estratégicos no conjunto de canais condutores, como os resíduos encaminhados ao tanque de condensado contaminado, para limpeza. Espera-se que o volume total de emissões coletadas por este tipo de alto volume e baixa concentração esteja na medida de 40 a 80 cfm por t/d de produção, dependendo do uso de lavagem por difusão, contra o uso de cilindro convencional de lavagem a vácuo.

Um fabricante de caldeiras de recuperação recomendou que a mistura contendo emissão de alto volume e baixa concentração não deverá exceder a 5% por peso (32). Isto pode-se conseguir pelo esfriamento de gases a 100°F num condensador esfriado, uma torre de lavagem com água como meio de resfriamento. A água contaminada esfriada circula através dos permutadores térmicos, de onde o calor é levado para a água limpa. Um absorvedor de gotas é incluído no condensador-resfriador, para garantir a remoção de qualquer gotícula trazida pelas emissões de alto volume.

As emissões de baixo volume e alta concentração, que entram no sistema de alto volume, como rota alternativa para a incineração, entram no sistema por cima do condensador-resfriador de alto volume, para se conseguir a diluição e remoção das gotículas. As gotículas condensadas no condensador-resfriador são levadas ao tanque de condensado contaminado, para a purificação.

Um fabricante de caldeira de recuperação recomenda que as emissões de alto volume sejam aquecidas na mesma temperatura que o ar secundário e que entrem

ao forno da caldeira pela via secundária dos condutores (33).

De preferência, as emissões coletadas não devem ser levadas por tubos para o ventilador de ar forçado ou aos canais condutores de ar primário, porque qualquer vapor de água excessivo ou ligeira depressão de oxigênio contribuíram para temperaturas mais baixas de forno. Isto por seu turno seria prejudicial a uma operação de baixo odor, controle de nível das cinzas, controle de formação de gases odoríficos e de dióxido de enxofre. (35).

Uma caldeira de força poderá também ser usada para incineração da emissão de alto volume. As emissões secas devem ser levadas para a entrada do ventilador de ar forçado, para suplementar o ar de combustão e permitir pré-aquecimento no pré-aquecedor de ar. Com este sistema, a caldeira de força pode ser um segundo ponto para a incineração das emissões de baixo volume e alta concentração.

Materiais de Construção

Geralmente, para um sistema de baixo volume, o aço inox ou a fibra de vidro seriam mais adequados para construção dos tubos e dos condutores. Os ventiladores também poderiam ser feitos de aço inox ou fibra de vidro com eixos

de aço inox. A fibra de vidro é normalmente adequada para coifas, condutores e ventiladores, para um sistema de coleta de alto volume. Os pré-aquecedores a ar, em contato com os elementos não condensáveis, e o ventilador de ar forçado da caldeira de força devem ser feitos de aço inox. A fibra de vidro é recomendável para a construção do condensador-resfriador de alto volume. Os permutadores térmicos do condensador-resfriador deveriam ter as superfícies de aço inox.

PURIFICAÇÃO DE CONDENSADO CONTAMINADO

Conforme indica a figura 5, uma quantidade significativa de TRS é encontrada no fluxo de baixo dos decantadores e no condensado dos evaporadores de múltiplo efeito. Se estes condutores contaminados forem enviados pelo esgoto, como é feito em muitas fábricas, o problema de odor aumentaria nos arredores do tratamento de efluentes e nas instalações de saída. Qualquer tratamento em lagoa arejada resultaria fisicamente no lançamento da maior parte dos resíduos de TRS na atmosfera (13-36-40). Por esse motivo, o TRS deverá ser removido pelo condensador contaminado perto de suas fontes e destruído por incineração.

Purificação a ar

Tem-se demonstrado que, com um controle apropriado de pH, ambas as purificações a ar ou a vapor são igualmente eficazes para remover o TRS do condensado. A purificação a ar envolve a descarga de ar, através do condensado, numa coluna de purificação. A fibra de vidro ou aço inox são geralmente adequados como material de construção. Estudos de campo indicaram uma eficiência de 82-95% de TRS removido na purificação. As necessidades de ar estão na medida de 2-6 CF por galão de condensado purificado (37).

Purificação a vapor

A purificação a vapor é um pouco mais complexa. O condensado é purificado na porção inferior da coluna de purificação. A parte superior da coluna age como um retificador, projetado para concentrar contaminados, antes que eles saiam do sistema. O vapor que deixa o purificador volta ao retificador, por um condensador de refluxo de contato indireto. O condensador de refluxo deve ser duplo, a fim de utilizar a água fresca com maior eficiência.

O condensado do refluxo passa por um decantador, para que a te-rebentina seja removida, antes de

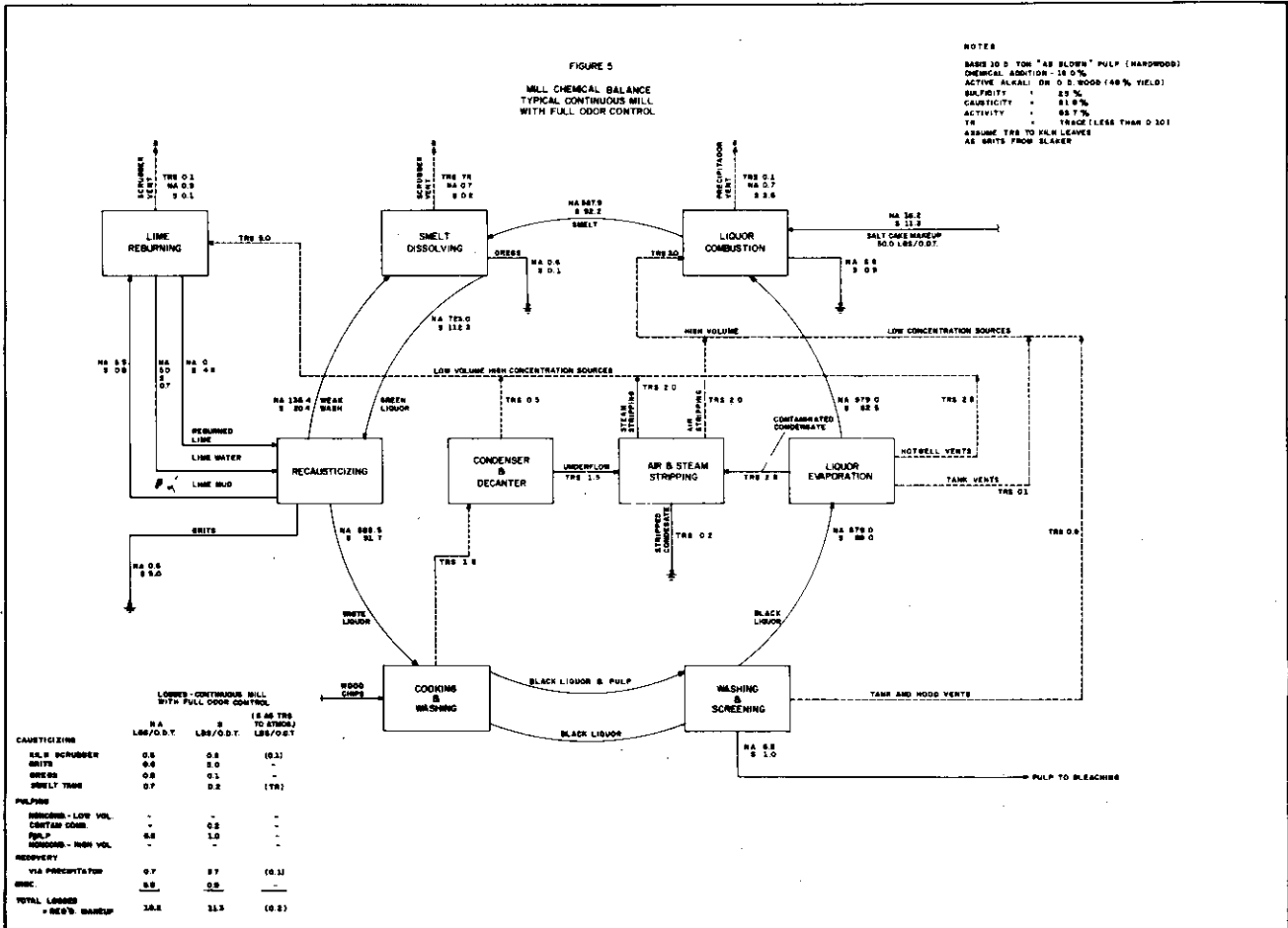


FIGURE 6
EMISSION CONTAINMENT SYSTEM
TYPICAL MILL WITH
FULL DOOR CONTROL

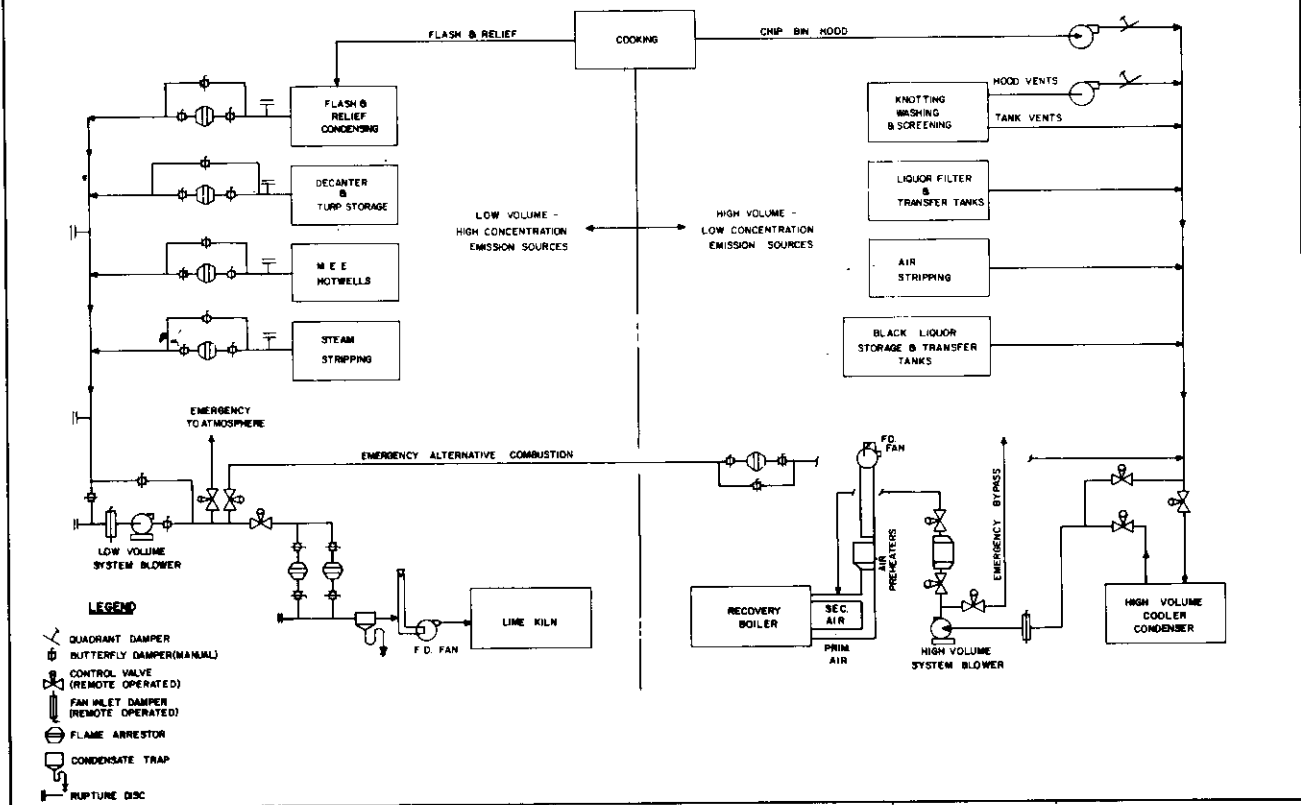
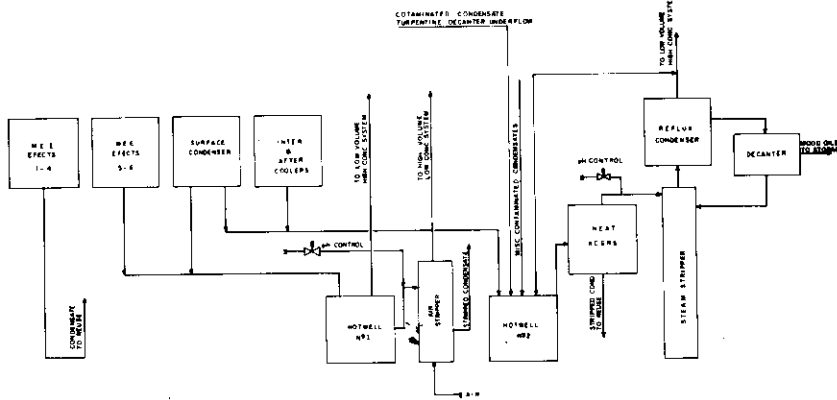


FIGURE 7
STEAM AND AIR STRIPPING SYSTEM



voltar ao retificador. O condensado purificado do fundo da coluna é usado para aquecer o condensado não purificado, através dos permutadores térmicos de contato indireto. Os requisitos de vapor são tipicamente de 2 a 5% por peso de alimentação. A eficiência resultante da remoção do TRS é cerca de 95% (26-27-38). Novamente, o controle do pH é importante. O aço inox é geralmente usado na construção de todo o sistema.

Sistemas de Purificação a Ar e a Vapor

Os purificadores a vapor têm capacidade de remover a maior parte

do BOD (Biological Oxygen Demand) dos condensados contaminados; os purificadores a ar não têm essa capacidade (26-27-38). Para se remover 90% de BOD é necessária uma quantidade de vapor acima de 20%, por peso de alimentação. Por isto dependendo do fator econômico entre uma purificação a vapor versus tratamento biológico, seria mais vantagem remover BOD e TRS de determinados condensados de baixo volume – alta concentração por purificação a vapor – e tratar os condensados odoríficos de alto volume e de baixa concentração, pela purifica-

ção a ar. Tal sistema integrado de purificação é visto na figura 7.

Condensados do evaporador são preferencialmente divididos por sua relativa concentração de TRS e BOD. Assumindo-se um conjunto de evaporadores de seis efeitos, os condensados combinados dos concentrados dos quatro primeiros efeitos do evaporador serão quentes (180-220°F) e relativamente livres de BOD e TRS (26). Estes não são purificados neste sistema.

Condensados combinados de 5º e 6º efeitos (licor de baixa densidade) e do condensador de superfície são contaminados com TRS, mas possuem concentrações relativamente baixas de BOD. A temperatura ideal que se espera destes condensados é a média de 150º F. Espera-se que o fluxo seja na ordem de 0,75 GPM por tonelada de produção.

No projeto do condensador de superfície deve ser incluída uma seção de sub-resfriamento, localizada na parte de trás, separada do resto do condensador por meio de defletores. Com este tipo de condensador, o condensado da seção de sub-resfriamento mistura-se com os condensados vindos dos resfriadores entre e após os condensado-

res, fluxo de baixo do decantador de terebentina, como também com os drenos diversos. O condensado combinado é, em seguida, purificado a vapor.

Na fábrica de celulose representada pela figura 6, estima-se que estes condensados combinados terão uma média aproximada de 0.125 GPM/ por tonelada de produção. Estudos têm demonstrado que, até 30% numa fábrica de celulose-sulfato, a carga de BOD será concentrada neste fluxo relativamente pequeno (39).

A terebentina numa quantidade de até 0.3 gal/ton. de produção retornará ao decantador (25-26). Os elementos que contribuem na formação de BOD, como o metanol e os compostos de TRS, serão concentrados pelo refluxo e pela seção de retificadores da coluna de purificação. Em vista disto, eles deixam o sistema e são coletados no sistema de alto volume, baixa concentração, para eventual incineração.

CONCLUSÃO

Este trabalho resume as técnicas para identificar e selecionar os focos maiores de odor, que requerem tratamento, a fim de satisfazer os objetivos específicos de contenção. Descreve casos típicos de sistema de redução de odores em fábrica já existente e em fábrica nova de celulose sulfato.

Toda uma tecnologia comprovada está à disposição para satisfazer os requisitos necessários à redução de odor para quase todas as fábricas de celulose, tanto existentes como novas. Entretanto, os sistemas a escolher são vários, dependendo de requisitos específicos de um sistema particular de fabricação de celulose, bem como do capital disponível e do nível de redução de odor que é exigido. Como não há duas fábricas de celulose idênticas, também não haverá dois sistemas de redução da emissão de odores idênticos. Entretanto, todos os sistemas são baseados em técnicas comerciais similares, testadas e aprovadas, que requerem aplicação feita por engenheiros de grande experiência.

BIBLIOGRAFIA

1. Groseclose, E., "Keeping a Promise: How a Paper Company Became Friendly Again with Town It Polluted," *The Wall St. Journal*, CLXXXI (127) (June 29, 1973), p.1.
2. Dept. of Environmental Quality, State of Oregon, Air Pollution Control Regulations for Kraft Pulp Mills (Amended Through February 2, 1972).

3. Ayers, K.C., Clutter, L. W. and Adams, A.B., Jr., "Kraft Odor Control at Mead Papers," TAPPI Environmental Conference, New Orleans, Louisiana, 57 (9) (April 16-19, 1974).

4. Maine Dept. of Environmental Protection Implementation Plan for Air Quality Control, published under Appropriation 1320-1025, approved by EPA October, 1972, p.62.

5. Alabama Air Pollution Control Commission, Rules and Regulations, adopted January 18, 1972, revised August 15, 1974.

6. State of Virginia, State Air Pollution Control Board, Regulations For The Control And Abatement of Air Pollution, Amended January 30, 1976.

7. Blosser, R.O., "Emerging Regulations of Significance to the Pulp and Paper Industry", Special Technical Session - Emission Characterizations and Control, NCASI Central-Lake States and Northeast Regional Meetings, Special Report No. 76-04. (April, 1976).

8. Sarkanen, K.V., Hrutfiord, B.F., Johanson, L.N. and Gardner, H.S., "Kraft Odor", TAPPI, 53 (5) (May 1970), pp. 766-783.

9. Douglass, I.B., and Price, L., "A Study of Methyl Mercaptan and Dimethyl Sulfide Formation in Kraft Pulping", TAPPI, 49 (8) (August 1966), pp. 335-342.

10. Herschmiller, D.W. and Mitchell, R.A., "Elk Falls Controls Kraft Odor by Burning Non-Condensibles", *Pulp & Paper Canada*, 76 (2) (February 1975), pp. 74-80.

11. McKean, W.T., Jr., Hrutfiord, B.F., Sarkanen, K.V., Price, L. and Douglass, I.B., "Effect of Kraft Pulping Conditions on the Formation of Methyl Mercaptan and Dimethyl Sulfide", TAPPI, 50 (8) (August 1967), pp. 400-405.

12. Schoening, M.A. and Wright, R.H., "Intensity of the Odor Release at Various Points in the Kraft Pulping Process", TAPPI, 35 (12) (December 1952), pp. 564-569.

13. Arhippainen, B. and Westberg, E.N., "Kraft Odour Control - Its Effect on Mill Operating Parameters and Costs", *Pulp and Paper Magazine of Canada* (April 19, 1968) pp. 65-70.

14. Air Pollution Control Assoc. *Jour.*, 20 (1) (January 1970) pp. 9-18.

15. Hendrickson, E.R., Robertson, J.E. and Koogler, J.B., Control of Atmospheric Emissions in the Wood Pulping Industry, Vol. 1, Final Report Contract No. CPA 22-69-18 (March 15, 1970).

16. Walther, J.E. and Amberg, H.R., "Odor Control in the Kraft Pulp Industry", *Chemical Engineer-*

ing Progress, 66 (3) (March 1970), pp. 73-79.

17. Blosser, R.O., and Cooper, "Current Practices in Thermal Oxidation of Non-Condensibles Gases in the Kraft Industry", NCASI Technical Bulletin No 34.

18. NCASI Technical Bulletin No. 60, "Factors Affecting Emission of Odorous Reduced Sulfur Compounds from Miscellaneous Kraft Process Sources" (March 1972).

19. Rowbottom, R.S. and Wheeler, J.G., "Stripping-Incineration System Cuts TRS Emissions at Cornwall", *Pulp & Paper Canada*, 76 (2) (February 1975), 11. 81-84.

20. Chas. T. Main, Inc. Internal Communication, "Sulfate Pulp Mill Chemical Balance" (April 1976).

21. *Pulp and Paper Manufacture*, Vol. I (McGraw Hill: 1969), pp. 585-595.

22. Drew, J. and Pylant, G.D., Jr., "Turpentine from the Pulpwoods of the United States and Canada", TAPPI, 49 (10) (October 1966), pp. 585-595.

23. Pierce, D.P., "Pick Up Another \$100,000 A Year Just on Turpentine Distillation", *Pulp and Paper* (August 21, 1967), pp. 44-45.

24. Martin, G.C., "Fiber Carryover with Blow Tank Exhaust", TAPPI, 52 (12) (December 1969), pp. 2360-2362.

25. Hrutfiord, B.F. and Wilson, D.F., "Turpentine Concentrations in Kraft Mill Condensate Streams", *Pulp and Paper Magazine of Canada* 74 (6) (June 1973), pp. 81-83.

26. Carter, D.N. and Tench, L., "Condensate Stripping Systems for Kraft Pulp Mills", 75 (8) (August 1974), pp. 71-74.

27. Wilhelmsen, L.A., "Batch Digester Blow-gas Collection Without a Gas Accumulator", TAPPI, 57 (6) (June 1974), pp. 127-129.

28. Ghisoni, P., "Elimination of Odors in a Sulphate Pulp Mill", TAPPI, 37 (5) (May 1954), pp. 201-204.

29. Franklin, M.E., Caron, A.L., Fisher, R.P., Blosser, R.O. and Gillespie, W.J., "Factors Affecting TRS Emissions from Lime Kilns", Technical Paper presented to 1975 TAPPI Environmental Conference (May 14-16, 1975), Denver, Colorado.

30. Grantham, D. and Butryn, G., "Lime Kiln Odor Control at Escanaba" NCASI Southern Regional Meeting, Special Report No. 76-01 (January 1976).

31. Personal Communication From W.J. Johnwon for R.D. Wilson, Director, Division of Station-

nary Source Enforcement, EPA, (August 2, 1973).

32. Personal Communication From J.L. Clement, Babcock & Wilcox Co. (October 17, 1973).

33. Personal Communication From E. Burttt for G. Heuer, C-E Power Systems (March 3, 1975).

34. Personal Communication From E. Burttt, C-E Power Systems (October 31, 1974).

35. Personal Communication From F.G. Fink, Badcock & Wilcox Co. (August 2, 1974).

36. Cook, W.H., et al, "The Effect of Pulp and Paper Mill Ef-

fluents on the Taste and Odor of the Receiving Water and the Fish Therein", Pulp and Paper Magazine of Canada, 74 (6), pp. 113-122.

37. Backstrom, B., Hellstrom, H. and Kommonen F. "Purification of Malodourous Sulfur Containing Condensates from Turpentine Separation Digester Blow and Spent Liquor Evaporation at the Oy Kaukas Ab Kraft Mill", Papper och Tra (November 3, 1970).

38. Butryn, G.L. and Ayers, K.C., "Mead Experience in Steam Stripping Kraft Mill Condensates", Technical Paper presented to 1975

TAPPI Environmental Conference (May 14-16, 1975), Denver, Colorado.

39. EKONO, "Pollution Reduction by Internal Measures at Bleached Kraft Mills", Paper Trade Journal (based on report, "Study of Pulp and Paper Industry's Effluent Treatment", prepared for FAO Advisory Committee on Pulp and Paper, May 1972) (October, 23, 1972).

40. "Stripping and Disposal Contaminated Condensates", Conference Summary, TAPPI, 57 (9) (September 1974).