

Produção de papelao ondulado no "doublefacer" (a)

MFN -1080

N CHAMADA:

TITULO: Produção de papelao ondulado no "doublefacer" (a)

AUTOR(ES): THAYER, W.S.THOMAS, C.E.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Convenção Anual da ABCP, 6

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 19-23.11.1973

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1973, ABTCP

PAG/VOLUME: p.59-65,

FONTE: Convenção Anual da ABCP, 6, 1973, São Paulo, p.59-65

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:



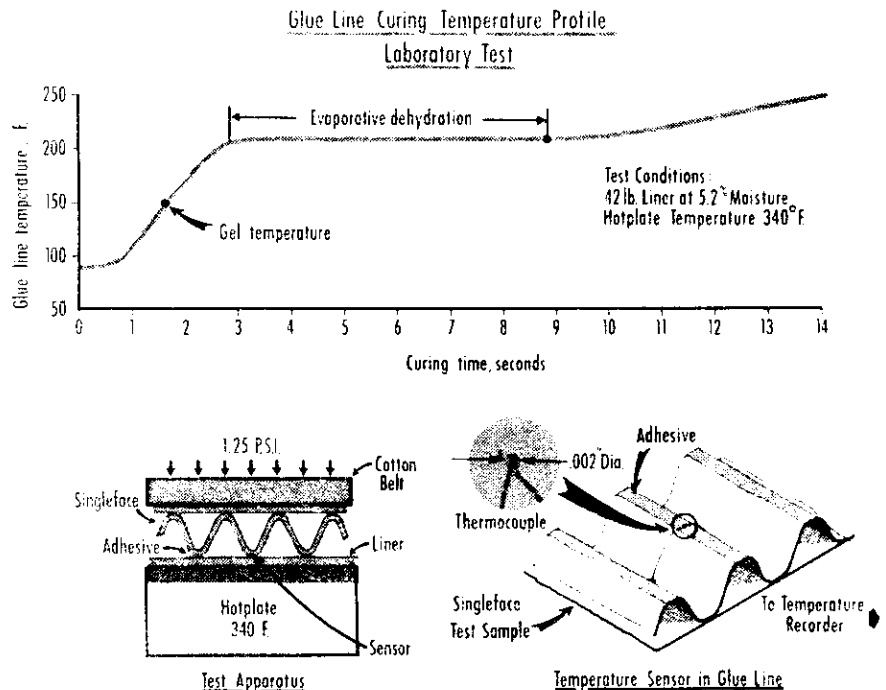
a produção de papelão ondulado no "doublefacer"

W. S. THAYER
E
C. E. THOMAS
Koppers Comp. Inc.

INTRODUÇÃO

O Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de Maquinária para a fabricação de embalagens ("containers") da Koppers Company conduziu um estudo extensivo da tecnologia de processamento que rege a produção de papelão corrugado. Este interesse na tecnologia teórica de processamento está baseado na convicção firme de que novos desenvolvimentos significantes de maquinária de processamento devem arraigar-se em uma sólida base de conhecimento fundamental. O processo "doublefacer" é de interesse particular, porque influencia diretamente a produtividade do corrugador e a qualidade do papelão produzido. Destes estudos, novos critérios tornam-se disponíveis para projeto e operação de equipamento para a produção de papelão ondulado.

FIGURA 1



SEQUÊNCIA DE LIGAÇÃO DO ADESIVO

O mais influente parâmetro de processamento no "double-facer" é a temperatura da linha de cola. A figura 1 ilustra a medição desta temperatura com um par térmico. * Ao aquecer a capa inferior, a temperatura da linha de cola aumentou rapidamente a 212°F (100°C) e permaneceu nessa altura, enquanto a água contida no adesivo de amido evaporava. Quando a maior parte da água havia sido removida da linha de cola, a temperatura começou a elevar-se de novo e aproximar-se da temperatura da placa quente.

A sequência de ligação de adesivo é mostrada na figura 2 com o perfil típico da linha de cola. Aqui, a pasta fluída de amido/água, que pode permanecer durante períodos indefinidos de armazenagem à temperatura ambiente, é transformada em um adesivo gelatinoso a aproximadamente 150°F (66°C); e, finalmente, em sua última fase em adesivo curado, após a remoção da maior parte de

água por desidratação evaporativa a 212°F (100°C).

À temperatura ambiente, os granulos de amido estão suspensos na água, mas não mostram afinidade natural entre si. Aqui, as moléculas de polímeros ficam ligadas dentro da estrutura de granulo. Ao aquecer a aproximadamente 150°F (66°C), as ligações internas são interrompidas e cada granulo absorve uma quantidade de água muitas vezes maior do que seu peso seco. Neste estado hidratado, uma porção de moléculas de polímeros é liberada pelos granulos encharcados. Dentro do adesivo gelatinoso, estas moléculas de polímeros podem mover-se livremente e formar ligações mais firmes com as moléculas de polímeros de outros granulos. Com a elevação da temperatura, a umidade é rapidamente evaporada do adesivo e começa a fase final de desidratação. Quando a água sai da linha de cola, as moléculas de polímeros são postas em contato entre si e combinam novamente. Desta maneira, as moléculas de polímeros formam

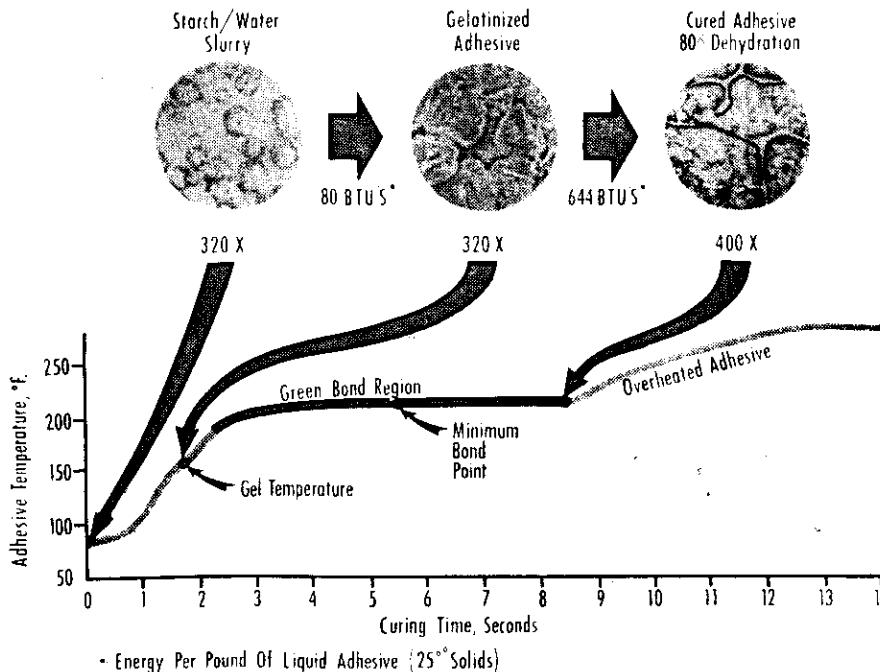
a forte estrutura cristalina, que é característica do adesivo curado.

Conforme mostra a figura 2, 80 BTU's (unidades térmicas inglesas) por libra (186,102 joules por quilograma) de adesivo líquido são necessárias para gelatinizar os granulos de amido. 644 BTU's adicionais por libra (1,498,121 joules por quilograma) são necessárias para evaporar 80% de água. Assim, 724 BTU's por libra (1,684,223 joules por quilograma) são necessárias para converter uma libra de adesivo líquido em liga cristalina. Tipicamente, isto corresponde a 2.94 BTU's para curar as linhas de cola "double-facer" em um pé quadrado de papelão combinado (33,386 joules por metro quadrado).

A resistência da ligação aumenta à medida que a água é removida e a resistência mínima exigida para resistir aos rigores do cortador ("slitter"), faca e retirada, é definida como Ponto de Ligação Mínimo. Visto que a absorção pelas fibras de papel remove água da linha de cola muito vagarosamente, a remoção rápida por ebulição evaporativa é essencial para produzir a exigida resistência da ligação às velocidades de produção.

FIGURA 2

Typical Doublefacer Adhesive Bonding Sequence



O PROCESSO "DOUBLEFACER"

A figura 3 mostra os elementos principais do "doublefacer" convencional. Comercialmente existem muitas variações de construção, particularmente nos comprimentos das seções de aquecimento e esfriamento. A construção típica mostrada nesta figura ilustra os curtos tempos de exposição às velocidades de produção.

Na seção de aquecimento, a pressão média que atua sobre o papelão devido ao peso dos rolos e lona é de .86 psi (gramas por cm²). Entretanto, visto

* Para reduzir o erro de medição, é indispensável que o par térmico tenha a menor massa possível e seja imerso na película fina de adesivo na ponta da canelura.

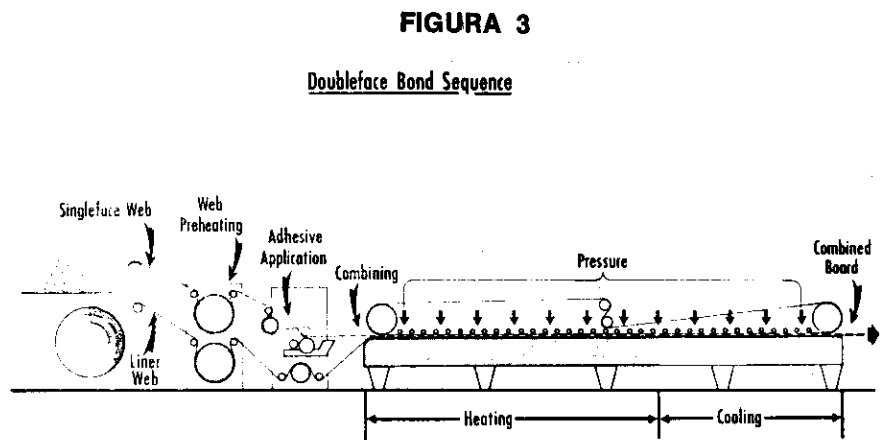
que a lona de algodão é flexível, a pressão fortemente concentrada diretamente debaixo dos rolos alcança valores máximos de 5.0 psi (350 gramas por cm²). Estas pressões máximas apertam as pontas de caneluras firmemente contra o colador e produzem bom contato do papel com apropriado umedecimento do adesivo. A pressão nas regiões entre os rolos deve ser suficiente para manter este contato durante as fases iniciais de cura do adesivo. Se as superfícies de papel se separam, as formações frágeis de ligação serão quebradas e a linha de cola curará com "pontes" excessivas.

TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Para a cura completa do adesivo na linha de cola "doublefacer", 2.94 BTU's são necessárias por pé quadrado de papelão combinado (33,386 joules por m²). Conforme mostra a figura 4, esta energia deve ser transmitida das placas quentes e completamente através da capa inferior para alcançar a linha de cola. À medida que a energia térmica flui através do papelão contínuo, ela aquece e seca as fibras de papel.

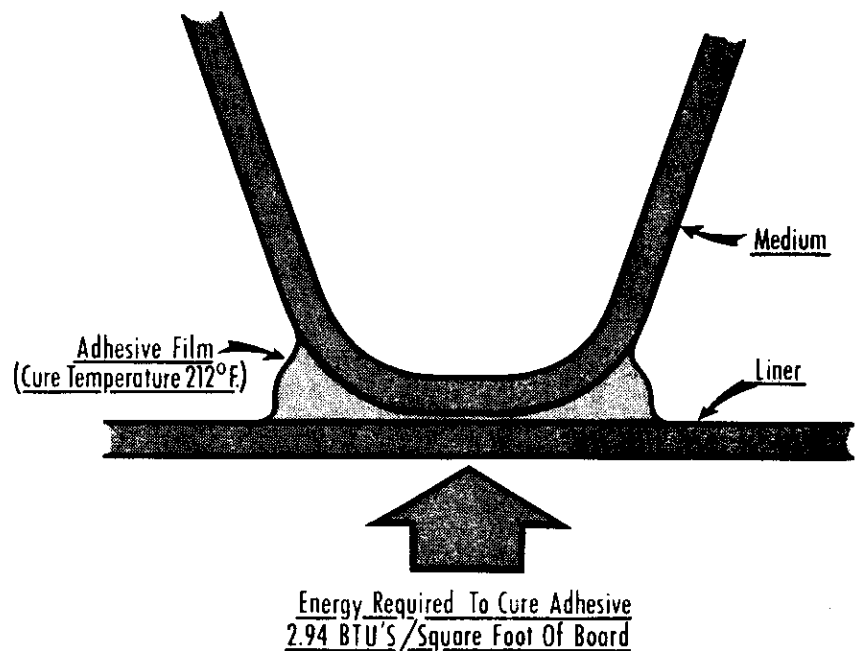
Em testes destinados a avaliar quantitativamente os efeitos de umidade e peso básico sobre as propriedades de aquecimento e secagem de papel, amostras da capa foram aquecidas na placa quente e a temperatura de superfície, no lado frio, foi medida com um pirometro de irradiação. * Após o aquecimento, o resultante teor de umidade das amostras foi medido por um procedimento de laboratório de peso diferencial.

Os resultados destes testes estão assinalados na figura 5 para capas de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) e 90 lb/MSF (440 gramas por metro²), com duas condições iniciais de umidade. A capa seca de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) apresentou a mais rápida elevação de temperatura, visto que a energia disponível foi utilizada para elevar a temperatura das



	Web Preheating	Heating	Cooling
Equipment length	6 feet	35 feet	22 feet
Exposure-300 fpm	1.2 sec.	7.0 sec.	4.4 sec.
Exposure-600 fpm	0.6 sec.	3.5 sec.	2.2 sec.

FIGURA 4
Heat Requirement At Glue Line



Energy Value Based On 80% Dehydration Of A 25% Solids Adhesive Formulation

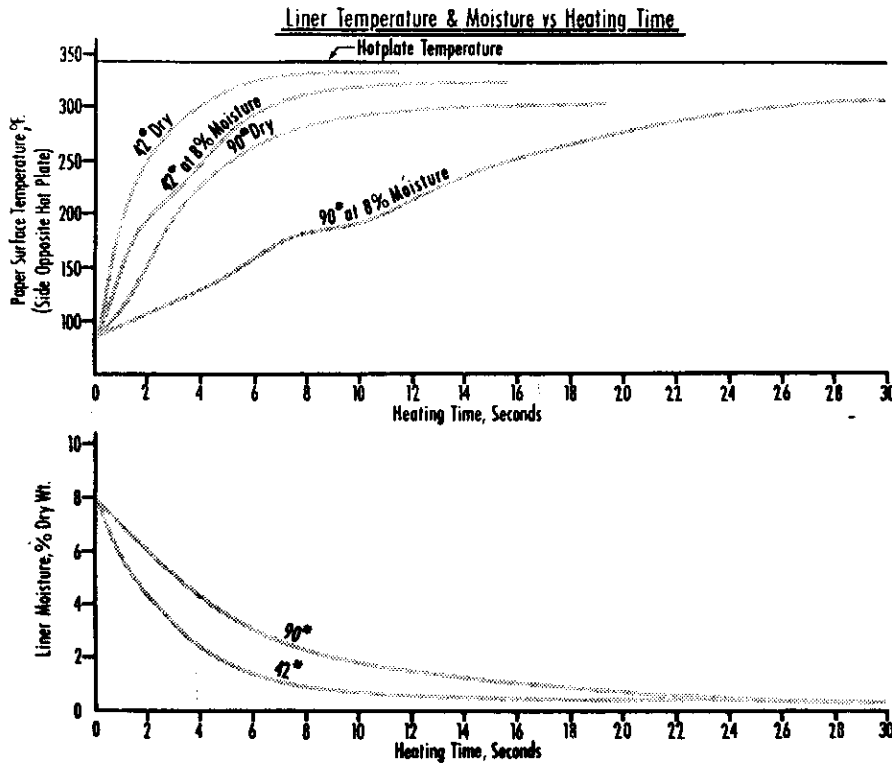
fibras de papel, e não para evaporação de umidade.

A curva para 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) com 8% de umidade apresenta um degrau perto do ponto de ebulição de água. Este degrau pode ser explicado examinando-se a cor-

respondente curva de perda de umidade, mostrada no gráfico inferior. Quase toda a umidade das capas foi removida por va-

A resposta espectral do pirometro de irradiação foi selecionada de maneira que o vapor liberado pelo papel não afete a leitura da temperatura.

FIGURA 5



porização antes da temperatura de superfície da capa úmida aproximar-se do papel seco.

Pelas curvas para 90 lb/MSF (440 gramas por metro²) pode ser vista que uma diferença similar, mas muito mais pronunciada, ocorreu entre as capas úmida e seca. Além disso, os tempos necessários para aquecimento e secagem foram mais longos. Este aumento do consumo de energia corresponde às

velocidades de produção mais baixas, que são necessárias quando estão sendo usadas capas mais pesadas e mais úmidas no corrugador.

A tabela A mostra um exemplo de energia térmica necessária para combinar uma capa de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) com 8% de umidade inicial a um papelão contínuo "single-face" (de uma só face). Os dados operacionais neces-

sários para fins de cálculo estão indicados abaixo dessa tabela.

Por exemplo, foi suposto que o adesivo foi desidratado 80%, o forro aquecido a 280°F (138°C) e 75% da umidade original da capa foi removida. Além disso foi suposto que energia que aqueceu o "single-face" foi fornecida por vapor em condensação do forro e da linha de cola. Assim, o fluxo de calor ao "singleface" por condução através da canelura e convecção através do espaço de ar foi considerado desprezível.

Na tabela A pode-se ver que 9.73 BTU's por pé² (110 joules por metro²) entraram na capa para fornecer as necessárias 2.94 BTU's por pé² (33,386 joules por metro²) à linha de cola. Os 6.79 BTU's por pé² (77,107 joules por metro²) de diferença foram consumidas para aquecer e secar o forro. A eficiência deste processo de transferência de calor através do forro para a capa de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) com 8% de umidade foi de 30%. Esta eficiência de transferência de calor varia inversamente com o peso básico e o teor de umidade do forro.

A absorção de energia térmica pelo forro produz mudanças dimensionais no papel, que afetam a lisura final do papelão combinado. Estas mudanças dimensionais foram medidas em um aparelho de ensaio de construção original no Laboratório da Koppers R & D. Durante estes testes foi mantida uma tensão constante do papelão contínuo de 2.0 lb por polegada (357 gramas por cm).

A figura 6 contém resultados típicos de testes que mostram a direção transversal da máquina (C.D.), mudanças para duas capas de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²), que foram aquecidas durante 10 segundos e depois esfriadas ao ar. Medições similares indicam que a direção da máquina, isto é, as mudanças M.D. são aproximadamente a metade daquelas medidas na direção transversal da máquina. No corrugador, es-

TABELA A

ENERGIA TÉRMICA TRANSMITIDA AO PAPELÃO COMBINADO PELO DOUBLEFACER *

FASE	FIBRAS CAPA SECA	UMIDADE CAPA	ADESIVO	TOTAL
Elevação temp. de 80°F para 150°F	1.35 (15,331)	.24 (2,725)	.28 (3,180)	1.87 (21,236)
Calor de gelatinização	.....	.....	.08 (908)	.08 (908)
Elev. temperatura de 150°F para 212°F	1.20 (13,627)	.21 (2,385)	.25 (2,839)	1.66 (18,851)
Calor de vaporização	.....	2.48 (28,163)	2.33 (26,459)	4.81 (54,622)
Elev. temperatura de 212°F para 280°F	1.31 (14,876)	.....	.....	1.31 (14,876)
TOTAL	3.83 (43,834)	2.93 (33,273)	2.94 (33,386)	9.73 (110,493)

RESULTADO TÍPICO BASEADO NAS SEGUINTES SITUAÇÕES:

Capa de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) com 8% de umidade

25% Formulação de sólidos de adesivo

Consumo de adesivos com D.F. = 1 lb de sólidos/MSF (4.89 gramas de sólidos por metro²)

Desidratação de umidade: 80% no adesivo

75% na capa

* Unidades de energia = BTU's por pé quadrado de papelão combinado (Joules por metro²)

tas mudanças M.D. podem ser compensadas por regulagem da tensão do papelão contínuo. Similares mudanças dimensionais ocorrem no papelão contínuo "singleface"; todavia, estas mudanças são causadas principalmente por absorção de umidade e não por aquecimento.

A capa seca na figura 6 aumentou aproximadamente .10% no comprimento durante a elevação de temperatura e depois ficou constante durante o ciclo de aquecimento. Ao esfriar, o papel seco voltou ao seu comprimento original. As curvas para a capa úmida indicaram uma expansão similar durante a elevação inicial de temperatura; todavia, esta expansão foi rapidamente compensada pela contração devida à perda de umidade. No fim do ciclo de aquecimento e esfriamento, a contração líquida foi de aproximadamente .30%.

RESISTENCIA DA "GREEN BOND" CONTRA TEMPO DE CURA

Para avaliar quantitativamente a "GREEN BOND" em papelão ondulado, uma série de testes de laboratório foi feita, usando o aparelho mostrado na figura 7. Com este aparelho, uma amostra de "singleface", com pequenino par térmico, disposto em uma das pontas da canelura, foi cimentado a um bloco de masonite. Este bloco foi fixado ao mordente superior de um aparelho de testes de tração por meio de um suporte suspenso em um cabo flexível. Calor foi fornecido a uma tira da capa, que foi inserida debaixo de uma série de pinos fixados à placa quente. Esta placa quente foi fixada ao mordente inferior do aparelho de testes de tração conforme mostrado. Os fios de saída do par térmico e do aparelho de testes de tração foram ligados a aparelhos registradores, de modo que seus sinais podiam ser controlados continuamente.

Em uma operação típica de ensaio, uma película uniforme e fina de adesivo do corrugador foi medida em uma chapa de

FIGURA 6

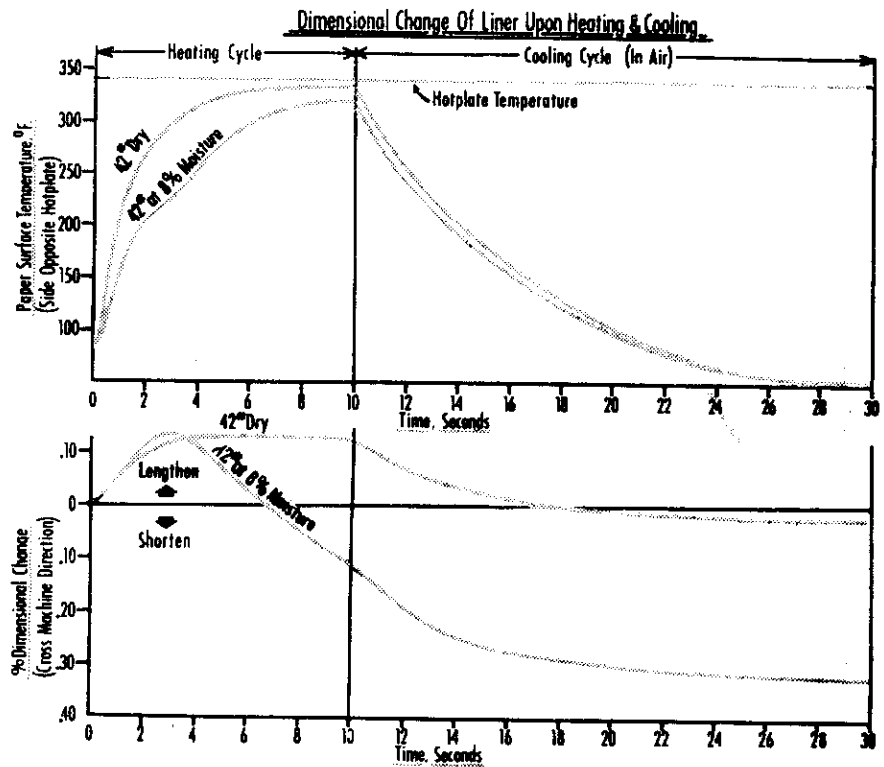
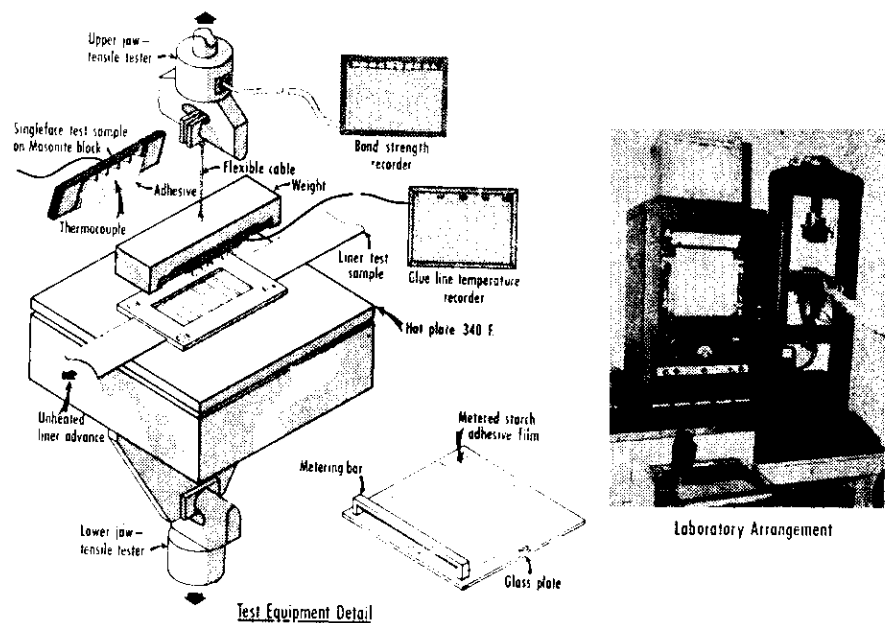


FIGURA 7

Green Bond Evaluation
Test Apparatus



vidro e depois aplicada às pontas de caneluras de amostra "singleface". A amostra "singleface" foi depois abaixada rapidamente para entrar em contato com uma porção fria da capa, o que foi conseguido mediante avanço da tira de papel através da placa quente. A amostra de

papelão combinada foi depois aquecida. Após um tempo de exposição predeterminado, os mordentes do aparelho de teste de tração foram rapidamente separados, e a amostra recentemente ligada foi separada. A força requerida e o tempo de aquecimento antes da separa-

ção foram registrados como a "Green Bond", digo ponto de resistência de ligação para esta amostra.

Para investigar os efeitos do

pré-aquecimento, a tira de capa, após ter sido avançada, foi mantida em contato com a placa quente durante um tempo determinado, antes de ser apli-

cada a amostra "singleface". Usando esta técnica, um número de curvas de tempo foi criado para várias combinações de peso básico, umidade da capa e pré-aquecimento. As amostras quebradas foram examinadas através de um microscópio para verificar o estado do adesivo na falha e o grau de tração das fibras.

A figura 8 mostra curvas típicas de teste para capa não aquecida de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) com um teor de umidade inicial de 5.2%. Pode-se ver que a resistência da ligação foi zero após ter sido atingida a temperatura de gel do adesivo. Além desse ponto, a resistência de ligação começou a aumentar; todavia, a tração das fibras não podia ser detectada antes do adesivo ter atingido a temperatura de água fervente. Neste ponto, fracos vestígios de tração das fibras podiam ser detectados, conforme mostrado na microfotografia para 3 segundos. Uma vez alcançada a fase de desidratação, a resistência da ligação "doubleface" aumentou muito rapidamente até ultrapassar a resistência de "singleface". Uma comparação das fotomicrografias da linha de cola indica que resistência da ligação e a resultante tração das fibras continuaram a aumentar à medida que a umidade foi removida do adesivo.

A influência do peso básico, umidade da capa e pré-aquecimento da capa sobre o tempo necessário para produzir uma "Green Bond" suficiente, está assinalada na figura 9. Com as capas não aquecidas, tempos de ligação de 3.8 segundos e 8.7 segundos foram necessários para capas de 42 lb/MSF (200 gramas por metro²) e 90 lb/MSF (440 gramas por metro²), cada uma a um nível de umidade de 5.2%. Ao pré-aquecer às temperaturas mostradas, estes tempos de exposição necessários foram reduzidos a 2.4 segundos e 4.7 segundos, respectivamente. Desta maneira foram obtidas reduções de 36% e 46% por pré-aquecimento das

FIGURA 8

Green Bond Evaluation, Typical Test Result

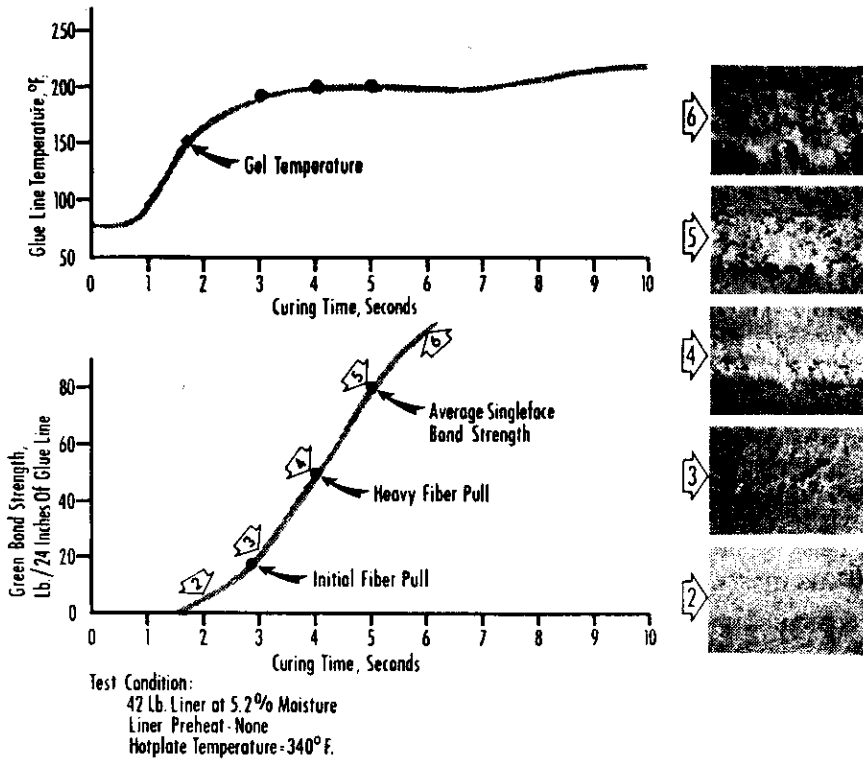
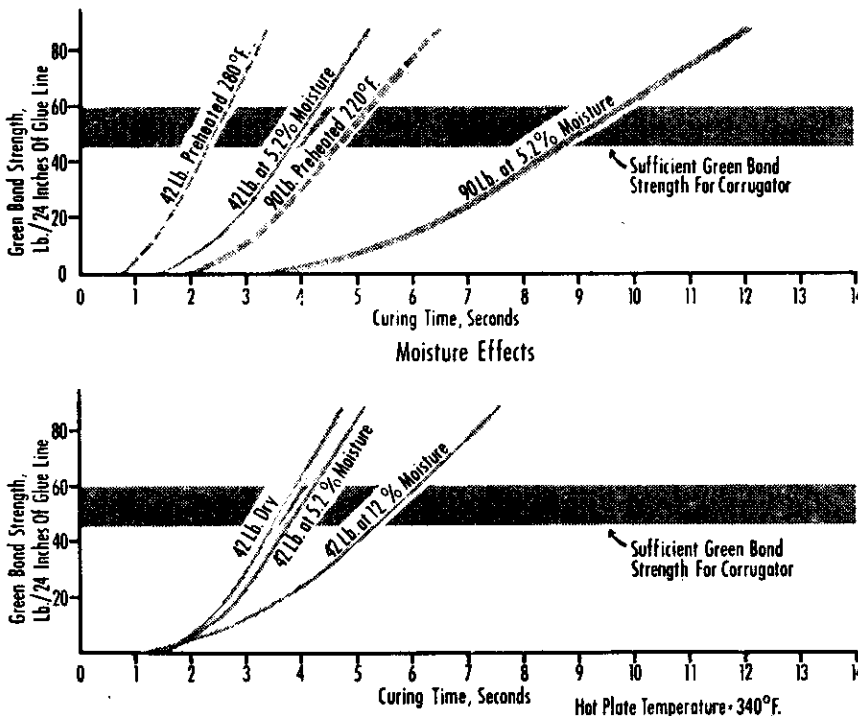


FIGURA 9

Effects Of Liner Variables On Green Bond Strength

Basis Weight & Preheat Effects



capas. Variações similares do tempo de exposição são mostradas para alterações no teor de umidade da capa.

Destes dados pode-se ver que o tempo de aquecimento necessário para produzir uma ligação suficiente depende dos variáveis processos aplicáveis. Mediante controle dos parâmetros necessários e uso de similares técnicas quantitativas, os tempos mínimos de aquecimento podem ser determinados para operações específicas do corrugador. Para controle satisfatório da canoagem, estes tempos de exposição devem ser mantidos no "doublefacer" para todas as velocidades de produção.

CANOAGEM RESULTANDO DA TROCA DE UMIDADE

Quando o papelão combinado está sendo aquecido nas placas quentes, ocorre uma redistribuição considerável de umidade. Visto que esta troca de umidade afeta a estabilidade dimensional de ambas as capas, a mesma tem uma influência direta sobre o encanoamento resultante.

A troca de umidade começa após a união dos papéis contínuos na entrada à seção de aquecimento. À medida que o adesivo líquido entra em contato com a superfície da capa, a umidade flui da linha de cola para dentro das fibras contíguas de papel. Simultaneamente, a energia térmica das placas quentes começa a liberar umidade da superfície externa da capa. À medida que a transferência de energia progride, este vapor liberado flui através da capa para dentro do espaço de ar entre as caneluras até alcançar o forro. Aqui, uma porção condensa no miolo e forro, aumentando desta maneira o nível de umidade de todo o "singleface". Esta troca das umidades das capas causa contração que começa no forro. Este movimento relativo entre as capas progride livremente até que

a resistência do adesivo começa a aproximar-se do Ponto de Ligação Mínima. Quando isto ocorre, o movimento ulterior é restringido e um esforço de tração começa a formar-se na capa.

Se o aquecimento é terminado imediatamente após ter sido atingido o Ponto de Ligação Mínima e o papelão livrado do constrangimento imposto pelos rolos de pesos do "doublefacer", ocorrerá um encanoamento temporário para baixo. Este encanoamento para baixo ocorre à medida que o papelão combinado se curva para aliviar a tensão na capa inferior e continua à medida que a capa se contraí ao esfriar. Quando as temperaturas do papel atingem a temperatura ambiente, o movimento de encanoamento para baixo vai parar, e o papelão parecerá ser estável; todavia, a diferença de umidade criada pelo aquecimento unilateral fica. À medida que a diferença de umidade está sendo equilibrada, a expansão diferencial entre a capa e o "singlefacer" faz com que o papelão se curve lentamente para cima. A fim de que a configuração final do papelão seja plana, este encanoamento subsequente para cima, resultado do equilíbrio de umidade, deve compensar o encanoamento inicial para cima criado pelo aquecimento da placa quente.

Se o aquecimento continua além do Ponto de Ligação Mínima, a diferença de umidade entre as duas capas, e assim a resultante tendência de encanoamento para cima aumentará. Além disso, a capa inferior começará a estender-se inelásticamente à medida que o esforço de tração produzido pela secagem atua sobre a estrutura de fibras do papel amolecida pelo calor. Esta deformação inelásticas ainda aumentará o encanoamento final para cima por supressão do nível do encanoamento inicial para baixo no papelão recentemente ligado.

Desta análise é claro que o grau de encanoamento que ocorre no produto final, depen-

de do tempo de aquecimento no "doublefacer".

Naturalmente, é desejável terminar o aquecimento ao ser obtida uma "Green Bond" suficiente. Por esta razão foi criada a Seção de Aquecimento de Tempo Constante da Koppers. Pelo controle do tempo de aquecimento efetivo para todas as velocidades de operação, esta unidade elimina o aquecimento após ter sido alcançado o Ponto de Ligação Mínima.

SUMÁRIO

Foi mostrado que os adesivos convencionais de amido passam por fases bem definidas, antes de produzir a Resistência de Green Bond, que é suficiente para o processamento ulterior no corrugado. A relação entre as características do adesivo de amido e o perfil de temperatura da linha de cola tem sido descrita. Foram mostrados os meios pelos quais o calor é transferido à linha de cola e seus efeitos sobre as propriedades de umidade e dimensionais do papel. Os fatores que afetam a Resistência da Green Bond foram mostrados como funções das propriedades do papel e dos parâmetros de processamento aplicáveis.

A revisão da tecnologia de processamento do "doublefacer" mostra as relações entre os principais parâmetros para um corrugador típico. Naturalmente existem variações e exceções na presente prática comercial. Todavia, esta análise de processo típico providencia um meio para avaliar comparativamente as variações de processo devidas ao papel, aos adesivos e à construção do equipamento. Testes ulteriores foram realizados recentemente pela Koppers Company, que estão fora da finalidade desta apresentação. Baseado nos resultados destes testes, novo equipamento está sendo agora desenvolvido ativamente nas áreas de controle do encanoamento, automação do processo e aumento de produtividade.