

Boletim Técnico

Tema: BT007 - Breve introdução à tecnologia de cura por radiação UV

Introdução

O presente texto tem por proposta organizar brevemente um conjunto mínimo de informações acerca dos processos de cura de substratos através de emissão da radiação ultravioleta, nos processos de impressão.

Todo conteúdo aqui discutido tem por base a experiência histórica acumulada e ainda o know-how deste autor na elaboração de lâmpadas de emissão UV.

Estas informações visam atender minimamente às necessidades daqueles que se utilizam da tecnologia UV em processos de polimerização e daqueles que se responsabilizam pelos procedimentos de manutenção dos equipamentos envolvidos nestes processos.

1. O que é a cura por radiação UV?

Quando um material fotossensível é submetido a uma suficiente intensidade de radiação de tipo ultravioleta temos, ao se falar de tintas de vernizes UV para impressão UV, iniciado o processo de polimerização.

Sem entrarmos nos aspectos físico-químicos do processo de polimerização elenquemos as principais características obtidas com a polimerização por emissão UV:

- maior resistência ao riscamento/abrasão;
- maior resistência à intempéries;
- maior brilho;
- grande definição de detalhes na impressão.

2. Por que utilizar a cura por radiação UV?

Além dos aspectos da aparência melhorada e do desempenho superior dos vernizes/tintas fotossensíveis conforme descrito acima, podemos mencionar uma série de motivos para se migrar dos sistemas de secagem por radiação infravermelho (calor) para sistemas de polimerização por emissão UV, a saber:

- menor gasto energético: é possível gastar no máximo a metade de energia elétrica com tecnologia UV quando em comparação com a secagem por emissão IR (infravermelho);
- incremento de produção: é possível incrementar a produção seja pelo fato da polimerização ser quase instantânea, possibilitando altas velocidades (até 120 m/min), ou ainda pelo fato do material pós-secagem estar pronto para empilhamento;
- menor tamanho dos equipamentos (cabeçotes de cura UV) em comparação aos tradicionais sistemas de secagem por emissão IR;
- uso de uma tecnologia limpa, com risco de explosão nulo e isenção de insalubridade, posto que os produtos são fornecidos formulados, não havendo adição de solventes orgânicos, como é o caso da secagem por emissão IR.

3. Partes de um sistema de polimerização UV.

Para realizar seu trabalho, um sistema completo de polimerização por emissão UV, também chamado de forno UV, é composto de algumas partes:

- a) **Sistema de tracionamento e transporte:** responsável pela exposição momentânea do substrato pintado (material a ser polimerizado) sob a radiação UV presente no interior do cabeçote;
- b) **Lâmpada UV:** fonte de luz, que converte energia elétrica em emissão luminosa otimizada na faixa UV (luz não visível);
- c) **Refletor:** sistema ótico responsável pelo adequado direcionamento dos raios UV emitidos pela lâmpada sobre o substrato;
- d) **Substrato:** material fotossensível que quando submetido a uma determinada dose (em mj/cm²) e intensidade (em mw/cm²) de radiação UV se polimeriza apresentando enrijecimento;
- e) **Lâmina Refletiva:** lâmina de material refletivo, resistente à emissão UV e IR, que reveste internamente o refletor e é responsável pela reflexão dos raios emitidos pela lâmpada em um ponto de convergência;
- f) **Exaustor:** sistema responsável pela retirada do calor gerado pela lâmpada em funcionamento;
- g) **Transformador:** equipamento responsável pela partida e estabilização da lâmpada UV e em alguns casos ainda pelo ajuste de potência da mesma em virtude do trabalho a ser realizado por esta.

4. Aspectos Importantes dos Componentes do Sistema UV.

Mesmo que brevemente promoverei uma breve descrição dos fatores a serem observados para que se garanta o suficiente funcionamento do sistema UV e suas partes.

a) Sistema de Tracionamento e Transporte

O sistema de tracionamento e transporte é composto de uma esteira transportadora que promove o movimento de avanço do material impresso. Este sistema é o primeiro responsável pela exposição adequada do substrato à radiação UV. Excesso de exposição (baixa velocidade de transporte) ou falta de exposição (alta velocidade de transporte) comprometem a polimerização, provocando deslocamento ou baixa resistência ao riscamento do substrato.

A correta velocidade do sistema de transporte determinará o tempo de exposição sobre o foco convergente do refletor. Mais velocidade significa menos dose de UV absorvido pelo substrato; menos velocidade significa mais dose de UV absorvido pelo substrato.

Como definir a velocidade adequada é um dilema. A única alternativa é iniciar com uma velocidade baixa e ir incrementando até o ponto onde se percebe a subexposição, ou seja, a subcura, situação onde a polimerização é incompleta. Empiricamente, ao longo do tempo, tem-se observado que os sistemas cuja potência é de 120 w/cm (300w/pol) podem rodar com segurança na proporção de até 9 m/min por lâmpada. Em sistemas corretamente dimensionados já foi possível observar velocidades superiores quando utilizadas lâmpadas com 400 ou mais w/pol.

Posteriormente se observará que o acompanhamento da velocidade de transporte nos procedimentos de radiometria é fundamental para os processos UV. Assim, aferir com tacômetros a velocidade linear da esteira de impressão é um procedimento de manutenção a ser implementado em todos os usuários de sistemas UV.

b) Lâmpada UV

Notadamente a lâmpada UV é a grande responsável pelo processo de polimerização. Basicamente tal lâmpada trata-se de uma fonte emissora de radiação UV. A radiação é provocada pela luminescência do mercúrio evaporado pela ação da passagem da corrente elétrica no interior do bulbo de quartzo.

Diferentes perfis de emissão podem ser necessários em virtude dos diferentes tipos de formulações dos substratos. Tais perfis irão variar de lâmpada a lâmpada em virtude de sua formulação eletroquímica. É possível desenvolver lâmpadas com emissões otimizadas dentro das faixas onde os componentes da fórmula do substrato são mais sensíveis. Em outras palavras pode-se imaginar que determinadas tintas secam melhor com determinados tipos especiais de lâmpadas.

Para o ramo de impressão em placas atualmente há predominantemente lâmpadas do tipo vapor de mercúrio, tendo o bulbo preenchido exclusivamente com mercúrio e onde se obtém um pico intenso e persistente de emissão na faixa de 365nm.

Há ainda lâmpadas ditas dopadas, onde pela adição de um haleto metálico ao mercúrio se obtém perfis otimizados de radiação UV, especialmente na zona UV-VIS. Esse é o exemplo das lâmpadas do tipo gálio onde há um pico intenso e persistente de emissão UV em 415nm e das lâmpadas de gallium-indium onde é possível localizar picos em até 470nm.

Atualmente a formulação de tintas pigmentadas fotossensíveis demanda por picos de emissão em 365nm e nas faixas UV-VIS, a partir dos 415nm. Demais produtos, como vernizes, por exemplo, apresentam polimerização completa somente em picos de emissão de 365nm. Logo se pode dizer que para secagem de tintas UV faz-se necessário o uso combinado de lâmpadas tipo mercúrio e de lâmpadas dopadas (gallium ou gallium+indium), sempre avaliando o boletim técnico de formulação do que se pretende secar.

Sabe-se ainda que os pigmentos de tintas apresentam uma melhor performance (resistência/definição) sob lâmpadas com boa emissão de UV-VIS, especialmente as dopadas com indium. Lâmpadas dopadas apresentam melhor desempenho em impressões de alta gramatura que simulam efeitos de relevo.

As lâmpadas para que apresentem seu melhor rendimento devem ser energizadas por fontes/transformadores que garantam sua tensão e corrente de projeto. Logo a boa qualidade da fonte e ainda do fornecimento de energia elétrica garantirá o melhor desempenho da lâmpada.

O sistema de exaustão, que garante o equilíbrio térmico da lâmpada e evita a degeneração de seu bulbo também é responsável pela longevidade desta. Além disso, o sistema de exaustão garante a baixa temperatura sob o substrato de impressão, evitando-se assim que ele se danifique sob a presença de calor excessivo.

Por fim, todo o sistema ótico trabalha em conjunto com a lâmpada para garantir a necessária intensidade de emissão UV no ponto de convergência sobre o substrato.

Para que apresente bom rendimento e durabilidade alguns cuidados com as lâmpadas devem ser tomados:

- giro semanal do bulbo para que se evite solarização (envelhecimento) parcial;
- monitoramento constante da corrente da lâmpada para que esta jamais ultrapasse o projeto;
- monitoramento mensal da tensão da lâmpada e/ou temperatura do refletor para que se verifique a qualidade e eficiência do sistema de exaustão de calor;
- monitoramento continuado da radiação através de procedimentos rastreáveis de radiometria;
- manutenção de folga mínima axial de 1mm (para que gire) e longitudinal de 5mm(para que dilate) da lâmpada em seu suporte de fixação.

c) Refletor e lâminas refletivas

O refletor é o sistema ótico responsável pela convergência integral da emissão UV gerada pela lâmpada em direção ao substrato e ainda pela absorção parcial do calor gerado no processo.

Por isso o refletor é executado normalmente em alumínio e possui aletas de dissipação, o que garante boa troca térmica ante o fluxo de ar gerado pelo sistema de exaustão. Alguns refletores ainda possuem refrigeração suplementar através de troca térmica por circulação de água ou outros fluidos refrigerantes.

A maioria dos refletores possui uma fenda longitudinal mínima (máxima de 2 mm) por onde o calor da lâmpada tende a subir.

Os refletores, que são responsáveis por até 70% da radiação sobre o substrato, apresentam revestimento interno com uma lâmina refletiva cambiável executada em material espelhado resistente à emissão UV e IR. Tais lâminas devem ser trocadas no máximo a cada 3000h de uso sob pena de perda exponencial de suas propriedades refletivas. Jamais se deve trocar a lâmina refletiva por alumínio, sob pena de perder boa parte da radiação refletida e incrementar ainda mais a temperatura do sistema de cura.

É importante mencionar que a inspeção visual das lâminas internas não é a melhor ferramenta de análise uma vez que o olho humano só consegue constatar a reflexão visível da lâmina e o que nos interessa neste processo é a capacidade de reflexão na faixa UV, imperceptível ao olho. Há refletores que não possuem lâminas cambiáveis. A própria face interna do refletor de alumínio é polida. Na medida do possível sugere-se que sejam instaladas lâminas cambiáveis nestes sistemas para que o usuário tenha um tempo mínimo de manutenção.

Assim, mesmo que uma lâmina pareça nova, por várias experiências efetuadas, sugerimos sua troca compulsória por uma nova a cada 3000h de uso. Ainda é possível através de procedimentos adequados de radiometria acompanhar a perda das propriedades refletivas da lâmina ao longo do tempo. Vale dizer que inicialmente as lâminas deixam de refletir comprimentos de ondas curtos (próximos aos 365nm) para por fim perderem a reflexão nos comprimentos mais longos (acima de 400nm). Isso significa que uma lâmina com aparência de nova pode ter perdido a capacidade de secar superficialmente uma tinta gerando problemas de baixa resistência ao riscamento.

Alguns refletores possuem sistemas de segurança contra sobretemperatura (termostatos de segurança). Sabemos que a sobretemperatura no refletor provoca solarização (esbranquiçamento do bulbo) e deformação do quartzo, bem como derretimento/deformação das lâminas refletivas. Para que atuem com segurança os controles de temperatura devem estar aferidos e ajustados à temperatura limite segura prevista no projeto do sistema UV.

Há uma série de desenhos de refletores que se diferenciam em virtude da altura dos mesmos à superfície de impressão, da intensidade esperada no ponto de convergência e da temperatura máxima permitida sobre o substrato.

Atualmente no setor de impressão de placas são empregados refletores facetados de projeção elíptica, refletores focalizados de projeção elíptica e refletores parabólicos, sendo estes últimos de menor intensidade, porém com menor temperatura sobre substrato.

d) Substrato

Entendemos por substrato todo material fotossensível que será submetido à radiação UV para que ocorra o processo de polimerização. Pode ser uma tinta de cobertura ou um verniz de acabamento, entre outros.

Em virtude da formulação um substrato pode apresentar cobertura integral da superfície de impressão com uma maior ou menor gramatura (quantidade de material por cm² de superfície).

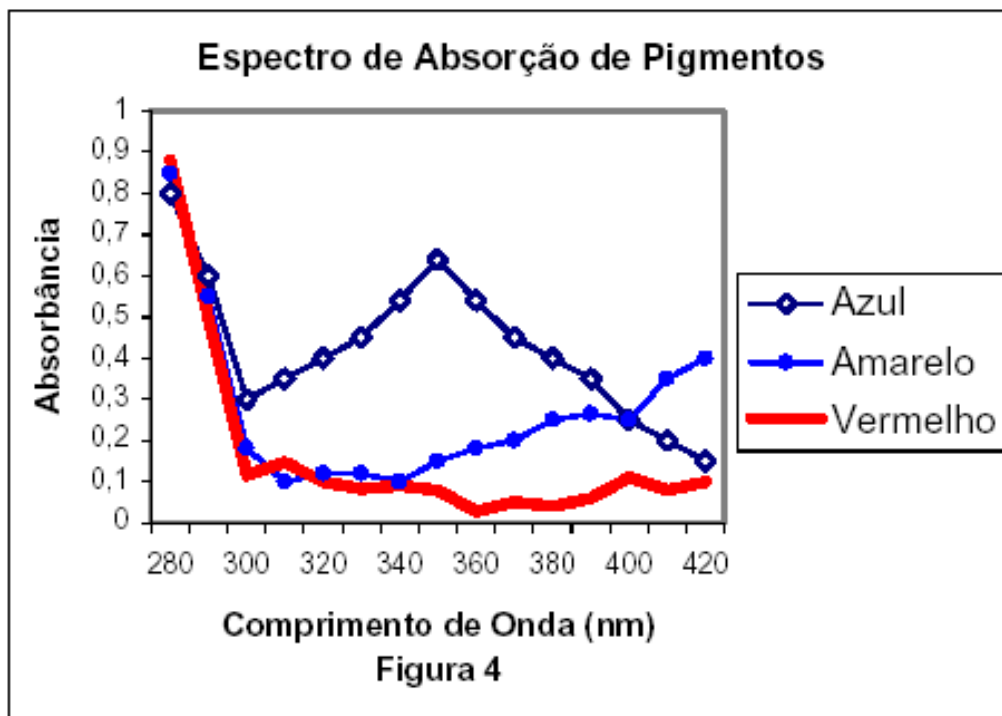
As diferentes formulações demandarão por diferentes comportamentos das lâmpadas e ainda por diferentes consumos de energia elétrica. É possível, por exemplo, formular uma tinta que gaste menos energia elétrica no processo de polimerização do que outra.

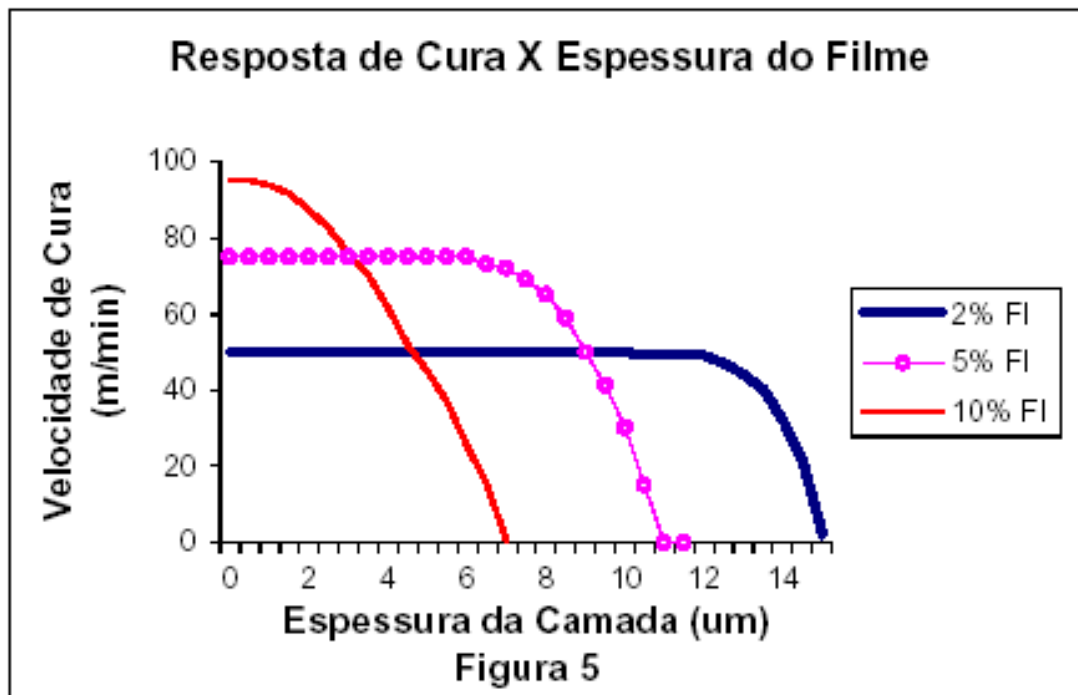
Todo substrato deve vir acompanhado de seu boletim técnico, onde deve constar a janela de cura, ou seja, o parâmetro mínimo e máximo de intensidade (em mw/cm²) e dosagem (em mj/cm²) para que ocorra a polimerização esperada e satisfatória.

Todo substrato UV deve vir pronto para aplicação, não sendo necessária formulação in loco e/ou adição de foto-iniciadores.

A adição arbitrária de foto-iniciadores compromete as características físico-químicas do composto provocando um ou mais de um dos seguintes efeitos: perda de resistência, alteração de pigmentação, odor, etc.

Vale mencionar por fim que em virtude do tipo de pigmento e de quantidade de foto iniciador presente a emissão UV terá maior ou menor penetração, conforme os gráficos:





e) Sistema de Exaustão

O sistema de exaustão é de grande importância para o processo de polimerização. Ele garante que a lâmpada não ultrapassa seu limite de estabilização térmica, evitando degeneração do bulbo (solarização) e desgaste prematuro dos eletrodos (preteamento das extremidades). Ainda é responsável pela manutenção em níveis adequados da temperatura sobre o sensível substrato, evitando-se assim que a superfície de impressão seja danificada.

O sistema de exaustão precisa ser avaliado periodicamente para que se evite:

- deposição de poeiras sobre a ventoinha e/ou dutos;
- perda de balanceamento do eixo da turbina;
- redução na taxa de exaustão por obstrução da saída do ar e/ou por queda na velocidade do motor em virtude de falha mecânica.

Quando a exaustão é suficiente a tensão na lâmpada é adequada. Exaustão insuficiente provoca elevação da tensão da lâmpada e redução da vida útil da mesma. Exaustão em excesso provoca dificuldades no acendimento e estabilização da lâmpada, provocando por fim queda na intensidade de emissão UV.

f) Transformador

A finalidade do transformador é elevar a tensão da rede pública a um nível de tensão suficiente para provocar a ignição da lâmpada. Normalmente falamos de milhares de volts sobre os terminais da lâmpada.

Para que o transformador cumpra sua função primordial, ou seja, acender a lâmpada, é preciso que a tensão de entrada, fornecida pela rede pública, seja compatível com seu projeto. Subtensões ou queda de tensões provocam problemas de acendimento e estabilização de lâmpadas e devem ser corrigidos ou pelo ajuste do fornecimento ou pela correta seleção dos TAPs de primário do transformador.

A segunda função do transformador é garantir a estabilização da corrente na lâmpada para que ela não ultrapasse seu teto de projeto. Tal corrente dependerá da correta fabricação da lâmpada, da correta tensão de entrada, da correta taxa de exaustão e por fim da adequada elaboração e ajuste do transformador.

Sobrecorrentes provocam redução na durabilidade do sistema e subcorrentes provocam problemas de acendimento/estabilização e/ou pouca emissão UV.

Há historicamente alguns paradigmas tecnológicos na forma de se regular a corrente, a saber:

- transformador com ajuste de corrente por capacitores, que têm vida útil máxima de 5000 horas, limite onde iniciam problemas de acendimento/estabilização
- transformador com ajuste de corrente por indutor, sem limite de longevidade definido, porém com ajuste de corrente escalonado (50,75,100%, etc.)
- transformador com ajuste de corrente por sistema eletrônico, igualmente sem limite de longevidade definido, porém com ajuste de corrente linear (30 até 100%)

Todos os tipos de transformadores devem ter pelo menos monitoramento contínuo de corrente sobre a lâmpada para que não se ultrapasse o limite de projeto.