

O desenvolvimento de máquinas aceleradoras industriais de elétrons de baixa energia (150 KeV - 300 KeV) a partir de 1970, juntamente com o aparecimento dos sistemas acrílicos, provocaram um grande avanço na utilização comercial da cura por radiação.

Hoje em dia, a cura por radiação de camadas finas de revestimentos, vernizes e tintas sobre diferentes substratos como madeira, plásticos, metal e papel, representa uma das maiores aplicações industriais das radiações ionizantes, apresentando um crescimento anual constante do mercado de 10% em países da Ásia, Europa e América do Norte.

Os elétrons produzidos por estas máquinas aceleradoras possuem energia suficiente para romper qualquer tipo de ligação química e, portanto, são

## Aplicação da cura de revestimentos por feixe de elétrons

*Dra. Maria Cristina Rosa  
Yamasaki, pesquisadora do  
IPEN - Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares*

capazes de iniciar uma reação de polimerização em cadeia, sem a presença de um iniciador externo (fotoiniciador). Por essa razão, levam à formação de um polímero mais puro. Os elétrons cedem a sua energia ao meio no qual se difundem, mediante múltiplos processos de interação. Essa energia é gasta na excitação e na ionização das moléculas e, por essa razão, recebem o nome de radiação ionizante.

Os efeitos das radiações ionizantes em monômeros e oligômeros incluem a formação de produtos gasosos, a quebra das duplas ligações e a formação de íons e radicais livres que se recombinam formando novas ligações químicas.

Os elétrons provenientes desses aceleradores industriais utilizados nes-

se processo, não possuem energia suficiente para provocar uma reação nuclear no material irradiado. Portanto, não induzem a radioatividade no produto obtido.

O material pode ser manuseado imediatamente após a irradiação, não apresentando nenhum risco à saúde do operador.

#### **Características das máquinas aceleradoras**

Os aceleradores de elétrons de baixa energia, isto é, que fornecem feixes de elétrons com energia até 300 KeV, são máquinas compactas, auto-blindadas que podem ser facilmente adaptadas a uma linha de produção, utilizando-se esteiras.

Essas máquinas aceleradoras de baixa energia são do tipo cortina de elétrons. Nesse caso, os elétrons emitidos por um filamento longo são acelerados e confinados em uma região do espaço, obtendo-se assim uma cortina.

Os custos dessas máquinas aceleradoras utilizadas para cura de tintas e revestimentos sobre substratos rígidos variam de US\$ 600.000 (150 KeV) até US\$ 1.000.000 (300 KeV).

#### **Componentes básicos dos materiais curáveis por feixe de elétrons**

O desenvolvimento dos sistemas químicos curáveis por feixe de elétrons foi bastante beneficiado pela experiência acumulada pelos formuladores na preparação de sistemas curáveis por UV. Isto porque, todos os sistemas que são curados fotoquimicamente, também são curados por feixe de elétrons, mesmo sem a presença de um fotoiniciador.

Como as tintas, vernizes e revestimentos curáveis por feixe de elétrons não possuem fotoiniciador podem ser estocados com maior facilidade e isso permite também, um maior tempo de prateleira.

As tintas, vernizes e revestimentos

curáveis por feixe de elétrons contém 100% de sólidos isto é, não possuem solventes. Portanto, não ocorre evaporação significativa dos componentes da tinta durante a aplicação, podendo o material permanecer nas máquinas de um dia para o outro, eliminando-se assim a lavagem dos equipamentos no final da jornada de trabalho.

Os principais componentes das tintas, vernizes e revestimentos curáveis por feixe de elétrons são o oligômero reativo e os monômeros.

O oligômero ou pré-polímero é o componente mais importante porque determina a reatividade do sistema sob irradiação. Os monômeros, utilizados como um diluente reativo, determinam as propriedades reológicas do sistema e harmonizam as propriedades finais do revestimento curado.

Os mais importantes oligômeros reativos contêm grupos éster, uretano ou epóxi na cadeia principal, com grupos acrílicos em metacrílicos nas suas extremidades.

Existe uma variedade de monômeros que são utilizados como diluentes. A maioria deles são monômeros acrílicos mono ou polifuncionais que são empregados sozinhos ou em várias combinações, dependendo das propriedades físico-químicas e mecânicas desejadas que devem estar presentes no produto acabado.

#### **Vantagens apresentadas pela cura por feixe de elétrons**

Até há alguns anos, o principal argumento em favor da tecnologia da cura por irradiação frente aos métodos térmicos convencionais, era o baixo consumo de energia proporcionado pelo processo. A economia de energia ainda é um fator importante hoje em dia mas agora, o fator predominante em favor do uso da cura por radiação é a não emissão de solventes e gases de combustão para a atmosfera. Em muitos países, principal-

mente no continente europeu, já existem normas regulamentando a emissão desses materiais para a atmosfera. Já é fato confirmado que compostos orgânicos como hidrocarbonetos puros, solventes, etc., quando emitidos para a atmosfera podem ser considerados como precursores de poluentes fotoquímicos do ar os quais, junto com o Nox causam danos no desenvolvimento de vegetais e ao meio ambiente. Esses solventes orgânicos liberados durante a aplicação e a secagem de revestimentos, de tintas e de vernizes, bem como nos processos de limpeza das máquinas utilizadas, contribuem com uma grande porcentagem dos poluentes emitidos para a atmosfera.

A tecnologia de cura por radiação emprega revestimentos, tintas e vernizes contendo 100% de sólidos isto é, livre de solventes e por essa razão é conhecida como uma tecnologia limpa. Sendo assim, a cura por radiação é indicada para substituir processos altamente poluidores, como o da cura pelo calor.

Quando essa tinta ou verniz curável por elétrons é irradiado, os monômeros polimerizam ao invés de evaporarem, tornando-se portanto, um componente sólido do revestimento pronto. Sendo assim, não acontece perdas de massa do material durante o processo, isto é, a quantidade de material líquido aplicada permanece a mesma depois da cura.

O consumo de energia envolvido na polimerização é muito menor do que o necessário para volatilizar os componentes líquidos. Portanto, a emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC's) para a atmosfera, é drasticamente reduzida.

Como a cura por EB é instantânea, as velocidades de produção são bem altas, o que acarreta uma diminuição no custo do produto acabado.

Os elétrons, sendo mais energéticos

# Sayerlack

## 25 anos



do que os fótons de luz UV, apresentam um maior poder de penetração na matéria. Como consequência podem curar instantaneamente e totalmente uma resina aplicada entre duas folhas de papel ou entre dois filmes poliméricos ou metálicos, totalmente opacos.

Os elétrons não são absorvidos pelos pigmentos e por essa razão, não há limites de cor para as tintas que são utilizadas no processo. A cura obtida com feixe de elétrons é completa, mesmo para camadas mais espessas depositadas sobre substratos porosos.

Nos processos que utilizam aceleradores industriais a cura ocorre em uma profundidade definida que pode ser muito bem controlada. O poder de penetração do feixe de elétrons é determinado pela sua energia. Quanto maior a energia dos elétrons incidentes maior a espessura da camada irradiada.

A ausência de fragmentos de foto iniciadores nos materiais irradiados com EB resulta em um polímero mais puro e com melhores características. Por exemplo, a estabilidade da cor e a durabilidade do revestimento curado por EB são maiores do que os produzidos por UV.

Outras principais vantagens da cura por radiação quando comparada aos processos térmicos são os seguintes:

- A cura acontece a baixas temperaturas podendo, por isso, ser realizada sobre substratos sensíveis como papel e fil-

mes plásticos;

- As velocidades de cura e, por consequência, de produção nos processos que utilizam feixe de elétrons são bem mais altas. No caso de revestimento de madeira e aglomerados, a velocidade de produção é de cerca de 150 m/min. e na pintura e metalização de papéis pode chegar até a 700 m/min.;

- A cura por radiação resulta em produtos com novas características:

- Excelentes propriedades mecânicas;
- Alto brilho;
- Superfície uniformes;
- Boa resistência a solventes;
- Aumento da durabilidade do produto acabado;

- Além disso o processo apresenta economia de espaço e de trabalho;

- O uso de feixe de elétrons pode levar à obtenção de novos materiais.

#### **Desvantagens apresentadas pela cura por feixe de elétrons**

As principais desvantagens apresentadas pelos processos de cura por feixe de elétrons são os seguintes:

- Alto custo do investimento inicial;
- Os vernizes e os revestimentos curáveis pela radiação apresentam um custo maior comparado aos sistemas químicos curáveis pelo calor;

- Cuidados requeridos pelo manuseio de sistemas acrilados;

- Como durante o processo de irradiação é gerada uma grande quantidade de ozônio, o equipamento necessi-

ta de um bom sistema de exaustão;

- Os sistemas oligômeros e monômeros acrilados curáveis por feixe de elétrons apresentam uma alta sensibilidade ao oxigênio presente na atmosfera de irradiação. O oxigênio reage com os radicais livres formados, inibindo a reação de polimerização produzindo assim, materiais sub-curados.

Esse fato é evitado com a utilização de uma atmosfera inerte na zona de irradiação. Geralmente, utiliza-se nitrogênio para se conseguir essa atmosfera inerte.

#### **Comentários finais**

A cura por feixe de elétrons é uma tecnologia indicada para substituir os processos convencionais de cura de tintas, revestimentos e vernizes, que são altamente poluentes. Além disso, é uma técnica avançada que permite a obtenção de painéis revestidos de alta qualidade.

Para que esse processo seja economicamente viável é necessário que o acelerador de elétrons seja utilizado plenamente. Como a velocidade de cura é muito alta, no caso específico de revestimento de madeira em torno de 150m/min., a capacidade de produção de painéis curados é bastante alta. Sendo assim, existindo a possibilidade de colocar no mercado toda a produção que pode ser obtida por esse processo, o custo do produto final torna-se bastante competitivo.