

Análisis del cromado “físico” mediante *sputtering*

Daniilo O. Malavolti

Conocemos ya desde hace unos años las crecientes dificultades del uso de los derivados del cromo (en las formas que se utilizan en nuestro ámbito ya que a menudo son cancerígenos): el cromado químico de piezas metálicas y plásticas (que utiliza sales de cromo en tanque) es algo que se percibe con gran preocupación por parte de empresarios y responsables de la seguridad ya que, por un lado, desean no implicar a sus trabajadores en procesos con riesgos desde el punto de vista sanitario y, por otro, saben que los gastos que ocasionan los sistemas de depuración y seguridad medioambiental vinculados a dichos procesos crecen constante y progresivamente.

En Europa, desde el punto de vista de la prevención de riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, las normas de ley ya prevén sistemas de protección muy estrictos. Desde el punto de vista del medio ambiente, y siempre dentro del marco europeo, la directiva 2000/53/CE (y su posterior actualización 2002/525/CE) prevé restricciones sobre el uso de los derivados del cromo en la industria automovilística y su definitiva eliminación en 2017.

Sin embargo, hoy en día siguen cromándose químicamente muchos componentes plásticos de la industria automovilística.

Para comprobar las posibilidades que ofrece la innovación tecnológica en el ámbito del cromado químico, de forma que los procesos puedan adaptarse dentro de ese plazo del 2007, analizamos la situación en Kolzer, conocida empresa que fabrica sistemas de pretratamiento de las superficies en vacío (instalaciones de tratamiento al plasma, máquinas para PVD, PEPVD; *sputtering*, fig. 1).

Concretamente, la empresa ha desarrollado e industrializado un proceso industrial de depósito físico del cromo (y otros metales y aleaciones) en superficies de cualquier naturaleza que elimina de raíz los problemas sanitarios típicos de las sales metálicas, precisamente porque el metal

DADOS SOBRE A CROMAGEM “FÍSICA” ATRAVÉS DE SPUTTERING

Desde há alguns anos, destacam-se as crescentes dificuldades no uso de derivados do cromo (na forma utilizada na nossa área, muitas vezes cancerígenos): a cromagem química (usa sais de cromo em tanques) de peças metálicas e plásticas é encarada com uma enorme preocupação pelos empresários e responsáveis pela segurança que, por um lado, procuram não colocar os trabalhadores em processos de trabalho arriscados do ponto de vista da saúde, e por outro lado, investem bastante em sistemas de limpeza e segurança ambiental nesses mesmos processos, em crescimento contínuo.

Na Europa, as normas legais já prevêem sistemas de proteção muito rigorosos, em matéria de prevenção dos riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores. Na área do ambiente, e ainda no âmbito europeu, a Diretiva 2000/53/CE (e a sua atualização 2002/525/CE), prevê restrições ao uso de derivados do cromo na indústria automóvel, e a sua eliminação definitiva em 2017.

Todavía, existem ainda muitos componentes plásticos na indústria automóvel que são cromados por processos químicos.

Para verificar as possibilidades oferecidas pela inovação tecnológica na substituição da cromagem química, de modo a ajustar os processos antes da eliminação em 2017, temos vindo a fazer um ponto de situação junto da Kolzer, empresa que produz sistemas de tratamento de superfícies a vácuo (sistemas de tratamento com plasma; máquinas para PVD, PEPVD; *sputtering*, fig 1).

Em particular, a empresa desenvolveu e industrializou um processo industrial de depósito físico do cromo (e outros metais e ligas) na superfície de qualquer tipo, que elimina na raiz os problemas sanitários típicos dos sais metálicos, pois o metal é depositado diretamente nas superfícies sem passar pelos seus derivados cancerígenos.



se deposita directamente en las superficies, sin pasar por sus derivados cancerígenos.

EL PROCESO

El proceso de deposición metálica sobre las piezas plásticas, para dar ejemplo ya bien industrializado, se puede resumir de la siguiente manera. Pretratamiento (según el tipo de polímero que constituye las piezas) y aplicación de un fondo endurecido con UV. Con las piezas preparadas de esta manera, se deposita un estrato micrométrico de cromo metal (o de otros metales o aleaciones) que adhiere perfectamente a la imprimación previamente endurecida. El depósito se efectúa mediante condensación sobre las superficies del metal sublimado a baja presión (10^{-4} torr).

Es un proceso de bajo impacto ambiental en su conjunto (requiere bajas cantidades de productos químicos puesto que los disolventes de los productos de recubrimiento de fondo son reactivos y entran en la formación de la película) que no crea subproductos de eliminación. Los costes globales de proceso, comparados con los del cromado químico, son muy interesantes.

UN CASO INDUSTRIALIZADO

Uno de los últimos casos de aplicación industrial del proceso es el que vimos en una de las 4 plantas de la sociedad Imper (fig. 2) donde, para el revestimiento de las piezas realizadas, se utiliza un sistema de cromado físico con la técnica del *sputtering* (o "pulverización iónica").

EL PROCESO

Las piezas (tanto metálicas como plásti-

O PROCESSO

O processo de deposição metálica em peças plásticas, para dar um exemplo já muito industrializado, pode-se sintetizar da seguinte forma: Pré-tratamento (dependendo do tipo de polímero constitutivo da peça) e aplicação de um fundo endurecedor com UV. Em peças preparadas desta forma, deposita-se uma camada micrométrica de cromo metálico (ou de outros metais ou ligas), que adere perfeitamente ao primário de endurecimento previamente aplicado. O depósito efetua-se através da condensação de superfícies do metal sublimado a baixa pressão (10^{-4} torr).

É um processo de baixo impacto ambiental (necessita de uma baixa quantidade de produtos químicos, dado que o solvente da tinta de fundo é reativo e entra na formação da película) que não cria subprodutos de pintura. Os custos totais do processo, comparados com os da cromagem química, são muito interessantes.

UM CASO INDUSTRIALIZADO

Um dos últimos casos de aplicação industrial do processo é o verificado num dos 4 estabelecimentos da empresa Imper (fig. 2), onde se usa um sistema de cromagem física com a técnica de *sputtering* (ou "pulverização iónica"), para o revestimento de peças produzidas.

O PROCESSO

As peças (metálicas ou de plástico), impressas pela Imper (fig. 3), passam por um primeiro controlo (figs. 4 e 5) e depois carregadas para suportes para o seu transporte através de uma das linhas de aplicação de fundo UV (fig. 6). Na cabine de pintura (fig. 7), um robô antropomórfico aplica um

1 – Diferentes aplicaciones de los procesos PVD y PEPVD (entre ellos la deposición de películas metálicas mediante *sputtering*) desarrollados con sistemas Kolzer.

1- Várias aplicações dos processos PVD e PEPVD (entre os quais a deposição de películas metálicas via *sputtering*) desenvolvidas com sistemas Kolzer.

2 – La planta de Imper visitada.

2 - As instalações da Imper que visitámos.



3 – Uno de los departamentos de moldeo plásticos de la empresa visitada.

3- Uma das divisões de impressão plástica da empresa visitada.



4 y 5 - Dos vistas de los laboratorios de control de calidad.

4 e 5 - Duas imagens do laboratório de controlo de qualidade.



cas), moldeadas por Imper (fig. 3), pasan por un primer control (figs. 4 y 5) y, a continuación, se cargan en bandejas para su transporte mediante una de las líneas de aplicación del fondo UV (fig. 6). Ya en la cabina de recubrimiento (fig. 7) un robot antropomórfico aplica un fondo específico de polimerización ultravioleta (UV) que se precalienta mediante una exposición a infrarrojos (IR) lo que permite obtener la mejor distensión y nivelación de la superfi-

fundo específico de polimerização ultravioleta (UV) que está pré-aquecido através da exposição a infravermelhos (IV) para se obter a melhor distensão e nivelamento da superfície do produto aplicado (fig. 8). Saída dos fornos UV, as peças preparadas são carregadas em “suportes por satélite” (fig. 9), concebidos especificamente para uma maior eficiência nas câmaras de deposição de metais sublimados - que estão inseridas na câmara de cromagem física



6 – Una de las dos plantas de aplicación robotizada del fondo UV, que constan de zona de carga, cabina robotizada de aplicación, preevaporación, horno IR + UV, zona de enfriamiento y descarga. Las piezas se transportan en bandejas.

6- Um dos dois sistemas de aplicação robotizada do fundo UV, constituídos na zona de carga, cabine robotizada de aplicação, pré-eva- poração, forno IR+UV, zona de ar- refecimento e descarga. As peças são transportadas em suportes.



7 – La cabina de aplicación y el túnel de preevaporación.

7 - A cabine de aplicação e o túnel de pré- evaporação

8 – Un detalle de la fase de aplicación robotizada del fondo.

8- Um pormenor da fase de aplica- ção robotizada do fundo.

9 – Las piezas en los satélites de carga de la cámara de deposición metálica.

9- As peças apostas em satélite de carga da câmara de deposição metálica.



10 – Andrea Mendogni, responsable del departamento de acabado de Imper, a la izquierda, con Antonio D’Esposito (Kolzer), frente a una de las máquinas utilizadas por Imper para el *sputtering*.

10- Andrea Mendogni, o responsável do departamento de acabamentos da Imper, à esquerda, com Antonio D’Esposito (Kolzer), em frente a uma das máquinas para o *sputtering* usadas na Imper.



cie del producto aplicado (fig. 8). Una vez salidas de los hornos UV, las piezas se cargan en “soportes satelitales” (fig. 9). Estos soportes están expresamente estudiados para aprovechar de forma eficiente las cámaras de deposición de los metales sublimados y se introducen en la cámara de cromado físico (cada máquina, fabricada e instalada por Kolzer, permite efectuar una carga mientras la otra está en fase de tratamiento, fig. 10) donde se deposita el cromo metal con el proceso de *sputtering*. El proceso es intrínsecamente seguro y no contamina, estando libre de subproductos: de hecho, y a diferencia de los procesos galvánicos que utilizan (varios) derivados metálicos para llegar a la formación de la película metálica produciendo residuos y subproductos tóxicos que deben tratarse con sofisticadas instalaciones de depuración, el cromado “físico” consiste en la sublimación y condensación (deposición) de una película fina de metal en el soporte preparado con productos de recubrimiento UV, en condiciones de baja presión, para permitir que los átomos de metal se muevan linealmente del origen (destino metálico) –que resulta activado con fuerza eléctricamente mediante el generador correspondiente (la tecnología de Kolzer utiliza magnetrones planos)- hasta la superficie que se va a revestir, sin encontrar el obstáculo de otras partículas gaseosas. Además, el proceso de sublimación del metal se produce a temperatura ambiente, considerando también que, a baja presión, el incremento de temperatura del destino metálico debido a la electricidad aplicada es despreciable (se basa en un mecanis-

(cada máquina, producida e instalada pela Kolzer, permite efetuar uma carga enquanto a outra está em fase de tratamento, fig. 10), onde se deposita o crómio metálico com o processo de *sputtering*.

O processo é intrinsecamente seguro, e não polui, tendo por base subprodutos: de facto, a diferença de processos galvânicos, que usam (vários) derivados metálicos para alcançar a formação da película metálica, produzindo derivados e subprodutos tóxicos que têm de ser tratados com sistemas avançados de depuração), e a cromagem “física” consiste na sublimação e condensação (deposição) em suportes preparados com tintas UV de uma película fina de metal, a baixa pressão, para permitir aos átomos do metal moverem-se na fonte (target metálico) - que está fortemente ativado eletricamente através de um dispositivo gerador (a tecnologia da Kolzer usa magnetrons) - linearmente até à superfície a revestir, sem ter o impedimento de outras partículas gasosas.

Além disso, o processo de sublimação do metal é feito à temperatura ambiente, considerando que a baixa pressão o aumento de temperatura do target metálico devido à eletricidade aplicada é insignificante (baseia-se num mecanismo não térmico de sublimação). Assim, também os suportes sensíveis à temperatura podem ser revestidos sem produzir tensões ou modificações químicas e/ou dimensionais.

O tempo-ciclo de deposição do crómio (ou de outros metais e ligas) varia em função da espessura depositada, mas é geralmente muito inferior ao tempo-ciclo obtido por uma deposição química.



11 – El equipo para la aplicación del transparente en piezas tras la aplicación física del metal, que se utiliza cuando resulta necesaria.

11- O sistema para a aplicação de verniz nas peças após a aplicação física do metal, usado quando necessário.

mo no térmico de sublimación). Por tanto, incluso los soportes sensibles a las temperaturas pueden revestirse sin provocar tensiones o modificaciones químicas y/o dimensionales.

El tiempo-ciclo de deposición del cromo (o de otro metal o aleación) varía en función de los espesores depositados pero, en general, es muy inferior al tiempo-ciclo requerido por una deposición química.

Según las resistencias necesarias para cada familia de piezas, el ciclo termina en este punto o bien prosigue con la aplicación de un recubrimiento protector (fig. 11) que, en la empresa visitada, se aplica con un tercer equipo.

EL PAPEL DEL CICLO DE RECUBRIMIENTO EN EL PROCESO

Tras el pretratamiento (en el caso de Imper, la perfecta gestión de la operación de moldeo de piezas plásticas y la continuidad del flujo de producción, hacen que sea superfluo), la mano de fondo UV desempeña dos funciones:

o Estética

Proporciona una superficie completamente lisa y homogénea, eliminando de este modo la posibilidad de superficies no uniformes (sobre todo para las piezas de zamak). Esto es fundamental si se debe alcanzar un alto grado de brillo y definición de la imagen reflejada por el cromo metal que posteriormente se deposita en la superficie.

o Interfaz para la adherencia de posteriores capas

Ofrece una superficie homogénea y funcional desde el punto de vista de las tensiones superficiales, tanto para el depósito de cromo metal como para el posterior transparente protector (cuando sea necesario).

De acordo com a resistência alcançada por cada uma das famílias de peças, o ciclo termina neste ponto, ou pode prosseguir com a aplicação de uma tinta de proteção (fig. 11) que, na empresa visitada, é aplicada com um terceiro sistema.

O PAPEL DO CICLO DE PINTURA NO PROCESSO

Após o eventual pré-tratamento (no caso da Imper, a gestão perfeita da operação de impressão das peças plásticas e a continuidade do fluxo produtivo tornam-no superfluo), a demão de fundo UV tem duas funções diferentes:

o Estética

Permite obter uma superfície perfeitamente lisa e homogénea, eliminando eventuais falhas na homogeneidade. Tal é fundamental, no caso de se adicionar um nível elevado de brilho e definição da imagem refletida no cromo metálico que é sucessivamente depositado na superfície.

o Interface funcional na adesão das camadas sucessivas

Oferece uma superfície homogénea e funcional em termos da tensão superficial, seja para o depósito de cromo metálico, seja para a subsequente película transparente protetora (quando necessário).



12 – Algunas de las más de 50.000 piezas cromadas y acabadas al año por Imper.

12- Algumas das 50.000 peças cromadas e acabadas pela Imper, anualmente.

CONCLUSIÓN

Las tecnologías de tratamientos de acabado metálico (cromo, níquel, circonio, vanadio, titanio y otros) mediante *sputtering* (fig. 12) –los especialistas de Imper confirman también una sensible reducción de los costes de proceso respecto al cromado galvánico previamente utilizado– permiten ya en la actualidad sustituir los procesos de cromado químico con finalidades estéticas, especialmente difíciles de gestionar desde el punto de vista sanitario y económico-medioambiental.

📌 Marcar en la tarjeta de información

CONCLUSÕES

As tecnologias de tratamento de acabamento metálico (crómio, níquel, zircónio, vanádio, titânio e outros) através de *sputtering* (fig. 12) - os especialistas da Imper confirmaram também uma redução significativa dos custos de processo em comparação com a cromagem galvânica usada anteriormente - permitem hoje a substituição dos processos de cromagem química com objetivos estéticos, particularmente difíceis de gerir do ponto de vista sanitário e eco-ambiental.

📌 Marcar no cartão das informações