



# PROCESSO DE CROMAÇÃO DE ZAMAC: DISCUSSÃO, INOVAÇÕES, TENDÊNCIAS E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO

| Anderson Bos |

Em busca de apresentar as novas descobertas usadas na cromação de zamac na indústria, este trabalho também analisa quais as características e propriedades dessa liga e seu processo de fundição sob pressão. A cromação de zamac é um mercado em ascensão e, por questões econômicas, conseguiu fazer com que muitos setores se rendessem a ela.

## ABSTRACT

Worldwide, when it comes to plating on ZBDC (Zinc Base Die Cast), soon arises the idea of a complicated process, with high scrap and pieces of dubious quality. Due to its low cost, compared to other metals and alloys, ZBDC has gained ground in several installations with new applications and purpose. It is obtained by a process of pressure injection. The complexity of this alloy's chromability is evidenced by the use of different layouts and sequences of lines in Brazil and abroad. In this paper we present the latest sequence of plating on ZBDC, allowing the elimination of toxic substances and improving their cosmetic properties and corrosion resistance. The plating of ZBDC is far from unanimous, it is performed by different methods and sequences. The objective of this work is to present the latest findings and trends used in plating of this alloy in industry, focusing on the process with racks.

## RESUMO

Mundialmente, quando se fala em cromação de Zamac logo se associa uma idéia de um processo complicado, com alto refugo e de peças de qualidade duvidosa. Em função de seu baixo custo face a outros metais e ligas, o Zamac tem ganhado espaço em diversas instalações, com novas aplicações e finalidades. As peças são obtidas através de um processo de injeção sob pressão. A complexidade da cromação desta liga é evidenciada

pelo uso de distintas sequências e disposições de linhas no Brasil e no exterior. Neste trabalho, estamos apresentando a mais moderna sequência de cromação de Zamac, permitindo eliminação de substâncias tóxicas, com melhoria de suas propriedades cosméticas e de corrosão. A cromação de Zamac está longe de ser unanimidade, pois é realizada por diferentes métodos e sequências. O objetivo deste trabalho é apresentarmos as mais novas descobertas e tendências usadas na cromação desta liga na indústria, com foco nos processos parados e com emprego de gancheira.

## O QUE É ZAMAC ?

A primeira dúvida quando abordamos esta liga não ferrosa: como se escreve seu nome? Com "C" ou com "K" no final? Parece não existir uma padronização, pois ambas as formas são encontradas no mercado. Entretanto, a forma mais usual é designarmos seu nome como "Zamac". Sua origem é baseada exatamente no nome dos constituintes da liga, ou seja, Zamac é derivado das iniciais dos quatro componentes metálicos básicos para sua formação: Z de zinco, A de alumínio, MA de magnésio e C de cobre. A título de informação, a origem do nome com "K" deriva de *Zink - Magnesium - Aluminium - Kupfer*, iniciais dos elementos químicos na língua alemã.

É um material usado mundialmente em diversas aplicações. Excetuando alguns mercados que não fazem

uso deste material, devido principalmente à associação desta liga à obtenção de produtos de qualidade inferior, como em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, sua cromação foi sendo transferida para outros centros (Ásia), e/ou outros materiais foram empregados em sua substituição. No caso específico do Brasil, somos um grande produtor e cromador de Zamac, com infinitas aplicações e soluções para este material.

A substituição do Zamac em alguns centros deu-se ainda por questões ambientais. Seus processos de limpeza e cromação com a presença de banhos cianídricos contribuíram para sua migração a países em desenvolvimento. De qualquer forma, o Zamac se apresenta como uma excelente opção, face seu menor custo, facilidades de injeção e novas tecnologias no processo de cromação.



Foto 1: Lingote típico de Zamac

O Zamac possui boa resistência à corrosão, tração, choques e desgastes, e tem uma tonalidade cinza. Tem ponto de fusão entre 380°C e 485°C. Dentre todas as ligas de metais não ferrosos, é uma das que possuem maior utilização, devido às suas propriedades físicas, mecânicas e à fácil capacidade de revestimento por eletrodeposição (banho de cromo, níquel, cobre, ouro, etc.).

#### **CARACTERÍSTICA E PROPRIEDADES DO ZAMAC?**

O Zamac apresenta grande facilidade de processamento devido ao seu baixo ponto de fusão, colaborando na durabilidade do molde de injeção, permitindo assim maior produção de peças em série. Além disso, a grande fluidez da liga permite a obtenção de peças de dimensões complexas com paredes finas, representando economia de material. Alia-se a isso a facilidade na obtenção de revestimentos protetores e decorativos, com operações de polimento e espelhamento, eletrodeposição de camadas metálicas, camadas de conversão química (fosfatização, cromatização, anodização), pintura e metalização a vácuo.

A resistência à corrosão do Zamac é intrínseca às características do próprio metal puro (zinco).



Em atmosferas úmidas, o zinco é oxidado com a formação de hidróxido de zinco, que reage com os constituintes presentes no ar, formando os sais de zinco correspondentes a cada constituinte na interface hidróxido/ar. A corrosão de ligas de zinco é um mecanismo complexo. Os elementos de liga podem concentrar-se na superfície metálica, onde, à medida que o zinco é solubilizado pela corrosão, cria-se uma barreira de proteção.

Industrialmente, o Zamac é utilizado basicamente em processo de injeção sob pressão. Neste tipo de técnica, é comum a formação de porosidades. Estas são devidas a gases retidos, que não foram eliminados durante o preenchimento da cavidade do molde. O formato do defeito é arredondado, como uma bolha, de paredes lisas. A solubilidade dos gases retidos aumenta conforme o acréscimo da pressão externa aplicada. Se a pressão aplicada não for suficiente, a nucleação de gases ocorrerá, formando as porosidades. As porosidades, junto com outras características de formação morfológica da matriz metálica, influenciam na resistência à corrosão do material.

Existem diversos tipos existentes de Zamac. A tabela abaixo apresenta suas diferenças de composição e classificação.

Comercialmente, para a fim de obtenção de produtos cromados, o Zamac 3 e principalmente o Zamac 5 são aqueles mais vendidos. Suas principais vantagens em comum são: a obtenção de peças com alta precisão dimensional, obtenção de peças de formato complexo, não requerendo altas pressões de injeção.

A principais diferenças entre as ligas são diferentes teores de Al, Mg e Cu, o que resulta em diferentes propriedades mecânicas.

As principais características das ligas de Zamak são:

- **Zamac 2:** é a única liga que é utilizada para fundição por gravidade, especialmente para a conformação de metais ou ferramentas de injeção de plásticos. Oferece a mais alta resistência e dureza, entretanto, devido ao seu alto teor de cobre, suas propriedades tendem a ser

alteradas através da ação do tempo. Embora possua excelente maleabilidade para a fundição, tem sido mais utilizado quando da necessidade de peças de desgaste, pois suas características de fluência, resistência mecânica e dureza não são afetadas com o tempo.

- **Zamac 3:** é normalmente a primeira escolha quando se considera o processo de fundição sob pressão. Seu excelente balanço entre as propriedades mecânicas, como excelente maleabilidade para a fundição, aliadas a longa estabilidade dimensional, são suas principais características que fazem desta liga uma das mais empregadas. Oferece excelentes características de acabamento, tais como eletrodeposição, pintura e tratamentos de cromatização.

- **Zamac 5:** um pouco mais resistente e duro do que o Zamak 3. Entretanto estas vantagens são prejudicadas pela menor ductilidade, afetando a deformabilidade do material quando de processos secundários de dobramento. Esta liga contém uma adição aproximada de 1% de cobre, responsável por estas propriedades. Apresenta excelente maleabilidade para a fundição, assim como melhor resistência à fluência. É indicado quando da necessidade de ligas com maiores resistências mecânicas. Suas propriedades relativas ao acabamento de peças são comparáveis às do Zamac 3.

- **Zamac 7:** é uma modificação do Zamac 3, na qual uma pequena quantidade de magnésio é adicionada a fim de aumentar a fluidez do material. Por outro lado, para se evitar problemas de corrosão intergranular, uma pequena adição de níquel é realizada.

Na liga existem presentes metais que são considerados "impurezas". São contaminantes o chumbo, cádmio e o estanho. Essas impurezas, quando acima dos limites especificados, dão origem à corrosão intergranular, que se inicia na superfície da peça fundida, penetrando, com o decorrer do tempo, cada vez mais profundamente e seguindo os contornos dos grãos, até que toda peça seja corroída.

Tabela 1: Composição típica das ligas de Zamac

ELEMENTOS	No. 2 (%)	No. 3 (%)	No. 4 (%)	No. 5 (%)	No. 7 (%)	ZA-8 (%)	ZA-12 (%)
<b>Alumínio (Al)</b>	3,9 - 4,3	3,9 - 4,3	3,9 - 4,3	3,9 - 4,3	3,9 - 4,3	8,2 - 8,8	10,8 - 11,5
<b>Magnésio (Mg)</b>	0,025-0,050	0,025-0,05	0,025-0,05	0,03 - 0,06	0,01-0,02	0,020-0,030	0,020-0,030
<b>Cobre (Cu)</b>	2,6 - 2,9	0,10 máx	0,3 - 0,4	0,75-1,25	0,10 máx	0,8 - 1,3	0,5 - 1,2
<b>Chumbo (Pb)</b>	0,004 máx	0,004 máx	0,004 máx	0,004 máx	0,002 máx	0,005 máx	0,005 máx
<b>Cádmio (Cd)</b>	0,003 máx	0,003 máx	0,003 máx	0,003 máx	0,002 máx	0,005 máx	0,005 máx
<b>Estanho (Sn)</b>	0,002 máx	0,002 máx	0,002 máx	0,002 máx	0,001 máx	0,002 máx	0,002 máx
<b>Ferro (Fe)</b>	0,075 máx	0,075 máx	0,075 máx	0,075 máx	0,075 máx	0,065 máx	0,065 máx
<b>Níquel (Ni)</b>	-	-	-	-	0,005 - 0,02	-	-
<b>Zinco (Zn)</b>	Complemento	Complemento	Complemento	Complemento	Complemento	Complemento	Complemento

## O PROCESSO DE FUNDIÇÃO SOB PRESSÃO DO ZAMAC

O material no estado líquido é injetado sob pressão no molde que contém o formato das peças a serem produzidas. O processo de fundição sob pressão é também chamado de *die casting*.

Basicamente, o processo consiste nas seguintes etapas:

- Transporte, aquecimento e fusão do Zamac;
- homogeneização do material fundido;
- injeção do extrudado no interior da cavidade do molde;
- resfriamento e solidificação do material na cavidade;
- ejeção da peça moldada

O material deverá estar isento de umidade, sendo colocado no funil de alimentação, o qual deve ser completamente fechado, para evitar presença de poeira e outras sujidades. As peças injetadas são separadas do canal de injeção e inspecionadas pelo operador enquanto se inicia outro ciclo. Os canais de injeção podem ser moídos e retornados ao processo numa proporção pré-estabelecida. Em algumas instalações tem-se esta operação totalmente automatizada.



Foto 2: Liga de Zamac possui baixo ponto de fusão (aprox. 380°C)

As principais vantagens deste processo são:

- as peças podem ser produzidas com altas taxas de produtividade;
- produção de peças de grandes volumes;
- custo de mão-de-obra relativamente baixo, devido à opção de automatização do processo;
- as peças requerem pouco ou nenhum acabamento;
- processo pouco poluente.

Como desvantagem, existem imperfeições no Zamac produzidas durante a fundição, tais como: impurezas, falhas, riscos, zonas requentadas, manchas, poros e



lacunas que contribuem para a diminuição da vida útil da peça. Alguns cuidados podem ser observados:

- A agitação durante o processo de fusão não deve afetar a composição da liga
- O superaquecimento resulta em perda de alumínio e magnésio, através da oxidação e do aumento de ferro, devido à diminuição na ação da expulsão dos gases formados, oriundos do alumínio.
- Velocidades de injeção excessivas provocam intenso turbilhonamento do metal na matriz, gerando, como consequência, aprisionamento de bolhas de ar.
- Fluidez insuficiente causa o confronto de duas correntes do metal, fluindo de diferentes regiões do molde.

O foco deste trabalho não é a discussão em detalhes da injeção e de suas propriedades. Assim como no processo de injeção de plásticos (ex. ABS e ABS/PC), esta etapa é fundamental para a obtenção de uma superfície ideal para a posterior cromação. Como boa prática, a equipe de injeção deve trabalhar de maneira integrada com a galvanica, pois toda e qualquer variável pode acarretar mudanças na qualidade e no índice de rejeição obtido.

#### QUAIS SÃO AS APLICAÇÕES DO ZAMAC?

O Zamac passou a ser usado na fabricação de peças de pequeno porte e utilitários a partir do final do século XIX, substituindo o chumbo, que era muito popular entre esses segmentos da época. No início da sua utilização, a composição química da liga não era adequada, vindo a apresentar rachaduras. Após a II Guerra Mundial, apareceram novas ligas, com melhor qualidade.

Dentre as empresas que o utilizam como matéria-prima para injeção de peças, podem-se destacar: ferragista, moveleira, automobilística, eletro-eletrônica, calçadista, de moda, naval, entre outras.

São exemplos de produtos acabados produzidos com Zamac: fivelas para cintos e calçados, botões, puxadores para armários e gavetas, maçanetas, chaveiros, bijuterias, válvulas reguladoras de pressão para botijões de gás, rebites e enfeites para bolsas, brinquedos, componentes de ferragens para construção civil e marcenaria, fechaduras residenciais e industriais.

O segmento de ferragens é um dos maiores consumidores desta liga. Diversos componentes produzidos são em zamac, como corpo dos cadeados, maçanetas, chaves, cilindros, espelhos e rosetas, tambor, lingueta, meio cilindro, trinco, etc.

A indústria mundial de metais sanitários também tem introduzido o Zamac como substituto ao latão em alguns componentes. Itens que não possuem contato com água são objetos de interesse e estudo.



Foto 3: Exemplos da aplicação de Zamac na indústria

Diversos acabamentos podem ser conferidos a este substrato. Além da tradicional cromação, podem ser aplicados os seguintes revestimentos: zinco ácido e/ou Zn/Ni, cobre alcalino e ácido, níquel químico, camadas de fosfato e passivações.

#### O PROCESSO DE CROMAÇÃO DO ZAMAC

O Zamac é um metal relativamente ativo e, portanto, precisa de um cuidadoso pré-tratamento. Será gravado ou dissolvido pelo contato prolongado com condições ácidas ou fortemente alcalinas. Portanto, esta etapa é uma das mais importantes no processo. Um grande desafio da eletrodeposição de Cu/Ni/Cr sobre o Zamac é a resistência à corrosão requerida. No material injetado, lixado, afinado e polido, temos a presença de uma superfície porosa. A resistência à corrosão é função direta da porosidade da superfície do material. Conhecer os limites do processo e a exigência de proteção contra a corrosão é vital para definição do arranjo da linha de cromação.

Mais recentemente, importantes tópicos estão sendo discutidos com relação às melhores práticas a serem adotadas no processo. A introdução de novas tecnologias, aliada à necessidade ambiental cada vez mais presente no dia-a-dia das empresas, tem tornado possível a substituição de solventes clorados anteriormente usados, bem como a completa eliminação do cobre alcalino contendo cianeto, por tecnologia CN-free.

O foco deste trabalho é apresentar estudos referentes ao processo de cromação de Zamac para linhas paradas e aplicadas com gancheiras. Linhas rotativas apresentam configurações, tempos, tratamentos e finalidades diferentes.

Uma sequência de pré-tratamento mais atualizada hoje usada envolve as seguintes etapas:

**Pré-tratamento mecânico**

**Desengraxante químico**

**Lavagem**

**Ultrassom**

**Lavagem**

**Desengraxante eletrolítico catódico**

**Desengraxante eletrolítico anódico**

**Lavagens**

**Ativação**

**Lavagens**

**Pré-tratamento mecânico**

Esta operação depende basicamente do tipo e geometria de peça e da qualidade cosmética requerida. Uma sequência geralmente usada para o tratamento superficial envolve os processos mecânicos de lixamento e polimento. Outra técnica muito empregada é o vibroacabamento. O pré-tratamento é o processo que visa à redução de imperfeições e minimizar o grau de irregularidades superficiais existentes em uma peça fundida. A limpeza da superfície, mediante os processos mecânicos, utiliza ferramentas manuais e/ou mecânicas, como escova de aço, lixa, espátula, lixadeira, escova rotativa, entre outros.

O lixamento é um processo mecânico, que tem como finalidade a obtenção de uma peça com a superfície a mais lisa possível, livre de ranhuras. Esse processo, quando seguido do polimento, confere à peça um aspecto brilhante ou opaco.

Após o pré-tratamento mecânico, substâncias como impurezas e sujidades ficam aderidas à superfície e podem interferir na qualidade da proteção: para isso se faz necessário um pré-tratamento químico para sua melhor limpeza.

Técnicas largamente empregadas na preparação de peças de Zamac são o tamboreamento ou vibroacabamento. Possuem como principais finalidades a remoção de rebarbas e ferrugem, nivelamento, decapagem, passivação e polimento de suas superfícies.

Com o processo de tamboreamento, além de não deformar o formato original ou causar danos dimensionais, melhora-se a rugosidade e o aspecto visual.

O acabamento é obtido através do atrito promovido pela movimentação (quando em tambor rotativo) ou movimentação e vibração (quando em máquinas vibratórias) das peças em meio dos corpos abrasivos



e compostos químicos. A energia para o movimento relativo é fornecida por uma máquina vibratória. O movimento e vibração, quando controlados, removem rebarbas e cantos vivos. São fatores a serem considerados na técnica:

- Seleção de insumos (chips abrasivos, porcelanas, inox, etc.) e compostos químicos para vibroacabamento (detergentes, pastas e pós) devem ser usados para auxiliar e/ou acelerar o processo. São utilizados para limpar, desengraxar, abrilhar e polir, além de reduzir o tempo de processo e até mesmo o impacto entre as peças.
- Quantidade de carga x quantidade de peças
- O tempo de acabamento é determinado de acordo com a situação inicial das peças que serão processadas.
- Chips abrasivos: as funções dos chips são variadas e alcançam desde o corte de rebarbas e remoções de asperezas das superfícies até o polimento final

### PRÉ-TRATAMENTO QUÍMICO/ULTRASSOM/ELETROLÍTICO

A adoção de produtos de baixa alcalinidade é a principal característica da formulação de desengraxantes usados para esta finalidade. Atualmente, as boas práticas e as melhores instalações fazem uso de produtos químicos ambientalmente responsáveis.

Durante muitos anos, fez-se uso de solventes como desengraxantes, pois estes apresentavam uma boa dissolução de óleos e graxas. Entretanto, estes produtos têm como a grande desvantagem uma alta volatilidade e fácil combustão. Num primeiro momento, se empregavam solventes combustíveis, que logo foram substituídos pelos solventes clorados. São exemplos o tricloretileno e o percloroetileno, produtos líquidos absolutamente tóxicos, e com cheiro forte e característico. Estes eram aplicados na forma de imersão, exposição ao vapor do solvente, etc. Removê-los de qualquer instalação é, portanto, uma prática comum adotada nos dias de hoje.

Hoje, as linhas de cromação de Zamac mais modernas do mundo não possuem nenhum tipo de pré-tratamento que agrida ao meio-ambiente. O banimento dos solventes fora alcançado com a introdução de modernos e eficientes sistemas de ultrassom, que se combina com processos químicos, atuando de maneira eficaz na remoção das sujidades, sem alteração das propriedades da superfície da liga. O desafio a ser vencido em uma boa linha de pré-tratamento é a capacidade de deposição em uma peça polida, que possua compostos debastados, metais finos e massa de polimento. Algumas instalações

possuem um equipamento que faz uma lavagem nas peças, fazendo uso de desengraxantes especialmente formulados e isentos de solventes clorados. Possuem boa eficiência e podem ser empregadas em aplicações paradas e rotativas.

Um moderno sistema de desengraxe tem sua atuação baseada em diversos mecanismos de limpeza. São eles:

- Molhagem: utilização de agentes tensoativos: o desengraxante penetra e reduz a ligação da sujidade ao substrato, diminuindo a tensão superficial e interfacial.

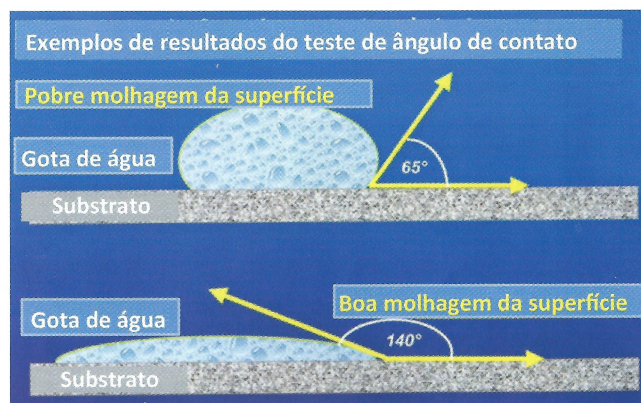


Figura 1: redução da tensão superficial da sujidade aderida na superfície

- Emulsificação: processo químico pelo qual surfactantes penetram nas sujidades e as dividem em minúsculas gotículas, suficientemente pequenas para permitir a dispersão e suspensão na solução. Estas são chamadas de micelas.

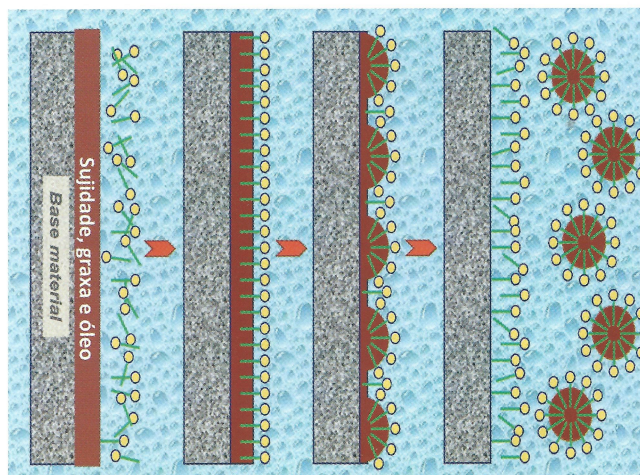


Figura 2: Formação de micelas de óleo em água

- Solubilização: o processo pelo qual a sujidade é completamente dissolvida no produto de limpeza
- Saponificação: reação química de um composto alcalino ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , etc) com um ácido graxo, um óleo graxo ou outro reagente que é convertido a um composto solúvel em água, tal como um sabão. Temperatura elevada, concentração e pH elevado promovem a velocidade e a conclusão da reação.



- **Dispersão (desfloculante):** um método no qual as partículas sólidas solúveis são divididas em pequenas partículas dispersas por ação de agentes tensoativos e outros materiais dissolvidos em detergente. O princípio é eficaz para os resíduos tais como aqueles oriundos da operação de polimento.

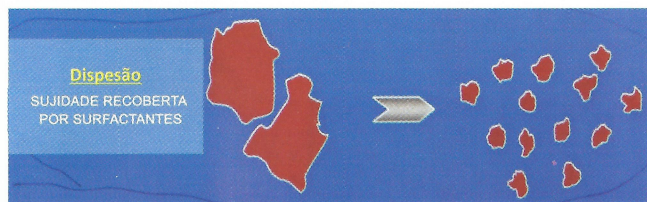


Figura 3: Princípio da limpeza por dispersão

As mais modernas linhas de Zamac possuem em sua sequência:

**Desengraxante químico:** solução ligeiramente alcalina para impedir o ataque ao substrato. Deve conter bons agentes emulsionantes e tensoativos. Tem como objetivo o amolecimento e a remoção dos filmes e as sujidades que se encontram apenas aderidos à superfície metálica. (1)

**Desengraxante ultrassom:** é o transmitido por ondas com frequência acima dos limites audíveis pelo ser humano. Basicamente a limpeza ultrassônica se consegue submergindo o objeto em um líquido de limpeza adequado e fazendo passar a energia ultrassônica através deste líquido, gerando desta forma a cavitação. A cavitação é a formação de milhões de microbolhas de vácuo no meio líquido que destroem a partícula da sujeira. É capaz de remover os mais diversos tipos de sujidades orgânicas e inorgânicas, tais como: óleos, graxas, massa de polimento, etc. As principais vantagens são o grau elevado de limpeza das peças e o tempo mínimo, sem trabalhos manuais adicionais e sem danificar as peças.

A frequência a ser usada é determinada pela sujidade a ser removida. Quanto maior a frequência, menor, o tamanho da microbolha, com isso o menor poder de remoção de impureza. Dependendo da aplicação, a utilização de multi-frequências vem apresentando bons resultados. A cerâmica piezoelétrica é a fonte do ultrassom da fonte e tem a capacidade de transformar energia elétrica em energia mecânica. Para esta finalidade, o mesmo produto pode ser utilizado, variando apenas a concentração de trabalho.

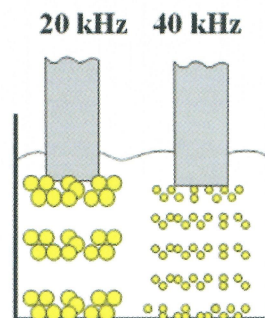


Figura 4: Variação da frequência x microbolhas formadas na cavitação

**Desengraxante eletrolítico:** É uma etapa complementar de limpeza que promove microlimpeza na superfície das peças. Podemos ter as peças atuando como catodo (catódico), ou o processo inverso, ou seja, anódico. O uso de formulações específicas para metais não ferrosos é fundamental. Aqui cabe uma importante discussão. Mundialmente, não existe uma unanimidade em relação ao uso de sistemas catódico e anódico nas linhas de cromação. Assim como existem instalações que aplicam apenas sistema catódico, outras o fazem

(1) Empregado o produto UniClean Soak SBR. Produto comercializado pela Atotech Galvanotécnica Ltda.



somente pelo anódico. Há ainda aquelas plantas que aplicam o sistema combinado. Uma regra a ser adotada é que o uso de um sistema anódico, quando em excesso, provoca forte alteração na tonalidade do material base, e este pode desencadear problemas cosméticos no final do processo. Seu uso, portanto, depende única e exclusivamente do tipo de peça, instalação, alcalinidade e concentração da solução. (2)

**Ativação:** esta etapa é tão importante quanto qualquer outra em uma linha de cromação de Zamac. Ativar uma superfície significa proporcionar limpeza com a remoção final de uma camada de óxido da superfície do substrato. O uso de ácidos contendo fluoreto tem se mostrado a melhor opção como ativação, finalizando a etapa de limpeza, e garantindo uma boa aderência com a base. Promove um micro-ataque à superfície, sem agredir. (3)

### LINHA ELETROLÍTICA

Uma vez preparada, a superfície precisa receber as camadas eletrodepositadas de metais para garantir embelezamento decorativo e proteção contra a corrosão. Outra questão absolutamente ampla é a sequência adotada nesta etapa do processo. Mesmo que para as mesmas aplicações, podem existir diferentes sequências de processo. As etapas abaixo apresentadas são aquelas mais usadas por empresas que oferecem ao Zamac poder máximo poder de encapsulamento, nivelamento, cobertura, resistência à corrosão e aparência cosmética. A sequência aqui apresentada refere-se a peças cromadas em ganchas, e não em tambor rotativo. Essas etapas são:

**Cobre alcalino strike (opcional)**

**Cobre alcalino**

**Lavagens**

**Ativação**

**Cobre ácido (opcional)**

**Lavagens**

**Níquel semi-brilhante (opcional)**

**Níquel brilhante**

**Lavagens**

**Cromo decorativo hexavalente ou trivalente**

Apresentamos abaixo as principais características de cada etapa:

**Cobre alcalino strike:** manter a função básica de “proteger” e “encapsular” o Zamac. Aplicado antes do banho camada, e com concentração reduzida, possui

capacidade de deposição de uma camada fina, que facilita o trabalho do banho posterior. Pode ser aplicada a versão do cobre alcalino com e sem cianeto. Seu uso tem ganhado escala mundial nas principais linhas. Pode ser usada uma fina camada de um micrometro.

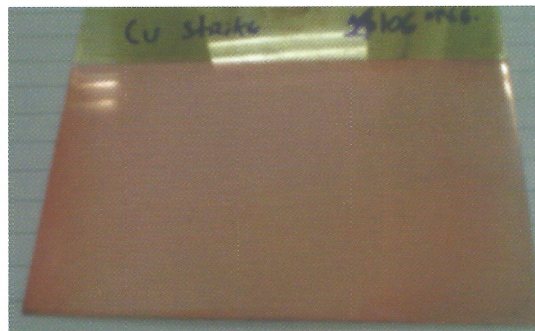


Foto 3: Pannel de célula de Hull de um depósito típico de cobre alcalino strike

**Cobre alcalino:** camada aplicada para proteção da camada de Zamac. Com o advento do tema do banimento do cianeto, tema que cada vez mais pauta as discussões do futuro da galvanoplastia, com relatos de sua proibição já chegando a países asiáticos, a versão sem cianeto é, sem dúvida, o futuro. Muito se espera no mercado de um processo capaz de substituir o cianeto e que este tenha as mesmas ou até mesmo, melhores características do que a versão cianídrica. Neste momento, existe um processo muito robusto, em funcionamento em mais de 10 países, e que tem apresentado bons resultados para esta finalidade. (\*) Testes em aplicações passadas, e também rotativas para o substrato Zamac indicam ser possível a eliminação do cianeto. Um futuro sustentável para o mercado de tratamento de superfície envolve a eliminação do cianeto. Países como a China já adotam sérias restrições ao seu uso, e mais recentemente, algumas regiões do Brasil estão encontrando dificuldades em adquirir um dos sais usados no processo cianídrico.

**Cobre ácido:** a utilização de cobre ácido para cromação de peças em Zamac também passa longe de ser uma unanimidade. Suas vantagens, quando corretamente aplicados, proporcionam um produto final com alto nivelamento. Entretanto, devido a sua capacidade de ele reagir com superfícies expostas de Zamac, seu uso não é universal. As soluções previamente discutidas, como o uso de um cobre alcalino strike, auxiliam sobremaneira o trabalho do cobre ácido. (\*\*) Seu uso é portanto, função das etapas anteriores ao processo, pois sérios problemas de ataque à superfície poderão acarretar problemas de qualidade, como excesso de

(2) Empregado o produto UniClean 279 BR.

(3) Empregado o produto UniClean 650.

Produtos comercializados pela Atotech Galvanotécnica Ltda.

(\*) O Processo Copperlume CNF 103 é totalmente isento de cianeto.

(\*\*) A linha Cupracid atende esta modalidade



aspereza e contaminações nos banhos de níquel e cromo trivalente.

**Níquel semi-brilhante:** é a mais nova tendência usada em produtos cromados de Zamac e que requireiram uma alta proteção contra a corrosão. Segmentos como a indústria de metais sanitários pedem no mínimo 144h de névoa salina neutra. Com o uso de um sistema bi-níquel, este valor é alcançado e ultrapassado. Com esta tecnologia, criamos uma espécie de pilha entre camadas de semi-brilhante e brilhante. Este depósito se torna mais nobre, e a corrosão é direcionada para a camada brilhante. Logo, retarda-se eventual ataque ao metal base. Esta é a tecnologia introduzida pela indústria automobilística e que retarda a corrosão, mesmo aplicando a mesma camada eletrodepositada. (\*\*\*)

**Níquel brilhante e cromo:** estas são etapas usadas em todas as linhas. Um processo de níquel de alto nivelamento auxilia no nivelamento de superfícies porosas de Zamac, e, logo, em sua proteção. Acabamentos de cromo hexavalente e trivalente têm sido usados mundialmente. Para instalações contendo cromo trivalente, o emprego de resinas trocadores de íons se faz necessário, devido à inevitável contaminação de zinco pelo substrato. Logo esta tecnologia é, portanto, indispensável.

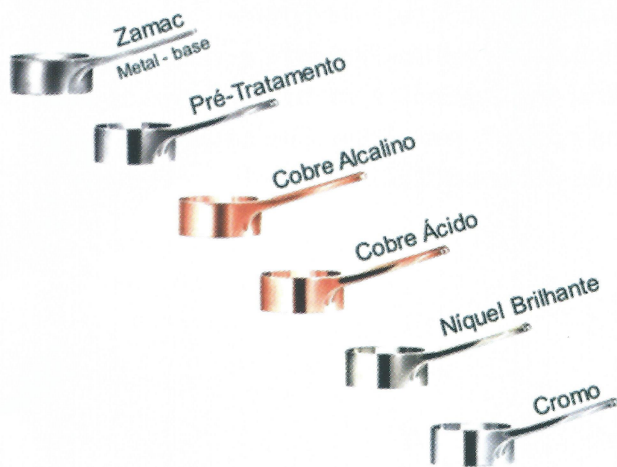


Figura 5: Sequência mais usada, hoje pede atualização com uso de um banho de cobre alcalino strike e níquel semi-brilhante

## CONCLUSÃO

O assunto é de grande interesse. A obtenção de know-how na cromagem de Zamac passa por uma longa curva de aprendizado. A boa notícia é que este mercado parece estar em franca expansão. Setores que até então mantinham distância desta liga de zinco, alumínio, magnésio e cobre, se renderam por questões econômicas. As respostas de melhorias técnicas e boas

práticas vieram com a introdução de novas tecnologias em processos químicos e equipamentos. Discutir o futuro da cromagem do Zamac passa necessariamente pelo total banimento de solventes clorados. A resposta para a obtenção de uma boa etapa de limpeza é a utilização de modernos e eficientes sistemas de ultrassom. A combinação de um bom processo, aliado ao equipamento, tem demonstrado excelentes resultados práticos.

Outra questão há anos em discussão é o banimento do cianeto no mercado. E agora, como fica o cobre alcalino sem cianeto? A resposta a esta questão já chegou. O mercado ainda não o substitui por uma questão legal, ainda não está proibido. A substituição parece ser indiscutível, e o processo atende esta nova demanda. Algumas regiões do Brasil já requerem o fim do uso do cianeto num curtíssimo espaço de tempo. Um grande paradigma está por cair por terra. O desenvolvimento de uma etapa anterior ao cobre alcalino camada, o processo Strike é uma das boas novidades introduzidas no mercado recentemente. Grandes linhas no exterior servem como exemplo e referência.

Outro tema que nunca foi uma unanimidade são os empregos de uma camada de cobre ácido e outra de níquel semi-brilhante. O uso de cobre ácido é função de uma boa camada prévia de cobre alcalino e, por isso, seu uso é limitado. Já a introdução do níquel semi-brilhante atua no sentido de melhoria na proteção contra a corrosão, mesmo num substrato com superfície porosa. É a mais nova resposta a esta demanda mundial. Enfim, a cromagem do Zamac é, sem dúvida, um grande desafio no dia-a-dia. Conhecer seus limites e suas propriedades nos ajuda a melhorar e corrigir eventuais problemas. A injeção é um tema de grande importância, e deve ser mais bem estudada e compreendida, pois afeta diretamente a cromagem. No tocante a inovações e tendências, o processo de cromagem aqui apresentado contempla as mais novas tecnologias recentemente introduzidas para proporcionar vida longa a esta liga. ■

Anderson Bos

Gerente de Produto DECO/POP  
Atotech do Brasil Galvanotécnica Ltda  
[anderson.bos@atotech.com](mailto:anderson.bos@atotech.com)

(\*\*\*) O processo Atotech Mark 1900 atende este requisito. Seu controle se dá através da medição de potencial, o chamado STEP Test.