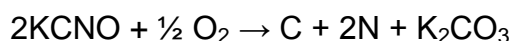


A nitreção em banhos de sais – uma visão sistêmica do processo

Luiz Roberto Hirschheimer (*)
 Roberta Nardaci Dias (**)
 Valdir Albencio (***)

1- Introdução:

Os processos termoquímicos popularmente conhecidos por “nitreção em banhos de sais” surgiram, industrialmente, na década de 1930. Apesar do nome, a idéia de que as superfícies das peças ou ferramentas serão enriquecidas apenas com nitrogênio, não é verdadeira - junto com o nitrogênio também se introduz carbono, o que pode ser visto pela reação química básica que ocorre nos sais contidos no banho:



No meio acadêmico, o processo recebe o nome genérico de “**nitrocarbonetação em banhos de sais**” (processos comercialmente conhecidos por SBN, TUFFTRIDE, MELONITE, SURSULF, TENIFER, etc.) Se, ao final do tratamento, a camada nitrocarbonetada ainda for oxidada, o processo passará a denominar-se “**oxinitrocarbonetação em banhos de sais**” (conhecidos pelos nomes comerciais de QPQ, ARCOR, OXINIT, TENOX, etc.).

A vantagem da nitrocarbonetação em banhos de sais, quando comparada a outros processos, reside nos tempos curtos dos tratamentos (as profundidades nitrocarbonetadas, mencionadas na tabela do capítulo 6, consideram tempos de tratamento de 3’ a 2 horas), na possibilidade de se tratarem grandes lotes de peças numa mesma fornada, na homogeneidade dos resultados obtidos, na quantidade mínima de parâmetros de processo a serem controlados, na dispensa da utilização de processos muito caros para a pré-limpeza e no baixo custo de capital.

Como desvantagem, deve-se mencionar que estes processos não permitem tratamentos parciais e que a pós-limpeza de peças que apresentem furos cegos, exige maiores cuidados.

Quanto aos aspectos ambientais, deve-se salientar que os processos de nitrocarbonetação em banhos de sais **atendem a todos os requisitos das normas ISO 14000**. Os produtos resultantes das reações químicas dos banhos (formação de lama) são criteriosamente armazenados e destinados a aterros da Classe II. As águas utilizadas para a limpeza das peças são tratadas numa ETE (Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos) e lançadas na rede pública, de acordo com as exigências estabelecidas no Artigo 19 do Decreto-Lei Estadual nº 8468/76, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, no Estado de São Paulo.

(*) gerente técnico da Techniques Surfaces do Brasil Ltda.

(**) coordenadora da garantia de qualidade e gestão do meio ambiente da Techniques Surfaces do Brasil Ltda.

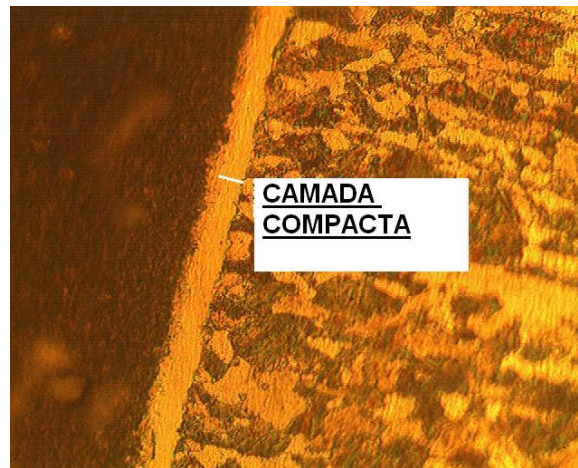
(***) gerente industrial da Techniques Surfaces do Brasil Ltda.

2- Propriedades obtidas pelas peças nitrocarbonetadas:

- Baixo coeficiente de atrito adesivo (metal x metal).
- Baixo coeficiente de engripamento (poder autolubrificante).
- Baixa aderência a plásticos e metais líquidos.
- Alta resistência à fadiga de contato (formação de pites).
- Alta resistência à fadiga mecânica (vibração, esforços alternados, etc.) e térmica.
- Alta resistência à corrosão. Peças tratadas pelo processo de nitrocarbonetação resistem, em média a 48 horas de testes de salt-spray (ASTM B-117); quando o processo for o de oxinitrocarbonetação, chega-se a cerca de 144 horas e, se antes da oxidação final, ainda for realizada uma operação intermediária de polimento, pode-se chegar a ultrapassar 400 horas, desde que a rugosidade superficial (Ra) seja inferior a 0,2 μm .

3- Metalografia de uma peça/ ferramenta nitrocarbonetada:

A grande maioria dos processos de nitrocarbonetação é realizada a baixas temperaturas (abaixo de 600°C). Nestas condições, a velocidade de transporte do nitrogênio e do carbono, do meio nitrocarbonetante até a superfície das peças, é bem superior àquela da difusão destes elementos em direção ao núcleo do aço (ou do ferro fundido). Conseqüentemente, logo abaixo da superfície, acumulam-se átomos de nitrogênio que não conseguem difundir e acabam formando uma zona sub-superficial, predominantemente constituída por nitrocarbonetos complexos do tipo ϵ ($\text{MeFe}_{2,3}\text{N}$), tecnicamente denominada “camada branca” (white layer, em inglês) ou “zona de complexos” (compound layer, em inglês)....vide fotomicrografia abaixo.



Corte transversal a um eixo de aço SAE 1045
Ampliação: 400:1 Ataque: Nital 3%

A denominação “**camada branca**” deve-se ao simples fato dela permanecer branca, mesmo depois de ser “atacada” por um reagente metalográfico (Nital). Isto significa que suas **características estruturais são diferentes das do restante do aço; elas se assemelham às dos materiais cerâmicos, com a diferença de apresentarem uma maior tenacidade, pelo fato de possuírem carbono em sua composição (i).**

(i) Processos de nitretação pura (sem difusão simultânea de nitrogênio e carbono) também podem vir a formar camadas brancas constituídas por nitretos do tipo ϵ , porém sua tenacidade será inferior à obtida pela nitrocarbonetação.

Normalmente, **a camada branca das peças nitrocarbonetadas em banhos de sais apresenta porosidades (ii)** junto à superfície das peças. Dependendo das funções que estas peças deverão assumir no campo, as porosidades poderão ser desejáveis, ou não. Assim, **se a superfície da peça tiver que suportar cargas superficiais específicas relativamente altas (em torno de 20 MPa para aços-carbono e de construção mecânica), é recomendável que a porosidade não ultrapasse 30% da profundidade total.** Já quando o objetivo do tratamento for a **obtenção de propriedades “auto-lubrificantes”, recomenda-se uma porosidade de até 50%**, suficiente para reter óleos ou selantes especiais. Camadas brancas com porosidades mais altas poderão “desplacar”.

(ii) A causa da **formação de poros** nas regiões mais externas da camada branca ainda não foi plenamente identificada. A teoria mais aceita até o momento diz que, devido à baixa difusibilidade dos átomos de nitrogênio no aço, e também ao excesso de oferta do meio nitrocarbonetante (quando a nitrocarbonetação é realizada em banhos de sais, a fonte de nitrogênio é o cianato, descrito no primeiro item deste artigo), dois átomos (íons) de nitrogênio poderão unir-se, formando-se uma molécula, dentro do reticulado cristalino da liga de ferro. Este fenômeno aumentaria tanto a pressão do sistema, que os átomos de ferro se afastariam, criando um espaço vazio (poro).

Logo abaixo da “camada branca”, encontram-se muitos átomos de nitrogênio que conseguiram penetrar mais profundamente (difundir) no aço/ ferro fundido. Esta região é denominada “zona de difusão” e apresenta-se mais escurecida do que a matriz do restante do material. Nela, os átomos de nitrogênio formam pequenos nitretos metálicos, do tipo α' , que contribuem, significativamente, para o aumento da rigidez do sistema (dureza) e para o “bloqueio de discordâncias”. Esta última função é a responsável pelo aumento da resistência à fadiga mecânica e térmica dos materiais nitrocarbonetados.

4- Empenamento de peças nitrocarbonetadas em banhos de sais:

Quando se fabricam peças sem se respeitarem as regras básicas de usinagem como, por exemplo, ultrapassar o limite de escoamento do material, chegando até a produzir

cavacos azuis, qualquer aquecimento que se realize acima de $\sim 450^{\circ}\text{C}$, poderá empená-las (lembre-se que o alívio de tensões de um aço tensionado acima do seu limite de escoamento determina uma deformação residual que, num teste de tração, denomina-se alongamento).

A maioria dos processos é realizada entre 520 e 600°C . Se a usinagem não puder ser realizada sem “forçar demais” o material, recomenda-se fazer um alívio de tensões, a pelo menos 50°C acima da temperatura que será utilizada pelo processo de nitrocarbonetação, antes de iniciar-se o tratamento. Se, depois do alívio de tensões, as peças empenaram, significa que elas se encontravam tensionadas acima do limite de escoamento e, deverão ser desempenadas criteriosamente. Só depois disto é que se devem tratar as peças.

5- **Distorções dimensionais de peças nitrocarbonetadas em banhos de sais:**

A introdução de nitrogênio e de carbono pela superfície de uma peça determina, naturalmente, um aumento de volume (dois corpos não podem ocupar lugares iguais num mesmo espaço).

Quando o material tiver sido previamente temperado e revenido, é importante que a temperatura de revenimento utilizada seja superior àquela que será utilizada pelo processo de nitrocarbonetação. A razão disto reside no fato do revenimento causar uma redução volumétrica do aço (ou do ferro fundido). Se estas precauções forem obedecidas, vale a seguinte regra:

Independentemente das dimensões, cada face das peças tratadas pelos processos de nitrocarbonetação em banhos de sais **“incha” entre 25% e 33% da espessura da camada branca.**

Exemplo:

Peça plana:

- Profundidade da camada branca especificada: 10 a 15 μm .
- Crescimento mínimo, por face: 25% de 10 μm = 2,5 μm .
- Crescimento máximo, por face: 33% de 15 μm = 5,0 μm .

Eixo, ou furo interno:

- Profundidade da camada branca especificada: 10 a 15 μm .
- Crescimento / redução mínima do diâmetro do eixo/ furo: $2 \times 25\%$ de 10 μm = 5,0 μm .
- Crescimento / redução máxima do diâmetro do eixo/ furo: $2 \times 33\%$ de 15 μm = 10,0 μm .

6- Durezas superficiais e profundidades de nitrocarbonetação típicas dos processos de nitrocarbonetação em banhos de sais:

Tipo de aço	Exemplos (SAE/ASTM)	Dureza Superficial (HV 0,2)	Camada branca (µm)	Camada de difusão (µm)
Baixo carb.	1010, 1020, 9SMn28K	≥350 (≥35 HRC)	01 a 25	250 a 500
Médio carb.	1038, 1045, 1060	≥500 (≥49 HRC)	01 a 25	250 a 500
Cementação	8820, 16MnCr5	≥550 (≥52 HRC)	01 a 18	180 a 350
Baixa liga	4140, 4340, 5140, 8640	≥600 (≥55 HRC)	01 a 18	180 a 350
Nitretação	DIN 1.8550	≥900 (≥67 HRC)	01 a 18	180 a 350
Tr. a quente	H10, H11, H12, H13	≥900 (≥67 HRC)	01 a 12	120 a 250
Tr. a frio	D2, D3, D6, DIN 1.2990	≥900 (67 HRC)	01 a 12	120 a 250
Inoxidável	310, 316, 410, 420	≥1.000	01 a 03	020 a 070
Rápido	M2, M35, M42	≥1.100		

7- Exemplos de peças nitrocarbonetadas:

NITROCARBONETAÇÃO



OXINITROCARBONETAÇÃO



Moldes para injeção de alumínio



OXINITROCARBONETAÇÃO COM POLIMENTO INTERMEDIÁRIO

