

INVESTIGAÇÃO SOBRE BÔLHAS EM CHAPAS GALVANIZADAS ⁽¹⁾

PEDRO SILVA ⁽²⁾

RESUMO

O Autor descreve uma investigação do defeito chamado bôlhas em chapas galvanizadas, apresentando os resultados obtidos após providências tomadas para evitar ou minimizar aquêlê grave inconveniente. Trata-se de uma investigação de usina, que poderá ser de grande utilidade para indústrias correlatas, como as de esmaltação, zincagem e estanhagem de peças acabadas.

1. BÔLHAS E O PROBLEMA DE SUA OCORRÊNCIA

As indústrias que incluem na sua linha de produção, não só fôlhas de Flandres, como chapas galvanizadas, com maior ou menor freqüência defrontam-se com o problema de *bôlhas* nestes produtos. Tal aconteceu na Usina de Volta Redonda, onde o contrôle de qualidade por meio das cartas de contrôle passou a mostrar um acentuado aumento de incidência daquele defeito. Antes de mostrar a extensão do problema que se apresentou, serão descritos o defeito em si e as conseqüências que acarreta.

Chamam-se de "*bôlhas*" ("blisters") os empolamentos que surgem nas etapas finas de aço reduzidas a frio, recozidas, decapadas e revestidas pelo zinco ou estanho, na inspeção feita após o processo de revestimento, causadas por expansão de gás ocluso. Deve-se observar que estas bôlhas surgem em outros processos, como esmaltação, estanhagem de peças acabadas, etc., desde que o aço utilizado seja susceptível ao defeito ou supondo que aquelas operações não sejam tècnicamente bem conduzidas. Podem surgir também após a decapagem conforme as condições extremamente susceptíveis do aço.

(1) Contribuição Técnica n.º 411. Discutida na Comissão «E» do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro de Minas, Metalurgia e Civil; Chefe do Departamento de Processos e Inspeção da Cia. Siderúrgica Nacional; Volta Redonda, R.J.

Segundo a teoria geralmente aceita, as bôlhas originam-se da difusão do hidrogênio durante a decapagem, que precede imediatamente ao processo de revestimento, porquanto a aderência do metal que reveste exige superfície limpa e bem preparada. Na decapagem, o ácido deve atacar a interface aço-óxido superficial, com o menor ataque possível sôbre o aço, para o que se utilizam os inibidores. Na remoção da camada de óxido, proveniente de laminação a quente ou recozimento azul, passam-se as seguintes reações principais:



A reação (1) traduz o ataque do óxido na interface com o aço, resultando desagregação do óxido; a reação (2) é indesejável, pois traduz o ataque sôbre o aço, minorado pelo uso de inibidores.

O hidrogênio nascente, em forma atômica, tem grande facilidade de difusão através do aço, dependendo de concentração, temperatura e pressão. A difusão do H no aço pode ser ilustrada pela curva da figura 1, onde se representa o tempo necessário para a difusão de 4 cm³ de hidrogênio através de uma chapa fina¹. Se o aço não contém condições internas anormais ou não possui o que chamamos "susceptibilidade a bôlhas", o hidrogênio difundirá para o exterior, assim como penetrará. No entanto, se o aço contiver descontinuidades internas (como pequenos vazios, embora contendo gás retido durante a solidificação do lingote; bôlhas não soldadas durante a laminação; inclusões; excesso de segregação, etc), o hidrogênio atômico passa à forma molecular H² mediante a união dos átomos dois a dois. A difusão molecular é muito mais difícil do que a atômica; as moléculas gasosas vão se acumulando nas descontinuidades².

Para se ter um volume de 1 cm³, tamanho médio de bôlhas, nas condições normais, são necessárias apenas 0,089 mg do gás. Na temperatura do banho de zinco, na galvanização, aquele volume multiplica-se por 2,5. Resulta um aumento de pressão na região da descontinuidade interna que, no plano de menor resistência da chapa, exerce forças normais que empolam a superfície ou forma uma protuberância. Interessantes experiências sôbre formação das bôlhas foram feitas por C. A. Edwards³, nas quais se constatou que a segregação dos átomos de hidrogênio se faz na interface do aço com um óxido ou produto não-metálico.

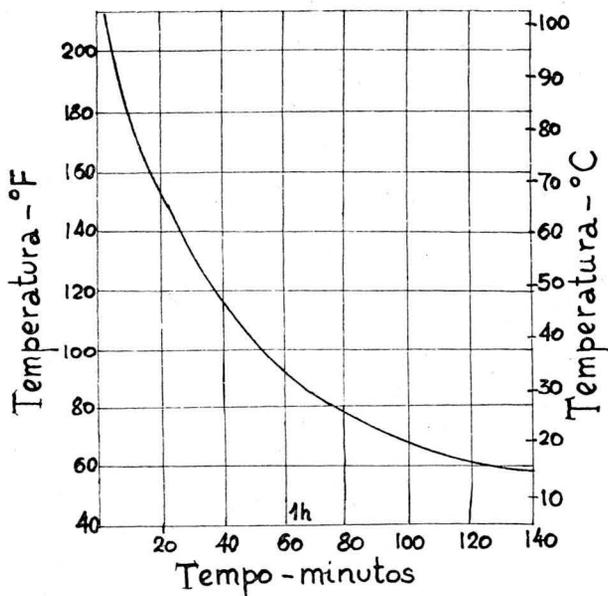


Fig. 1 — Curva que dá o tempo de difusão, em função da temperatura e através de aço de baixo carbono, de 4 cm³ de hidrogênio.

A pressão exercida pelo gás pode alcançar valores muito altos, como no seguinte exemplo citado por Kazinczy ⁴: uma concentração de 5 ml de H² por 100 g de aço dá origem a uma pressão de 17 at a 600°C.



Fig. 2 — Modo de ocorrência das bolhas, sempre em linha, no sentido da laminação.

A figura 2 mostra como ocorrem as bolhas, segundo secção reta de uma chapa galvanizada. A forma varia desde a semi-esférica à alongada no sentido da laminação. A disposição das bolhas em rosário ou linhas paralelas ao sentido da laminação demonstra que elas estão associadas a descontinuidades que foram alongadas pelo trabalho de laminação. Quanto ao tamanho, varia desde fração de milímetro a alguns centímetros de comprimento. Na figura 3a vê-se a disposição de bolhas em uma chapa recém-galvanizada e na 3b o mesmo defeito ocorrido na esmaltação.

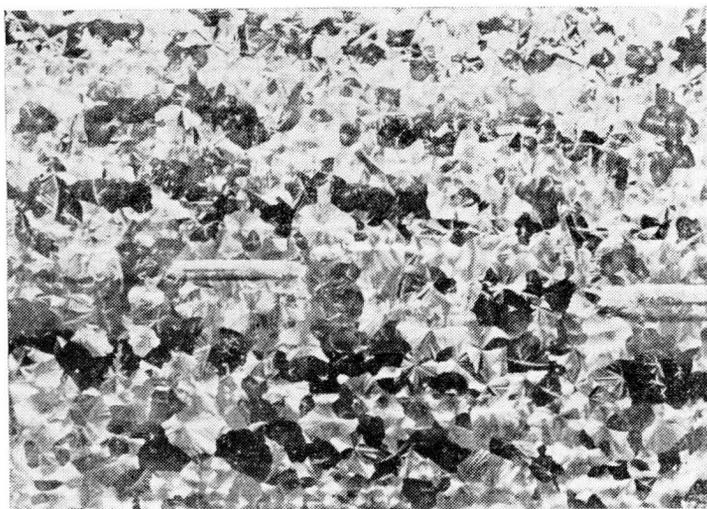


Fig. 3-A — Chapa galvanizada contendo bôlhas (blister), sempre no sentido de laminação.

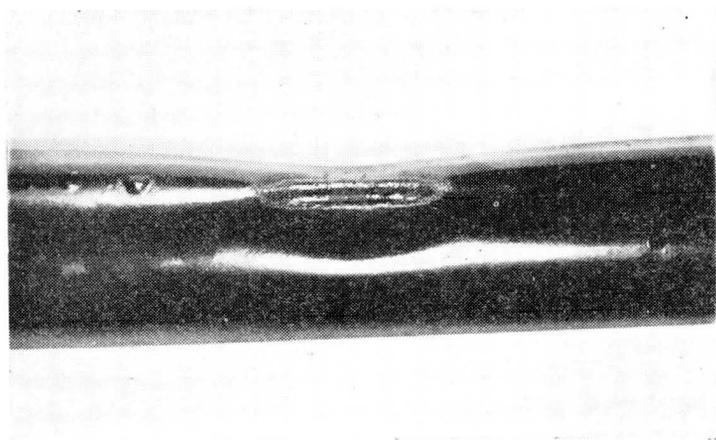


Fig. 3-B — Peça esmaltada a fogo, com o mesmo defeito.

O inconveniente d'êste defeito é evidente: durante a utilização da chapa (em dobramentos, encurvamentos e mesmo estampagem) haverá ruptura no local; na melhor das hipóteses, a aparência da peça acabada ficará prejudicada. Particularmente perigosas, para a utilização da chapa, são as bôlhas que não chegam prôpriamente a empolar ou o fizerem levemente, de modo

que sua detecção se torna mais difícil. Isto acontece quando a pressão do gás não foi suficiente para levantar a espessura de aço logo acima do local de acumulação. Igualmente, o defeito agravar-se-á quando se fizer um dobramento, como se mostra na figura 4.

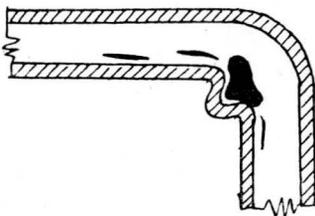


Fig. 4 — Conseqüência do dobramento em chapa com bolha.

O aparecimento de bolhas nas chapas proíbe a sua classificação como de primeira qualidade. Uma pequena proporção de bolhas de tamanho reduzido e pouco numerosas, permite sua classificação como 2.^a qualidade; porém, a grande parte se enquadra em 3.^a qualidade e uma parte é sucata.

2. CARTAS DE CONTRÔLE

Durante os meses que serão chamados 1 a 12, as cartas de controle de qualidade das chapas finas laminadas a frio, no setor de galvanização, mostraram os resultados expostos na figura 5.

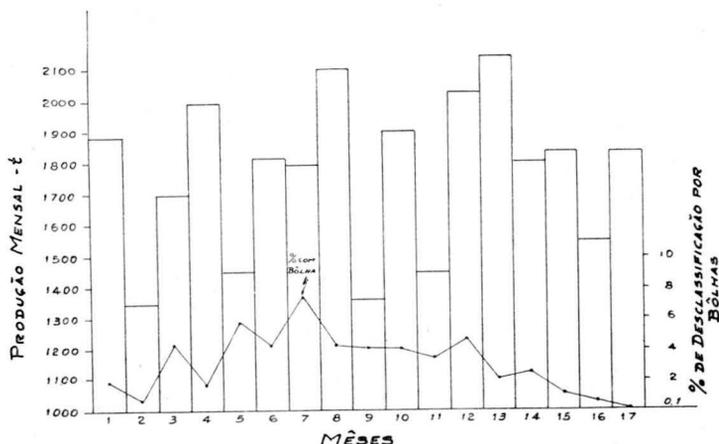


Fig. 5 — Gráfico da produção e da porcentagem de chapas defeituosas. As principais alterações de processo (para remover o defeito) fizeram-se a partir do 14.^o mês.

Verificou-se, então, que a média ponderada de chapas galvanizadas recusadas era de 3,8% da produção, devido a bôlhas. Portanto, uma parte da produção total era desviada por êste defeito, o que mereceu uma investigação do órgão competente.

O primeiro passo dado foi levantar as condições existentes dos fatores que influem ou são mais afetados no aparecimento das bôlhas. Êstes fatores são:

- Condições de decapagem que antecede a galvanização: acidez, tempo de imersão, temperatura, uso de inibidores e teor de ferro;
- Estado da superfície das chapas antes da decapagem;
- Espessura da chapa; e
- Condições internas do aço, que se traduzem na "susceptibilidade a bôlhas".

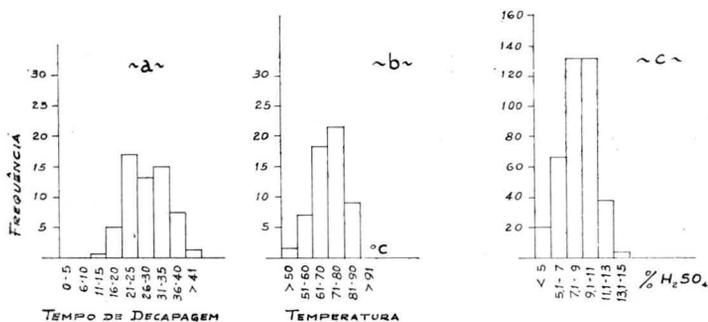


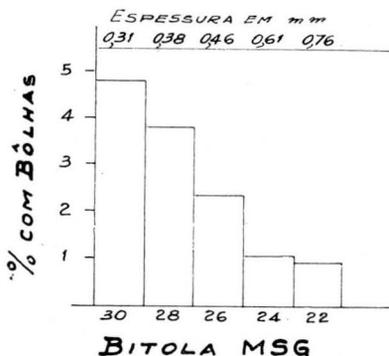
Fig. 6 — Condições de decapagem no início do controle: a — Tempo médio de aproximadamente 27 minutos; b — Temperatura de 50°C a 90°C; c — Acidez ou concentração de H²SO⁴. Cada ocorrência representa a média de 8 horas de trabalho ininterruptas.

a) *Condições de decapagem* — Estas condições não foram consideradas plenamente satisfatórias, como se vê nos gráficos da figura 6a, 6b e 6c, o que era devido, não só a fatores próprios da operação de decapagem, como a outros anteriores. Assim, julgou-se que os tempos de decapagem eram variáveis dentro de uma faixa ampla, e, às vezes, excessiva. As temperaturas, na maioria das vezes satisfatórias, porém, um tanto variáveis.

A concentração de H²SO⁴, sempre controlada por teste de Laboratório, mantinha-se satisfatória e o mesmo quanto ao uso de inibidores. Também o teor de Fe máximo permissível não era ultrapassado.

b) *Estado da superfície das chapas recebidas na decapagem* — A superfície das chapas a serem decapadas deve ser isenta de carepa, óleo e resíduos carbonosos, a fim de permitir bom contacto da solução ácida. Esta deverá remover a oxidação normal do aço, adquirida durante o recozimento azul e eventual ferrugem de estocamento. Ora, as bobinas destinadas à galvanização não recebem limpeza alcalina do óleo de redução a frio e o gás utilizado como atmosfera desoxidante nos fornos de recozimento, em certas condições, acarreta reações superficiais que formam depósitos carbonosos sôbre o material. Êstes depósitos, de diversas colorações, comumente variando do cinza ao prêto, atuam como um filme de verniz que dificulta a decapagem. Verificou-se que, muitas vêzes, o tempo excessivo de decapagem era motivado pela preocupação de remover êstes filmes de impureza da superfície das chapas. Prolongando o tempo de imersão introduz-se um fator desfavorável que poderá se somar a outros, aumentando a ocorrência de bôlhas.

Fig. 7 — Incidência de bôlhas conforme a espessura de chapas galvanizadas; levantamento durante os meses de 9 a 14.



c) *Espessura da chapa* — A figura 7 foi feita para constatar a influência da espessura da chapa na ocorrência de bôlhas. Como era de se esperar, quanto mais fina a chapa, mais fácil de se formar uma bôlha. Com efeito, encontrando menor espessura de aço, o hidrogênio tem menos resistência oposta à sua expansão.

Na figura 5, as maiores percentagens de chapas com bôlhas correspondem aos meses em que a produção de chapas finas predominou. Êste levantamento de dados referente à espessura da chapa foi considerado importante nas providências tomadas, como será visto a seguir.

d) *Condições internas do aço* — O aço utilizado para a produção de chapas galvanizadas nos meses de 1 a 12 referidos no item 2, era todo do tipo efervescente, de baixo carbono. Como é sabido, este aço tem estrutura e análise bem heterogêneas conforme o local considerado do lingote⁵. Assim, na parte superior do lingote encontram-se as condições que acarretam a “susceptibilidade a bôlhas”: segregação positiva, inclusões, vazios, bôlhas de gás que eventualmente não se soldam durante a laminação, etc.

Deve-se notar, porém, que as bôlhas de galvanização formam-se, na quase totalidade se não tôda, de hidrogênio libertado durante a decapagem.

A fração deste gás que se difunde através do aço depende das condições de decapagem; às vezes é tão grande esta difusão que a baixa temperatura de decapagem é suficiente para expandir o gás e dar origem a bôlhas, mesmo antes de mergulhar a chapa no banho de zinco a 450°C. Portanto, as bôlhas formam-se com o gás libertado na decapagem prévia em aço com “susceptibilidade a bôlhas”.

Gases oriundos da elaboração do aço ou decapagem antes da redução a frio são causas remotas, uma vez que as bôlhas eventuais soldam-se na laminação ou há difusão do gás para o exterior, respectivamente, durante o tempo decorrido até a prévia decapagem na galvanização. Prova disto é não se observarem bôlhas em chapas finas após o recozimento, onde quaisquer gases oclusos deveriam se expandir. Portanto, para se formar uma bôlha é preciso, antes de tudo, haver suficiente hidrogênio em estado nascente e depois susceptibilidade do aço.

3. MEDIDAS DE CORREÇÃO ADOTADAS

Por se tratar de uma investigação industrial, em que o interesse maior é extinguir as suas causas imediatas ou medidas de produção de material defeituoso, as medidas adotadas para que se alcançassem níveis aceitáveis de ocorrência de bôlhas foram praticamente simultâneas. Dêsse modo, não se procurou fixar a influência de cada fator no resultado final, trabalho que também envolveria pesquisas de Laboratório. No entanto, pode-se adiantar desde já que, usando um tipo de aço com menor “susceptibilidade a bôlhas”, a influência foi bem significativa.

a) *Condições de decapagem* — Procurou-se trabalhar com temperatura mais constante, controlada automaticamente e a acidez manteve-se dentro da mesma faixa anteriormente adota-

da, isto é, de 60°C a 70°C e 5% a 12% de H²SO₄, respectivamente (figs. 8b e 8c).

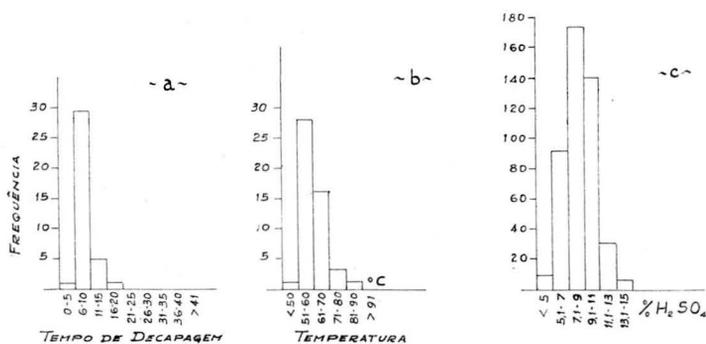


Fig. 8 — Condições de decapagem após as alterações ditas pelo controle: a — Tempos de decapagem menores; b — Temperaturas predominando entre 50°C e 70°C; c — Acidez, em geral, de 7% a 12%. Cada ocorrência, lançada em ordenadas, representa a média de 8 horas de trabalho.

Quanto aos tempos de imersão, foi possível diminuí-los a um máximo compatível com uma decapagem adequada. Tem-se na figura 8a a distribuição dos tempos de imersão das chapas no banho ácido, após introduzido o controle; 6 a 10 minutos é um tempo suficiente para bons resultados.

Evidentemente, para tôdas as outras condições iguais, o tempo de decapagem influirã na quantidade de hidrogênio desprendido e, portanto, na fração que se difunde no aço, acarretando mais bôlhas no aço "susceptível". Mesmo em aço não-susceptível a bôlhas, a difusão de hidrogênio deve ser controlada (ou corrigida com tratamento seguido à galvanização), a fim de se evitar outro inconveniente, não menos grave, que é a fragilidade do aço (Hydrogen embrittlement).

b) *Estado de superfície das chapas* — Diversas medidas foram tomadas em operações anteriores, visando obter uma superfície mais limpa nas chapas destinadas à decapagem da galvanização. O processo desejado consistia em emprestar ao aço para galvanização os mesmos cuidados tidos com o destinado à fabricação de fôlhas de Flandres. Em ambos os processos, as condições de limpeza superficial são de grande importância, não só para permitir uma perfeita decapagem como a necessária aderência e perfeição dos respectivos revestimentos. Assim, o ideal seria dar uma limpeza alcalina eletrolítica logo após a redução a frio para eliminar o óleo, nas bobinas de espessura

mais fina, comparáveis às de fôlhas de Flandres (0,31 a 0,46 mm).

Em seguida, o recozimento seria feito com o novo gás desoxidante HNX, adquirido para recozer bobinas destinadas a fôlhas de Flandres. Devido a limitações atuais do primeiro equipamento, só foi possível realizar algumas experiências, cujos resultados foram favoráveis. No entanto, passando a recozer com o gás desoxidante NHX, embora sem a limpeza prévia do óleo, conseguiu-se obter uma superfície bem melhor, particularmente livre de depósitos carbonosos que, para serem removidos, exigiam longos tempos de decapagem, com os inconvenientes apontados. Recebendo chapas com a superfície mais limpa, a decapagem tornou-se mais fácil, não havendo mais necessidade de prolongar-se a imersão, na solução ácida, como acontecia com freqüência, donde os valores altos constatados para aquêle tempo no início do contrôle. Assim sendo, conseguiu-se trabalhar sempre com o tempo de decapagem dentro de maior uniformidade, condição mantida a partir do 14.º mês, obtendo-se, para a distribuição dos tempos, o gráfico da figura 8a.

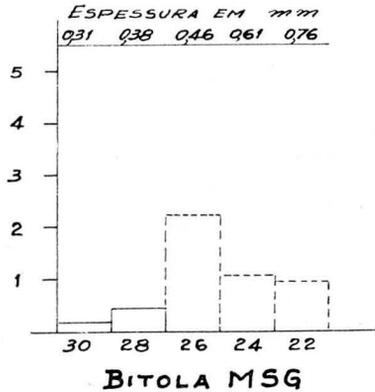
c) *Condições internas e tipos de aço empregado* — Desde quando os tratamentos finais do aço foram considerados satisfatórios, a correlação entre ocorrência de bôlhas e qualidade dêsse aço pôde ser melhor verificada. Ocorriam mais bôlhas em aço cuja qualidade interna era considerada pior. No entanto, mudar o tipo dêsse aço para tôda a produção de chapas galvanizadas não era viável.

Utilizou-se, então, do gráfico da figura 7, que mostra incidência de bôlhas crescente com a diminuição da espessura e o Autor propôs o emprêgo do aço capeado mecânicamente em lingoteira garrafa para chapas de espessura igual ou inferior a 0,38 mm (bitola 28). Êste tipo de aço vem sendo empregado desde fins de 1958 na produção de fôlhas de Flandres e apresenta condições internas mais homogêneas⁶. Sob o ponto de vista da “*susceptibilidade a bôlhas*”, o aço capeado leva vantagem sôbre o efervescente, porque os defeitos internos (que definem aquela condição) acham-se mais disseminados no corpo do lingote, sem atingir concentrações locais em grau favorável à origem de bôlhas.

Pela sua homogeneidade, o aço acalmado também seria indicado, como constataram P. Bardenheur e Gustav Thanheiser⁷; porém, foram conseguidos resultados idênticos usando um tipo de aço menos oneroso e de maiores rendimentos. Na figura 5 mostram-se os resultados totais obtidos com as providências tomadas e, em detalhe, na figura 9, o acentuado efeito produzido pela mudança do tipo de aço nas chapas mais finas. O ideal

seria estender-se o tipo de aço capeado mecanicamente a chapas de espessura maior, o que depende de maiores disponibilidades de equipamento na área do lingotamento.

Fig. 9 — Incidência de bôlhas nas bitolas 28 e 30, após as alterações ditadas pelo contrô-
le; é muito menor do que anteri-
ormente (figura 7). Em lin-
has pontilhadas, o que se pode
esperar nas demais bitolas, nas
condições atuais.



Nos meses 1 a 12 registraram-se, como foi visto, 3,8% em média de chapas defeituosas; nos meses 13 a 17 êste índice desceu para 1,25%. Considerando que as modificações mais importantes foram introduzidas a partir do dia 19 do 14.º mês, poder-se-ão considerar as médias dos meses 15, 16 e 17 como representativas das condições atuais. Nestes 3 meses, a ocorrência de bôlhas situou-se em 0,5%. Portanto, o contrô-
le e correções no processamento trouxeram uma diminuição média de 3,3% na parcela afetada da produção, valor que se considera altamente significativo em vista do valor econômico do material.

4. CONCLUSÕES

Desta investigação (de caráter industrial, como foi acentuado de início), resultam as seguintes conclusões que podem ser observadas também pelos fabricantes de peças esmaltadas, galvanizadas e estanhadas:

- Para se formar o defeito chamado bôlha ("blister") é necessário haver suficiente absorção de H nascente durante a decapagem prévia àqueles revestimentos. Tôda e qualquer medida que resulte na diminuição de absorção do H é importante para evitar o defeito.
- Uma vez absorvido o H atômico, é preciso que o aço possua condições internas que o tornem "susctível a bôlhas". O uso de um aço com condições internas adequadas permite a não formação de bôlhas, ou porque não se concentrou o gás em forma molecular, ou porque esta concentração se fêz em número maior de locais, resultando uma distribuição mais uniforme e quantidade oclusa de gás insuficiente para originar o defeito.

AGRADECIMENTOS

O Autor agradece à Direção da CSN as facilidades que lhe concedeu para publicação de dados da Usina de Volta Redonda e a cooperação dos Srs. W. Timmerhof e Geraldo S. Nunes.

BIBLIOGRAFIA

1. J. R. DALSEN — *Galvanizing Handbook*.
2. W. E. HOARE e E. S. HEDGES — *Tinplate*.
3. C. A. EDWARDS — *The Structure and Properties of Mild Steel*.
4. F. KAZINCZY — *A Theory of Hydrogen Embrittlement*.
5. PEDRO SILVA — *Fabricação de chapas galvanizadas na Usina de Volta Redonda*. Revista da Escola de Minas, vol. XXI, n.º 1.
6. PEDRO SILVA — *Características metalúrgicas das fôlhas de Flandres fabricadas pela CSN*. Trabalho apresentado ao XII Congresso da ABM.
7. P. BARDENHEUER e G. THANHEISER — *Experiências sobre a decapagem de chapas de baixo carbono*. Metaloberfläche de 7-11-1928, tradução de Sylvio E. Friedrich.

DISCUSSÃO ⁽¹⁾

A. Foldes ⁽²⁾ — Agradeço ao Eng. Pedro Silva a apresentação de tão importante contribuição, de muito interesse para os presentes nesta Comissão, praticamente todos utilizadores de chapas com a possibilidade desses defeitos e bastante aflitos pela sua eliminação. Tenho a certeza de que o Eng. Pedro Silva, que é o chefe do Departamento de Processos e Inspeção da CSN, está tomando as providências que o caso requer.

Vou fazer duas perguntas: Se foi experimentado, no processo de decapagem, o emprêgo de umectantes, os quais, como o Prof. Machu teve oportunidade de aqui explicar, são os maiores aceleradores do processo. Seu trabalho mostrou que, quanto mais aumentava o tempo de decapagem, o defeito era mais freqüente. Então, uma das providências seria a da aceleração do processo de decapagem, para o que seria bastante importante o emprêgo desses elementos umectantes.

(1) Contribuição Técnica n.º 411, publicada neste Boletim. Discutida na Comissão «E» do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM e Presidente interino da Comissão, ante o impedimento do Eng. Pedro Silva; Presidente da Sunbeam do Brasil S/A.; São Paulo, SP.

P. Silva ⁽³⁾ — Creio que o emprêgo desses umectantes é mais importante quando a espessura do óxido para decapar é maior, a fim de facilitar a introdução da solução e remover, inclusive por ação mecânica, além de uma evolução de hidrogênio. Não utilizamos esse processo, porque as chapas a decapar, antes de galvanizar, vieram de um recozimento «blue anealing». Uma decapagem muito rápida elimina esse óxido. O problema é que tínhamos na superfície uma substância que dificultava a decapagem, de modo que, mesmo usando umectantes, naquelas condições não haveria resultado. Esse problema foi resolvido apenas obtendo uma chapa mais limpa, isto é, principalmente com atmosfera de recozimento que não dá depósitos carbonosos.

A. Foldes — Acho que mesmo assim valia a pena, oportunamente, fazer a experiência, porque, de qualquer forma, esses umectantes impedem a aderência do hidrogênio e a maior penetração do líquido sobre a superfície, deixando menos possibilidade à introdução de hidrogênio no sistema cristalino da própria chapa.

Minha segunda pergunta refere-se a um trabalho que tive oportunidade de publicar há muitos anos, sobre inclusões de hidrogênio no sistema cristalino de diferentes metais. Eu queria saber se foram feitos, em Volta Redonda, trabalhos radiográficos ou análogos para verificar tendências modificadas pela inclusão de hidrogênio na chapa.

P. Silva — Trabalhos desta natureza deverão ser feitos futuramente, a partir da inauguração do nosso Laboratório de Pesquisas. De modo que, para o presente trabalho, não tivemos essa preocupação; não pensamos em penetrar mais na estrutura cristalina, porque estávamos em face de um problema industrial. Essa diminuição aqui, da incidência de bólhas (aponta para o gráfico) representa, num material valioso como chapas galvanizadas, muitos milhares de cruzeiros mensalmente. Foi, portanto, mais uma investigação de usina, mesmo porque no momento ainda não temos recursos para fazer estudos das estruturas radiográficas. O Eng. Sylvio E. Friedrich, que é o sub-chefe do Departamento de Pesquisas da CSN, sabe se poderemos contar futuramente com esse equipamento?

Sylvio E. Friedrich ⁽⁴⁾ — Possivelmente deveremos contar.

A. Foldes — Acho que valeria a pena pesquisar neste sentido. Contudo, os resultados que o trabalho apresenta dizem da origem e da remoção dos defeitos, o que era praticamente a preocupação do próprio pesquisador. Só fiz estas perguntas em caráter mais teórico. Mas o trabalho corresponde plenamente ao problema que, industrialmente, enfrentou o pesquisador: o de eliminar um defeito que causa sérias preocupações para os que usam chapas.

P. Silva — Penso que alguns consumidores de nossas chapas podem estar a braços com esse problema. Pelo que, no caso de se poder melhorar o aço, tudo faremos neste sentido.

José Gomes de Sousa ⁽⁵⁾ — Queria fazer ao Eng. Pedro Silva uma pergunta; se ele tem dados a respeito do aço capeado que nós última-

(3) Membro da ABM e Autor do trabalho; Engenheiro Chefe do Departamento de Processos e Inspeção da Usina de Volta Redonda da CSN; Volta Redonda, RJ.

(4) Membro da ABM; Sub-Chefe do Departamento de Pesquisas da CSN; Volta Redonda, RJ.

(5) Membro da ABM; Técnico Metalúrgico da CSN; Volta Redonda, RJ.

mente usamos na galvanização. Se êle reduz a capacidade de retenção de bôlhas neste tipo de aço em relação ao outro que temos usado.

P. Silva — Foi mostrado aqui que o aço efervescente, pela sua natureza de segregação e de acúmulo de impurezas, principalmente no tôpo, possui aquela condição que definimos como «susceptibilidade a bôlha». No aço capeado, obtido por apenas uma questão de processo de lingotamento, temos, praticamente, os mesmos constituintes, mas estão bastante espalhados, com maior uniformidades, de modo que não formam centros ou núcleos de formação das moléculas de hidrogênio. Foi mostrado como êste tipo de aço é mais adequado para galvanização.

J. Gomes — Queria acrescentar, às suas palavras, que na ocasião em que começamos a usar capeado na galvanização, na mesma época modificamos também — não sei se chegou ao seu conhecimento — o tipo de recozimento de aço que recebíamos. Até então recebíamos aço de recozimento azul.

P. Silva — Era feito em atmosfera de gás DX.

J. Gomes — Observámos que usando aço com recozimento azul havia um grande gasto de ácido sulfúrico (porque a nossa decapagem trabalha com ácido sulfúrico) e que aumentava o tempo de decapagem do material devido ao fato de resíduos carbonosos serem difíceis de sair e, às vèzes, não chegavam a sair. O aço ficava superdecapado. Mudamos para recozimento branco e conseguimos diminuir o consumo de ácido sulfúrico. Isto também não implicou na boa aderência do material, como se poderia pensar, na boa aderência da camada de zinco. E nesta época, conforme o senhor disse, utilizamos o aço capeado. Segundo os dados que tenho, posso afirmar que, já na galvanização, o rendimento do aço capeado é de 100%.

P. Silva — Muito obrigado. O Sr. J. Gomes trouxe informações valiosas para nós, principalmente sôbre a diminuição do consumo de ácido sulfúrico. Para nós, como homens de contrôle e produção que somos, isso representa um índice muito importante.

Ernesto Léo Mehlich (6) — Acho que o hidrogênio que provém da decapagem penetra na rêde cristalina do aço, e que o ponto crítico é o da formação de bôlhas. Essa reação se dá na superfície intergranular. Havendo enxôfre e outras impurezas, só se pode fazer a catálise por meio de metais nobres ou venenos de catálise. É possível que, aumentando-se o teor de enxôfre, por experiência, no aço se pudesse reduzir essa formação de bôlhas. O enxôfre seria, então, um anti-catalizador dessa formação de bôlhas. Pergunto se não há estudos nesse sentido.

P. Silva — Não poderíamos usar enxôfre, porque nos traria outros inconvenientes.

E. L. Mehlich — E se se usar outro veneno de catálise, em pequenas quantidades? Parece-me que o tipo de aço é importante na formação de bôlhas. Poder-se-ia ter qual o índice químico da formação de bôlhas?

P. Silva — Parece-me que há uma teoria de que essa formação das moléculas seria provocada por uma modalidade de ferro amorfo.

(6) Engenheiro da Willys Overland do Brasil; São Paulo, SP

E. L. Mehlich — Basta usar um catalizador ou um inibidor. Certo? Os dois devem ter qualquer ação entre si.

P. Silva — Qualquer superfície de separação entre o aço e o material estranho (como inclusões não-metálicas) favorece essa formação de bôlhas; favorece essa junção de dois átomos e a formação de moléculas de hidrogênio.

E. L. Mehlich — O enxôfre, justamente, iria impedir essa formação de hidrogênio molecular.

P. Silva — A variação do teor de enxôfre nas chapas usadas é relativamente pequena. Não nos foi possível notar qualquer diferença nesse sentido.

E. L. Mehlich — Mas é possível que outros elementos também catalizem.

A. Foldes — Se entendi bem, o Eng. Ernesto Mehlich quer saber se existe algum veneno que iniba a formação de hidrogênio atômico para hidrogênio molecular, justamente para evitar-se o perigo de inclusões, e que se possa empregar na laminação.

P. Silva — Ainda não conhecemos. O que temos que fazer é usar aço menos susceptível a bôlhas e controlar mais o processo. Toda e qualquer medida que resulte na diminuição de absorção do H é importante para evitar o defeito.