

DISCUSSÃO

“SIGNIFICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA CURVA DE ESCOAMENTO DE METAIS PARA OS TRABALHOS DE DAR FORMA A FRIO”

por

WERNER GRUNDIG

(Publicada em «ABM-Boletim» n.º 72)

M. Rennó Gomes (1) — Agradeço ao Prof. Werner Grundig a apresentação deste trabalho. Está livre a palavra para as observações que o Plenário entenda apresentar.

A. A. Arantes (2) — Em primeiro lugar, quero congratular-me com o Prof. Werner Grundig pela objetividade do seu trabalho. O autor teve oportunidade de abordar um dos problemas mais críticos, que é o da qualificação de aços para estampagem, problema êsse que vem sendo estudado há mais de dez anos em todo o mundo e a respeito do qual ainda não se chegou a um resultado definitivo.

Temos dois aspectos bastante diversos no que se refere a êsse assunto: um deles é o da anisotropia, decorrente de uma orientação preferencial dos cristais devida ao processo de produção de chapas laminadas a frio, e outro é o que decorre de fatores metalúrgicos, principalmente inclusões. Observamos, nestes últimos dois anos, que um simples mecânico, mesmo com determinação dos coeficientes k e n , não representa o comportamento das chapas metálicas para processos de estampagem. As influências de inclusões não-metálicas não destrói completamente as hipóteses iniciais de um estado de tensão simples, de modo que não caem por terra tôdas as considerações matemáticas para descrever o comportamento desses materiais?

Perguntaria ao Prof. Werner Grundig se teve oportunidade de encontrar exemplos de materiais de comportamento anômalo, embora pelos ensaios feitos, na direção de laminação, pudessem ser classificados como materiais de boa estampabilidade?

W. Grundig (3) — Respondo, lembrando inicialmente os seguintes fatos por todos conhecidos: as inclusões não-metálicas em materiais metálicos, em termos de resistência dos materiais, funcionam como entalhes internos, determinando um estado de tensão tri-axial, porém de

(1) Membro da ABM e Presidente da Comissão; Professor Catedrático da Escola de Engenharia da UMG; Belo Horizonte, MG.

(2) Membro da ABM; Engenheiro do IPT; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Professor Catedrático da Universidade do Rio Grande do Sul; Pôrto Alegre, RS; Chefe do Serviço de Metais do ITERS, Pôrto Alegre, RS.

caráter nitidamente local, e ainda, essas inclusões, quando pequenas e uniformemente distribuídas, não afetam praticamente a resistência à tração, porém diminuem a capacidade de deformação e a encruabilidade.

Isto posto, um material metálico contendo tais inclusões romper-se-á para uma deformação verdadeira menor e também experimentará menor encruamento. Assim, os valores dos parâmetros k e α , deduzidos da curva de escoamento, deverão ser menores para um metal com inclusões do que aqueles que caracterizam o mesmo material, porém sem inclusões; o mesmo deverá ocorrer para os valores numéricos do coeficiente de anisotropia R .

J. Câmara Neiva (4) — Perguntaria ao autor se foi estudada alguma correlação entre as deformações medidas em peças estampadas e esses valores medidos em corpos-de-prova.

W. Grundig — Como exposto, procurou-se esclarecer, inicialmente, as bases de ordem geral e de ampla significação, para depois, como é sugerido neste trabalho, confrontar o comportamento real de chapas na estampagem com os índices R e α , determinados no ensaio de tração.

Otto Weinbaum (5) — Tenho plena certeza de que para aços de baixo teor de carbono, digamos de 0,06% e com um teor de manganês abaixo de 0,4%, essas equações vão funcionar. Também deve-se levar em consideração a quantidade de inclusões a que se referiu o Eng. Alberto Arantes. Acho que até o grupo 2 não se vão encontrar dificuldades. O que acontecerá com os grupos 3, 4 e 5 não posso dizer, mas estou de pleno acôrdo com o Prof. Werner Grundig quanto ao fato de que essas inclusões, bem distribuídas, não vão afetar grandemente essas equações.

A. A. Arantes — Prof. Grundig, parece-me que o momento é oportuno para solicitar dos nossos colegas que trabalham na indústria automobilística com materiais importados de tôdas as partes do mundo, sua colaboração no sentido de aplicar o seu método como um critério de classificação para chapas destinadas à estampagem profunda, reportando-nos, no próximo Congresso da ABM, aos resultados obtidos. Acredito que êste é o caminho mais seguro.

W. Grundig — Foi essa nossa intenção, pois na última parte do trabalho é feito um apelo nesse mesmo sentido, eis que a última palavra cabe sempre à prática.

J. Câmara Neiva — Posso informar que pela Mercedes Benz foi iniciado um trabalho cujo sentido é idêntico a êsse; apurámos que uma chapa, cujo valor de R foi pouco superior a 1, deu excelentes resultados para uma das peças mais difíceis que temos a fazer ou seja, o cárter de óleo. Seria oportuno continuar êsse trabalho de maneira sistemática para apresentar depois resultados mais coordenados.

W. Grundig — Sugeriria que além de R também fôsse determinado o coeficiente α . Então não seria considerado apenas um índice, ou seja R , que depende apenas de deformações, porém também outro — o preconizado índice de encruabilidade α — que também depende da resistência à tração verdadeira do material a estampar.

(4) Membro da ABM; Engenheiro da Mercedes Benz do Brasil; São Paulo, SP.

(5) Membro da ABM; Engenheiro da Metal Leve; São Paulo, SP.

A. G. Foldes ⁽⁶⁾ — Tive oportunidade, ontem, de citar exemplos sôbre a modificação da estampabilidade profunda pela aplicação de tratamentos superficiais. O fato é que chapas cuja estampabilidade é relativamente reduzida sem um tratamento superficial, porém mediante um tratamento químico — por exemplo de fosfatização ou similares — podem ser modificadas favoravelmente suas características de estampabilidade. Gostaria de indagar se nesse trabalho de equacionar, de determinar índices numéricos para caracterizar a estampabilidade de certo material, poderiam ser incluídas pesquisas no sentido de verificar qual o motivo da suscitação da estampabilidade de uma chapa por um tratamento químico anterior. Desejaria que o Sr. me informasse se pretende incluir nos seus futuros trabalhos alguma pesquisa acêrca da influência de tratamentos químicos superficiais sôbre o comportamento de chapas assim tratadas na estampagem profunda.

W. Grundig — Seria um interessante estudo a determinação sistemática da influência de tratamentos químicos superficiais sôbre o comportamento de chapas em operações de estampagem e, paralelamente, a medida da influência dêsses tratamentos sôbre a grandeza dos parâmetros R e α preconizados.

G. Collette ⁽⁷⁾ — Foi mencionada a influência da fosfatização sôbre a amplitude do embutimento de chapa. Queria perguntar se foram procedidos ensaios de tração, antes e depois da fosfatização, e se foram verificadas diferenças nas curvas de tração. É certo que um aço que apresenta um limite de escoamento superior, não será apto a um embutimento profundo a frio. A existência de uma singularidade na curva de tração de um aço parece-me fornecer, desde logo, sérias restrições quanto à amplitude de embutimento do metal.

A. G. Foldes — Ainda não foram feitas experiências em grande escala sôbre alterações na curva de tração, mas pelas que foram realizadas até agora, depreende-se que o tratamento químico superficial não influi sensivelmente no aspecto dessa curva convencional. Juntamente com a indústria automobilística, vão ser iniciados ensaios que decidirão a função dêsses processos químicos sôbre a estampagem profunda.

M. Rennó Gomes — A Presidência, em nome da Associação Brasileira de Metais, aceita com muito prazer as sugestões do Eng. Alberto Arantes e do Prof. Werner Grundig, e lança um apelo às pessoas ligadas à indústria automobilística para que no próximo Congresso sejam oferecidas contribuições em prosseguimento aos trabalhos agora apresentados.

(6) Membro da ABM e Engenheiro Químico, da Sunbeam do Brasil S/A.; São Paulo, SP.

(7) Membro da ABM e Professor da Escola de Minas de Ouro Preto; MG.

DISCUSSÃO

“DETERMINAÇÃO INDIRETA DA CURVA DE ESCOAMENTO DE METAIS POR MEIO DO ENSAIO DE TRAÇÃO NORMALIZADO. UM NÓVO MÉTODO”

por

WERNER GRUNDIG

(Publicada em «ABM-Boletim» n.º 72)

M. Rennó Gomes ⁽¹⁾ — Agradeço ao Prof. Werner Grundig a clara apresentação desse trabalho que, infelizmente, não pôde ser multiplicado. Mas sua exposição foi feita com bastante clareza, de maneira que deu oportunidade a todos de compreender bem a orientação seguida e os resultados obtidos. Felicito-o por esta contribuição que vem trazer a este Congresso, como tem ocorrido, aliás, nos anos anteriores, em que o autor nos apresentou os resultados de suas pesquisas. Acredito que o trabalho deve ter despertado bastante interesse em todos aqueles que tratam desse assunto. Está livre a palavra aos que desejem debater o assunto.

A. A. Arantes ⁽²⁾ — Perguntaria ao Prof. Werner Grundig se na sua revisão bibliográfica encontrou alguma informação sobre a aplicação desse método a aços austeníticos que sofrem transformações no estado sólido durante o processo de encruamento. Não se trata de um simples mecanismo de encruamento. Vamos exemplificar com aço manganês austenítico em chapas, como é utilizado na fabricação de capacetes de aço pelo Exército Americano.

W. Grundig ⁽³⁾ — O objetivo do presente trabalho foi o de escrever analiticamente o comportamento plástico de metais sob o ponto-de-vista fenomenológico, de sorte que na bibliografia citada não figuram trabalhos que dizem respeito à cinética de fenômenos que ocorrem durante o encruamento de metais.

A. A. Arantes — Na exposição de seu trabalho, mostrou o diagrama de tração verdadeiro de um aço-manganês austenítico. Esse aço teria sido ensaiado na forma de chapas ou de corpos-de-prova cilíndricos?

W. Grundig — Foram ensaiados corpos-de-prova cilíndricos de 15 mm de diâmetro.

(1) Membro da ABM e Presidente da Comissão; Professor Catedrático da Escola de Engenharia da UMG; Belo Horizonte, MG.

(2) Membro da ABM; Engenheiro do IPT; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Professor Catedrático da Universidade do Rio Grande do Sul, Pôrto Alegre, RS; Chefe do Serviço de Metais do ITERS, Pôrto Alegre, RS.

ÍNDICE ALFABÉTICO

do Volume 18 de "ABM-BOLETIM", correspondente aos números 68, 69, 70, 71, 72 e 73, respectivamente dos meses de Janeiro, Março, Maio, Julho, Setembro e Novembro de 1962:

Abreu, José Geraldo Leal de; página 505

Aço em fundições de ferro fundido; obtenção pela técnica LD; página 107

Aços Finos Piratini S. A.; série de quatro trabalhos sobre —; páginas 49, 51, 59 e 71

Alto forno; relação entre a produção e os parâmetros do cadinho; página 373

Anawate, Henrique; páginas 5 e 25

Areias de fundição; recuperação das —; página 981

Auto-peças; Reunião Aberta sobre «Problemas de qualidade nas peças automobilísticas»; página 281

Barbosa de Oliveira, Américo; página 59

Barbosa da Silva, José; página 313

Benfica, Sérgio; página 107

Berezin, Isaac; página 959

Brosch, Carlos Dias; página 929

Burrel, Joaquim; páginas 219 e 373

Burrel Juvillar, Joaquim; páginas 219 e 373

Bustamante, A. Mendes; página 505

Carbureto de silício; emprêgo do — como agente de recarburização de aços líquidos; página 229

Carmo, Moses R. do; página 297

Carvão Vegetal; aspectos térmicos da sinterização com —; página 939

Carvão Vegetal; método para a rápida determinação de sua umidade; página 219

Chapas finas de aço; estudos sobre estampabilidade; páginas 145 e 157

Chapas finas laminadas a quente e a frio; influência das temperaturas de acabamento; páginas 187 e 216

Chiaverini, Vicente; página 137

Cirio, Sinval; página 51

Collet, François Samuel; página 219

Cohen, Raul; página 297

Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira. Operação da sinterização de Monlevade; página 81

Conferência Científica do XVII Congresso; «Recristalização dos metais»; página 845

Congresso da ABM; Conferência Científica sobre «Recristalização dos metais»; página 845

Congresso da ABM; Conferência econômica sobre siderurgia; página 757

Congresso da ABM; Noticiário e temário do XVII Congresso; página 835

Conferência geral do XVII Congresso; página 757

Conversores LD de Monlevade; revestimento dos — com dolomita e piche; página 243

Corrêa da Silva, L. C.; páginas 107 e 409

Costa, Celso; página 819

Curso de engenharia metalúrgica; objetivos e estrutura de um —; página 409

Curso de engenheiros metalúrgicos da Escola de Engenharia da URGS; página 297

Cursos técnico-industriais e curso superior de engenharia metalúrgica; página 313

Curva de escoamento de metais; determinação indireta por meio de ensaio de tração normalizado; página 771

Curva de escoamento de metais; importância no estudo da estampagem; página 793

Dittmar, Gerd; página 541

Doi, Michiyasu; página 131

Engenharia metalúrgica; objetivos e estrutura de um curso de —; página 409

- Espetrofotometria; aplicação na análise dos refratários; página 819
- Estado do Espírito Santo, Siderurgia no —; página 873
- Estampabilidade de chapas finas de aço; estudo sobre —; páginas 145
- Estampabilidade de chapas finas; recozimento das — da CSN; página 157
- Estampagem dos aços; aplicações dos processos de tratamentos superficiais; página 809
- Estampagem: importância da curva de escoamento de metais; página 793
- Estrutura alinhada nos aços semi-acalmados; estudo da —; página 471
- Ferreira, Walter**; página 829
- Foldes, George Alexandre**; página 809
- Fornos Siemens-Martin; sua posição na siderurgia moderna; página 873
- França, Mozart de Castro; página 431
- Friedrich, Sylvio**; páginas 187 e 216
- Fundição; Alimentadores para peças fundidas; cálculo dos —; páginas 391
- Fundição de magnésio em areia; página 959
- Garcia, Marcírio M.**; página 505
- Garlipp, W. G.**; página 139
- Geisel, Henrique**; páginas 5 e 49
- Gruding, Werner**; páginas 995 e 999
- Hematita do Andrade; influência do tamanho de grão na sua redução; página 915
- Kranjc, Andrej**; página 243
- Krywickyj, Wolodymyr**; página 431
- Kuchler, Alphons**; página 349
- L. D. Produção de pequenas quantidades de aço em fundições pelo processo —; páginas 107 e 126
- L. D. Revestimento dos conversores — na Usina de Monlevade; página 243

Leito de resfriamento de trens de laminação modernos para pequenos perfis; página 541

Leme, R. Dias Paes; página 505

Leonardos, Georges; página 471

Lima, O. Martins de; página 505

Linhas finas paralelas causadas por percussão na face ϵ da liga Cu-Sb; página 131

Lopes, Anchyses Carneiro; página 73

Macedo Soares e Silva, E. de; página 281

Magnésio; fundição de ligas de — em areia; página 959

Maia, Joaquim; página 325

Manutenção mecânica de campo numa usina siderúrgica integrada; organização da —; página 505

Martini, José; página 981

Meduna, E. José; página 505

Meira, Lúcio Martins; página 757

Mello, Emanuel de; página 505

Metalurgia do pó; fabricação de materiais de fricção pela —; página 137

Minisci, Felippo; página 819

Monóxido de carbono; seu papel na desintegração dos refratários; página 829

Moreira, Maurício de Carvalho; página 157

Novo método de determinação indireta da curva de escoamento de metais; página 771

Pereira, Ângelo Augusto Thomas; página 391

Pfeifer, Henrique C.; página 73

Prática profissional do universitário; página 319

Recuperação das areias de fundição; página 981

Recristalização dos metais; XVII Conferência Científica da ABM; página 845

- Redução da hematita da Mina do Andrade; influência do tamanho do grão; página 915
- Refratários; espectrofotometria na análise dos —; página 819
- Refratários; desintegração dos — pelo monóxido de carbono —; página 829
- Relação dos sócios da ABM e outras informações; de página 577 a página 743
- Rennó Gomes, Mário;** página 319
- Reunião Aberta sobre «Ensino da engenharia metalúrgica no Brasil»; página 325
- Reunião Aberta sobre «Problemas de qualidade nas peças automobilísticas»; página 281
- Reunião Aberta sobre «Siderurgia no RGS»; páginas 5, 25 e seguintes
- Revenido de um aço RCC tratado a diversas temperaturas; influência do —; página 139
- Rio Grande do Sul;** siderurgia no —; páginas 5 e 25
- Sabato, Jorge A.;** página 845
- Santos, A. Fischer dos;** página 139
- Schlacher, Hans;** páginas 229 e 243
- Siderurgia e o desenvolvimento econômico do Brasil. Conferência do Almirante Lúcio Meira no XVII Congresso; página 757
- Siderurgia moderna; posição dos fornos Siemens-Martin na —; página 891
- Siderurgia no Estado do Rio Grande do Sul; Reunião Aberta sobre —; página 5
- Siderurgia; possibilidades e realizações no Sul do Brasil; página 25
- Silveira, Wanderley;** página 73
- Sinterização; aspectos térmicos da — com carvão vegetal; página 939
- Sinterização; balanço térmico numa operação de —; página 929
- Sinterização; doze anos de operação da — da usina de Monlevade; página 81
- Souza, José G. de;** página 505
- Souza Santos, T. D. de;** página 325
- Souza, Sérgio Augusto de;** página 959

Tratamentos superficiais dos metais; aplicações na estampagem; página 809

Tubos de aço em geral; fabricação dos — na CSM; página 349;

Vallinoto, Benito; página 505

Velloso, Paulo Dias; página 873

Visconti, Guido; página 891

Widmannstatten: Relação entre a estrutura de — e o tamanho de grão austenítico em aços semi-acalmados; página 431

Wscieklica, Janusz; página 939

Zwetkoff, Peter; página 81