

Influência da revolução industrial na metalurgia¹

Jorge Ney Esmeraldo²

Este trabalho aborda a relação existente entre a 1ª, 2ª e 3ª fases da Revolução Industrial e a evolução da metalurgia nesse importante período. Sinteticamente podemos afirmar que a Revolução Industrial exerceu enorme influência na história do mundo contemporâneo e certamente continuará exercendo. A mecanização da indústria e da agricultura, a aplicação da força motriz à indústria, o desenvolvimento do sistema fabril, a intensa divisão do trabalho nas fábricas, o aumento da população urbana e, como consequência, o aumento dos mercados consumidores, o aumento da produção em série, o desenvolvimento acelerado dos meios de transportes e comunicações, invenção da locomotiva a vapor e do telégrafo etc, mostram que definitivamente a metalurgia encontrava-se intimamente ligada ao paradigma causado pela Revolução Industrial. Mas qual e como seria essa relação? Foi exatamente esse impulso curioso, em mim despertado durante as aulas do PCDET, que me fez alçar vôo, para, dentro de minhas limitações, tentar responder estas intrigantes indagações.

PALAVRA-CHAVE:

Metalurgia

1 Introdução

Antes de adentrarmos na abordagem desse artigo, faz-se necessária a colocação de alguns conceitos elementares sobre metalurgia, de modo a que a compreensão seja facilitada durante o desenvolvimento do tema escolhido.

a) definição de metalurgia - É a ciência e a arte de extrair os metais de seus minérios e adaptá-los às condições de uso pela sociedade. É ciência porque depende dos conhecimentos científicos da química, da física e da matemática. É arte porque depende das habilidades manuais e dos sentidos de cada um;

b) divisão da metalurgia - Divide-se em três grandes grupos a saber: metalurgia química (ou extrativa); metalurgia mecânica (ou de transformação); metalurgia física;

c) significado de siderurgia - *síderus* = ferro e *ergon* = trabalho, portanto siderurgia = trabalho com o ferro;

d) ferro gusa - é o produto de 1ª fusão, obtido geralmente em alto forno, através da redução do minério de ferro (hematita) pelo carvão (coque ou vegetal). Apresenta teor de carbono na faixa de 4,0 a 4,5 %;

e) ferro fundido - é o produto de 2ª fusão, podendo ser feito a partir do gusa, e apresenta teor de carbono na faixa de 2,11 a 6,67 %;

f) aço - é uma liga de ferro e carbono, com teor de carbono variando de 0,008 a 2,10 %, apresenta ainda na sua composição química, elementos residuais e em alguns casos, elementos de liga;

g) elementos de liga - são aqueles adicio-

nados para ajustar a composição do aço ao teor desejado. Exemplo: cromo, níquel, molibdênio, manganês etc.;

h) metalurgia dos não ferrosos - trata dos metais não ferrosos tais como: ouro, prata, cobre, alumínio, chumbo, estanho, magnésio etc.;

i) metalurgia dos não ferrosos - trata dos metais não ferrosos tais como: ouro, prata, cobre, alumínio, chumbo, estanho, magnésio etc.

2 Desenvolvimento

A descoberta dos metais pelo homem se perde na noite dos tempos e nos leva à antiguidade mais longínqua. Atribui-se supostamente que tenha ocorrido no ano 7.000 A.C., com a invenção das primeiras armas e implementos agrícolas no chamado período neolítico.

Existem registros de contas de ferro encontradas no antigo Egito, datando de 4.000 A.C.

O início da idade do ferro data de 1.000 A.C., tendo sido desenvolvida no Oriente Médio a obtenção do ferro forjado. Na Inglaterra, restos de fornos de lupa utilizados no processo direto de obtenção do ferro, datando de 400 A.C., foram descobertos em Kestor (Devon). Seguem-se citações de obtenções do ferro e do aço em vários países, como Índia, Japão etc.

Somente no século XVI, foram publicadas obras importantes sobre me-

talurgia extrativa, fusão e técnicas sobre conhecimento de metais e ligas.

No século XVII os ingleses passaram a usar o carvão mineral para evitar maior desbaste das florestas (preocupação com o meio ambiente). Antes o carvão vegetal era o preferido para ser usado como combustível nos fornos para a obtenção do ferro-gusa. Este século foi rico em acontecimentos marcantes, haja vista a invenção do microscópio composto pelo holandês Jansen, a preocupação científica de Galileu com a resistência dos materiais à ruptura, a fundação da *Royal Society* por Carlos II da Inglaterra, além do notável desenvolvimento da Astronomia com Galileu, da Matemática com Napier e Newton e da Física com Pascal, Newton e Hooke.

Quero crer que, no século XVII, a Revolução Industrial já se encontrava no inconsciente coletivo das pessoas, preconizando desse modo o paradigma que se instaurou mais tarde.

2.1 Primeira revolução industrial

Teve início na segunda metade do século XVII e perdurou até a metade do século XIX (por volta de 1860). Envolveram-se os seguintes países: Reino Unido, França, Bélgica, Alemanha e E.U.A. A sua relação com a metalurgia se deu através da produção de ferro e aço, da construção de estradas de ferro, do desenvolvimento da química inorgânica e da utilização do carvão como força motriz básica.

Autor:

2. Professor da Escola Técnica Federal de Ouro Preto.

2.1.1 Acontecimentos importantes na metalurgia no século XVIII

Torna-se corrente a laminação de trilhos, utilizando rolos. Em 1712 Newcomen inventa a máquina a vapor, e inicia-se na Europa o processo de obtenção do aço de alta qualidade. Na Inglaterra o coque substitui o carvão mineral no alto forno, impulsionando importante desenvolvimento na produção de ferro-gusa. Na França, Rêaumur publica A arte de converter e forjar o aço, onde descreve os processos de maleabilização, cementação e procura compreender as propriedades dos metais. Afirma ainda que os metais são constituídos por grãos (que chama de moléculas) e que sua distribuição e tamanho tinham grande interesse para o conhecimento das propriedades dos metais. Advoga também o uso de ensaios de dureza por impressão e por riscagem e projeta também uma máquina para ensaios mecânicos de fios de aço temperado.

Em 1734 o alemão E. Swedenborg escreve um tratado sobre as técnicas metalúrgicas do cobre e do ferro, chamado Opera Philosophica et Mineralia; em 1750 é utilizado o alto forno moderno para elaboração do ferro-gusa e sua instalação pela Europa vai se alastrar até meados do século XIX.

A química surge com uma importante contribuição quando o sueco Begmann revela o desenvolvimento atingido na análise química, ao publicar Dissertation Chemical de Analysis Ferri, compreendendo o verdadeiro papel do recém-descoberto do oxigênio na combustão e estabelece a diferença entre o ferro, o aço e o ferro fundido, em relação a sua percentagem de carbono.

O alemão Achard entrega de presente ao prelo o que se pode considerar como o primeiro manual sobre os metais. Nele já são considerados todos os metais agora conhecidos, exceto o Ouro e o Níquel. Apresenta valores de dureza, densidade, resistência à tração, dentre outros.

No final do século XVIII (por volta de 1796), John Walkson idealizou na Inglaterra o forno Cubilô, até hoje usado, o que representou grande avanço industrial em ferros fundidos.

2.1.2 Acontecimentos importantes na metalurgia no século XIX

No ano de 1802, o alemão A.

Widmanstätten, ao observar os meteoritos descobre e registra a estrutura de grãos de ferro de formas e características que ficaram conhecidas como estruturas de Widmanstätten, este fato promoveu na época um enorme interesse pelo conhecimento das estruturas dos metais.

Em 1829 o alemão Karsten isola o carboneto de ferro no aço. Aparece também (entre 1830 e 1840) o ferro pudlado, onde a eliminação das escórias é feita por martelagem do produto obtido por oxidação da gusa líquida em forno de reverbero.

2.2 Segunda revolução industrial

Iniciou-se em 1860 e foi até meados do século XX (aproximadamente 1945). Os países envolvidos foram E.U.A., Europa e Japão. Relaciona-se diretamente com a metalurgia o desenvolvimento das indústrias aeronáutica, automobilística, militar, elétrica, eletrônica e de comunicações. O petróleo era utilizado como força eletromotriz básica.

2.2.1 Acontecimentos importantes na metalurgia no século XIX

Em 1860, instalam-se os primeiros laboratórios de química nas siderúrgicas.

Entre os anos de 1855 e 1890, são implantados os processos Bessemer, Thomas e Siemens-Martin, visando à elaboração do aço a partir do ferro-gusa.

Em 1863, o inglês A.C. Sorry cria a metalografia, através do emprego do microscópio, na observação das superfícies metálicas polidas.

Em 1876, o inglês Gibbs enuncia a lei das fases, que irá estabelecer o diagrama de equilíbrio do sistema de ligas.

Em 1880, Tchernnof, Russo, apresenta o resultado de seus estudos sobre cristalização e macroestrutura dos lingotes de aço vazado e estuda também os tratamentos térmicos dos metais.

Em 1883, F. Abel, inglês, determina a fórmula do carboneto de ferro (Fe_3C); o mesmo isolado pelo alemão Karsten em 1829.

Em 1885, J. A. Brinell verifica que, nas diferentes operações de tratamentos térmicos, ou nas de forja, laminação e estiramento, quanto mais fina é a estrutura, melhores resultados são obtidos. Nesse mesmo ano, metalurgista francês F. Osmond sugere as transformações alotrópicas do ferro e a existência do fer-

ro-gama.

Em 1887, as observações microscópicas passam a ser registradas fotograficamente, podendo se observar as estruturas cristalinas diretamente. Tamann aplica a análise térmica ao estudo da solidificação dos metais e ligas.

Em 1890, Le Chantelier cria o microscópio metalográfico, que proporcionou um enorme salto quantitativo e qualitativo ao estudo da microscopia dos metais.

Em 1895, o prof. W. C. Roentgen descobriu os raios X.

Em 1900, o inglês Roozeboom, aproveitando os resultados obtidos por Roberts Autin ao estudar as análises térmicas, e baseando-se na lei das fases de Gibbs, traça o diagrama das ligas ferro-carbono, que contribuiu enormemente para o desenvolvimento da indústria siderúrgica.

Houve vários aperfeiçoamentos nos anos de 1903, 1906, 1913, 1916, 1921 e de 1928 a 1934. Mas aqui registro dois que são mais significativos. O primeiro quando, em 1920, iniciam-se na Europa estudos relativos à aplicação de raio X na inspeção de materiais metálicos. E no ano de 1931 ocorre outro acontecimento talvez mais importante que o primeiro, quando M. Knoll e E. Ruska inventam o microscópio eletrônico.

A partir de 1932, os americanos Davenport e o alemão Weber estudam as transformações da austenita em diversos aços e estabelecem as respectivas "curvas TTT", passando-se ao domínio dos tratamentos térmicos.

Em 1943, o francês J. H. Vialle realiza os primeiros estudos sistemáticos da influência das microestruturas sobre as propriedades mecânicas do aço.

E 1944, Hume - Rothery, escreve Elétrons, Átomos e Metais Fundidos, onde procura relacionar a estrutura eletrônica dos átomos dos metais com as suas propriedades. Nesse mesmo ano, F. A. Firestone desenvolve uma aparelhagem ultra-sônica e a patenteia.

2.3 Terceira revolução industrial - século XX

Alguns autores consideram que a mesma iniciou-se em 1945, prolongando-se até nossos dias. Praticamente envolve todos os países, sendo que muitos desses países estão vivendo duas, ou mesmo a três revoluções industriais simultaneamente. A

base que fomenta a pesquisa metalúrgica passa a ser a informática, a tecnologia espacial, a ciência de novos materiais, a mecatrônica etc, tendo a energia nuclear e energias alternativas como fonte de eletromotriz básica.

2.3.1 Acontecimentos importantes na metalurgia no século XX

Em 1948 é publicada a segunda edição do livro *Metals Handbook* da American Society of Materials - ASM, no qual encontram-se resumido os conhecimentos básicos sobre os metais, até meados do século XX.

Nesse mesmo ano, desenvolve na Europa a laminação controlada, garantindo um alto limite de elasticidade aos metais laminados.

Em 1965, constrói-se o "Stereoscan", o primeiro microscópio eletrônico de rastreamento comercial, gerando um grande avanço na metalografia.

De 1960 a 1970, desenvolve-se a fabricação por transformação controlada para a obtenção de aços de altíssima resistência.

De 1970 a 1990, aperfeiçoam-se os métodos, processos, máquinas e equipamentos; surgem novas normas, tais como o sistema de normas ISO 9000 e a norma ISO 14000, que obrigaram as empresas a priorizarem a qualidade dos produtos, sem deixar de lado o compromisso com o meio ambiente, corrigindo, através de um sistema integrado, qualquer variação durante o processo.

Existem estudos concretos e livros publicados sobre a produção de aço por laser, plasma etc, de forma que, do tear mecânico até a energia nuclear, a metalurgia sempre desempenhou um lugar de destaque no desenvolvimento da humanidade.

3 Conclusão

É claro que o progresso obtido pelas máquinas não surgiu de um dia para o outro, mais inúmeras das primeiras inven-

ções lançaram mão de métodos fabris. Paralelamente, o surgimento de um surto de capitalistas, ávidos por novas oportunidades para a aplicação do seu excesso de dinheiro, também em muito contribuiu para o avanço da metalurgia. Devemos ainda considerar, a fundação de impérios coloniais, o acentuado crescimento da população européia, as guerras (incluindo as duas grandes guerras), tornando-se cada vez maior a procura por produtos industriais e, conseqüentemente, o aumento do consumo de metais. A necessidade de melhoramentos mecânicos em certos campos de produção fez a mecanização estender-se às demais manufaturas; e no mesmo barco encontrava-se a metalurgia. Não podemos deixar de lembrar que os negócios da época eram do tipo em que os lucros dependiam inteiramente da produção intensiva.

Portanto, resumidamente, podemos concluir que, nesse *metier*, a metalurgia encontrou um campo altamente fértil e promissor para a sua evolução.

É marcante o quanto evoluiu a metalurgia durante as três fases da Revolução Industrial, se tomarmos como parâmetro de comparação todo período que as antecedeu (7000 A.C. até meados do século XVII).

Hoje a complexidade das ligas metálicas, a informática, a estadia de homens por mais de um ano no espaço, a globalização do planeta, incluindo a comunicação global, e não como diria Drummond "Existe uma pedra no meio do caminho". Existe sim, um prego que está em meu sapato, continuando a fincar-me no intuito de esclarecer se houve mesmo a influência da Revolução Industrial na Metalurgia, ou a influência da metalurgia na Revolução Industrial.

4 Referências bibliográficas

1 ANJOS, Fernando Versiani dos. *Meta-*

lurgia especializada. Ouro Preto: Escola de Minas e Metalurgia de Ouro Preto, 1966. (Mimeogr.).

2 ARAÚJO, Luiz Antonio. *Manual de siderurgia*. São Paulo: Distribuidora Cultural Brasileira, [19--] v. 1.

3 CEFET-MG. *Educação tecnológica - PCDET*. Belo Horizonte: CEFET-MG, jun./jul. 1995. (Mimeogr.).

4 COTRIM, Gilberto Vieira. *História geral para uma geração consciente, moderna e contemporânea*. 6. ed. [s.l.]: Saraiva, 1987.

5 GARIBALDI, A. Mosaico. *Enciclopédia do estudante*. São Paulo: Nova Cultural, 1973. V. 3.

6 GOULART, Iris Barbosa, OLIVEIRA, Jose Carlos A. E. *Curso educação tecnológica*. Belo Horizonte: PCDET-CEFET-MG, jun./jul. 1995. (Notas de aula).

7 LEITE, Paulo Gomes de Paula. *Ensaios não destrutivos*, 13. ed. [s. l.]: ABM, 1982.

8 MARTINS, Antonio. *Notas do professor*. Ouro Preto: ETFOP-MG, 1993. (Notas de aula).

9 PERDIGÃO, João Bosco de O. *Metalurgia física*. Ouro Preto: ETFOP-MG, 1987. (Mimeogr.).

10 SEABRA, Antera Valeriana de. *Metalurgia geral*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1990.

Nota:

1. Trabalho final apresentado na disciplina "Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia", da Profª Drª Iris Barbosa Goulart, no curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Educação Tecnológica do CEFET-MG, em julho de 1995.