

DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DE DUPLO MAÇARICO PARA AJUSTE DIMENSIONAL DE PLACAS DE AÇO*

*Fabício Domith Rodrigues¹
Leonardo José Silva de Oliveira²
Marcelo Moreira Furst Gonçalves³
Luiz Fernando Andrade de Castro⁴*

Resumo

Eventualmente é necessário ajustar a largura de placas via processo de oxicorte. Contudo, o processo de corte convencional a frio não é recomendado para algumas qualidades de aço por gerar susceptibilidades às trincas na seção de corte. Para contornar a ocorrência de trincas no corte convencional foi desenvolvida e aplicada na Usiminas uma nova técnica de oxicorte em placas com base na utilização de duplo maçarico. Após otimização dos parâmetros de velocidade e posição dos maçaricos foi possível obter temperaturas da ordem de 200°C, homogêneas distribuídas ao longo da seção de corte, favorecendo o ajuste dimensional sem trincas. Com a implementação industrial, verificou-se índices superiores a 85% de aprovação de placas e, conseqüentemente, o aproveitamento de placas que anteriormente não eram destinadas a geração de produtos laminados.

Palavras-chave: Oxicorte, Duplo maçarico, Placas.

DEVELOPMENT OF DOUBLE FLAME CUTTING TECHNIQUE FOR DIMENSION ADJUSTING IN STEEL SLABS

Abstract

Eventually, it is necessary to adjust the width of the slabs by flame cutting process. However, the conventional flame cutting process is not recommended for some grade of steel by generating susceptibility of cracks in the cutting section. Thus, in the present work a new technique for dimensional slabs adjustment based on the use of double flame cut was developed and applied at Usiminas. After optimization of cutting parameters (velocity and position of the torches), temperatures of 200°C were obtained, homogeneously distributed along the cutting section, favoring dimensional adjustment. With the industrial implementation, there were indices above 85% of slabs approval and, consequently, the use of plates that were not previously intended for the generation of rolling mill products.

Keywords: Flame cutting, Double torches, Slabs.

¹ *Engenheiro Metalurgista, MBA Gestão Empresarial, Pós-Graduação em Engenharia de Qualidade, Engenheiro de Produção Sênior, Gerência Técnica de Aciaria, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

² *Engenheiro Metalurgista, Mestre em Metalurgia Extrativa, Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Siderúrgicos, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

³ *Engenheiro Eletricista, Pesquisador Especialista, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

⁴ *Engenheiro Metalurgista, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

No processo de lingotamento contínuo, eventualmente é necessário variar a largura gerando placas com forma trapezoidal. Após o lingotamento, por necessidades de programação ou por aproveitamento de placas a novos clientes, o ajuste dimensional se faz necessário. O ajuste dimensional na placa é realizado por corte a gás (Gases: Oxigênio e Gás Natural) utilizando maçarico acoplado a equipamento móvel denominado “tartaruga” ou máquina de corte portátil. O corte é normalmente realizado utilizando um maçarico com vazão, pressão de gás e velocidade de corte fixos [1].

Entretanto, para algumas qualidades de aço, principalmente aqueles com carbono equivalente acima de 0,30 o corte a gás implica na ocorrência de trincas laterais localizadas na seção cortada, desqualificando a placa e, conseqüentemente, inviabilizando o seu processamento posterior de laminação a quente. Assim, estas placas são normalmente desviadas e destinadas à aplicação menos nobres, tais como produto não laminado ou sucata para retorno ao convertedor, por exemplo.

Com o objetivo de melhor aproveitamento de placas com necessidade de ajuste dimensional, sem prejuízos a qualidade, diversas ações tem sido buscadas. Todavia, a que melhor apresentou resultado foi a aplicação de dois maçaricos para a realização dos cortes laterais nas placas.

O uso de dois maçaricos para corte de placas tem o propósito de realizar um pré-corte com o intuito de fornecer um aporte térmico inicial [2], funcionando como um preaquecimento localizado, haja vista, que as placas são cortadas a frio e a realização de pré-aquecimento em fornos é inviável economicamente.

A ideia de realizar um pré-corte com uma defasagem em relação ao corte principal é uma tentativa de contornar a necessidade de um pré-aquecimento. Entretanto, para que o processo seja viável tecnicamente é necessário que o pré-corte forneça aporte térmico suficiente sem que as características da superfície de corte sejam afetadas [3 - 5].

Em linhas gerais, práticas operacionais têm mostrado que o oxicorte via maçarico duplo vem reduzindo a ocorrência de desclassificação de placas por trincas [2]. Entretanto, no presente trabalho buscou-se ajustar a prática operacional, visando não somente a melhoria das condições e qualidade do corte como também a ampliação dos limites para sua aplicação, em relação à composição química dos aços.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

Tendo em vista que as trincas não ocorrem em todo tipo de aço e devido ao elevado número de qualidades produzidas na Usiminas, o escopo do trabalho abrange apenas aços com teor de carbono inferior a 0,13%, teor de manganês maior do que 1,0% e razão de nióbio com vanádio acima de 0,03%.

2.1.1 Desenvolvimento do Método de Oxicorte

De modo geral, o presente trabalho dividiu-se em três macro etapas. Na primeira etapa foi desenvolvido o sistema de corte com maçarico duplo. Na segunda etapa foi realizado o dimensionamento, definição das condições de corte e experimentos industriais. Na terceira e última etapa foi implantada a metodologia desenvolvida em

ambiente industrial. Na figura 1 é apresentado um fluxograma que esquematiza as etapas propostas para o desenvolvimento do presente trabalho.

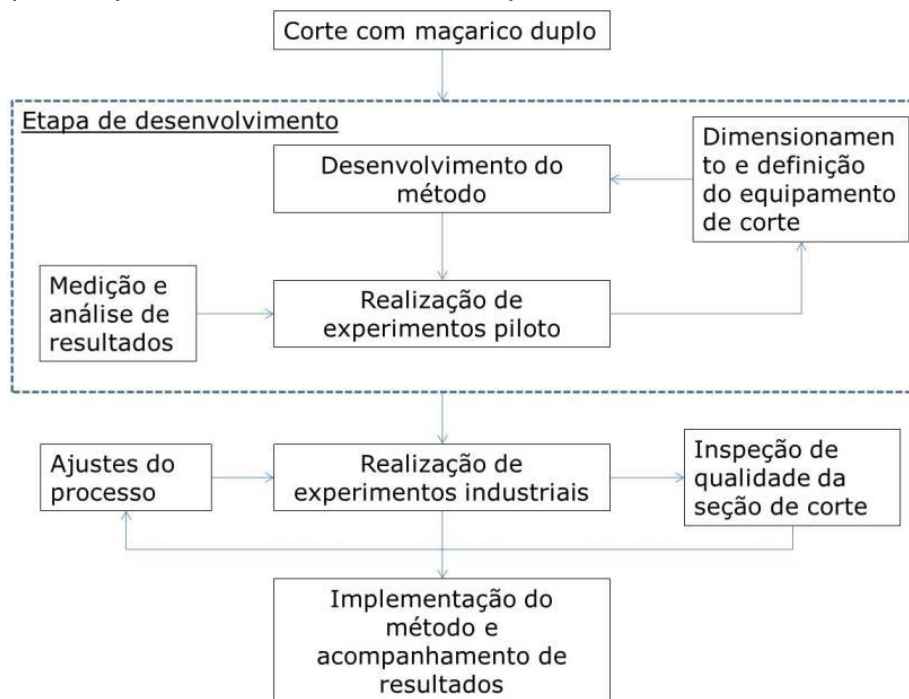


Figura 1. Etapas de desenvolvimento do corte via maçarico duplo.

2.1.2 Desenvolvimento do Sistema de Corte com Maçarico Duplo

A proposta de corte com maçarico duplo implica no desenvolvimento de equipamentos capazes de sustentar dois bicos de corte. Neste sistema, os bicos são posicionados defasados transversal e longitudinalmente entre si, com distâncias a serem determinadas. Na figura 2 é apresentada uma fotografia do maçarico utilizado no desenvolvimento dos trabalhos.

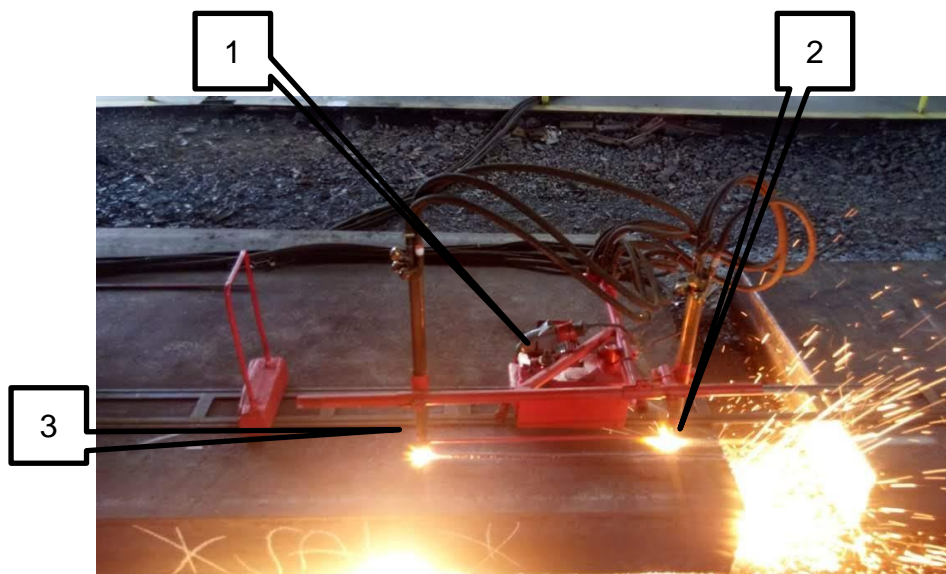


Figura 2. Sistema de oxicorte via maçarico duplo: (1) máquina de oxicorte portátil, (2) maçarico de corte principal e (3) maçarico de pré-aquecimento.

O primeiro bico de corte realiza o que é chamado de corte secundário de pré - aquecimento seguido de um corte principal, em que se ajusta a homogeneidade da largura da placa submetida ao processo.

Neste caso, a questão principal é ajustar as distâncias transversais e longitudinais entre os maçaricos de forma a se obter a melhor condição de corte. Para isso experimentos foram realizados variando-se alguns parâmetros do corte conforme diagrama esquemático apresentado na figura 3.

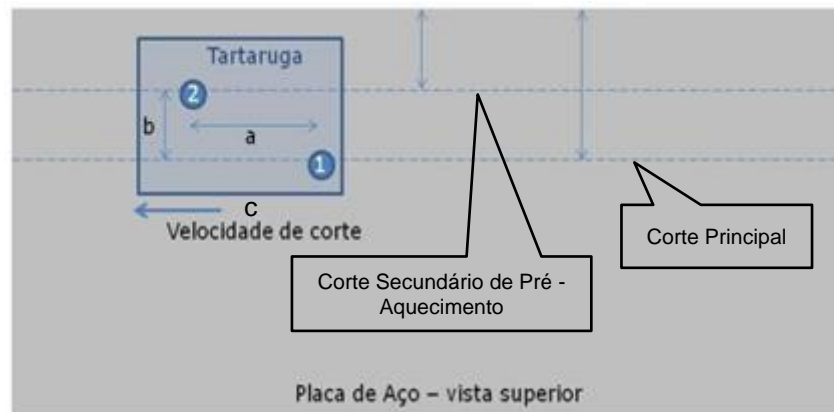


Figura 3. Desenho esquemático da operação de corte utilizando duplo maçarico.

Na figura 3 são apresentados os parâmetros que foram avaliados para desenvolvimento do método, sendo: (a) posição longitudinal, em mm; (b) posição transversal dos maçaricos, em mm; e (c) velocidade de corte, medida em mm/min. Para o dimensionamento e obtenção das condições de oxicorte, buscou-se o melhor posicionamento do bico de corte primário (2) a fim de se obter uma temperatura mais elevada e mais homogeneamente distribuída na frente de corte principal ao longo da espessura da placa.

Nesta etapa pretendeu-se entender o efeito das variáveis propostas na distribuição de temperatura na posição que representa o corte principal. Para isso, foi realizado um experimento piloto que consistiu em posicionar termopares em posições que representam o maçarico de corte principal, entendendo dessa forma a evolução da temperatura após a passagem do corte primário. Assim, de posse das temperaturas, ciclos térmicos, repartições térmicas e por meio do uso das velocidades de corte, determinou-se a posição ideal do corte principal, que passou a ser utilizada nos experimentos industriais.

A medição de temperatura foi realizada utilizando termopares do tipo "K" com diâmetro da bainha de 6,0 mm, isolamento do par termoelétrico em óxido de magnésio (MgO) com grau de pureza 99,4% e capa protetora em INCONEL 600 e um microcomputador portátil com sistema de aquisição de dados do fabricante Graftec, modelo *midi logger* GL 240. Na figura 4 são apresentadas fotografias dos equipamentos utilizados.

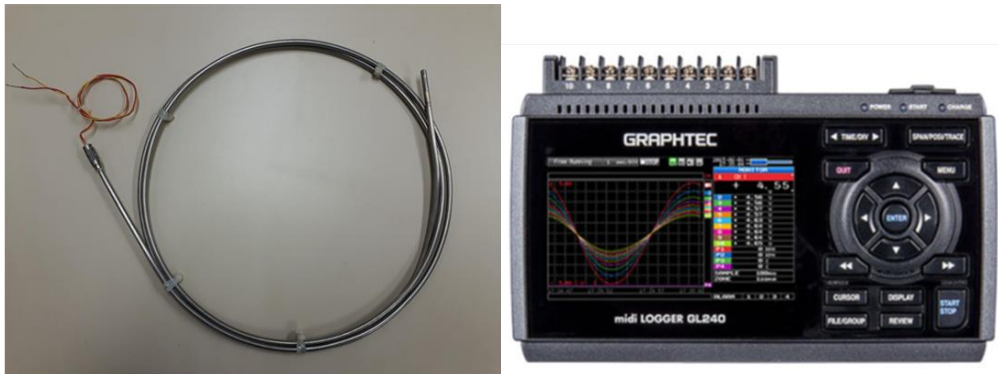


Figura 4. Termopar tipo K com diâmetro de bainha 6mm e GRAFHTEC, modelo *midi logger* GL240

Os termopares foram posicionados nos pontos de medição previamente definidos, a $\frac{1}{4}$ e ao centro da espessura da placa. Na figura 5 é apresentado um croqui exibindo as posições dos termopares inseridos.

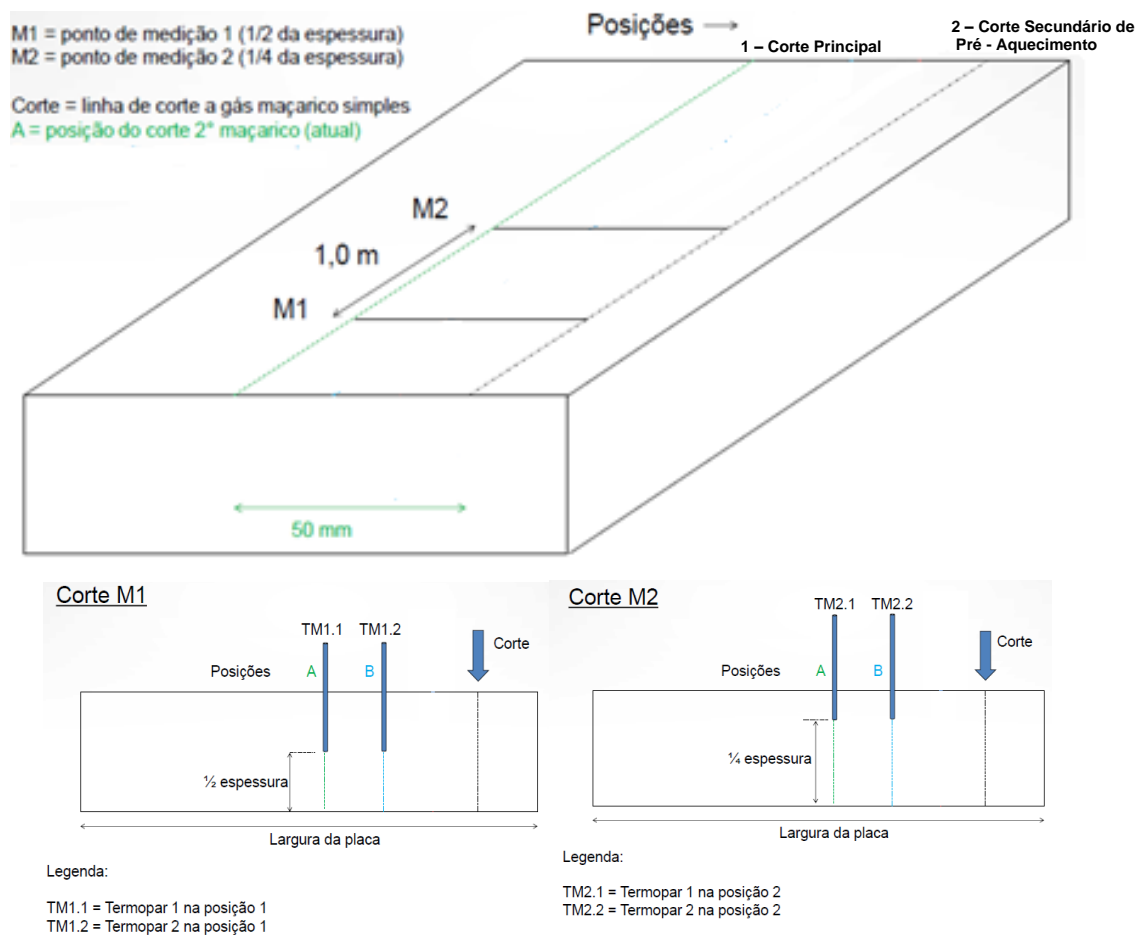


Figura 5. Croqui do posicionamento dos termopares na placa para avaliação da temperatura durante corte.

2.1.3 Experimento Industrial

Após definição das condições de corte foi iniciada a etapa de experimentos industriais. Nesta etapa foram realizados os cortes para ajuste de dimensão de placas com diferentes composições químicas. As composições químicas

selecionadas são aquelas em que o procedimento operacional não permite o corte via oxicorte convencional.

Após o corte da placa e resfriamento natural, com intervalos de tempo superiores a 30 horas, foi realizada a preparação da seção cortada e aplicado líquido penetrante aquoso conforme ilustrado na figura 6, para inspeção visual do ensaio não destrutivo.



Remoção da carepa.



Aplicação de Líquido Penetrante.



Remoção do Líquido Penetrante.



Aplicação do Líquido Revelador.



Inspeção visual.

Figura 6. Procedimento de inspeção da qualidade da região de corte.

Após inspeção foram escolhidas placas para a etapa de laminação a quente experimental com o intuito de se verificar a integridade das bordas das placas cortadas e conseqüentemente, efeitos nas bordas dos produtos laminados. Com base nos resultados de inspeção da placa e de qualidade do laminado foram definidos os critérios de aprovação de placas cortadas com a nova técnica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante os testes piloto com Duplo Maçarico mostram se tratar de uma técnica eficaz para o pré-aquecimento da secção de corte, fornecendo calor suficiente para aquecimento da secção para o corte principal. Na figura 7 é apresentado o perfil térmico ao longo da espessura da placa para a posição representativa do corte principal.

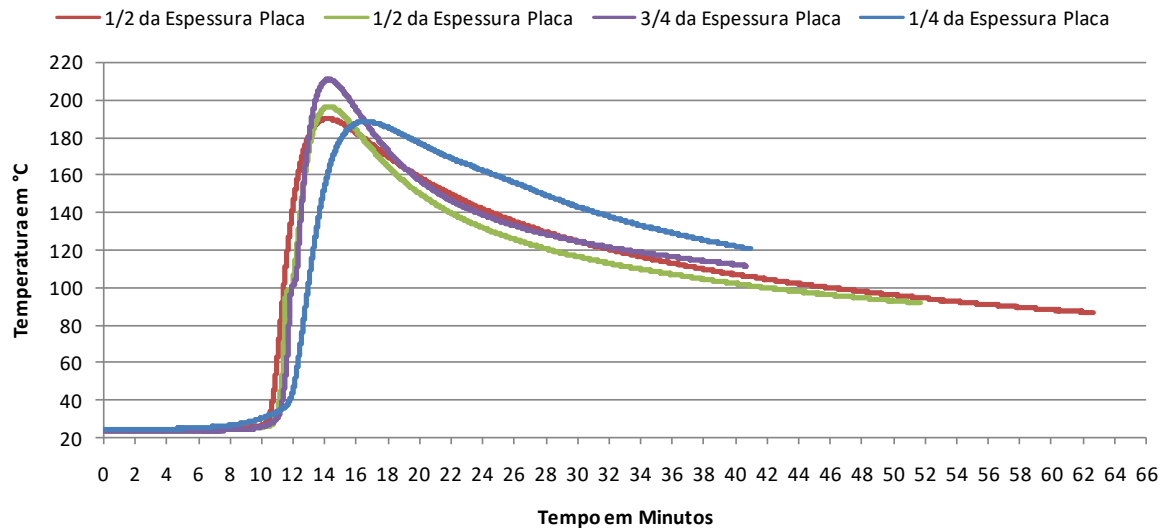


Figura 7. Perfil térmico do corte na região de seção de oxiacorte principal, utilizando a técnica de Duplo Maçarico.

No gráfico apresentado na figura 7 é mostrado que, na condição testada, foram obtidas temperaturas entre 190 e 210°C ao longo da espessura da placa. A temperatura mais elevada, associada a uma pequena variação ao longo da espessura, implica em condições favoráveis para a realização do corte. Assim, as posições do maçarico e a velocidade de corte foram consideradas dimensionadas. Nos testes de laminação realizados, não se verificou qualquer ocorrência de trinca nos esboços de laminação ou no produto final laminado. Dessa forma a técnica foi considerada segura para aplicação industrial.

A implementação industrial ocorreu por meio de ajustes internos dos procedimentos incluindo uma etapa de inspeção via líquido penetrante. Durante o processamento industrial, verificou-se a eventual ocorrência de trincas na seção cortada. Desta forma, foi necessário estabelecer um critério para aprovação para se garantir o mínimo de recusa em produtos laminados.

A liberação das placas cortadas para laminação a quente se dá após aprovação de critérios que levam em consideração a concentração de porosidades, trincas verticais e horizontais na seção de corte.

Como resultado da implementação da técnica de corte com utilização de dois maçaricos a Usiminas aumentou a disponibilidade de placas para laminação. Na figura 9 são apresentados os resultados de liberação de placas após corte com maçarico duplo em função do carbono equivalente.

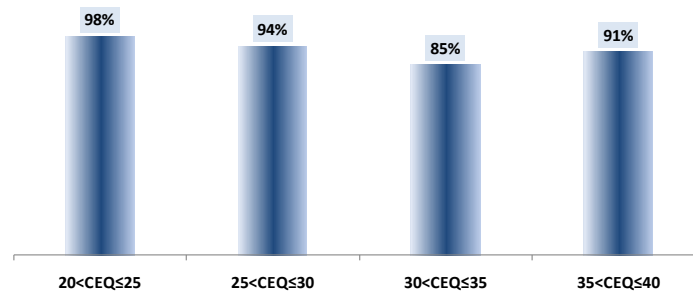


Figura 8. Índice de aprovação de placas após utilização da técnica do oxicorte com Duplo Maçarico.

Conforme figura 8, a aprovação de placas para processamento em laminação a quente é superior a 85%, demonstrando eficiência do processo. Vale ressaltar que tratam-se de placas que tinham destino venda direta com *downgrade* ou sucata, que passaram a ser aproveitadas para produto final laminado.

4 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi desenvolvida e aplicada na Usiminas uma nova técnica para ajuste dimensional em placas susceptíveis a trincas após oxicorte convencional. A técnica consiste da utilização de duplo maçarico.

Após otimização dos parâmetros de corte (velocidade e posição dos maçaricos) foram obtidas temperaturas da ordem de 200°C, homoganeamente distribuídas ao longo da seção de corte favorecendo o ajuste dimensional de placas com carbono equivalente mais elevado.

Com a implementação industrial, verificou-se um satisfatório índice de aprovação de placas, maior ou igual a 85% e conseqüentemente, redução no volume de placas que não eram aproveitadas para atender produtos laminados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos profissionais:

1. Ao pesquisador Júlio Henrique de Araújo Rosa pelas inúmeras contribuições técnicas;
2. Aos consultores Hiroaki Iiboshi e Takahisa Honda, da Gerência de Engenharia e Tecnologia Operacional, pelas discussões técnicas e troca de experiências;
3. Aos gestores: João Augusto Dolabela Caldeira e Flávio Viana Diniz Soares por abraçarem o projeto e viabilizarem uma estrutura de apoio operacional e técnico entre as áreas envolvidas;
4. E por fim, a todos os participantes das áreas de operação que se envolveram com o projeto, representados aqui pelo colaborador:
Inspeção e Corte de Placa: Rhillquians Araújo Dutra.

REFERÊNCIAS

1. José Pinto Ramalho. Oxicorte: Estudo da transferência de calor e modelamento por redes neurais artificiais de variáveis do processo. São Paulo: Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
2. Nakajima Hirofumi, inventor; Nippon Steel Corp, assignee. Method for Cutting Steel. JP patent 2003-207804, 19 ago 2003.
3. Tai Takafumi, Ayada Kenzo, Yukanami Tetsuji, inventores; Kobe Steel LTD, assignee. Method for gas-cutting continuously cast slab. JPH patent 10244348 (A), 04 mar 1997.
4. Ma Guangting, Ma Heng, Zhou Ping, Zhang Changhong, LiQuinghua, Wei Junguang, Geng Dali, Inventores; Shandong Iron & Steel CO. LTD, assignee. A flame cutting device. CN patent 104985278 (A). 29 jul 2015.
5. Liu Jin Gang, Wang Weihua, GuLinhao, Chu Rensheng, Wang Lifeng, Zhu Zhiyuan, Li Zhanjun, HaoNing, Wang Yanfeng, Yan Xinhui, Wang Sen, inventores; Shougang Corporation, assignee. Flame-preheated cutting method for steel plate with high-carbon equivalent thickness of smaller than 30mm. CN patente 104759733 (A). 07 abr 2015.