

AUMENTO DA VELOCIDADE DE LINGOTAMENTO DA MÁQUINA 1 DA CST

HENRIQUE SILVA FURTADO ⁽¹⁾
SANDRO DE SOUZA SANTOS ⁽²⁾

O presente trabalho descreve as ações desenvolvidas na CST, que resultou no aumento a velocidade de lingotamento dos aços baixo carbono e peritéticos, sem alteração da qualidade das placas produzidas e, principalmente, sem investimentos em novos equipamentos.

Testes industriais foram realizados com base em análises prévias suportadas por simulação matemática computacional. Foram avaliados os efeitos colaterais do aumento da velocidade máxima de lingotamento, assim como da curva de velocidade em função do superaquecimento do aço no distribuidor, através de análises de macro-ataque e de medições de abaulamento lateral. Os resultados mostraram que o aumento da velocidade de lingotamento, nos níveis realizados, não afetou a qualidade das placas produzidas.

Considerando o “mix” de produção e 2003, o aumento da velocidade de lingotamento propiciou um acréscimo na capacidade de produção da CST da ordem de 121.000t/ano.

Palavras Chaves: lingotamento contínuo, velocidade de lingotamento, produtividade

XXXV SEMINÁRIO DE FUSÃO & V SEMINÁRIO DE FUNDIÇÃO – 2004 – INTERNACIONAL, 17 A 19 DE MAIO DE 2004 – SALVADOR - BAHIA – BRASIL

1- Engenheiro Metalúrgico, MSc, Membro da ABM, Especialista Sênior da Divisão Técnica da Aciaria da CST

2- Engenheiro Metalúrgico, Membro da ABM, Especialista da Divisão Técnica da Aciaria da CST

1- INTRODUÇÃO

A velocidade de lingotamento define o tempo no qual a placa é extraída da máquina ainda em processo de solidificação. Para uma carteira dimensional pré-definida, o seu aumento afeta diretamente a produtividade do lingotamento e inversamente a qualidade das placas produzidas. Portanto, o grande desafio é estabelecer um equilíbrio entre a elevada produtividade e a qualidade requerida à aplicação no cliente.

Além do aumento da capacidade produtiva, o aumento da velocidade de lingotamento pode viabilizar a produção de placas estreitas na máquina n° 1, inviabilizadas atualmente pelo tempo longo de lingotamento.

O propósito do presente trabalho é o de apresentar os resultados dos testes industriais de aumento de velocidade de lingotamento dos aços baixo e peritético produzidos na máquina de lingotamento contínuo n° 1 da CST.

2- ASPECTOS TEÓRICOS

2.1- Resfriamento da Placa no Veio do Lingotamento.

Durante o lingotamento, o interior da placa se encontra no estado líquido ao longo do seu comprimento metalúrgico. Para uma determinada taxa de extração de calor, o ponto final de solidificação é função da velocidade de lingotamento ⁽¹⁾.

Ainda no estado líquido, o interior da placa impõe forças oriundas da ação da pressão da coluna de aço, que tende a deformar a pele solidificada ⁽¹⁾. Para suportar esta deformação a máquina de lingotamento é provida de rolos de contenção, cujo comprimento é projetado com margem de segurança para conter o ponto final de solidificação no seu interior.

Um outro aspecto importante, ligado a extração de calor na máquina, é a temperatura superficial da placa. Neste caso, o gradiente térmico ao longo da espessura da pele solidificada pode induzir tensões de tração suficientes para a geração de trincas superficiais ou internas ⁽¹⁾.

Para estimar o impacto dos aumentos propostos na velocidade de lingotamento no comprimento metalúrgico e na temperatura superficial da placa, foram realizadas simulações matemáticas. Nas figuras 1 e 2 são apresentados os resultados referentes à placa de 200mm de espessura de aço baixo carbono, utilizando-se a capacidade máxima de refrigeração da máquina 1. Como pode ser observado, o modelo estimou uma redução da espessura da pele solidificada na saída do molde de 0,4mm e um aumento no comprimento metalúrgico em 1,4m (figura 1), quando a velocidade foi aumentada de 1,7m/min para 1,8m/min. Em ambos os casos o ponto final de solidificação ficou dentro da região de contenção dos rolos da máquina (~30m), sugerindo a possibilidade de um aumento ainda maior na velocidade de lingotamento.

No entanto, uma análise do perfil de temperatura (figura 2), mostrou um reaquecimento superficial da pele solidificada. Este comportamento, identificado nas 3 espessuras, sugere a possibilidade do agravamento na ocorrência de trincas internas, o que limitaria os aumentos adicionais de velocidade de lingotamento, nas

situações onde o comprimento metalúrgico não fosse restritivo. Neste caso, a solução seria investir-se em sistema de refrigeração secundário mais robusto, o que não é o escopo do presente trabalho.

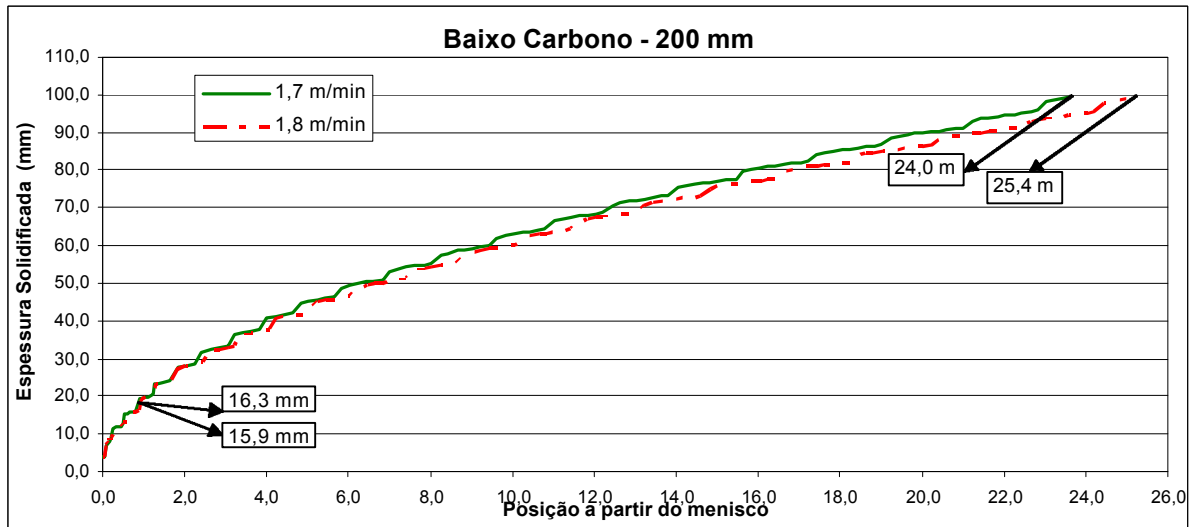


Figura 1 – Comparação das espessuras de pele solidificada.

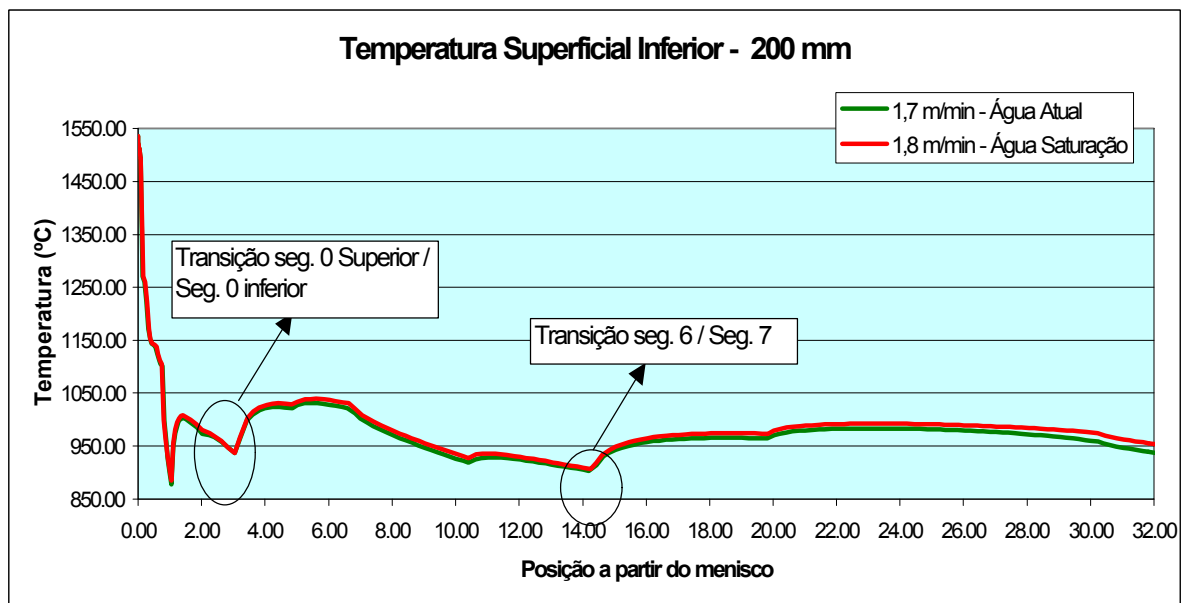


Figura 2: – Comparação das temperaturas superficiais da placa no centro da face larga superior

2.2- Lubrificação do Contato Placa-Molde do Lingotamento

Com o aumento da velocidade de lingotamento ocorre uma intensificação das forças de fricção sobre a placa, induzidas pelo contato da mesma com molde ⁽²⁾. No caso limite de insuficiência de lubrificação pode ocorrer o rompimento da pele solidificada, acarretando em um grave acidente operacional denominado “break-out”.

O pó fluxante é o material lubrificante normalmente utilizado no lingotamento contínuo de placas. Portanto, para viabilizar o aumento da velocidade de

lingotamento é fundamental desenvolver suas propriedades físicas, principalmente a viscosidade, de forma a reduzir as tensões de cisalhamento sobre a pele solidificada.

De acordo com o critério de Mills⁽²⁾, o lingotamento de aços baixo carbono a elevadas velocidades requer uma boa lubrificação associada a uma elevada taxa de extração de calor no molde. Estes dois requisitos poderiam ser atendidos utilizando-se um pó fluxante de reduzida viscosidade, vítreo e com temperatura de cristalização baixa. Neste caso, o material utilizado atualmente na CST atenderia a esta aplicação conforme apresentado na Figura 3.

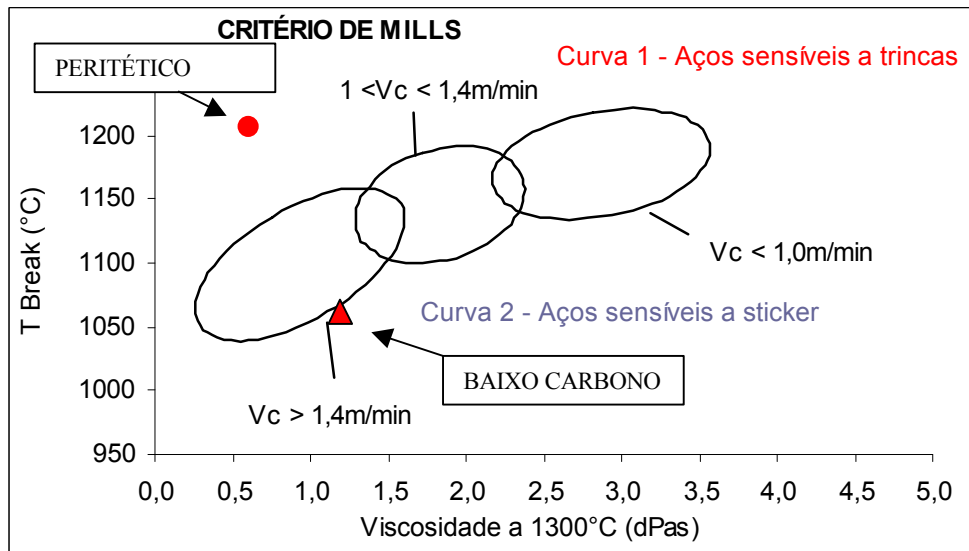


Figura 3- Pós fluxante utilizado na CST.

No caso dos aços peritéticos o risco do aumento da velocidade está no aparecimento de trincas longitudinais superficiais, associadas ao aumento do fluxo de calor do molde⁽³⁾, oriundas das tensões e deformações, características da transformação peritética. Para este caso, a solução adotada seria reduzir a taxa de extração de calor no molde, utilizando-se pó fluxantes capazes de formar um filme cristalino de maior espessura⁽³⁾. Ao mesmo tempo este material deveria possuir viscosidade baixa para propiciar a lubrificação necessária para reduzir os esforços de fricção. Para tanto, foi desenvolvido na CST um novo pó fluxante cujas características principais podem ser observadas na figura 3.

2.3- Superaquecimento do Aço no Distribuidor

O aumento do superaquecimento do aço reduz a espessura de pele no molde, e favorece segregação dos elementos no centro da placa, o que pode agravar a presença de trincas nas mesmas⁽¹⁾. Para compensar este efeito, é prática comum promover a redução da velocidade de lingotamento, de forma a aumentar o tempo de residência da placa no molde e assim aumentar a espessura da pele solidificada.

Numa análise preliminar foi verificado que o elevado superaquecimento do aço no distribuidor é o principal responsável pela redução das velocidades médias reais de lingotamento na máquina #1 na CST. Portanto duas ações foram conduzidas em paralelo: melhoria do controle térmico da aciaria e flexibilização da curva de

velocidade de lingotamento contínuo versus superaquecimento do aço no distribuidor. Neste ultimo caso, foram executados testes avaliando o aumento da velocidade em superaquecimentos elevados.

3- RESULTADOS DOS TESTES INDUSTRIAIS.

Os testes industriais foram propostos de forma a aumentar a velocidade máxima de lingotamento em cada espessura e reduzir a queda desta velocidade com o incremento no super aquecimento.

3.1- AUMENTO DA VELOCIDADE DOS AÇOS BAIXO CARBONO

O resultado do aumento real da velocidade pode ser observado na figura 4. Neste caso, as análises de macro-ataque não evidenciaram uma deterioração significativa da qualidade interna das placas testadas (tabela I), bem como não houve qualquer alteração da qualidade superficial das mesmas.

Relativo a forma das placas, foi observado um ligeiro aumento no abaulamento lateral (figura 5); entretanto, sem maiores conseqüências para a aplicação no cliente. Esta deformação é devido à redução da espessura da pele na saída do molde e pode ser compensada por um ajuste no “taper” do molde ou um aumento na água de refrigeração nos “foot rolls”;

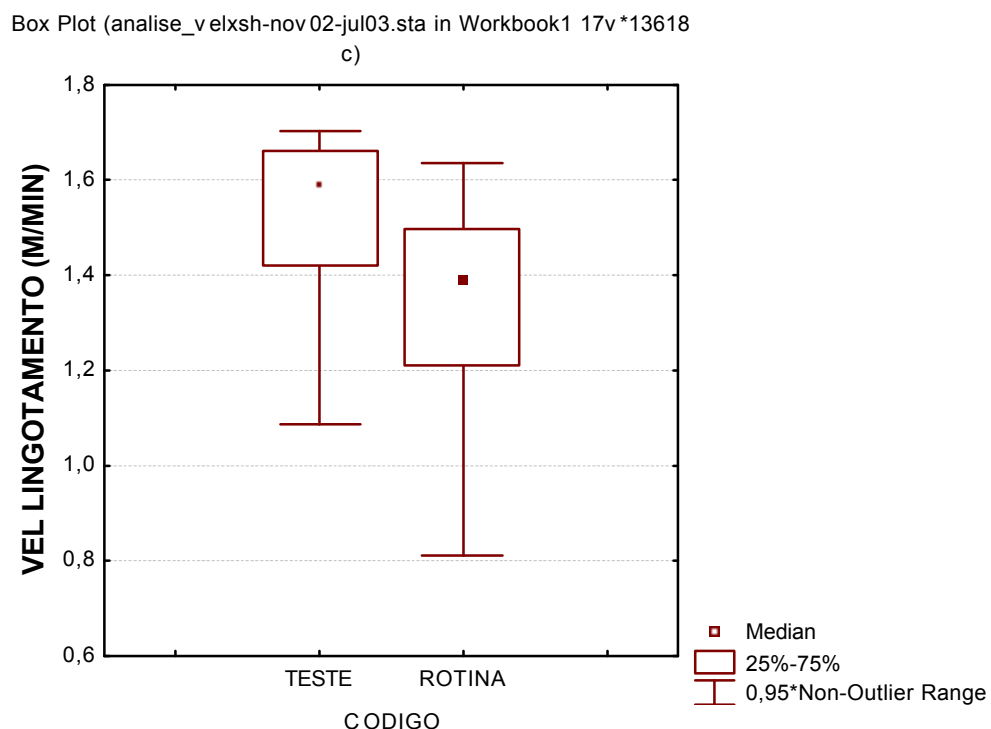


Figura 4- Resultado do aumento da velocidade dos aços baixo carbono.

Tabela I: Resultado das análises de macro-ataque nas placas dos aços baixo carbono

DEFEITO	NÍVEL	PROPORÇÕES	
		TESTE	ROTINA
Inclusões em nuvens	1	1,0000	1,0000
Inclusões puntiformes	1	0,9209	0,9609
	1,5	0,0621	0,0286
	2	0,0169	0,0078
Segregação Central	1	0,0169	0,0182
	1,5	0,7175	0,7161
	2	0,2655	0,2630
Trinca Longitudinal	1	0,9096	0,9271
	1,5	0,0940	0,0731
Trinca de Quina	1	0,9661	0,9870
	1,5	0,0339	0,0142
Trinca Transversal	1	0,8135	0,8594
	1,5	0,1864	0,1380

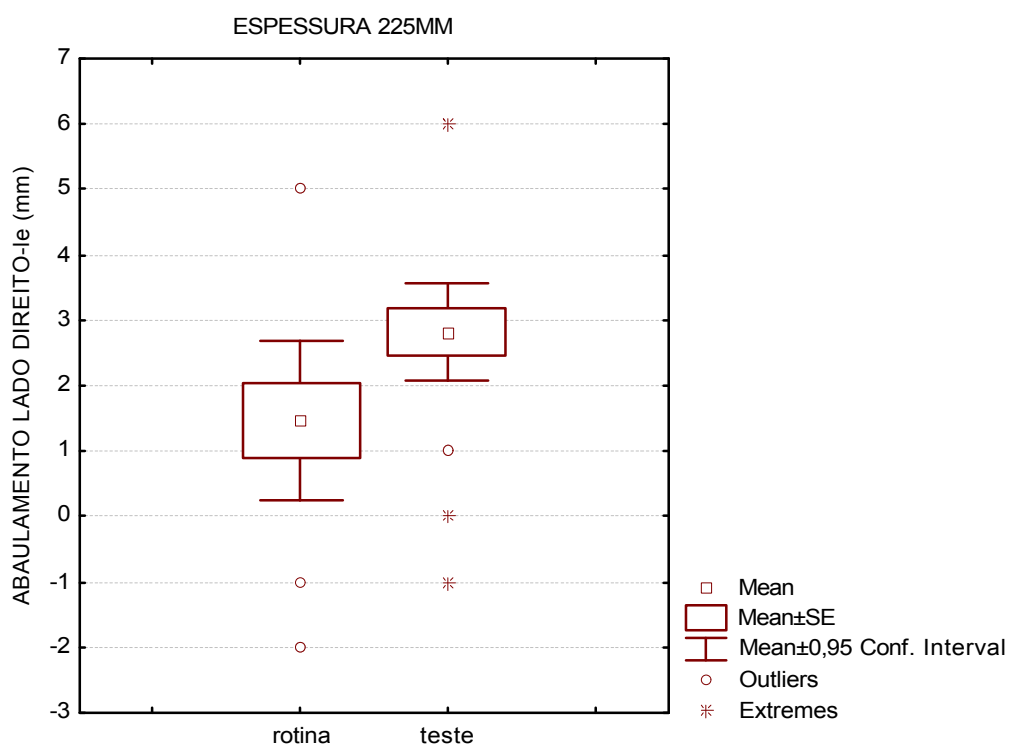


Figura 5- Resultado do abaulamento lateral com o aumento da velocidade máxima de lingotamento

3.2- AUMENTO DA VELOCIDADE DE LINGOTAMENTO DOS AÇOS PERITÉTICOS

Na figura 6 pode-se observar o aumento real da velocidade neste conjunto de testes. Os resultados da análise de macro-ataque não mostraram qualquer efeito colateral nas qualidades internas (tabela II). As inspeções superficiais da placa na área de condicionamento não evidenciaram qualquer alteração de qualidade. Além disto, nenhum alarme de colamento foi observado durante os testes. Entretanto, da mesma forma que nos aços baixo carbono, as medições de abaulamento lateral evidenciaram um aumento desta deformação, no entanto, sem maiores conseqüências à aplicação deste material.

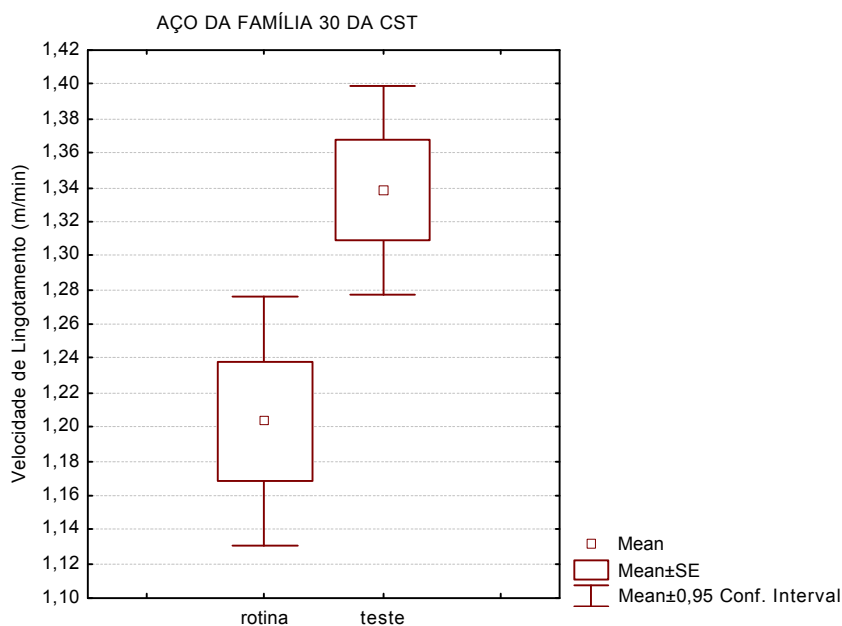


Figura 12 – Comparação da velocidade teste x velocidade rotina para o aço

Tabela II – Resultados de Macro-ataque nos aços peritéticos

Defeito	Nível	Proporções (%)	
		Teste	Rotina
Inclusões em nuvens	1	100	100
Inclusões puntiformes	1	90,5	90,5
	1,5	9,5	9,5
Segregação central	2	100	100
Trinca Lateral	1	100	100
Trinca de quina	1	100	100
Trinca transversal	1	90,5	90,5
	1,5	9,5	9,5

4- CONCLUSÃO

Nos aços baixo carbono, a simulação numérica, utilizando a refrigeração máxima da máquina #1, estima uma presença de um reaquecimento acentuado da superfície da placa, que foi restritivo ao aumento da velocidade de lingotamento.

Nos aços baixo carbono e peritético as características dos pós fluxantes utilizados na CST não foram restrições para o aumento da velocidade de lingotamento nos níveis propostos.

O aumento da velocidade de lingotamento dos aços baixo carbono em 11% não provocou prejuízo significativo para a qualidade interna requerida pela aplicação da placa no cliente.

As qualidades interna e superficial dos aços peritéticos não foram afetadas pelo aumento da velocidade de lingotamento.

Nos dois tipos de aço o aumento da velocidade de lingotamento resultou no incremento do abaulamento lateral, no entanto, sem prejuízo à aplicação destes materiais.

Os aumentos médios de velocidade de lingotamento, observada durante os testes, apontam para um ganho de capacidade produtiva de aproximadamente 121.000t/ano, mantida a carteira de produtos de 2003 da CST.

5- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1- Brimacombe Continuous Casting Course, May (2002)
- 2- Fox, A. B.; Mills, K.C.; Sridhar, S.; Lee, P.D.; Mould Powder Selection Model for Continuous Casting; Steelmaking Conference Proceedings 2002.
- 3- Suzuki,M.; Suzuki,Ma.; Nakada, M.; Perspectives of Research on High-speed Conventional Slab Continuous Casting of Carbon Steels; ISIJ International, Vol. 41, N° 7, pp 670-682 (2001)

CASTING SPEED INCREASE AT CST's CONTINUOUS CASTING # 1

HENRIQUE SILVA FURTADO ⁽¹⁾
SANDRO DE SOUZA SANTOS ⁽²⁾

This paper presents an analysis performed in order to increase CST machine #1 casting speed of low carbon and peritectic steels. The aim of the project is to increase productivity, keeping a good slab quality, without any investments in new technology. The results of industrial trials showed no significant quality deterioration associated with high casting speed in both steel.

Considering the same CST product mix of 2003, the increase of casting speed can produce an increase of casting #1 production capacity around 121.000t/year.

Key words: continuous casting, casting speed, productivity

XXXV Steelmaking Seminar & Casting Seminar – 2004 – International, may 17TH to 19TH, 2004, Salvador, BA, Brazil

1- Metallurgical Engineer , MSc, ABM member, Senior Expert of Steelmaking Technical Division of CST

2- Metallurgical Engineer, ABM member, Expert of Steelmaking Technical Division of CST