

DESENVOLVIMENTO DA ESPECIFICAÇÃO “ASTM-A653M-SS80CL1” PARA ATENDIMENTO DO MERCADO NORTE-AMERICANO *

Eduardo Macedo Junior¹
Rafael Masulck Santos²
Laurício Muniz Couto³
João Batista da Silva⁴

Resumo

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de uma nova especificação para a Linha de zincagem numero 3 (LZC#3) da Companhia siderúrgica nacional (CSN), de grande demanda e aceitação, alta produtividade e foco nos requisitos do cliente que tangem qualidade superficial e características metalúrgicas (resistência mecânica) em aços para atendimento do mercado Norte-americano. Este novo produto tem como característica o ciclo de recozimento com velocidade alta para obtenção de microestrutura 100% encruada na saída do equipamento e limites de escoamento e resistência acima de 500 MPa. A combinação dessas características do produto junto com as características do processo tornou a especificação “ASTM-A653M-SS80CL1” um grande desafio para garantir qualidade superficial sem comprometer as propriedades mecânicas especificadas assim como a integridade do equipamento. O baixo custo de produção associado a alta produtividade desse produto fazem da especificação “ASTM-A653M-SS80CL1” um produto de extrema importância para a estratégia adotada pela CSN, mantendo dessa maneira sua competitividade no mercado Norte-americano e garantindo capacidade máxima de produção do seu equipamento em tempos de retração do mercado interno.

Palavras-chave: Novo produto; Galvanizados; Produtividade.

SPECIFICATION DEVELOPMENT "ASTM A653M-SS80CL1" FOR NORTH AMERICAN MARKET

Abstract

This paper describes the development of a new specification for the CGL # 3 in great demand and acceptance, high productivity and focus on customer requirements that concern surface quality and metallurgical characteristics (mechanical strength) in steel to serve the North American market. This new product is characterized by an annealing cycle at high speed to obtain 100% foundry hardened microstructure at the output of the equipment and limits flow and strength above 500 MPa. The combination of these characteristics of the product along with the process characteristics made the specification "ASTM A653M-SS80CL1" a major challenge to ensure surface quality without compromising the specified mechanical properties as well as the integrity of the equipment. The low cost of production associated with high productivity of this product make specification "ASTM A653M-SS80CL1" a product of the utmost importance to the current strategy adopted by CSN, thus maintaining its competitiveness in the North American market and ensuring maximum production capacity your equipment in times of downturn of the internal market.

Keywords: New product; Galvanized; Productivity.

¹ Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Produção, Gerencia de Recozimento e Zincagem (GRZ), Companhia siderúrgica nacional (CSN), Volta Redonda, RJ.

² Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Produção, Gerencia Geral de galvanizados e Laminados a Frio (GGGL), Companhia siderúrgica nacional (CSN), Volta Redonda, RJ.

³ Técnico Metalúrgico, Técnico Especialista de Galvanizados, Gerencia de Recozimento e Zincagem (GRZ), Companhia siderúrgica nacional (CSN), Volta Redonda, RJ.

⁴ Técnico Metalúrgico, Técnico Especialista em Produtos Galvanizados, Gerencia de Processos de Laminação (GLP), Companhia siderúrgica nacional (CSN), Volta Redonda, RJ.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao fato do aço ser suscetível à corrosão em presença de umidade e a oxidação a temperaturas elevadas, o sucesso do uso das suas características favoráveis geralmente requer alguma forma de proteção contra a corrosão. A aplicação de revestimentos metálicos pelo processo contínuo de imersão a quente é um dos modos mais utilizados para proteção do aço contra a corrosão.

Atualmente a CSN conta com sete linhas de galvanização que possuem características dimensionais, aspectos superficiais e segmentos de atuação (mercado) distintos.

A linha de zincagem contínua número 3, localizada dentro da área de laminação logo após o laminador de tiras a frio, conforme na figura 1, tem como característica um produto de elevada qualidade superficial conhecida como “Spangle Free” devido a composição química do banho de zinco (Zn-Al).



Figura 1 – Fluxograma de processo da área de laminação da UPV-CSN

Dentro do portfólio de produtos “Spangle Free” oferecido pela linha de zincagem contínua número 3, podemos destacar os materiais destinados ao segmento de construção civil para fabricação de telhas e tapamentos laterais pré-pintados e materiais destinados ao segmento de linha branca para fabricação de portas e gabinetes de eletrodomésticos.

A construção civil costuma refletir o desempenho da economia de um país. Esse setor viveu em 2015/2016 um momento delicado no Brasil. Em meio a um ambiente recessivo, um dos principais motores da atividade econômica apresenta sinais claros de enfraquecimento.

Diante desse cenário extremamente pessimista para a economia brasileira, a CSN para não diminuir produção e, conseqüentemente, demitir funcionários, encarou o desafio de exportar material para o único bloco econômico mundial que tem um déficit no consumo de aço, o NAFTA que compreende Estados Unidos, Canadá e México ⁽¹⁾. A figura 2 demonstra essa situação:

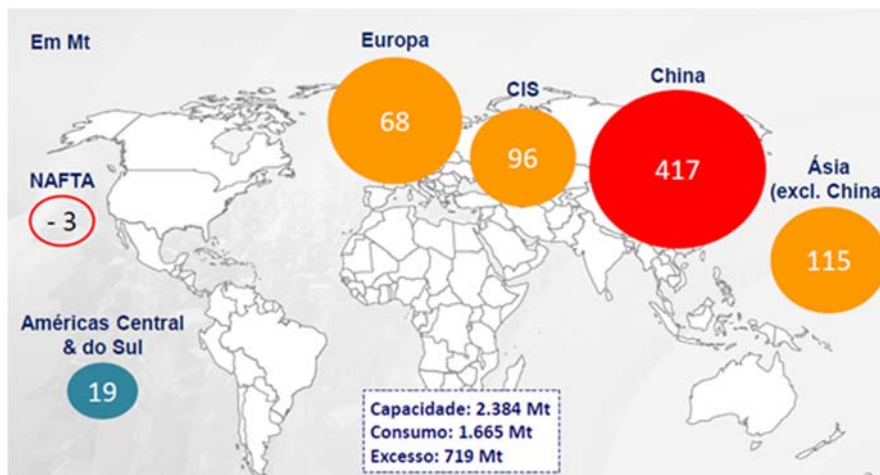


Figura 2 – Mapa mostrando o excesso de Capacidade de Aço no Mundo – 2015

O presente trabalho descreve o desenvolvimento da especificação ASTM-A653M-SS80CL1 na LZC#3, de grande demanda, fácil aceitação, baixo custo e alta produtividade com foco nos requisitos do cliente que tangem qualidade superficial e características metalúrgicas em aços para atendimento do mercado Norte-americano para suprir a baixa demanda de aço galvanizado no mercado brasileiro.

As chapas de aço galvanizadas produzidas conforme a especificação ASTM-A653M-SS80CL1 são conhecidas como bobinas de aço galvanizadas Full Hard. Essas chapas são um tipo de aço estrutural utilizado tipicamente para fazer telhas e tapamentos laterais no segmento de construção civil, conforme ilustrado na figura 3. O limite de escoamento e o limite de resistência mínimo especificados pela norma ASTM são 550 MPa e 570 MPa respectivamente.



Figura 3 – Aplicação Full Hard para telhas e tapamento lateral

1.1. Desafios esperados

O grande desafio a se vencer nesse desenvolvimento é redesenhar o processo da LZC#3 para atender os requisitos desejados pelo cliente descritos nas características do produto associado as características de processo, situação essa que gera um conflito pois as características de processo do equipamento para produção do Full Hard (alta velocidade e baixa temperatura) vão no sentido contrário para se obter melhor qualidade superficial do produto zincado.

1.1.1. Seção de limpeza

A limpeza da superfície metálica é um processo de extrema importância para a indústria. O processo de galvanização contínuo por imersão a quente requer uma

superfície perfeitamente limpa e qualquer impureza deixada sobre ela é revelada negativamente na qualidade do revestimento, com defeitos como falha de revestimento, ponto sem revestimento e má aderência, defeitos esses que desclassificam o produto zincado para segunda qualidade.

Após a laminação a frio a chapa vem coberta por um filme de óleo que serve como protetor da chapa contra as oxidações, conforme ilustrado na figura 4.

Este filme de óleo é retirado da chapa por um processo químico ou eletroquímico que se desenvolve em tanques apropriados contendo soluções alcalinas (um sal mais água) que retira os óleos e graxas, a uma temperatura de aproximadamente 90°C.

A limpeza alcalina é usada para tirar das chapas laminadas a frio, as gorduras semi-sólidas antes do tratamento de recozimento e galvanização, eliminando da superfície da tira impurezas ou sujidades absorvidas durante a laminação a frio ⁽²⁾.

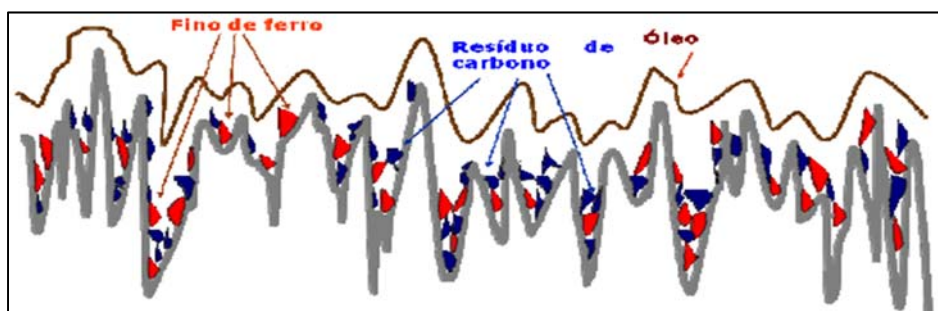


Figura 4 – Representação esquemática da superfície da chapa de aço

A seção de limpeza da LZC#3 é composta de tanque alcalino, tanques escovas 1 e 2, tanque eletrolítico, tanque de lavagem (água quente) e torre de secagem, conforme figura 5.

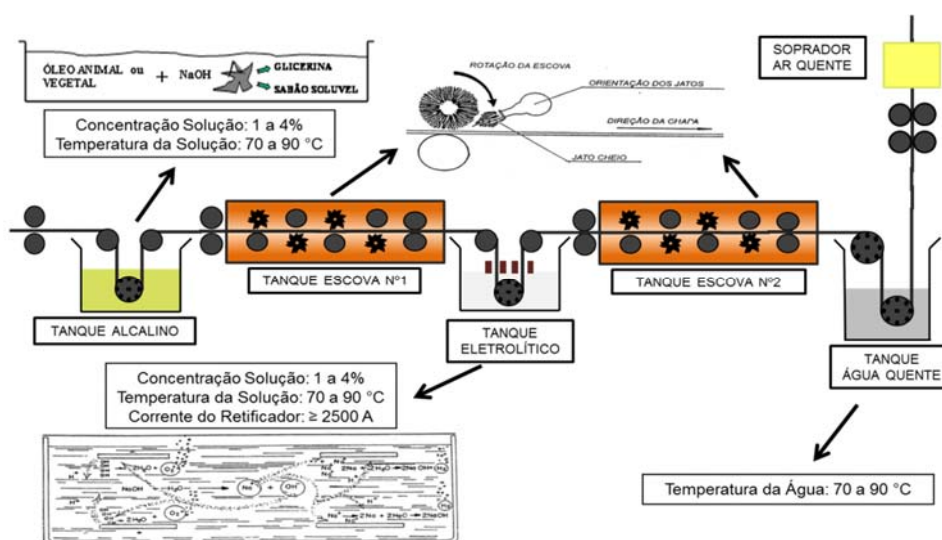


Figura 5 – Representação esquemática da seção de limpeza da LZC#3

1.1.2. Forno de Recozimento

O forno de recozimento da LZC#3 é do tipo vertical, conforme representado na figura 6, e está dividido nas seguintes zonas:

- Seção de pré-aquecimento (Pre-Heater Section - PHS),
- Seção de aquecimento e encharque (Hold Heater Section - HHS),
- Seção de resfriamento controlado (Slow Cooling Section - SCS);
- Seção de resfriamento rápido (Fast Cooling Section - FCS).

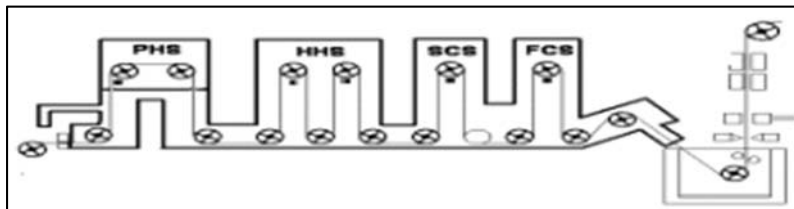


Figura 6 – Representação esquemática do forno da LZC#3

Os principais propósitos do forno de recozimento numa linha de galvanização são:

- Evaporação dos resíduos oleosos presentes na superfície da tira, que não tenham sido removidos em estágios anteriores;
- Redução dos eventuais filmes de oxidação presentes na superfície da tira, por meio de reações com uma atmosfera redutora;
- Tratamento térmico de recozimento da tira laminada a frio, a fim de se obter propriedades mecânicas preestabelecidas a partir da recuperação da estrutura encruada, seguido da nucleação, recristalização e crescimento de grão⁽³⁾.
- Proporcionar a tira uma temperatura adequada para imersão no banho de metal líquido.

A zona de pré-aquecimento tem a dupla função de remover o óleo residual de laminação da superfície da tira, além de promover o aquecimento da mesma, cumprindo assim a primeira etapa do ciclo de recozimento. Quando a tira entra no pré-aquecimento e atinge 400°C a 500°C, os componentes de baixo ponto de ebulição (voláteis) do óleo de laminação evaporam enquanto os componentes não voláteis são gaseificados. Esta seção do forno trabalha com uma combustão redutora (não oxidante) tipo chama direta, utilizando gás natural.

Após o pré-aquecimento da tira, a mesma entra na seção de tubo radiante onde é aquecida até a temperatura de encharque, permanecendo nesta temperatura por um determinado tempo antes de se iniciar o resfriamento.

O fino filme de óxido formado no aquecimento sobre a superfície da tira é completamente reduzido na seção do forno de tubo radiante pela reação com o Hidrogênio presente na atmosfera do forno. O potencial de redução do forno na seção de tubo radiante depende da quantidade de Hidrogênio presente na sua atmosfera. Quanto maior for essa concentração, maior será o risco de explosão e quanto menor for essa concentração, menor será a limpeza superficial do material.

O ciclo térmico é definido em função do tipo de aço processado, visando obter as propriedades mecânicas requeridas pelo produto.

Nas figuras 7 e 8, pode ser observado a diferença entre o ciclo térmico de uma material usual e ciclo térmico do novo material ASTM-A653M-SS80CL1.

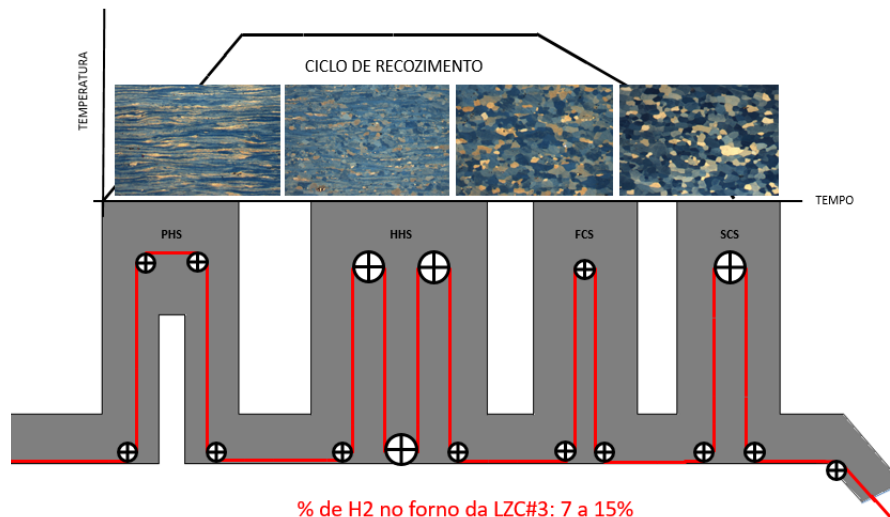


Figura 7 – Ciclo térmico e etapas de recristalização durante recozimento de um material comum

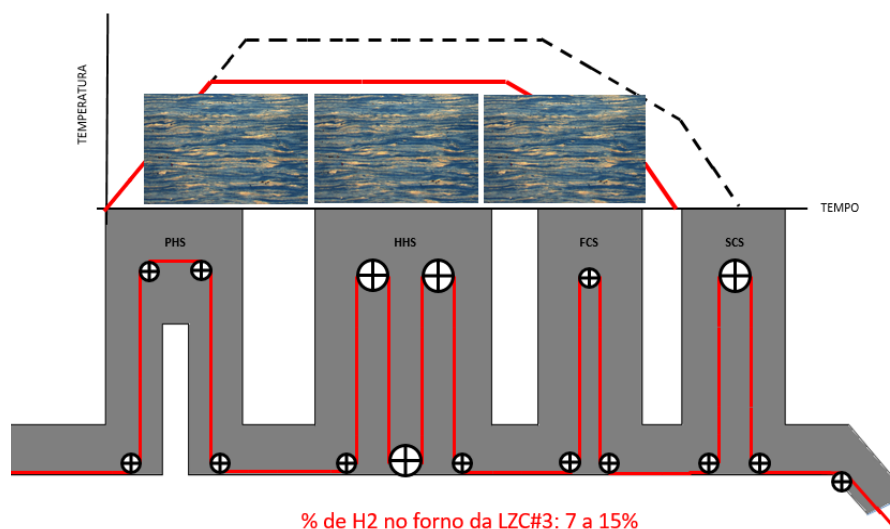


Figura 8 – Ciclo térmico e etapas de recristalização durante recozimento do material Full Hard (ASTM-A653M-SS80CL1)

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Toda a caracterização proposta no presente trabalho foi realizada em um aço carbono de baixo custo, elaborado na aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), com rota normal visando a produção da especificação ASTM-A653M-SS80CL1 (Full Hard) na linha de zincagem contínua nº3.

Foi utilizado amostras com espessura de 0.49 mm de aço baixo para se definir a temperatura experimental.

Tratamentos térmicos no forno Mufla e dilatômetro, análise química, metalografia óptica e ensaios mecânicos foram as técnicas empregadas na condução deste trabalho.

2.1. Estudos Preliminares

Inicialmente foram realizados estudos experimentais, relativos à temperatura de recristalização do material com o objetivo de se conhecer a temperatura necessária para ocorrer a recristalização na LZC#3. Estes estudos serviram como base para o desenvolvimento e planejamento do aço em escala industrial.

Os corpos de prova (CP's) utilizados para o tratamento térmico foram identificados de acordo com cada ensaio e cortados nas dimensões 50 mm x 60 mm (direção de laminação) conforme demonstrado na figura 9.



Figura 9 – Forno tipo MUFLA Brasimet e CP's utilizados para a realização dos testes

A Temperatura de recristalização foi medida de forma experimental através de tratamentos térmicos isócronos, onde os CP's retirados das bobinas Full Hard e já identificados, foram colocadas um a um, separadamente dentro de um forno tipo mufla BRASIMET com tempos constantes pré-estabelecidos em função do comprimento de tira da LZC#3 e com temperaturas variadas também pré-estabelecidas. Ao atingir o tempo estipulado os CP's foram tirados do forno e resfriados em salmoura. Depois foram encaminhados ao laboratório de corrosão para retirada da carepa formada em sua superfície e posteriormente realizados ensaios de dureza e metalografia para o levantamento da curva de recristalização do material.

A definição da Temperatura de RECRISTALIZAÇÃO foi realizada com temperaturas entre 575°C a 775°C com variação de 25°C por corpo de prova. Conforme mostrado na figura 10, a temperatura de recristalização é de 675°C na zona. A temperatura de tira para recristalização será determinada através do ensaio realizado no dilatômetro.

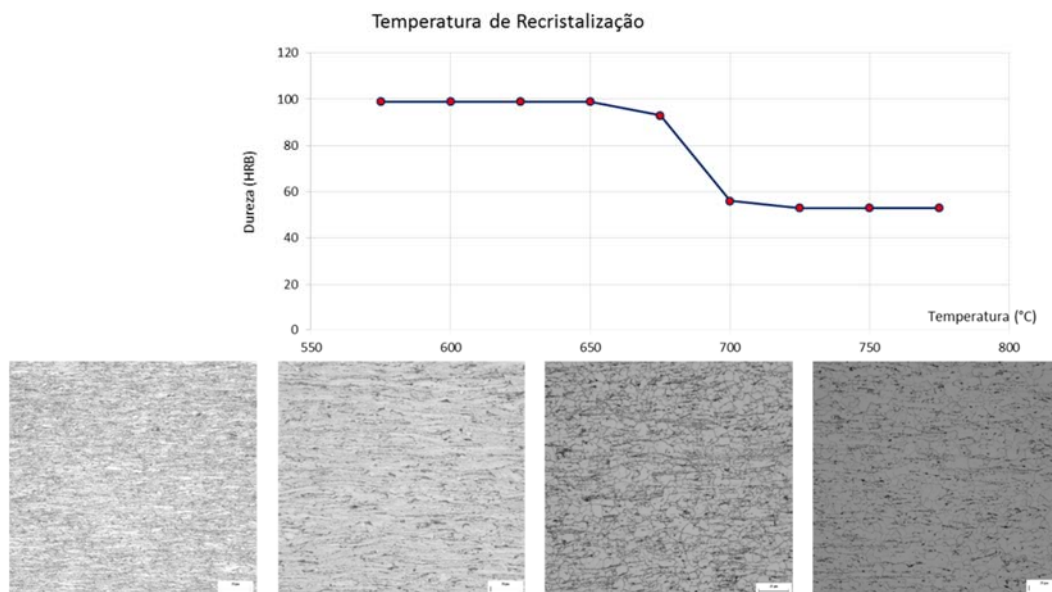


Figura 10 – Gráfico demonstrando a temperatura de recristalização do material avaliado.

Para a definição da velocidade mínima de processo, fixou-se a temperatura de recristalização em 2 valores fixos, 650°C e 680°C e variamos o tempo conforme a velocidade do equipamento. As amostras seguiram os mesmos procedimentos tomados para determinação da temperatura de recristalização. A tabela 1 demonstra a velocidade em m/min e o tempo correspondente em segundos.

Velocidade (m/min)	CP	Tempo (s)	Dureza (HRB) 650°C	Dureza (HRB) 680°C
90	21	82	66	
	22			67
95	23	78	69	
	24			69
100	25	74	72	
	26			69
105	27	70	84	
	28			67
110	29	67	93	
	30			69
115	31	64	95	
	32			63
120	33	61	93	
	34			78
125	35	59	95	
	36			83
130	37	57	97	
	38			90
135	39	55	95	
	40			93
140	41	53	97	
	42			95
145	43	51	97	
	44			97
150	45	49	97	
	46			93

Tabela 1 – Velocidade da linha x tempo em segundos x dureza.

Com os valores encontrados no ensaio, traçamos uma curva em função da dureza obtida para determinar a velocidade mínima para se trabalhar. Com uma temperatura de 650°C a velocidade mínima é de 110 m/min e para a temperatura de 680°C a velocidade mínima é de 130 m/min. A figura 11 demonstra como se chegou a esses valores.

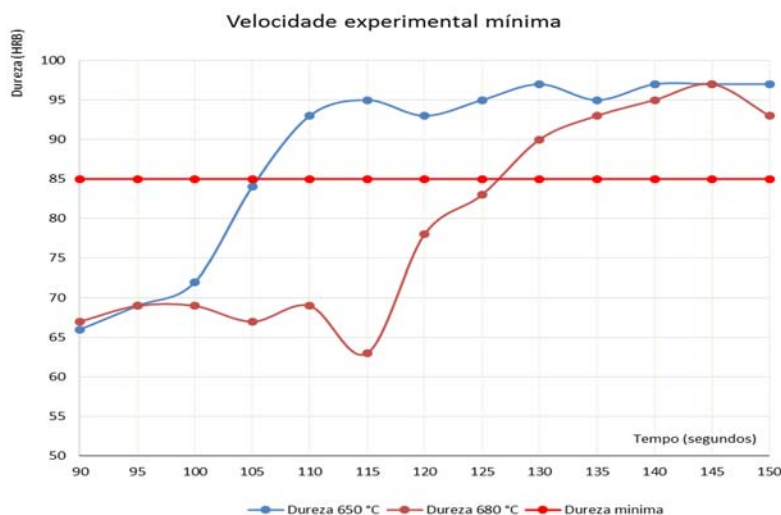


Figura 11 – Gráfico demonstrando velocidade mínima para que não haja recristalização a temperatura constante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios descritos no item x desse projeto indicaram que a temperatura de x /C associada a velocidade de x m/min, seriam as variáveis fundamentais para atender os requisitos de qualidade obrigatórios para o ASTM-A653M-SS80CL1 (Full Hard) em escala industrial na Linha de zincagem contínua nº3 da CSN.

Após a obtenção dessas variáveis, a Linha de zincagem contínua nº3 da CSN se capacitou para atendimento aos clientes, onde foi disponibilizado elevado volume para o mercado norte americano.

O produto atendeu os requisitos de propriedade mecânica, conforme pode ser observado nas figuras 13 a 16.

A figura 12 e 13 representam, respectivamente, a capacidade de atendimento aos valores de propriedade especificados, em relação ao Limite de escoamento e o Limite de resistência.

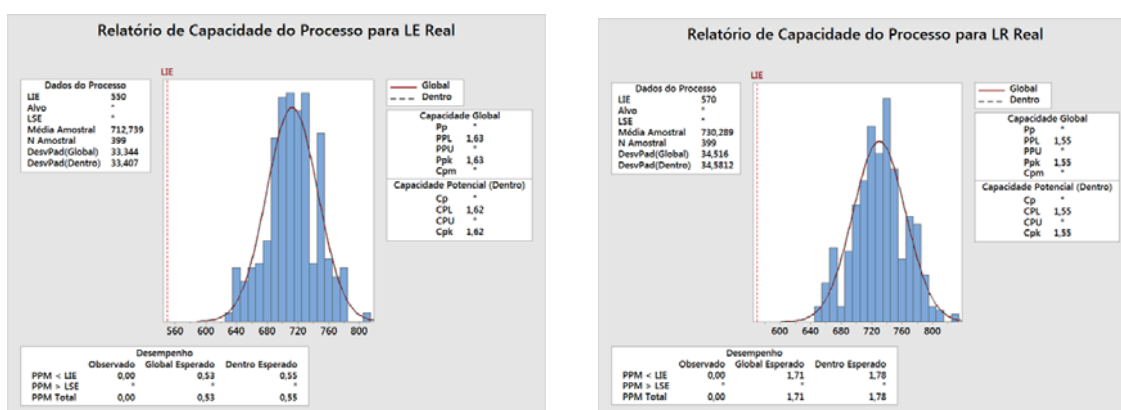


Figura 12 e 13 – Gráfico da esquerda representando a capacidade de atendimento aos valores especificados de Limite de escoamento e gráfico da direita representando a capacidade de atendimento aos valores especificados de Limite de resistência.

É de grande relevância destacar que a especificação ASTM-A653M-SS80CL1 apresenta produtividade em media 10,72 t/h maior do que a media usual dos

materiais regulares, o que tornou esse novo produto o de maior produtividade atualmente produzido na Linha de Zincagem nº 3 da CSN.

Com a produção desse novo produto, a linha de zincagem nº3 apresentou aumento do volume de produção utilizando-se de menor número de colaboradores.

Passando de 280 toneladas/ Homem para 315 toneladas/Homem.

Destaca-se como benefício tecnológico:

- Assertividade entre teste em escala “PILOTO” X produção “INDUSTRIAL”
- Desenvolvimento do conhecimento técnico da equipe da LZC#3 em relação a seção de limpeza e Pre heating section (PHS)
- Obtenção de parâmetro de processo por métodos experimentais Inovadores (Ganho de produtividade e redução de custo).

4 CONCLUSÃO

Mediante o ajuste do ciclo térmico a partir de métodos experimentais, foi possível obter uma nova especificação de produto galvanizado para atender o mercado norte americano.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a CSN por permitir a publicação do presente trabalho e a todas as pessoas engajadas na realização desse trabalho que não puderam figurar como co-autores (equipes de laboratórios, de produção, área técnica e desenvolvimento de produtos).

REFERÊNCIAS

- 1 World steel association 2015, Instituto aço Brasil, Congresso brasileiro de aço & expoção 2015, São Paulo, Brasil.
- 2 S. D. MARIANO JR, Material Laminado a Frio - Peça exposta para a indústria automobilística - Evolução do ciclo extra limpo na CSN – Contribuição Técnica ao 66º Congresso de Metalurgia da ABM, Junho de 2011, São Paulo, SP.
- 3 A.F. Padilha e F. Siciliano Jr., Encruamento, Recristalização, Crescimento de Grão e Textura, Editora ABM, 3ª Edição, 2005.