

AJUSTE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOLHA METÁLICA DA TÊMPERA T52 PARA FABRICAÇÃO DE LATAS DE FÁCIL ABERTURA¹

Marcos Delane de Souza²

Ulisses Rocha Gomes³

Eduardo Amorim Motta⁴

Willian Costa do Nascimento⁵

Hugo Valério Guida Cândido⁶

Resumo

As folhas metálicas são produzidas como material de simples e/ou dupla redução. O presente trabalho aborda a otimização do fluxo produtivo para a produção da especificação NBR6665T52, utilizada para produção de embalagens metálicas e componentes com médio grau de conformação. O principal defeito associado a têmpera T52 denomina-se "colado", que é um defeito de superfície, caracterizado pela presença de regiões ou pontos da tira, geralmente nas espiras externas, com caldeamento entre estas. Ao ser desenrolada a bobina, o "colado" desprende se for fraco, e pode vir a rasgar a tira sem se soltar quando é muito forte. Foi utilizado um método de identificação, caracterização e eliminação das causas de ocorrências do problema. Após analisar várias interferências que poderiam provocar este problema, identificamos e eliminamos a causa fundamental. Desta forma, foi possível atuar no processo redefinindo a composição química do aço e ciclo de recozimento. Após as ações e a padronização do processo, as ocorrências e desvios por "colado" reduziram a zero.

Palavras-chave: "Colado"; Recozimento; Composição química.

SETTLING OF PRODUCTION PROCESS FOR TIN PLATE FOR T52 SPECIFICATION TO MAKE EASY OPEN CAN

Abstract

The metallic sheets are produced as single or double-reduced. This work broaches the improvement of productive flux of NBR6665T52 standard, used for the production of metallic packaging and for components with a medium degree of forming. The main defect associated to the T52 temper is named "stuck", that is a surface defect, characterized by the presence of regions or sheet points, generally on the external threads, with friction welding between themselves. During the uncoiling, the "stuck" unhooks if it is weak, and it is possible that the strip tears with no releasing if the "stuck" is very strong. It was used a method of identification, determination and removal of the problem causes. After analysis of several interferences that could cause this problem, we identified and eliminated the fundamental cause. By this way, it was possible to act in the process re-defining the steel's chemical composition and the annealing cycle. After the actions and the process standardization, the events and deviations due to "stuck" reduced to zero.

Key words: Stuck; Annealing; Chemical composition.

¹ *Contribuição técnica ao 44º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 16 a 19 de outubro de 2007, Campos do Jordão – SP, Brasil.*

² *Engenheiro de Desenvolvimento da Gerência de Processo da Laminação – CSN*

³ *Coordenador de Projetos Especiais da Gerência de Laminação a Frio - CSN*

⁴ *Engenheiro Produção da Gerência de Recozimento - CSN*

⁵ *Engenheiro de Desenvolvimento da Gerência de Processo da Laminação - CSN*

⁶ *Técnico Produção da Gerência de Recozimento - CSN*

1 INTRODUÇÃO

A Folha Metálica da especificação NBR 6665 T52, é utilizada para confecção de latas onde se exige uma estampagem moderada, tais como: filtro automotivo e latas expandidas de fácil abertura, como mostrado na Figura 1.

Os requisitos básicos para se obter uma boa estampagem são: baixa dureza (variando de 48 a 56 HR 30T), microestrutura com grãos alongados em forma de panquecas e tamanho de grão variando de 9,5 a 10,5 ASTM.



Figura 1 - Latas expandidas de fácil abertura.

Antes do produto final, sabe-se que a folha metálica nasce na laminação a quente, onde é feita a laminação de uma placa com 254 mm de espessura para se obter uma bobina com espessura variando de 2,00 a 2,40 mm. Após esse processo, a bobina laminada a quente (BQ), passa por um processo de decapagem, onde são retirados os óxidos oriundos da laminação a quente. Seguindo o fluxo, passamos por um processo de trabalho a frio, onde ocorre a redução de espessura, variando de 0,20 a 0,45 mm, representando aproximadamente 91% de redução.

A energia armazenada pelo cristal deformado, durante a laminação a frio, pode se dar nas formas de vacâncias, de maclas e de falhas de empilhamento. A maior parte dessa energia está contudo relacionada à geração e interação de discordâncias: o número destas se eleva consideravelmente com a elevação da intensidade de deformação plástica, ou seja, aumenta a densidade de discordâncias no corpo metálico. Com isso, ocorre aumento do limite de resistência e queda no alongamento, conforme a Figura 2.

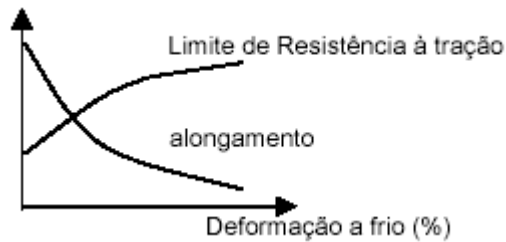


Figura 2 - Alteração das propriedades mecânicas com o aumento da deformação plástica, caracterizando o encruamento (curvas ilustrativas de tendências).

A microestrutura se altera com o trabalho a frio: os grãos deformados se tornam alongados e adquirem uma orientação cristalográfica preferencial de acordo com a direção do processo de laminação, conforme ilustrado na Figura 3.

Após a laminação a frio, é feito um tratamento térmico que conduz o metal encruado à condição totalmente recristalizada, ou seja, recupera as propriedades mecânicas perdidas durante a deformação. Esse tratamento é o recozimento, que consiste no aquecimento do material, a uma determinada temperatura e durante um certo tempo. No processo de recozimento, distingue-se três estágios: recuperação, recristalização e crescimento dos grãos. A Figura 4 apresenta as três situações expostas.

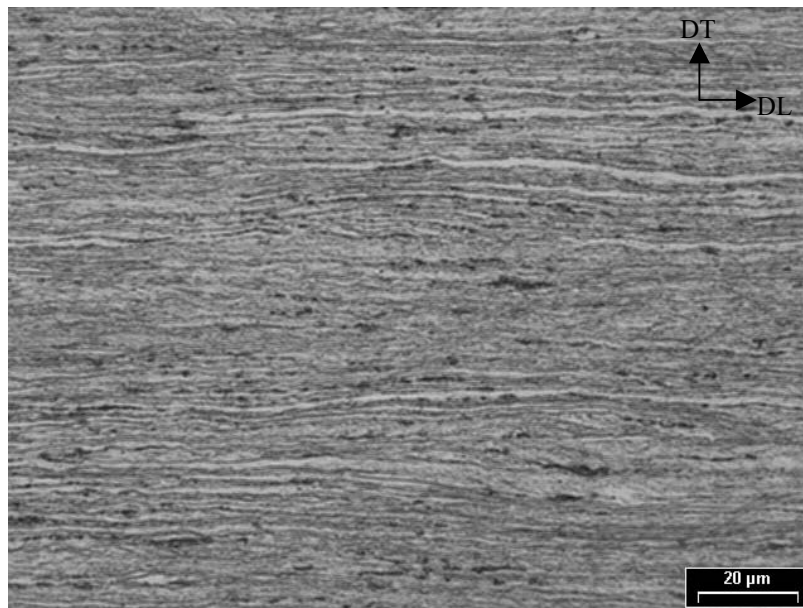


Figura 3 - Microestrutura totalmente encruada.

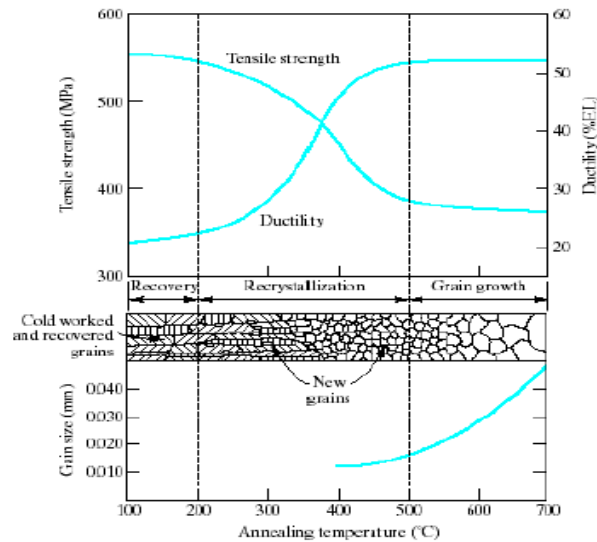


Figura 4 - Modificações estruturais e das propriedades mecânicas na recuperação, recristalização e crescimento do grão (curvas ilustrativas das tendências).

A recuperação é o primeiro estágio do processo de recozimento. A energia interna armazenada é reduzida e as tensões mecânicas internas são aliviadas substancialmente. A microestrutura que se apresenta é ainda com grãos deformados – não sofreu alteração aparente.

A recristalização é o segundo estágio do processo de recozimento, onde a microestrutura sofre modificações essenciais: ocorre a nucleação de novos grãos, isentos de deformação, que gradativamente absorvem os vizinhos deformados. A energia interna acumulada pela deformação plástica é aliviada e a textura encruada, apresentada pelo metal, é eliminada.^[1]

O terceiro estágio do recozimento, que segue o estágio da recristalização, é denominado crescimento de grão. Ocorre com a continuação do processo de recozimento e consiste num aumento gradativo do tamanho dos grãos às custas dos grãos vizinhos já recristalizados e de tamanhos menores.

Em face da importância do fenômeno de recristalização, convém analisar a influência de fatores diversos no processo:^[2]

- a) Influência do tempo e da temperatura – Quanto maior a temperatura, menor é o tempo necessário para a completa recristalização;
- b) Influência do grau de encruamento – Para um grau maior de encruamento prévio ao tratamento de recozimento, menores podem ser o tempo e a temperatura de recristalização;
- c) Influência da natureza do metal – A presença de pequenos teores de impurezas num metal pode elevar consideravelmente a sua temperatura de recristalização. A influência se dá pela formação de soluções sólidas e pela interação entre os átomos de soluto com os contornos dos grãos – a movimentação dos contornos, que ocorrem com a formação e crescimento dos núcleos de recristalização, é dificultada pela presença desses átomos. O efeito é muito mais pronunciado para baixos teores de elemento soluto do que para teores mais elevados, e a influência é diferente para diversos elementos. Os elementos de liga que entram em solução atuam da mesma forma e os

elementos que formam segundas fases, na forma de inclusão ou partículas dispersas, também inibem o crescimento do grão.

Para que se possa utilizar este material recozido, faz-se necessário um passe de encruamento superficial (alongamento máximo de 2%), onde se procura eliminar o patamar de encruamento e dar à superfície do material o acabamento final.

O material em questão neste trabalho é processado via recozimento em caixa e apresentava defeito denominado "colado", que são marcas de esforços que se manifestam no material por ter existido uma aderência entre as espiras de uma bobina, por distintas causas. Essas marcas ("CO" e "MJ") aparecem localmente ou em uma sucessão, como linhas brilhantes ou irregulares no sentido transversal, com formas mais ou menos curvas. O defeito torna-se muito crítico, quando a espessura é menor que 0,22 mm. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é a redução deste defeito no fluxo de produção de folhas metálicas da CSN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado para aplicação latas de fácil abertura é normalizado pela têmpera T52, com a composição química do grau 2440, apresentada na Tabela 1 e produzido nas dimensões 0,20 x 895 mm. Ao iniciar o processamento deste material no laminador de encruamento nº 2, era observado o aparecimento de marcas ao longo da bobina proveniente de colamento entre as espiras. Este defeito é extremamente prejudicial para o processo, pois provoca redução de velocidade no laminador, bem como sucata de material. Abaixo são listados os principais causadores do defeito "colado".

2.1 Fontes de Origem do Colado

Laminador de tiras a frio

Rugosidade: Variável importante, pois um valor baixo de rugosidade poderá durante o tratamento térmico, gerar o defeito "colado", pois reduzirá a quantidade de ortossilicato entre as espiras, na qual ajudam à diminuição do defeito.^[3]

Limpeza eletrolítica

Tensão de bobinamento: Pode ser considerado um dos fatores mais importantes para controlar o defeito "colado", dado que um excesso de tensão provocará o defeito, pois haverá uma união mais íntima entre as espiras, ao passo que valores baixos de tensão provocariam outro defeito, denominado "bobina frouxa".

Recozimento

Manuseio de bobina: Antes de recozer, deve-se ter extremo cuidado com a movimentação das bobinas, para evitar golpes que possam machucar as espiras, colocando pressão localizada em algum ponto da bobina. Também importante é o cuidado com os convectores (separadores), pois durante o aquecimento o peso da bobina pode originar pontos de concentração de pressão na bobina.

Temperatura de processo: Torna-se indispensável otimizar o ciclo térmico do processo, com um aquecimento gradual, pois um aquecimento muito rápido pode elevar excessivamente a temperatura das bordas e espiras do material, originando o "colado". Portanto, deve-se construir um ciclo térmico onde se privilegia a recristalização no ponto frio da bobina, sem originar "colado" no ponto quente.

Baseado neste quadro, tornou-se necessário atuar na causa do defeito, onde algumas frentes de investigação foram definidas, são elas: aumento da rugosidade do material no laminador de tiras a frio; estudo sobre o tensionamento das bobinas na linha de limpeza eletrolítica, estudo sobre o ciclo térmico aplicado nos fornos de recozimento em caixa e mudança da composição química do aço.

Tabela 1 - Composição química

Elemento	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	Al	N
%	0,03 a 0,06	0,25 a 0,35	0 a 0,02	0 a 0,015	0 a 0,02	0 a 0,06	0 a 0,04	0,03 a 0,07	0 a 0,02	0 a 0,02	0,02 a 0,07	0 a 0,006

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em conjunto com as áreas envolvidas com o defeito "colado", fez - se necessário atuar em algumas variáveis de processo, para que se fizesse o ajuste dos parâmetros operacionais que reduzissem o defeito. Para tanto, uma equipe multifuncional foi montada, afim de trabalhar neste objetivo. A Figura 5, apresenta as ocorrências de desvio pelo defeito "colado", bem como a produção mensal do material em questão. A seguir as ações feitas para redução do defeito.

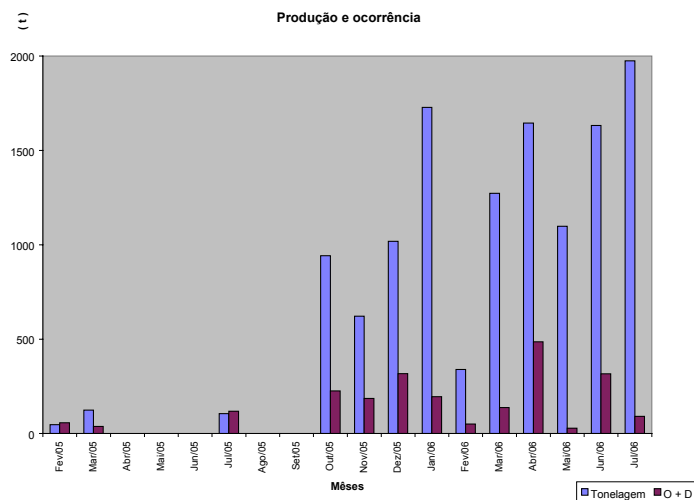


Figura 5 - Ocorrências de desvio pelo defeito "colado", bem como a produção mensal do material em questão.

3.1 Aumento da Rugosidade do Material no Laminador de Tiras a Frio

No caso de contato de duas tiras, suas superfícies estão formadas a níveis micrográficos por vales e picos e ante a ação de forças que tende a uni-los, pode alcançar a distância de 10^{-6} mm. Somando-se a ação da temperatura, se dão as

condições para que se produza o defeito "colado".^[4] Baseado nesta referência, foram feitas medições de rugosidade no material nas faces superior e inferior de algumas bobinas e verificados valores baixos de rugosidade (16 μ Ra). Para a definição da rugosidade ideal, que evitasse o defeito, foram feitas experiências em alguns lotes onde o valor mínimo considerado foi de 19 μ Ra e para garantir o processo, passamos a trabalhar então com 21 μ Ra. A Figura 6, apresenta o acompanhamento com a rugosidade alterada, onde se continuou a observar o defeito "colado", mostrando que a rugosidade do material não era a causa principal do defeito.

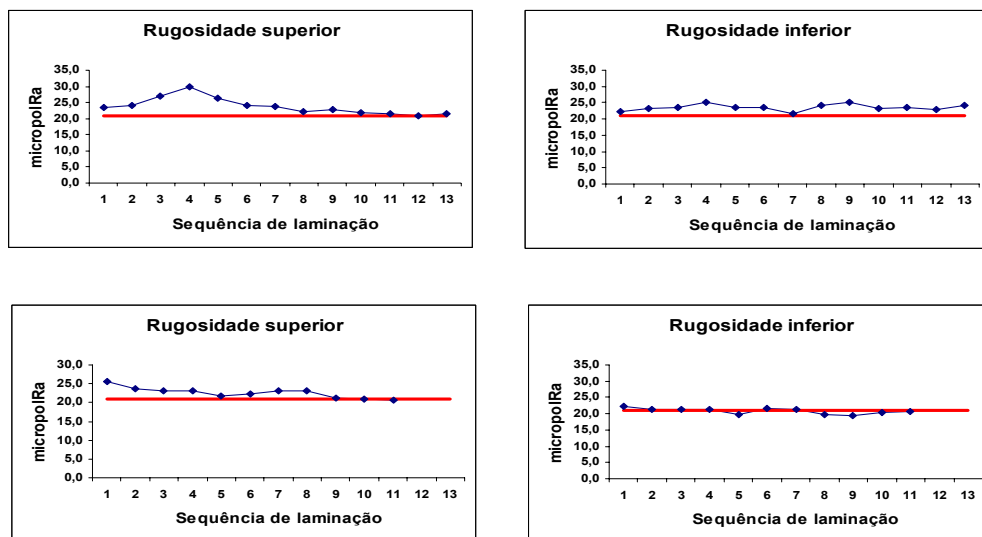


Figura 6 - Definição da rugosidade ideal.

3.2 Estudo sobre o Tensionamento das Bobinas na Linha de Limpeza Eletrolítica

Com relação ao tensionamento não se verificou influência que pudesse estar causando o defeito "colado", já que os níveis de tensão de bobinamento são baixos para os materiais em questão. Durante a verificação, estavam dentro dos valores previstos pelo padrão operacional.

3.3 Estudo sobre o Ciclo Térmico Aplicado nos Fornos de Recozimento em Caixa e Mudança da Composição Química d Aço

O ciclo térmico inicialmente aplicado para o material deste trabalho compreendia um total de 24 h, onde a temperatura de encharque situava - se em 650°C com tempo de permanência de 5 h. A necessidade do cumprimento desta temperatura e tempo, foi em função da garantia dos valores de propriedade mecânica (principalmente dureza) para a fabricação da lata. Portanto, com o grau do aço utilizado, não era possível a redução destas variáveis. Por se tratar de uma temperatura elevada, um outro inconveniente era o atraso no ciclo térmico, i.e., o ciclo era feito com tempos maiores que o padrão, levando o material a um tempo de permanência em alta temperatura excessivamente elevado. À partir daí, partiu-

se para um estudo de mudança de grau, que permitisse a diminuição da temperatura e/ou do tempo de recozimento. Houve então, a mudança do grau do aço de 2440 para o grau 2520. Esta mudança permitiu a redução na temperatura de recozimento, de 650°C para 590°C, sem afetar a propriedade mecânica do aço, bem como não ocorreu mais atraso no ciclo térmico. A diferença entre os dois graus está relacionada ao percentual de carbono (intersticial)^[5] e manganês (substitucional), que para o grau 2520 possui valores menores.^[6] A Tabela 2 apresenta os ciclos térmicos antes e depois da modificação e a Tabela 3 a comparação entre as composições químicas dos graus 2440 e 2520.

Tabela 2 - Ciclos térmicos antes e após a mudança de grau.

Ciclo Térmico	1º Patamar	2º Patamar	Encharque
Grau 2440	0 a 500° C com 8 horas	500 a 650° C com 10 horas	650° C com 5 horas
Grau 2520	0 a 500° C com 8 horas	500 a 590° C com 10 horas	590° C com 5 horas

Tabela 3 - Composição química comparativa entre os graus 2440 e 2520.

Elemento	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	Al	N
Grau 2440 (%)	0,03 a 0,06	0,25 a 0,35	0 a 0,02	0 a 0,015	0 a 0,02	0 a 0,06	0 a 0,04	0,03 a 0,07	0 a 0,02	0 a 0,02	0,02 a 0,07	0 a 0,006
Grau 2520 (%)	0,02 a 0,05	0,15 a 0,25	0 a 0,02	0 a 0,018	0 a 0,02	0 a 0,06	0 a 0,04	0 a 0,04	0 a 0,01	0 a 0,01	0,02 a 0,06	0 a 0,005

3.4 Resultados após a Mudança do Grau e do Ciclo Térmico

A Figura 7 apresenta os resultados obtidos com relação ao defeito "colado", onde observa-se o desaparecimento do defeito. As Figuras 8 e 9, mostram os resultados de dureza antes e após a mudança do grau e do ciclo térmico. Podemos verificar que não houve alteração significativa nos valores de dureza, que pudessem afetar o produto final.

Produção e Ocorrência após a mudança

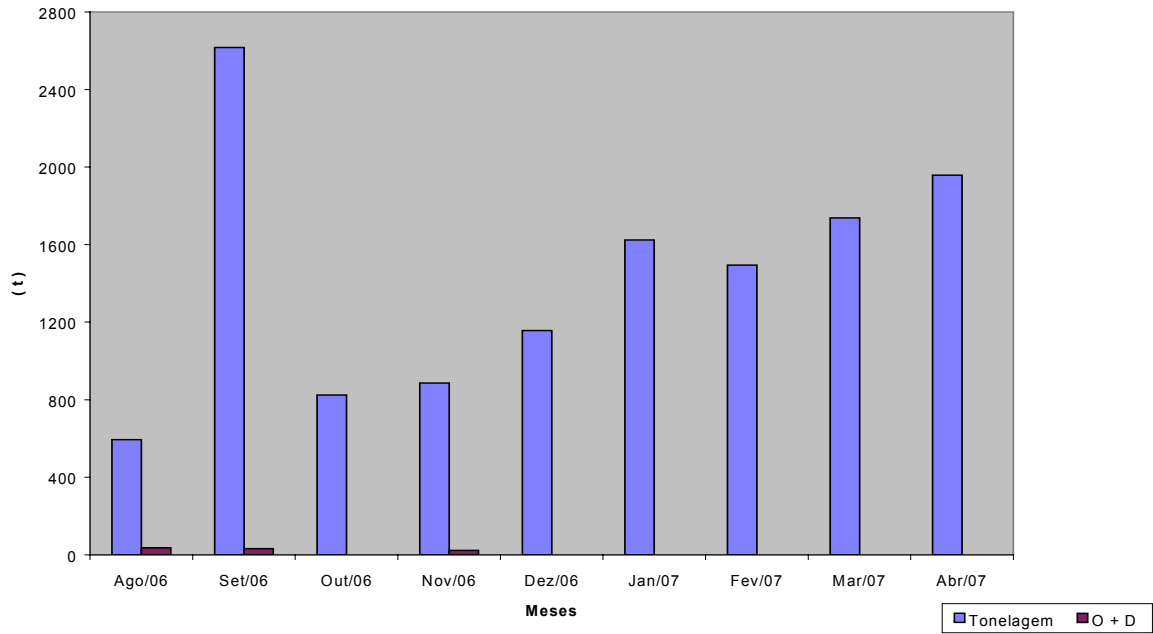


Figura 7 - Resultado da evolução do defeito "colado"

Dureza Material 0,20 mm - T52 - Grau 2440

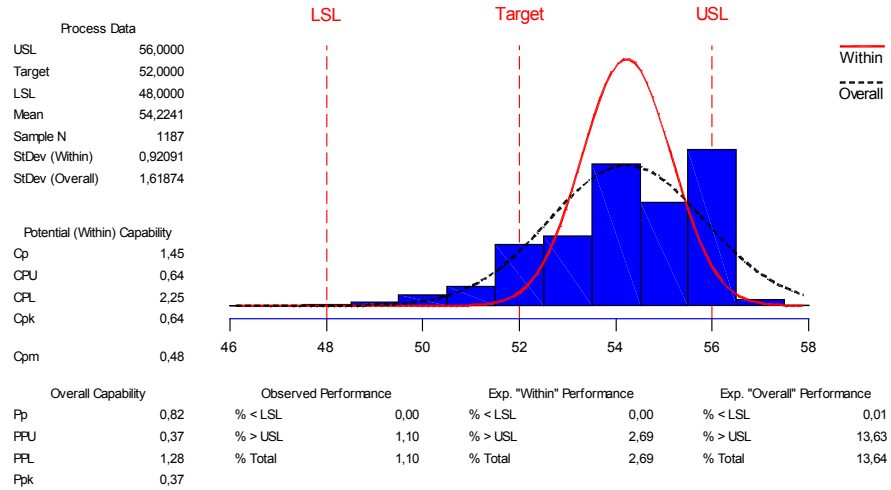


Figura 8 - Resultado de dureza para o grau 2440.

Dureza Material 0,20 mm - T52 - Grau 2520

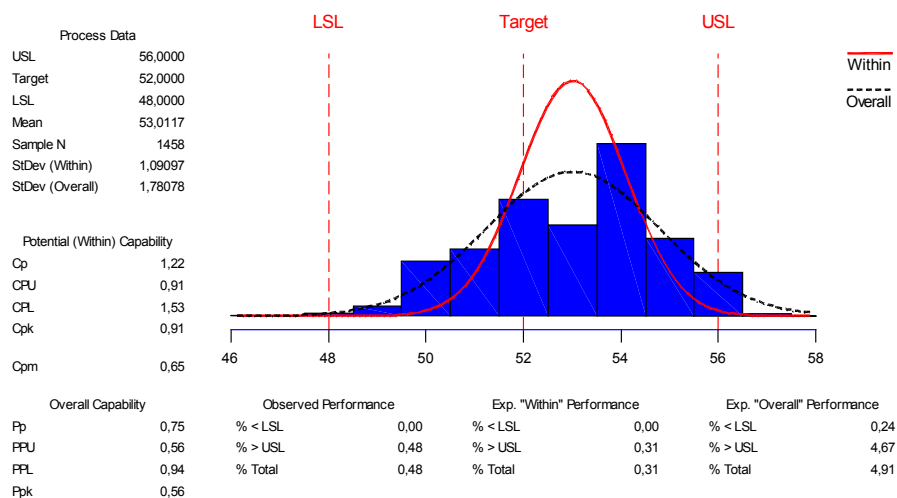


Figura 9 - Resultado de dureza para o grau 2520.

4 CONCLUSÕES

- 1 – O aumento da rugosidade do material mostrou-se eficiente, porém não eliminando completamente o defeito "colado";
- 2 – A redução do percentual de manganês e carbono, permitiu que houvesse uma alteração no ciclo térmico e a conseqüente eliminação do problema "colado";
- 3 – A mudança na temperatura de encharque de 650°C para 590°C não apresentou alteração significativa na propriedade mecânica dureza;
- 4 - Não observou-se influência da tensão de bobinamento da linha de limpeza eletrolítica no defeito "colado".

REFERÊNCIAS

- 1 HUMPHREYS, F.J.; HATHERLY, M., Recrystallization and related annealing phenomena. Pergamon, 1996.
- 2 PADILHA, A. F.; SICILIANO JR., F., Encruamento, recristalização, crescimento de grão e textura, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 3° edição, 2005.
- 3 Verlag Stahleisen GmbH, Surface defects on cold rolled, uncoated sheet. Dusseldorf, 1996.
- 4 Tron, R. E.; Teti, H. I., Pegado de recocido y su solucion tecnológica através del ortosilicato. Buenos Aires, 1980.
- 5 HONEYCOMBE, R. W. K., Aços - Microestrutura e propriedades, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 1982.
- 6 CHANG, S., K., KWAK, J., H., Effect of manganese on aging in low carbon sheet steels, ISIJ International, Vol. 37, n° 1, pp. 74 - 79, 1997.