

REDUÇÃO DO DEFEITO MARCA DE DESLIZAMENTO EM LAMINADOS ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO A FRIO DA ARCELORMITTAL VEGA¹

Magleife Eden Guasti Rampinelli²
Celso Ney Nogueira³
Luciano Colzani⁴
Sérgio dos Santos Rocha⁵
Thiago Alves König⁶
Henry Saar⁷
Kleidon Rodrigues de Almeida⁸
Jose Carlos Goncalves Bela⁹
Luiz Fernando Carlos Sebastião¹⁰

Resumo

Com o constante aumento da exigência de qualidade nos laminados a frio, principalmente por clientes dos segmentos da indústria automobilística e de eletrodomésticos, as siderúrgicas de um modo geral vêm seus custos aumentarem quer seja por dispêndios com manutenção e insumos de operação de um modo geral, como também devido as recusas internas nas linhas de acabamento de seus produtos. A ArcelorMittal Vega, com essa preocupação, definiu como uma de suas prioridades, o estudo de seu processo produtivo com o objetivo de identificar possíveis oportunidades tanto de melhora da qualidade de seus produtos, como também de redução de recusas internas que contribuem para o aumento de seus custos. Dentro dessa premissa foi identificado o defeito “Marca de deslizamento” como uma grande oportunidade de ganho, visto que por ser um defeito quase que inerente ao processo de produção de tiras de aço, sua redução não só contribuiria para o aumento da qualidade de seus produtos, como também seria um grande potencial de redução de recusas internas originando uma real redução nos custos de fabricação. Análises do processo possibilitaram não só identificar necessidades de ajustes de variáveis e de práticas operacionais, como também identificou possibilidade de pequenas melhorias nos equipamentos.

Palavras-chave: Marca de deslizamento; Análise de processo

REDUCTION OF THE SLIP MARK DEFECT ON COLD-ROLLED STEEL STRIPS THROUGH THE IMPROVEMENT OF THE TANDEM COLD ROLLING PROCESS AT ARCELORMITTAL VEGA

Abstract

Due to the constant increase in quality requirements of cold-rolled strips, especially by customers of the automobile and the household appliance industries, the steel manufacturers are seeing the raise of their costs caused by either expanses related with maintenance and general operation or internal nonconformities at the product finishing lines. The ArcelorMittal Vega, concerning this matter, has defined one of its top priorities the research in its manufacturing process to identify opportunities to improve the quality of its products and to reduce internal nonconformities that contributes to cost increase. With these objectives in mind, the slip mark defect has been identified as a great opportunity of gain. Considered almost an inherent defect of the production of steel strips, the reduction of its occurrence would not only contribute for the increase in product quality but also the reduction of the internal nonconformities, which would result in a real reduction of manufacturing costs. Analysis of the process allowed the identification of variables and operational practices, as well the identification of possible improvements at the equipment.

Key words: Slip mark defect; Analysis of the process

¹ Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Galinhas - PE

² Supervisor de Processo de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.

³ Consultor Técnico da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.

⁴ Coordenador de Processo da ArcelorMittal Vega.

⁵ Gerente da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.

⁶ Técnico de Processo de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.

⁷ Supervisor do Núcleo de Controle da ArcelorMittal Vega

⁸ Técnico de Processo de Recozimento e Encruamento da ArcelorMittal Vega.

⁹ Consultor Técnico do Recozimento da ArcelorMittal Vega.

¹⁰ Técnico de Controle de Qualidade da Gerência de Metalurgia e Qualidade da ArcelorMittal Vega

1 INTRODUÇÃO

Objetivando atender os anseios cada vez maiores do mercado de laminados a frio, principalmente dos clientes dos segmentos da indústria automobilística e de eletrodomésticos, em receber chapas de aço cada vez mais agregadas de atributos de qualidade, as siderúrgicas de um modo geral tem seus custos aumentados em virtude da maior rigidez de inspeção de qualidade de seus produtos acabados, aumentando assim os índices de recusas internas, resultando em maiores custos de produção.

Preocupada não só com a redução de seus custos operacionais, mas principalmente em atender cada vez melhor seus clientes, a ArcelorMittal Vega constituiu Grupos de Trabalho multidisciplinares com a finalidade de identificar oportunidades. Dentro desse contexto foi identificado o defeito superficial “Marca de deslizamento” como uma grande possibilidade de ganho, não somente em redução de custos, mas principalmente em aumentar ainda mais a satisfação de seus clientes.

O defeito superficial “Marca de deslizamento” pode ser originado em várias etapas do processo produtivo de chapas de aço, e pode ser influenciado não só pelas inúmeras variáveis controladas durante esse processo, mas também pelo tipo de aço laminado, no que se refere a composições químicas, componentes de liga, dureza e condições de laminação a quente. Portanto para execução desse trabalho, foi necessária a utilização de métodos de estratificação, método de análise e solução de problemas, e recursos de estudos e desenvolvimento de engenharia para pequenas adequações de equipamentos.

Com a implantação das recomendações sugeridas ao término dos trabalhos, foi possível constatar uma expressiva redução na ocorrência desse defeito superficial.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Identificação do Problema

Definição do defeito “Marca de deslizamento”: Trata-se de uma avaria na superfície da chapa que pode ser visualizado em forma de pequenas manchas escuras, geralmente transversais ao comprimento, que pode ou não estar acompanhada de pequenos riscos provocados pelo atrito entre duas chapas durante o escorregamento entre espiras de uma bobina, ou até mesmo agravado por alguma pressão puntiforme sobre essas espiras.



Figura 1 - Marca Deslizamento A



Figura 2 - Marca Deslizamento B

2.2 Observação e Análise

Por tratar-se de um defeito praticamente inerente ao processo de laminação, foi necessária uma fase de observação da situação onde se procurou identificar as incidências das ocorrências, através de acompanhamentos do processo e estratificações dessas ocorrências.

2.2.1 Análise das ocorrências do defeito

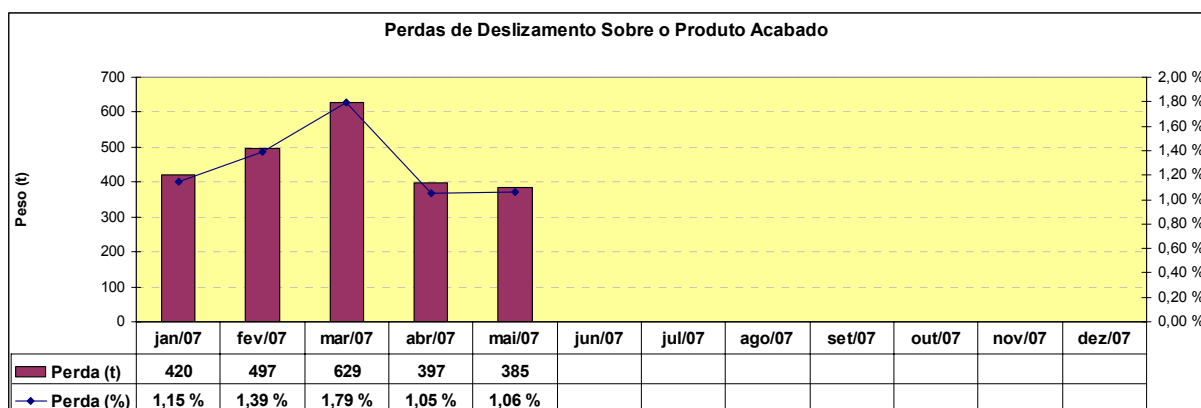


Figura 3 - Ocorrência geral do defeito

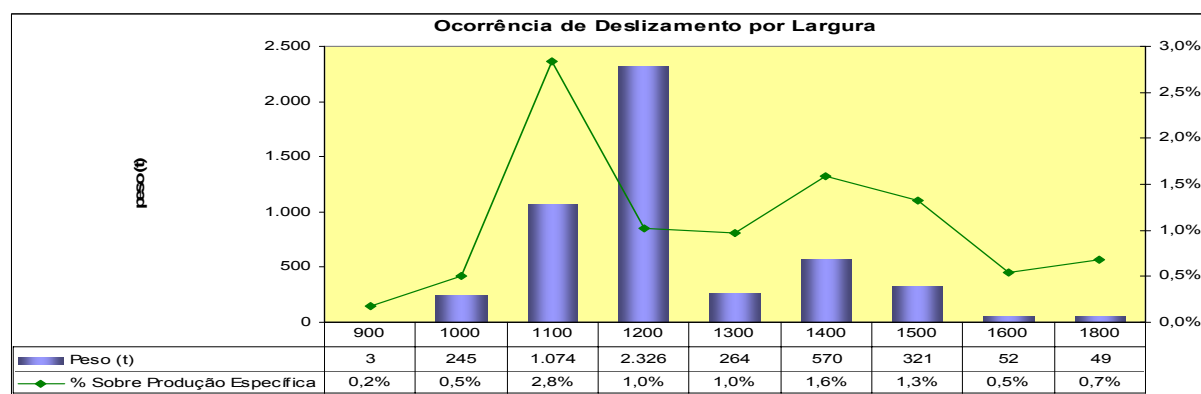


Figura 4 - Ocorrência do defeito estratificado por largura

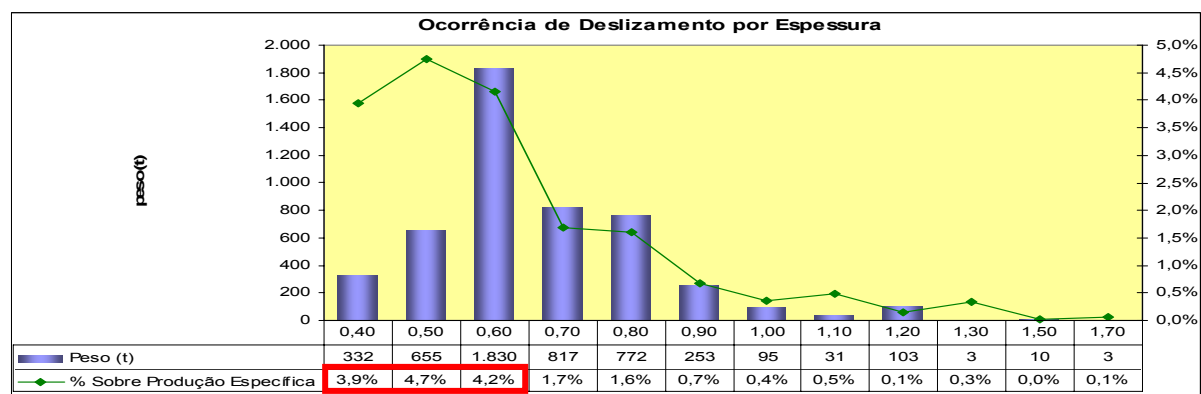


Figura 5 - Ocorrência do defeito estratificado por espessura

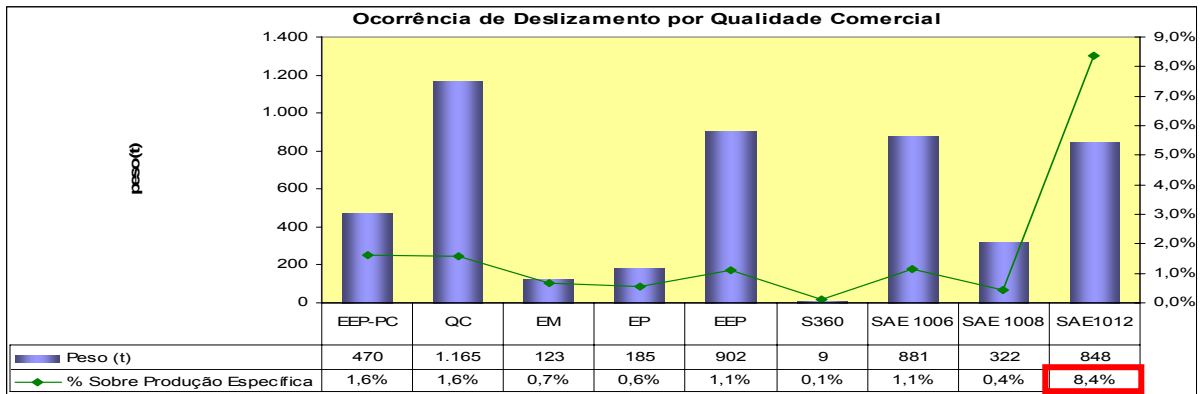


Figura 6 - Ocorrência do defeito estratificado por qualidade comercial

Considerações:

Analisando-se os gráficos acima pode-se concluir:

- Não existe correlação do defeito com a largura da chapa.
- A ocorrência do defeito incide em materiais mais finos.
- O defeito concentra-se no tipo de aço ES_SAE 1012.

2.2.2 Análise da localização do defeito no comprimento da bobina

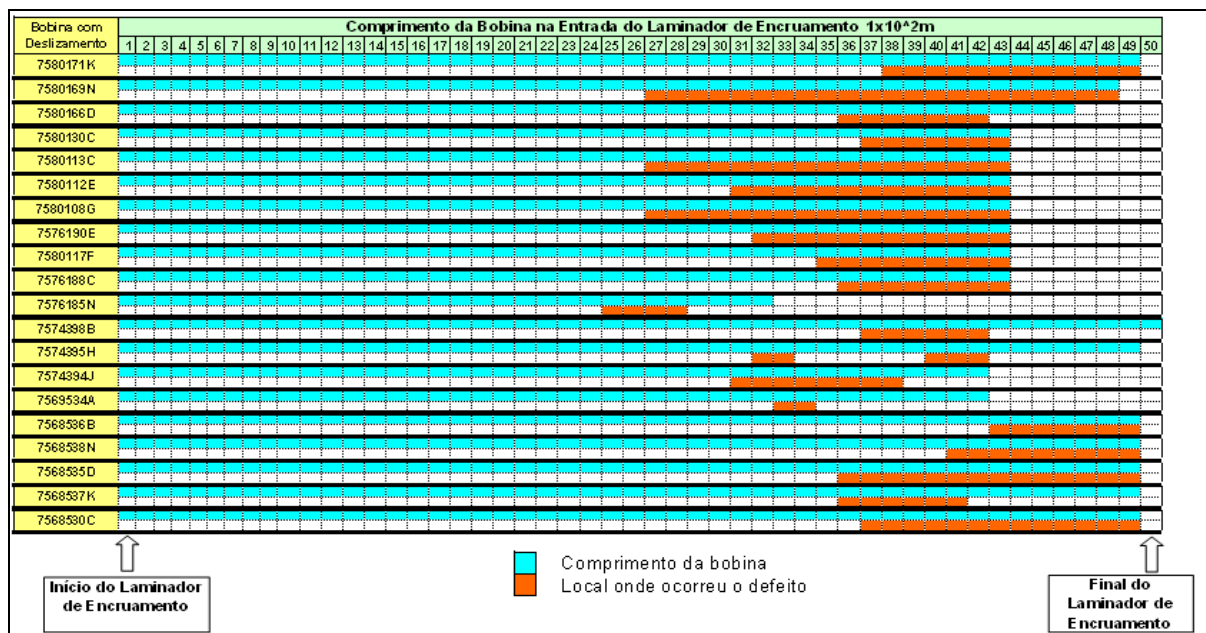


Figura 7 - Localização do defeito no comprimento da bobina

Considerações:

- Pode-se observar que embora o defeito possa ocorrer em vários pontos do comprimento da bobina, ele concentra-se nos primeiros metros próximos ao mandril de entrada do Laminador de Encruamento.

2.2.3 Teste de deslizamento entre espiras

A fim de identificar o deslizamento entre espiras nas bobinas durante a laminação de encruamento, insere-se um risco com giz na coroa da bobina antes da sua preparação, e após a laminação de aproximadamente 50% da bobina inspeciona-se o deslocamento do risco para identificar a possível ocorrência de deslizamento entre as espiras.

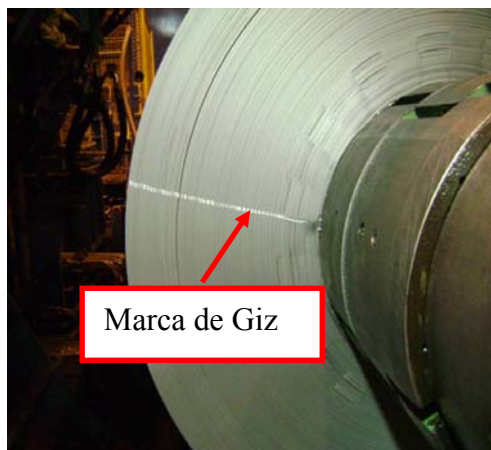


Figura 8 - Bobina antes da preparação



Figura 9 - Bobina com deslocamento

Considerações:

- As bobinas que têm ocorrência do defeito “Marca de deslizamento” coincidem com aquelas que têm o risco da coroa deslocado na entrada do Laminador de Encruamento, embora nem todas que têm o risco deslocado obrigatoriamente têm ocorrência do defeito.

2.3 Plano de Ação

Durante as fases de identificação e observação do problema, foi constatado tratar-se de um defeito praticamente inerente ao processo de fabricação de bobinas de aço, e os estudos mostraram uma forte correlação com os itens listados abaixo:

- Circularidade do mandril de entrada do Laminador de Encruamento.
- Planicidade irregular na ponta inicial do Laminador a Frio.
- Desequilíbrio entre as tensões de enrolamento (Laminador a Frio) e desenrolamento (Laminador de Encruamento).
- Incidência do defeito no processo de materiais finos.
- Grande incidência do defeito no processo de materiais aço tipo ES_SAE 1012.

Após a identificação das possíveis causas influentes na ocorrência do defeito, foi elaborado um plano de ação objetivando a eliminação do defeito, onde cada implantação pudesse ser mensurada através de análise e acompanhamento dos resultados a fim de avaliar a efetividade de cada ação implementada.

2.3.1 Correção da circularidade do mandril de entrada do Laminador de Encruamento

Análises detectaram que a geratriz do mandril de entrada do Laminador de Encruamento não se apresentava como uma circunferência perfeita, o que fazia com que “quinas vivas” das extremidades das castanhas viessem a contribuir para a ocorrência do defeito. Foi necessário um estudo de engenharia que determinou a modificação do projeto, contemplando a modificação das castanhas do mandril.

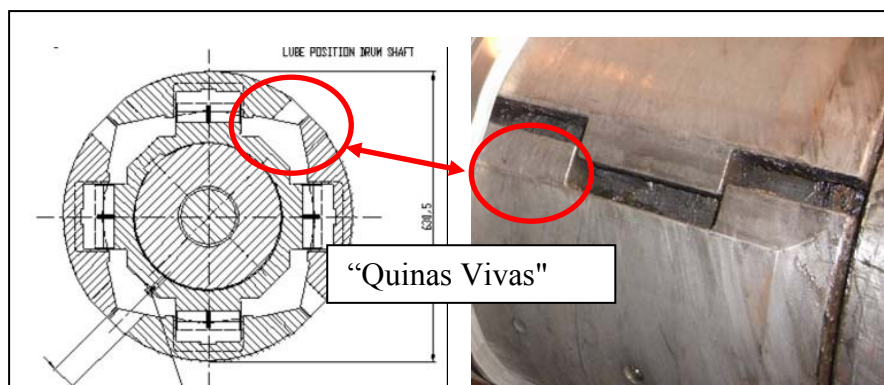


Figura 10 - Mandril antes da reforma

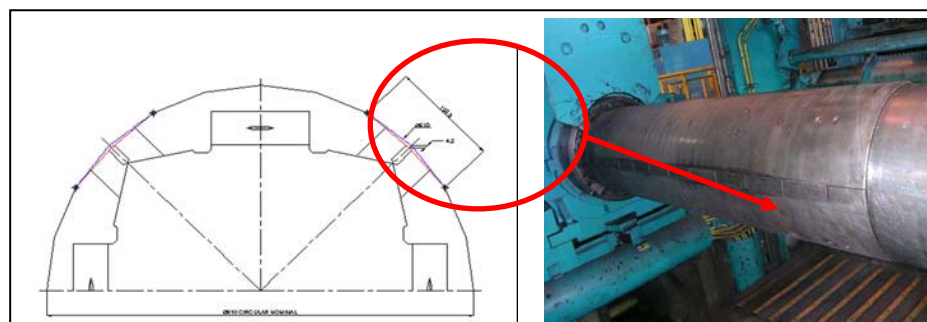


Figura 11 - Mandril após a reforma

Considerações:

- Observou-se uma melhora nos índices de recusa do defeito.
- Foi possível constatar também a eliminação das marcas de deslizamento mais fortes que eram originadas pelas quinas vivas do mandril.

2.3.2 Correção da planicidade da ponta inicial da chapa no Laminador a Frio

Conforme observado no Laminador de Encruamento, a bobina que tinha irregularidade de forma no seu final, tinha uma grande incidência de ocorrência do defeito “Marca de deslizamento”, provavelmente devido à concentração de tensão de desenrolamento nas seções planas.

Para amenização desse problema foi necessário introduzir novas lógicas na malha de controle do Laminador a Frio, como incremento de Bending e Gap para aperfeiçoamento da forma no momento da laminação quando a chapa ainda está sem tensão avante na quarta cadeira, antes de acontecer o abraçamento da tira pela iniciadora de bobina.

Considerações:

- Foi constatado melhora significativa na planicidade final da bobina no Laminador de Encruamento e conseqüente redução nos índices de ocorrência do defeito.

2.3.3 Equalização da tensão de enrolamento no Laminador a Frio e tensão de desenrolamento no Laminador de Encruamento

Durante as observações constatou-se que em alguns materiais as tensões de enrolamento e desenrolamento não estavam equalizadas, fator que aliado a outros agravantes propiciava a ocorrência do defeito.

Foi necessário um estudo de readequação entre essas tensões, compatibilizando as tabelas de aplicação de tensão por tipo de material nos dois laminadores.

Considerações:

- Um melhor ajuste entre essas tensões propiciou maior estabilidade no processo de encruamento.

- Observou-se também pequena redução na ocorrência do defeito.

2.3.4 Desenvolvimento de novas curvas de tensão de enrolamento no Laminador a Frio

Analisando-se os resultados gerais após as ações implantadas, observou-se boa redução no índice de ocorrência do defeito, porém analisando-se as estratificações, o resultado mostrava ainda grande incidência do defeito no tipo de aço ES_SAE 1012, o que tornou imperativo o desenvolvimento de novas curvas de tensão de enrolamento no Laminador a Frio, para esse desenvolvimento foi necessário um programa cuidadoso de experiências onde se buscou determinar o ponto de equilíbrio entre tensões e rugosidade da tira, visto que dessa relação depende também a ocorrência de outros defeitos como “Quebra de colamento” que ocorre durante o desenrolamento da bobina no Laminador de Encruamento.

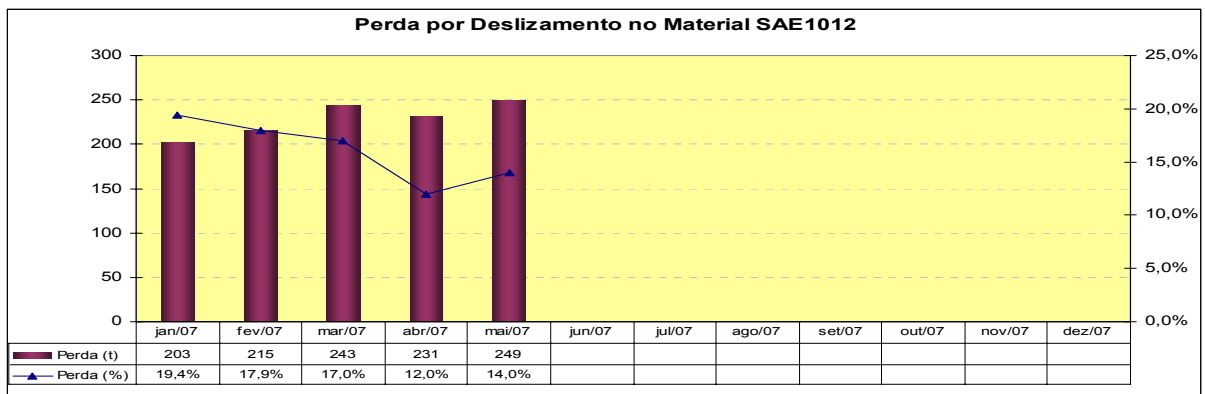


Figura 12 - Evolução do defeito no aço tipo ES_SAE 1012

- **Experiência com a curva nº 1 de tensão de enrolamento**

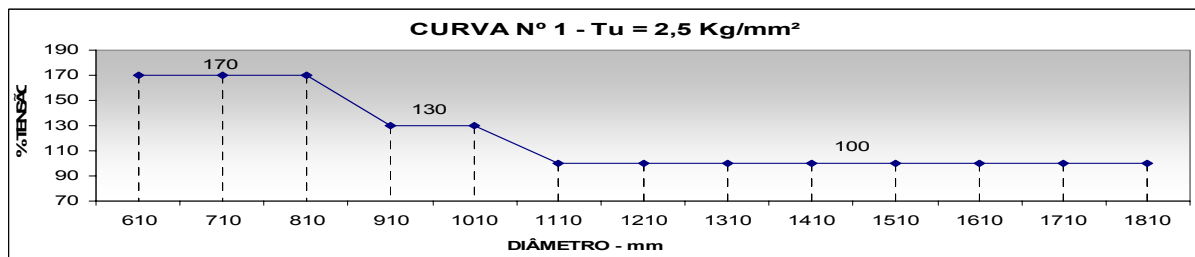


Figura 13 - Curva nº 1 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva derivada da inicial com acréscimo de 10% de tensão no 1º patamar.
- Não foi observado redução na ocorrência do defeito.

- **Experiência com a curva nº 2 de tensão de enrolamento**

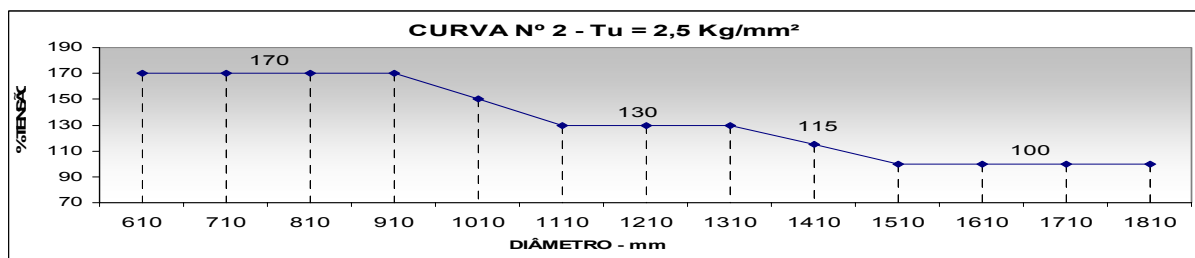


Figura 14 - Curva nº2 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva com aumento de 100 mm nos diâmetros dos 1º e 2º patamares.
- Observou-se pequena redução de ocorrência do defeito, porém sem grande alteração para os materiais mais finos.

- **Experiência com a curva nº 3 de tensão de enrolamento**

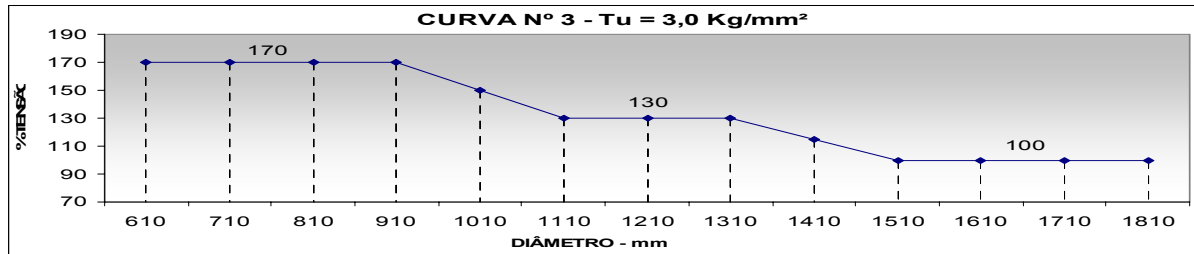


Figura 15 - Curva nº3 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva derivada da nº 2 com aumento da tensão específica (Tu) para 3,0 Kg/mm².
- Observou-se redução do defeito até o diâmetro 910 mm, sem grande alteração para as ocorrências após esse diâmetro.

- **Experiência com a curva nº 4 de tensão de enrolamento**

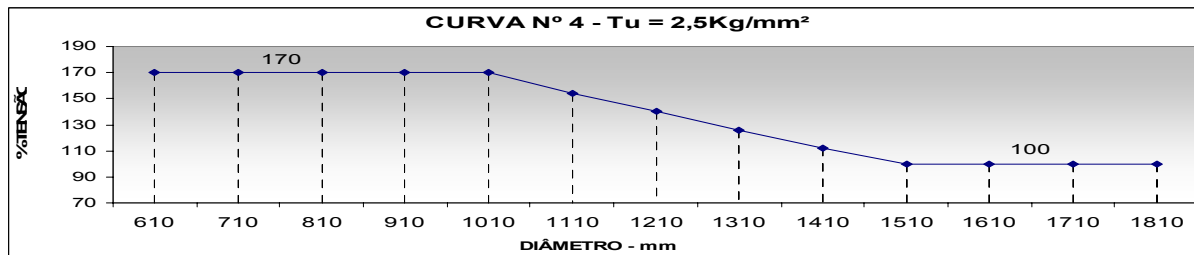


Figura 16 - Curva nº4 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva com aumento do 1º patamar até o diâmetro 1010 mm, eliminação do 2º patamar e Tensão específica (Tu) = 2,5 Kg/mm².
- Observado redução na ocorrência do defeito até o diâmetro 1010 mm.

- **Experiência com a curva nº 5 de tensão de enrolamento**

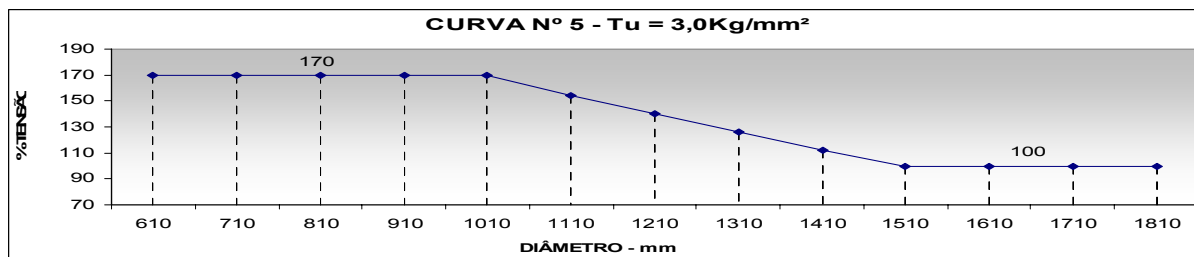


Figura 17 - Curva nº5 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva deriva da nº4, apenas com aumento da tensão específica para 3,0 Kg/mm².
- Não foi observado alteração quando comparado com a curva nº4.

- **Experiência com a curva nº 6 de tensão de enrolamento**

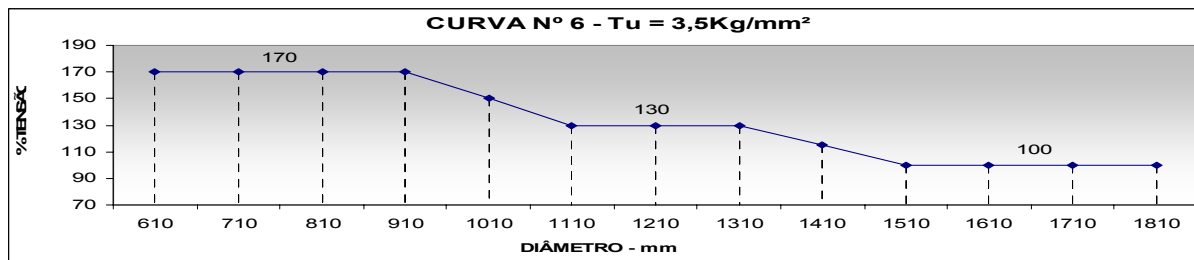


Figura 18 - Curva nº6 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva com redução do patamar para o diâmetro 910, com aumento da tensão específica para 3,5 Kg/mm².
- Observado aumento da ocorrência do defeito quando comparado a curva nº4.

- **Experiência com a curva nº 7 de tensão de enrolamento**

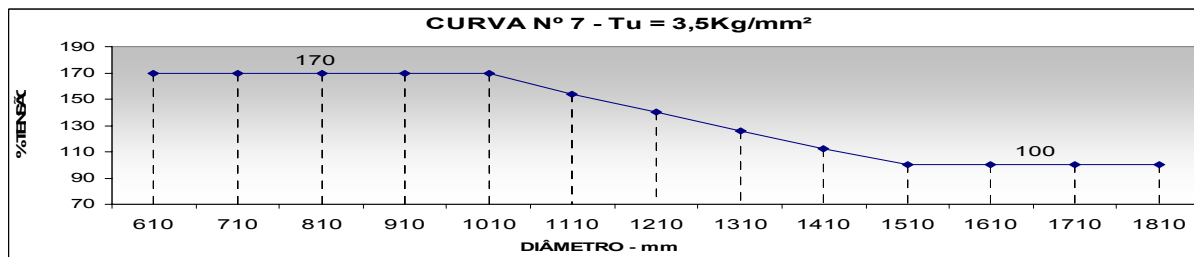


Figura 19 - Curva nº7 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva semelhante a curva nº4, com aumento da Tu para 3,5 Kg/mm².
- Observado melhora dos resultados quando comparado a curva nº4.

- **Experiência com a curva nº 8 de tensão de enrolamento**

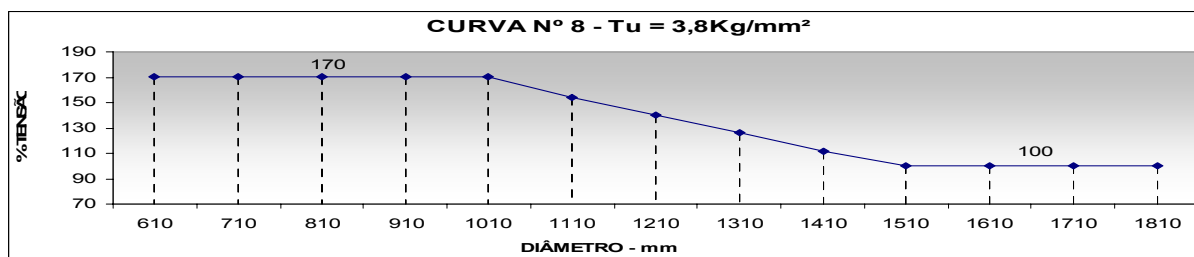


Figura 20 - Curva nº8 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva semelhante a nº4, com aumento da Tu para 3,8 Kg/mm².
- Observado melhora dos resultados quando comparado a curva nº7.

- **Experiência com a curva nº 9 de tensão de enrolamento**

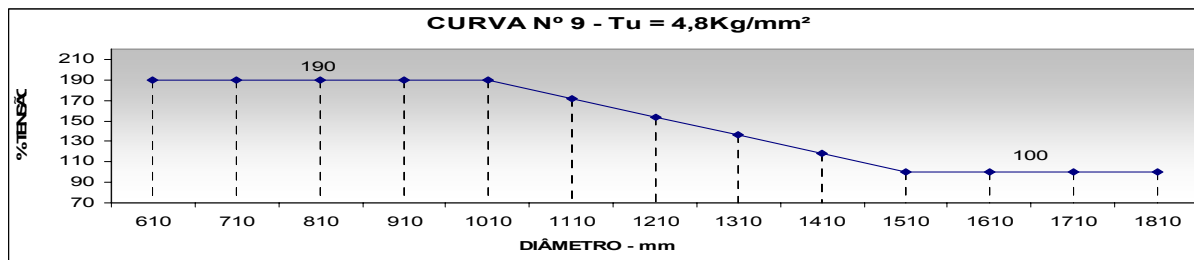


Figura 21 - Curva nº9 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva semelhante a nº8, com aumento de 20% de tensão no patamar inicial e Tensão unitária de 4,8 Kg/mm².
- Observado ocorrência de colamento entre espiras nessa região.

- **Experiência com a curva nº 10 de tensão de enrolamento**

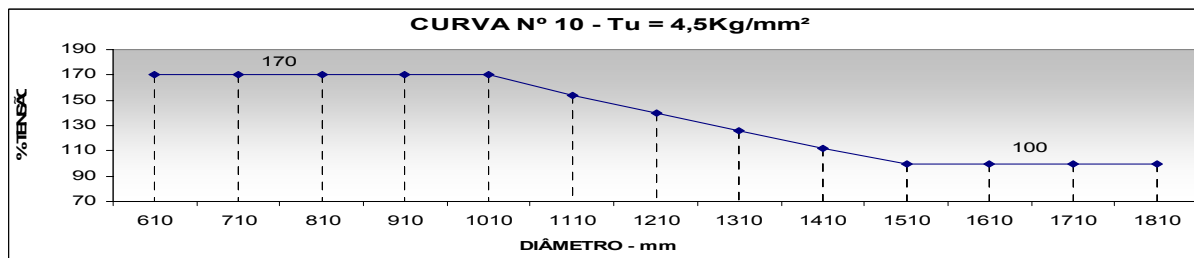


Figura 22 - Curva nº10 de tensão de enrolamento

Considerações:

- Curva semelhante a nº8 com aumento da tensão específica para 4,5 Kg/mm².
- Observado grande redução na ocorrência do defeito.
- Pelos resultados apresentados essa curva nº10 foi selecionada e implantada para aplicação automática no processo de materiais de aço tipo ES_SAE 1012

3 RESULTADOS

Os gráficos abaixo mostram os resultados obtidos após a implantação do trabalho, onde fica claro a evolução desses resultados a cada ação implantada, tanto para a redução geral do defeito “Marca de deslizamento” como para a redução do defeito naqueles materiais que apresentavam maiores incidências.

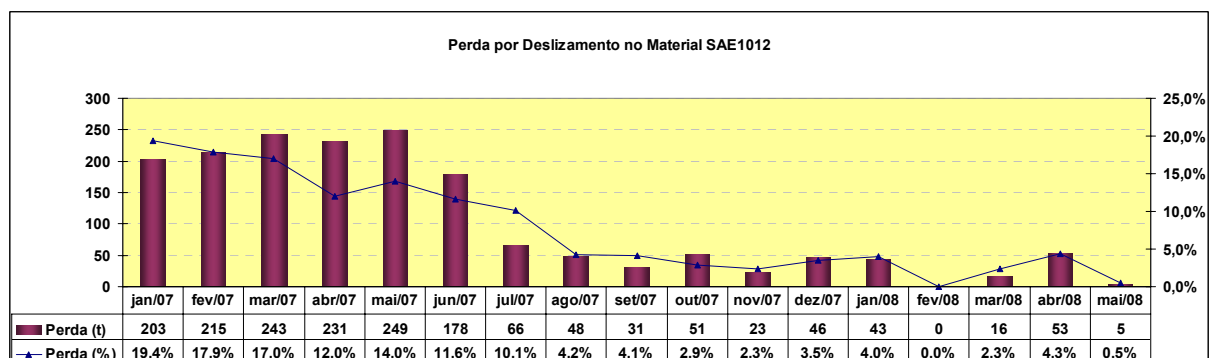


Figura 23 - Evolução dos resultados para os materiais de aço ES_SAE1012

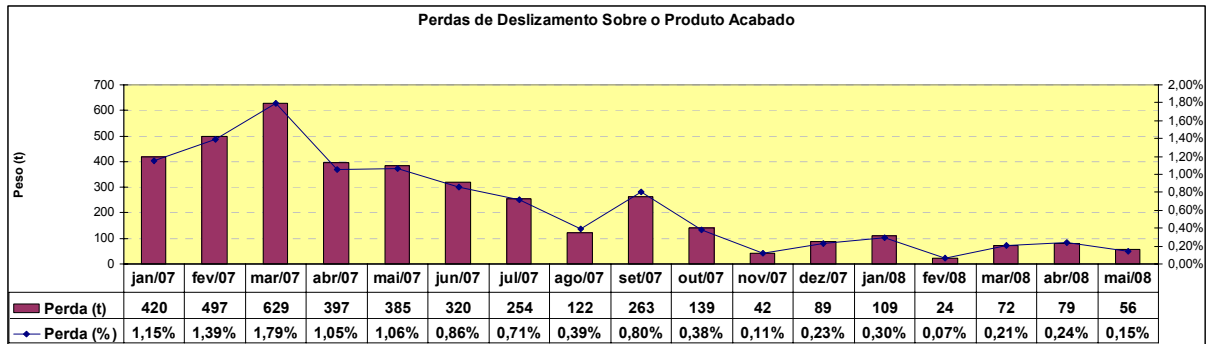


Figura 24 - Evolução geral dos resultados

4 CONCLUSÃO

Através da correta escolha do método de trabalho e da formação de um grupo multidisciplinar, com a participação de especialistas das várias áreas interdependentes do processo produtivo, aliados a recursos de engenharia, foi possível a identificação das prováveis causas do problema, as recomendações, implantações e avaliações das ações corretivas.

Analisando-se os resultados obtidos, pode-se afirmar que a implantação desse trabalho propiciou uma redução da ordem de 90% nas ocorrências gerais do defeito “Marca de deslizamento”, e uma redução em torno de 85% nas ocorrências do defeito nos materiais SAE_1012, confirmando a ArcelorMittal Vega com uma planta constantemente preocupada com o seu negócio e com a completa satisfação de seus clientes.