

METODOLOGIA DIP - DOMÍNIO INTEGRADO DO PROCESSO - QUEBRANDO PARADIGMAS NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS INDUSTRIAIS (1)

Bráulio Alexandre Dias Pascoal (2)
Daniel Lopes Pinto da Trindade (3)
Wiliam da Silva Labiapari (4)
Clênio da Silva Santana (5)
Ronaldo de Araújo Rodrigues (6)
José Célio de Araújo (7)
Paulo Henrique dos Santos (8)
Valdomiro Crispim Machado (9)
Hermes Demétrio Buzzo (10)

Resumo

A metodologia DIP¹ – Domínio Integrado do Processo vem sendo utilizada na Acesita desde a sua inserção no grupo Usinor e posteriormente Arcelor. Esta ferramenta foi destinada à abordagem de problemas industriais variados, mostrando-se aplicável mesmo nos casos mais complexos. De eficiência comprovada desde a Aciaria até as linhas de acabamento na ACESITA S/A, é fato notório que os melhores resultados são alcançados com as seguintes ações: Seguir as etapas previstas na metodologia; Definir corretamente a CCF – Característica Crítica Final; Avaliar rigorosamente a confiabilidade de medição da CCF escolhida; Valorizar a liderança, mantendo o grupo de trabalho motivado e atento aos prazos planejados. O presente trabalho mostra a aplicação da metodologia na ACESITA S/A. Trata-se da quebra do paradigma de “laminar bobinas de aços inoxidáveis sem utilização de papel de intercalação”, cuja função é proteger as espiras. Sem o papel, sujeita-se à ocorrência de defeitos superficiais, oriundos do deslizamento entre as espiras. Neste desenvolvimento, obteve-se uma redução na ocorrência deste defeito provocado de 11,8% para 2,1%, processando as bobinas sem papel.

Palavras-chave: DIP - Domínio Integrado do Processo; Gestão sistêmica; Deslizamento.

- (1) *Contribuição técnica ao 60º Congresso Anual da ABM - XIV Seminário de Gestão Sistêmica – Belo Horizonte – Julho/2005*
- (2) *Técnico Metalúrgico, Analista Técnico da Laminação a Frio de Inox*
- (3) *Engenheiro Mecânico, Assistente Técnico da Laminação a Frio de Inox*
- (4) *Engenheiro Mecânico, M. Sc, Pesquisador do Centro de Pesquisa da Acesita*
- (5) *Engenheiro Mecânico, Assistente Técnico da Melhoria Contínua, Coordenador DIP*
- (6) *Engenheiro Elétrico, Assistente Técnico da Manutenção da Laminação a Frio de Inox*
- (7) *Engenheiro Elétrico, Assistente Técnico da Manutenção da Laminação a Frio de Inox*
- (8) *Técnico Metalúrgico, Analista Téc. da Linha de Recozimento e Decapagem de Inox*
- (9) *Técnico Mecânico, Assist. Téc. da Linha de Recozimento e Decapagem de Inox*
- (10) *Técnico Mecânico, Assistente Técnico da Laminação a Frio de Inox*

¹ Termo do idioma francês MIP – *Maîtrise Intégrée du Processus*

A metodologia DIP vem sendo utilizada na ACESITA S/A desde outubro de 2000. Trazida pelo grupo Usinor, Arcelor atualmente, onde é utilizada há mais de 10 anos, mostra-se aplicável à problemas variados e complexos. Sua definição visa a obtenção de produtos onde as características finais especificadas pelo cliente, são estáveis e capazes, obtidas pelo “domínio completo do processo”. De uma forma mais ampla, caracteriza-se por:

- Obtenção de um regime estável e capaz do processo;
- Melhorar a capacitação das pessoas envolvidas no processo;
- Erradicar o mau funcionamento;
- Requerer o estudo profundo dos PCP's – Parâmetros Críticos de Processo;
- Controlar as variáveis chave dos processos;
- Entender melhor a relação causa/efeito dos processos;
- Envolver vários especialistas do processo (Equipe DIP);
- Requerer padronização de todas melhorias e correções no Processo.

Durante o desenvolvimento do trabalho, outros termos aparecerão, como FMEA SIMPLIFICADO. Neste caso, trata-se da análise das origens das falhas, os efeitos a probabilidade de ocorrência.

Na prática, a metodologia DIP parte de um produto em elaboração ou concluído, e pesquisa os processos que mais influenciam em suas características finais.

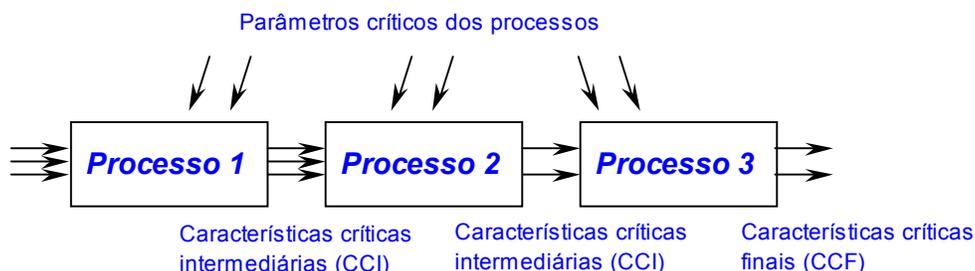


Figura 1. Diagrama esquemático do DIP

A metodologia consiste em 7 etapas, descritas como:

- Etapa 1 – organizar e iniciar um projeto DIP;
- Etapa 2 – definir e medir a CCF;
- Etapa 3 – construir a árvore, organizar e priorizar as CCI's e os PCP's;
- Etapa 4 – adequar as práticas de operação e de medição;
- Etapa 5 – reduzir a criticidade de cada PCP ou CCI até atingir a estabilidade/capacidade final da CCF;
- Etapa 6 – padronizar as melhorias;
- Etapa 7 – etapa transversal a todas as demais que consiste em treinar, acompanhar o comprometimento e reconhecimento da equipe.

Introdução:

Para uma Empresa ser Benchmarking e competitiva, é necessário praticar a melhoria contínua, objetivando a redução de custos e ganhos de qualidade. Dentro dessa visão e, sendo a ACESITA S/A uma forte concorrente no mercado siderúrgico mundial, iniciou-se experiências no processo de Laminação a Frio de inox, para a retirada de papel intercalador SSI das bobinas. Embora hajam riscos, essa ação traria benefícios, conforme listados abaixo:

- Redução do consumo de papel - Custo;

- Redução da ocorrência do defeito mancha de óleo nas RB's¹ finais- Qualidade;
- Eliminação de tarefa, com a não intercalação de papel SSI, nos laminadores para os aços da série 304 nas espessuras de 1 a 2 mm - Segurança;
- Redução da tarefa de retirada do papel SSI das bobinas, procedentes dos laminadores, nos aços da série 304 nas espessuras de 1 a 2 mm na entrada da linha de recozimento - Segurança;
- Possibilidade de aumento de velocidade de laminação sem o risco de colamento de papel – Custo, qualidade e segurança;
- Menor geração de resíduo de papel com óleo - Meio Ambiente..

A origem do trabalho está pautada no final do ano de 2001, quando aumentou-se o rigor da inspeção quanto ao defeito superficial mancha de óleo nas RB's finais. Atribui-se isso ao fato de alguns clientes estratégicos da ACESITA S/A passarem a não aceitar este defeito. Assim sendo, mais uma vez se fez necessária experiência da não intercalação de papel nas bobinas processadas nos laminadores, sabido que são causadores do defeito. Com o andamento do trabalho, surgiram problemas provenientes dos riscos dessa experiência. A ocorrência de deslizamento entre as espiras provocaram marcas superficiais, provocando outro defeito também não aceito pelo mercado, conhecido como deslizamento. Com a tendência de aumento das restrições do produto devido à complexidade do assunto, culminou com a abertura de um projeto DIP, para a abordagem do assunto.

Etapa 1 – Organizar e Iniciar um Projeto DIP

Sabe-se que o defeito deslizamento tem sua origem associada à acidentes operacionais. A ruptura de bobina ou falha de tração durante a Laminação a Frio, mesmo em materiais com intercalação de papel, são as principais causas. Não era o caso deste projeto, pois tratava-se de uma mudança tecnológica no processo. Neste sentido, o defeito deslizamento ocorria como efeito colateral da retirada de papel de intercalação. Para a abordagem do problema, dentro da metodologia DIP, foi montado um grupo multifuncional em junho de 2002, composto por pessoas do Controle de Processo, Produção, Manutenção, Centro de Pesquisa e Melhoria Contínua. A evolução do defeito pode ser observada na Figura 2, quando iniciou-se gradativamente a retirada do papel de intercalação.

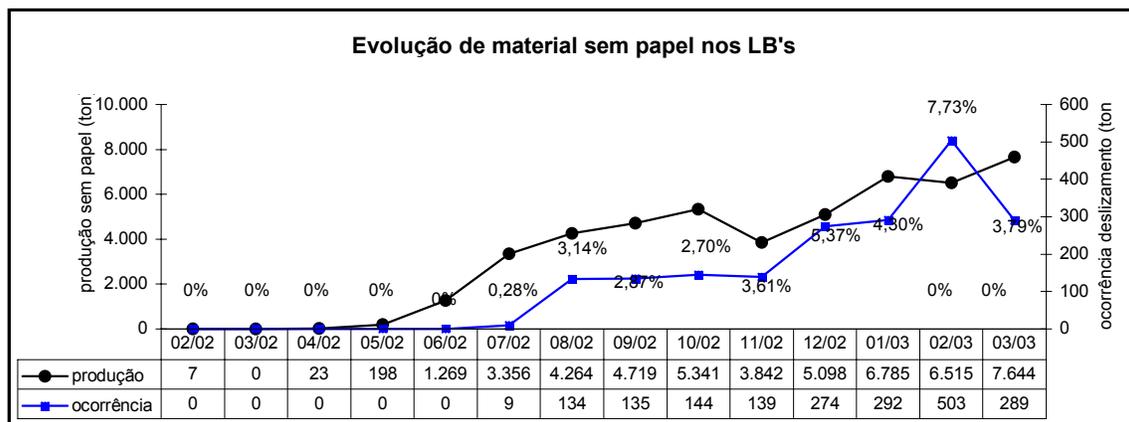


Figura 2. Evolução da produção de material sem papel versus Evolução da ocorrência do defeito deslizamento.

¹ RB – Linha de recozimento e decapagem final. Trata-se neste trabalho da linha de nº4, ou, RB4.

Etapa 2 – Definir e medir a CCF

Nesta etapa, foram levantadas as características do processo no período de fevereiro de 2002 à março de 2003, num total de quatorze meses. Inicialmente, conforme Tabela 1, verificou-se que o maior volume de ocorrência do defeito deslizamento concentrava-se no laminador de número 4, doravante LB4. Também pode ser verificado que a linha de recozimento e decapagem que apresentava a maior ocorrência do defeito, em peso, era a RB4, embora com percentual menor, visto na Tabela 2.

Tabela 1. Produção e ocorrência de defeito por laminador

Laminador	Produção [t]	Ocorrência [t]	%
LB1	12.912,9	81,9	0,6
LB3	5.081,0	216,3	4,3
LB4	31.066,9	1.621,5	5,2

Tabela 2. Produção e ocorrência de defeito por linha de recozimento

Linha RB	Produção [t]	Ocorrência [t]	%
RB1	2392,5	182,3	7,8
RB4	46668,3	1737,3	3,7

Como última etapa, foi levantado, segundo a Tabela 3, a faixa de espessura de maior ocorrência do defeito.

Tabela 3. Ocorrência de defeito faixa de espessura.

Faixa de espessura [mm]	Ocorrência	
	Peso [t]	%
0,40~0,79	0	0
0,80~0,99	68,3	1,4
1,00~1,29	127,9	2,7
1,30~1,69	285,8	10,1
1,70~1,99	109,5	16,4
2,00~4,00	63	4,7

Após todos os levantamentos de dados, foi verificado que a maior incidência estava em materiais com espessura final entre 1 e 2 mm, cujo fluxo de produção passava pelos equipamentos LB4 e RB4. Definiu-se então, para este período, o histórico do defeito, conforme Figura 3, e o índice à ser acompanhado, definido como CCF.

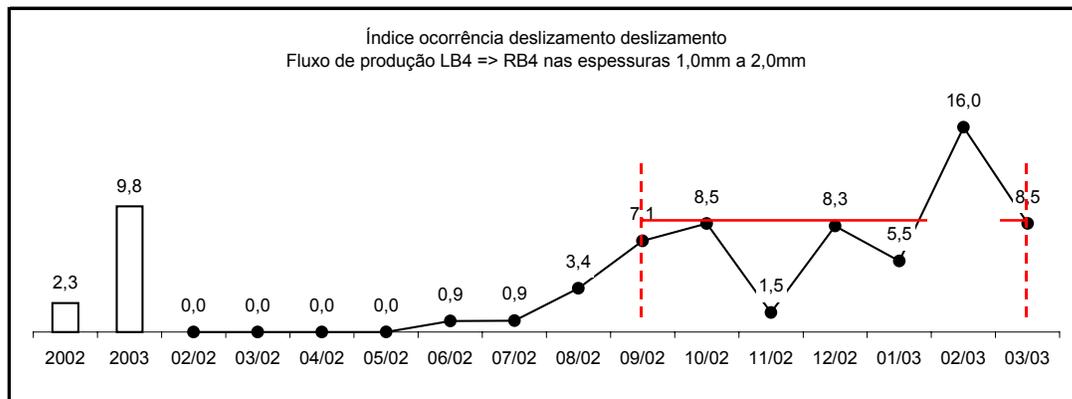
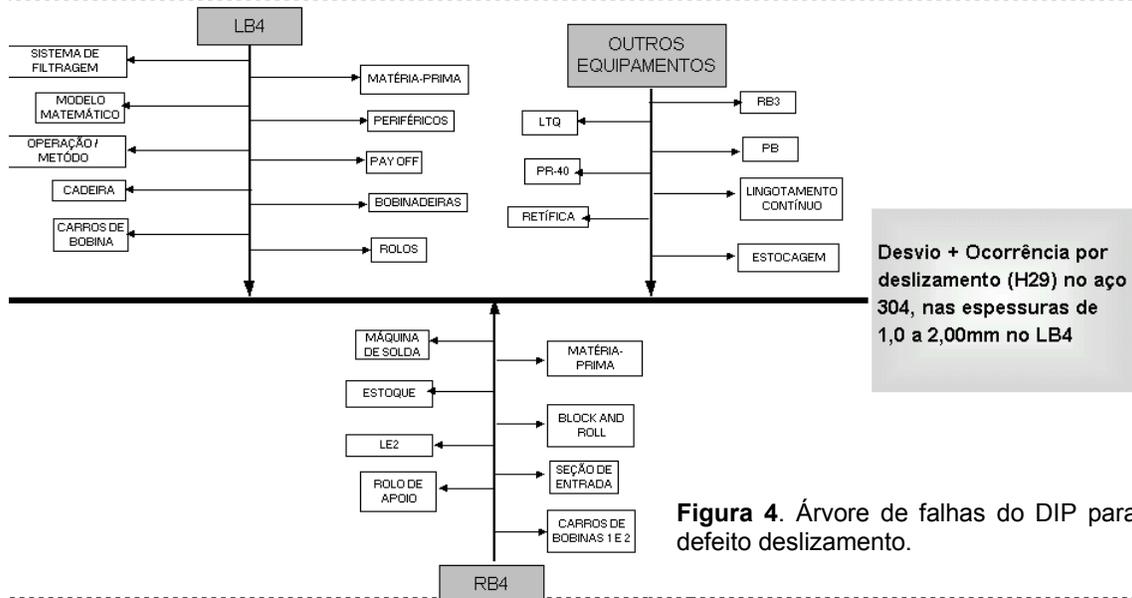


Figura 3. Histórico da CCF, em percentual.

De agosto de 2002 à março de 2003, período de grande produção de material sem papel, o índice médio ficou em 7,4%. Baseando-se novamente na metodologia de trabalho, foi definido um índice de 3,1% como meta, ou seja, aproximadamente 50% de redução do defeito.

Etapa 3 – Construir a árvore, organizar e priorizar as CCI’s e os PCP’s

Nesta etapa, foi construída a árvore de falhas (Figura 4) de forma a visualizar as possíveis causas para o problema.



Também nessa etapa, trabalhou-se na caracterização do defeito. Ao nível morfológico constatou-se sua característica brilhante, com uma “pista” formada onde se deu o contato, apresentando um sentido de deslizamento. Muitas vezes é evidenciado pelo acúmulo de material ao final desta “pista” formada, como representado na Figura 5. Quanto à etapa do processo em que ocorreu, constatou-se três tipos distintos, conforme Tabela 4.

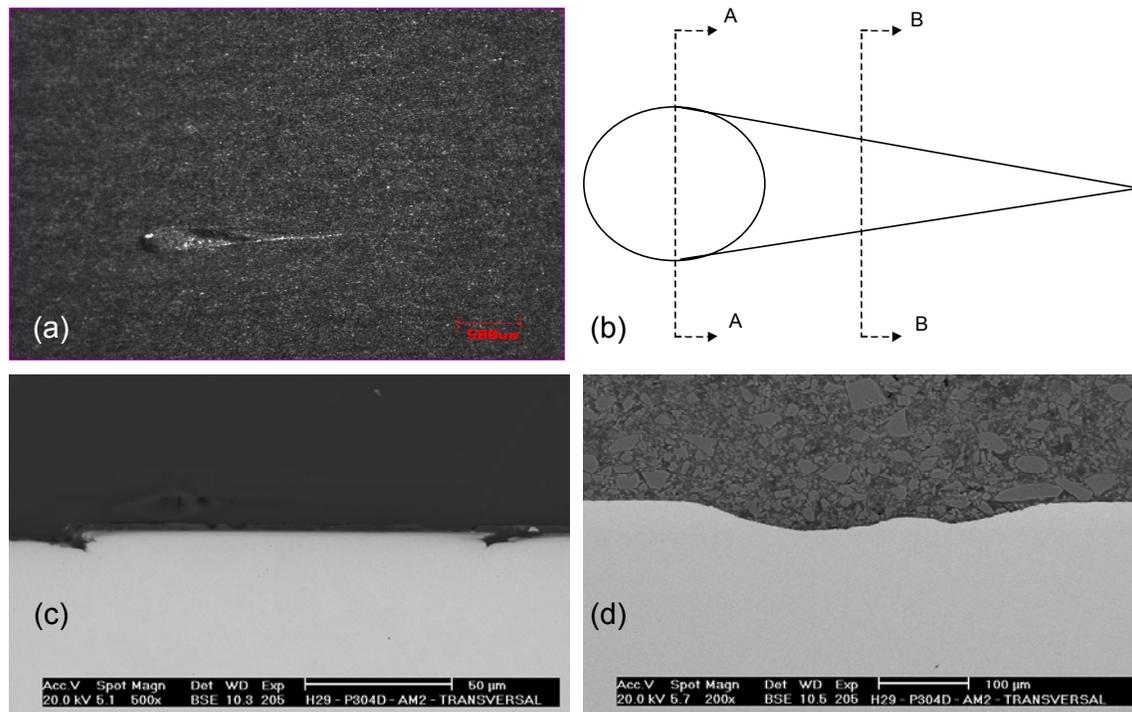
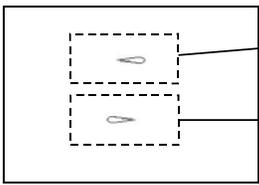
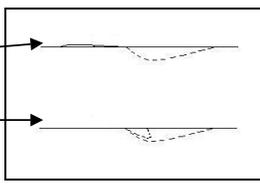
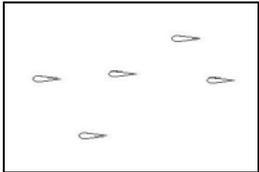
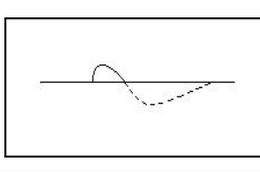
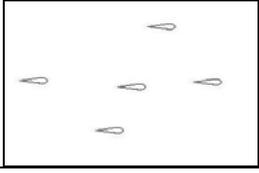
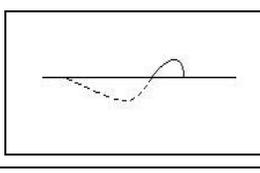


Tabela 4. Simplificação esquemático das três formas de ocorrência do defeito.

Vista superficial	Vista transversal	Descrição de defeito
		Tipo 1 – Originário do laminador, em passes intermediários. Podem estar com a cabeça apontada para qualquer lado no sentido longitudinal ao de laminação. O acúmulo de material pode estar para dentro ou para fora do defeito, mas sempre laminado.
		Tipo 2 – Originário do laminador, no último passe de laminação. Apresenta-se apontado para a esquerda na mesa de inspeção na linha de recozimento final, com o acúmulo de material em alto relevo.
		Tipo 3 – Originário do desbobinamento na linha de recozimento final. Apresenta-se apontado para a direita na mesa de inspeção, com o acúmulo de material em alto relevo.

Executada a caracterização do defeito, realizou-se um *brainstorming* com a participação de operadores, mantenedores, metalurgistas e engenheiros de manutenção. Foram identificadas 141 causas prováveis (ou PCP's). Após a reorganização da idéias, trabalhou-se com 111 causas, que foram utilizadas na construção da árvore DIP.

Etapa 4 – Adequar as práticas de operação e de medição

Nesta etapa, foram treinados os inspetores quanto aos tipos de deslizamento definidos. Objetivou-se aqui identificar a principal forma de ocorrência, constatando ao final se tratar do Tipo 3.

No LB4 existe um *shapemeter*, ou seja, um rolo com sensores responsável por medir a forma das bobinas. Porém, não era bem conhecido o que seria uma forma boa para o processamento sem a intercalação de papel, ou seja, qual a influência da planicidade do material neste processo. Trabalhou-se identificando a forma, segundo o gabarito da Figura 6.

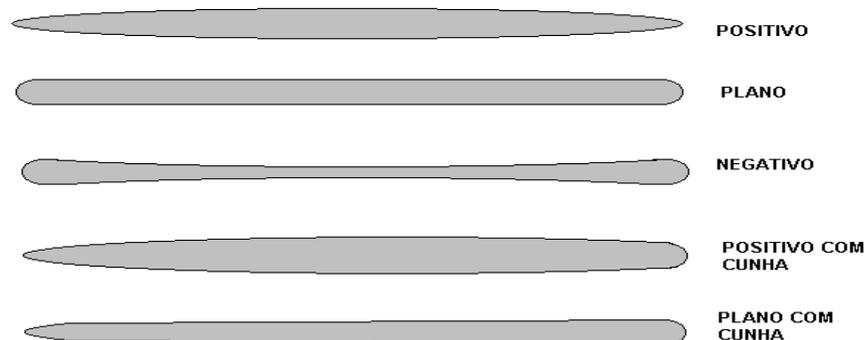


Figura 6. Gabarito da vista transversal da tira, exemplificando a forma do material em relação à planicidade e coroamento.

Os operadores do LB4 foram treinados para acompanhamento das ocorrências do defeito, trazendo maior comprometimento da equipe.

Etapa 5 – Reduzir a criticidade de cada PCP ou CCI até atingir a estabilidade e a capacidade final da CCF

Os PCP's foram priorizados utilizando o FMEA simplificado, identificando 25 como os mais críticos, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Acompanhamento dos PCP's prioritário e seu plano de ação

Nº do PCP	PCP	Criticidade	Resp.	Variável	Situação	Prazo
4	Afrouxamento na ruptura (acionamento do rolo de apoio)	100	Ronaldo		concluído	27/04/04
57	Relação das trações saída/entrada nas duas linhas para bobina leve e pesada, com e sem papel	56	Daniel		concluído	20/04/04
61	Trações de laminação muito altas	56	Daniel	O Aço 304A foi parametrizado para as espessura sdo projeto.	concluído	15/05/04
28	Forma da BF (operadores têm menor preocupação com a forma do material grosso)	45	Daniel	Treinamento concluído	concluído	05/05/04
37	Luvras deformadas	45	Hermes		concluído	22/06/04
48	Plano de passes (redução e parâmetros no último passe) inadequados	42	Daniel	O Aço 304A foi parametrizado para as espessura sdo projeto.	concluído	15/05/04
32	Falta de cuidado com a geometria dos rolos polastrellis	35	Bráulio	Criado PPA17-0699	concluído	22/06/04
19	Ondulação de borda (BQ - coroamento excessivo no centro)	35	Bráulio		concluído	22/06/04
45	Parada durante o processo (sist. De filtragem) causando desligamento e religamento da tração	32	Gilvan	Tratado no DIP de filtragem	concluído	22/06/04
1	Afrouxamento durante solda (estabelecendo tração de processo)	32	Valdomiro	Cancelado ação conforme plano de ação 2710 do PAD 41	concluído	22/06/04
70	Efeito mola na bobina	30	Daniel	Lógica de abertura dos enxugadores	concluído	22/06/04
3	Afrouxamento na retirada de cinta na RB4	30	Valdomiro	O defeito não é provocado durante o corte de cintas das bobinas nas entradas 1 e 2 da RB4	concluído	18/05/04
28	Variação de espessura de BQ	30	Arísio		concluído	13/04/04
3	Afrouxamento durante inspeção (LB)	24	Hermes	Tirar foto e anexar	concluído	18/05/04
53	Pressão insuficiente de expansão dos mandris	24	Ronaldo	Retorno às especificações originais	Concluído	27/04/04
58	Retirada da ponta do mandril para enrolar a tira no último passe - tranco para firmar	24	Daniel	Prática de laminação	concluído	06/05/04
11	Falha de controle de velocidade, tração e diâmetro na pay-off (trancos)	24	Ronaldo		concluído	05/05/04
12.1	Deslizamento no rolo girador da RB4	24	Valdomiro	O defeito não é provocado no rolo girador de bobinas da RB4	concluído	18/05/04
29	Formação de "calo" (quebra de superfície) por ponta grossa e luva (LB4)	21	Bráulio	Verificar PPA e o procedimento feito pelo operadores na área (auditoria)	concluído	22/06/04
62	Ocorrência de tranco no ligamento da tração (aumentar gradativamente) - LB4	21	Ronaldo		concluído	27/04/04
27	Folga da bobina na retirada (levantar carrinho)	20	Hermes	Não se aplica devido ao procedimento atual contemplar a sugestão	concluído	29/06/04
33	Impacto da colocação da bobina no berço pelo carrinho no LB4	20	Ronaldo		concluído	27/04/04
21	Excesso de óleo na bobina - oleamento da tira	20	Batista	Não há influência verificada na ocorrência do defeito.	concluído	29/06/04
4	Correlação com o Q29	20	Wilian	Relação dos mecanismos de formação	concluído	18/04/04
20	Falta de padronização da retífica de cilindros	20	Bráulio		concluído	31/05/04

As ações tomadas amenizaram, mas não traduziram em real solução do problema. Isto levou à estudar PCP's que não estavam na lista de prioritários. Neste sentido,

foi encontrada uma estreita correlação entre a forma do material e a ocorrência de deslizamento.

Trabalhou-se então nas bobinas com uma forma padrão, de acordo com a Figura 7, apresentada pelo gráfico do “shapemeter”.

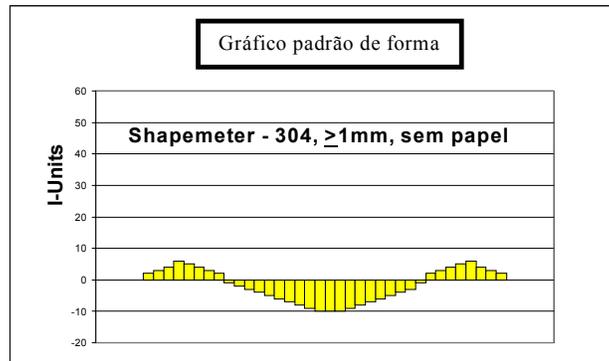


Figura 7. Leitura de forma no LB4 pelo “shapemeter”

Com base nesta leitura, somente estavam liberadas para processo sem intercalação de papel, bobinas de forma similar. Como consequência planejada, foram reduzidos os índices de defeitos por deslizamento e, em função da não colocação de papel, dos defeitos de manchas de óleo, mostrados nas Figuras 8 e 9 respectivamente.

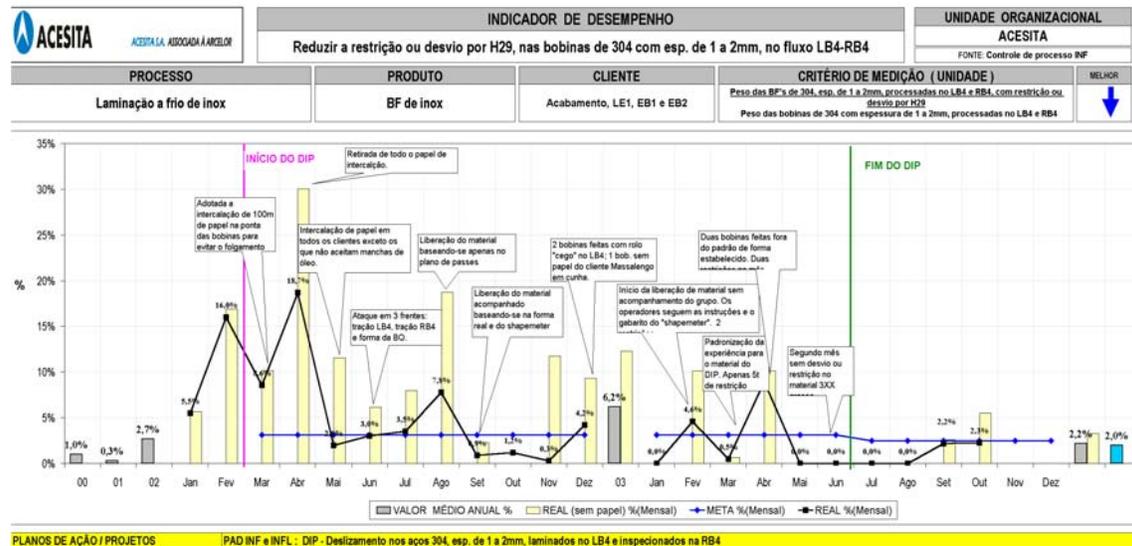


Figura 8. Evolução do defeito deslizamento durante o desenvolvimento do projeto.

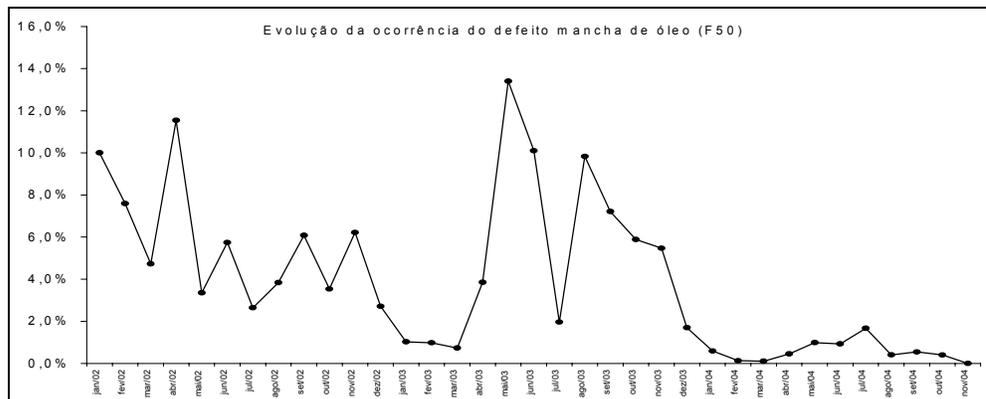


Figura 9. Evolução do defeito mancha de óleo durante o desenvolvimento do projeto.

Etapa 6 – Padronizar as melhorias

Várias práticas-padrão foram revistas, sendo instituído no processo todas as melhorias alcançadas, que resultaram nos índices mostrados nas Figuras 9 e 10. A padronização, característica dessa fase, foi extensiva à várias atividades do processo produtivo; ressaltando-se:

- Definição do exemplo de forma da bobina, conforme Figura 7, como a única que possibilita a retirada do papel de intercalação do processo;
- Padronização das operações de retífica e calibração do “shapemeter”;
- Ajuste das trações no LB4. Como o modelo matemático utilizado para cálculo é auto-ajustável, haviam variações para uma mesma espessura de bobina processada;
- Controle de tração de desbobinamento na entrada da RB4;
- Redução da velocidade do carro de bobinas. O impacto da movimentação da bobina na saída do berço do laminador poderia causar o defeito deslizamento;
- Correção da pressão de expansão dos mandris no LB4;
- Manutenção dos resistores das placas de pulsos do conversor da pay-off no LB4. Isto evitaria a ocorrência de tranco no início da tração, aumentando-a gradativamente.

Etapa 7 – Etapa transversal a todas as anteriores

A reavaliação das ações tomadas em cada etapa anterior, associada à computação dos ganhos, nos traz o retorno conforme descrito na tabela abaixo.

Tabela 6. Retorno financeiro do projeto com base anual

consumo de papel do período (kg)	46.916
consumo de papel anualizado (kg)	70.373
preço do papel (R\$)	3,3
ganho papel (R\$)	232.232

Total reprocesso por deslizamento no período (ton)	591
reprocesso anualizado (ton)	886
preço reprocesso LB4 a ton (R\$)	340
preço reprocesso RB4 a ton (R\$)	315
preço reprocesso EB a ton (R\$)	80
ganho reprocesso LB4 (R\$)	301.295
ganho reprocesso RB4 (R\$)	279.141
ganho reprocesso EB (R\$)	70.893
ganho reprocesso (R\$)	651.329

ganho total (R\$)	883.562
-------------------	---------

O trabalho realizado permitiu a redução do defeito deslizamento, para o aço 304 e nas espessuras de 1 a 2 mm, de 8,7% (Fev/02 a Mar/03) para 2,2%(Mar/03-Mar/04). Também proporcionou a retirada do papel de intercalação nas bobinas de aço 304 laminadas no LB4, evitando a ocorrência do defeito mancha de óleo.

CONCLUSÕES

O defeito "deslizamento" é resultante do atrito entre as espiras, no bobinamento durante o processo de Laminação a Frio, na ausência do papel intercalador. Pode apresentar-se em sob três formas, ocorrendo tanto no laminador quanto na linha de recozimento e decapagem:

As ações mais efetivas na solução do problema foram:

- Restabelecimento da confiabilidade do rolo "shapemeter" do LB4;
- Padronização da utilização do rolo "shapemeter", permitindo a decisão de retirada do papel de intercalação;
- Padronização das operações de retífica e calibração dos rolos "shapemeter";
- Otimização das trações de laminação no LB4 e de introdução na RB4;
- Correção da lógica de funcionamento dos carros de bobinas do LB4.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Catálogo de Defeitos da ACESITA S/A (Versão 1997 e 2002).
- (2) Wadsley, A.W., and Edwards, W.J., "Coil Winding Stresses," Metallurgical Forum 9 - Mathematical Models, 1977.
- (3) Labiapari, Wilian da Silva; Pascoal, Bráulio A. D.; Trindade, Daniel P. L., Caracterização de defeitos superficiais em BF's do aço P304H comparativo ao defeito H29, RT10 - 314/2003, 28/07/2003.
- (4) Electrical Equipment for MDS SENDZIMIR MILL ZR21BB-54", Tecnical specification, - S7050042, Ver, D-1995.
- (5) Figueiredo, Luiz Carlos; Araújo, José Célio; Sistema de Medição e Controle de Planicidade SUNDWIG para o Laminador SENDZIMIR N° 04 - Treinamento realizado na SUNDWIG - HEMER - Alemanha, 1996.

IPD METHODOLOGY - INTEGRATED PROCESS DOMAIN - BREAKING PARADIGMS IN SOLUTION OF INDUSTRIAL PROBLEMS⁽¹⁾

Bráulio Alexandre Dias Pascoal⁽²⁾
Daniel Lopes Pinto da Trindade⁽³⁾
Wiliam da Silva Labiapari⁽⁴⁾
Clênio da Silva Santana⁽⁵⁾
Ronaldo de Araújo Rodrigues⁽⁶⁾
José Célio de Araújo⁽⁷⁾
Paulo Henrique dos Santos⁽⁸⁾
Valdomiro Crispim Machado⁽⁹⁾
Hermes Demétrio Buzzo⁽¹⁰⁾

Abstract

The IPD methodology – Integrated Process Domain has been used in Acesita since its insertion in the Usinor Group and afterwards Arcelor Group. This tool is destined to approach the various industrial problems, proving to be applicable even to the most complex cases. With its efficiency being tested in ACESITA S/A since the Melt Shop until the finishing lines, it is a notorious fact that the best results are reached with the following actions: follow all steps described in the methodology; correctly define the CCF – Final Critical Characteristic; rigorously evaluate the credibility of measurement of the chosen CCF; valorize the leadership, keeping the Work Group motivated and aware of the schedule. The present paper shows the application of this methodology in ACESITA S/A. It is a breakage of the paradigm "Roll the stainless steels Coils without using interleaving paper", whose function is to protect spires. Without the paper, it subjects to the occurrence of superficial, slipping derived defects among spires. In this development, it obtained a reduction in the occurrence of this defect provoked from 11,8% to 2,1%, prosecuting the coils without paper.

Key-words: DIP - Integrated Process Domain; System management, Slipping.

(1) *Technical Contribution to the 60Th Annual ABM Congress - System Management Seminar – Belo Horizonte – 2005*

(2) *Metallurgical Technician, Technical Analyst at the Stainless Steel Cold Rolling Dept.*

(3) *Mechanical Engineer, Technical Assistant at the Stainless Steel Cold Rolling Dept.*

(4) *Mechanical Engineer, M. Sc, Researcher at Acesita's Research Center*

(5) *Mechanical Engineer, Technical Assistant at the Continuous Improvement Department, IPD Coordinator*

(6) *Electrical Engineer, Technical Assistant at the Cold Rolling Maintenance Department*

(7) *Mechanical Engineer, Technical Assistant at the Cold Rolling Maintenance Department*

(8) *Metallurgical Technician, Technical Analyst at the Stainless Steel Annealing & Pickling Line*

(9) *Mechanical Technician, Technical Assistant at the Stainless Steel Annealing & Pickling Line*

(10) *Mechanical Technician, Technical Assistant at the Stainless Cold Rolling Department*