

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE INSPEÇÃO "ON-LINE" DE SUPERFÍCIE COMO FERRAMENTA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE BOBINAS A QUENTE DA CST – ARCELOR BRASIL ¹

Ludmilla Milanez Carneiro e França ²

Vitor Leonardo Ferreira Areas ³

Pedro Campos Dias ⁴

Claudemir Dassié ⁵

Carlos André de Almeida Pinto ⁶

Ivan Miranda Castro ⁶

Fernando José Martinelli ⁷

Roberto Dalmaso ⁸

Resumo

Em consonância com a crescente demanda do mercado pela garantia da qualidade superficial dos produtos e redução nos custos de produção derivados de retrabalhos, a CST - Arcelor Brasil optou pela implementação na rotina da garantia e controle de qualidade de bobinas laminadas a quente a utilização do sistema de inspeção "on-line" de superfície, visando a garantia da qualidade superficial e permitindo intervenções mais rápidas e eficazes no processo produtivo. O sistema de inspeção on-line detecta irregularidades na superfície da tira durante o processo de laminação através do contraste das imagens geradas. A classificação do defeito é feita automaticamente comparando as características da imagem com as características de imagens previamente armazenadas em um banco de dados. As imagens classificadas como defeitos são visualizadas pelo técnico de qualidade que realiza o julgamento da qualidade superficial da bobina e baseando em critérios padronizados fornece informações que auxiliam na identificação e tratamento das ocorrências de defeitos. Este trabalho busca apresentar as características do equipamento, a sistemática adotada para utilização da ferramenta como controle de qualidade do produto e do processo, e por fim os resultados obtidos com a implementação de uma rotina que permite avaliar a qualidade superficial de 100% das bobinas processadas no laminador de tiras a quente da CST - Arcelor Brasil, assim como as perspectivas futuras.

Palavras-chave: Sistemas de inspeção; Controle de qualidade; Bobinas; Laminação a quente.

DEVELOPMENT AND PRACTICAL APPLICATION OF AN ONLINE SURFACE INSPECTION SYSTEM AS A COIL QUALITY CONTROL TOOL AT CST- ARCELOR BRAZIL

Abstract

In order to attend a highly demanding market for product's surface quality guarantee maintaining low production cost, CST – Arcelor Brazil decided to implement an online surface inspection system to aid on coil's surface quality control and on fast and effective process interventions. The surface inspection systems detect irregularities on the strip surface by analyzing the difference of contrast of an image being generated during the rolling process. The defect classification is done comparing the image's characteristics with the characteristics of images previously sent to a database. The classified defects are overviewed by a quality technician that performs the surface quality judgment of the coil and provides information that aids in the identification and treatment of those defects occurrences. This contribution aims to present the characteristics of the system, the routine adopted to use the tool as a product and process quality control, and the results obtained with the implementation of a routine that allows the evaluation of the surface quality of 100% of the coils processed and produced at CST-Arcelor Brazil HSM, and lastly the future perspectives.

Key words: Surface inspection systems; Hot coils.

¹ Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

² Membro da ABM, Eng. Metalurgista e de Materiais, Dpto. Metalurgia e Planejamento da Produção da CST Arcelor Brasil; Vitória, ES.

³ Membro da ABM, Eng. Metalurgista, Dpto. Produção de Tiras a Quente da CST Arcelor Brasil;

⁴ Membro da ABM, Eng. Metalurgista M. Sc, Dpto. Metalurgia e Planejamento da Produção, CST Arcelor Brasil;

⁵ Membro da ABM, Técnico em Metalurgia, Dpto. Metalurgia e Planejamento da Produção, CST Arcelor Brasil;

⁶ Membro da ABM, Eng. Metalurgista Dpto. Metalurgia e Planejamento da Produção, CST Arcelor Brasil;

⁷ Membro da ABM, Eng. Eletricista D. Sc., Dpto. Manutenção de Controle de Processos, CST Arcelor Brasil;

⁸ Membro da ABM, Técnico em Controle de Processos, Dpto. Manutenção de Controle de Processos, CST Arcelor Brasil; Vitória, ES.

1 INTRODUÇÃO

O processo de laminação de tiras a quente pode gerar defeitos superficiais que podem vir a comprometer a aplicação final do produto.⁽¹⁾ Dentre alguns desses defeitos temos a ocorrência de carepas, arranhões e marcas de cilindro que precisam ser identificados para corrigir o processo produtivo evitando a produção de mais bobinas com o mesmo defeito.

O sistema de inspeção on-line de superfície (SIS) da CST – Arcelor Brasil já vinha sendo utilizado para auxiliar na correção de problemas no processo produtivo (2), entretanto em consonância com a crescente demanda do mercado pela garantia da qualidade superficial implementou-se, na rotina da garantia e controle de qualidade do produto, o julgamento de bobinas através do SIS.

Esse julgamento permite atender a demanda de redução do índice interno que controla a alteração da rota original do produto, otimizando o despacho direto de bobinas na CST, flexibilizando o aumento de produção do LTQ, sem investimento nas linhas de acabamento e inspeção final.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Característica dos Processos de Inspeção

A inspeção de bobinas nas linhas posteriores ao laminador de tiras a quente é um processo que possui suas limitações quando comparado com a inspeção via SIS. A inspeção nas linhas é realizada em algumas bobinas e em algumas partes da tira, o processo agrega custo ao produto e existe a possibilidade de incorporação de novos defeitos. Além disso, alguns aços possuem propriedades mecânicas ou características dimensionais que dificultam a sua inspeção nas linhas posteriores.

A inspeção através de sistemas de inspeção *on-line* de superfície é feita em todas as bobinas e em toda a superfície da tira. É realizada na velocidade normal do laminador e fornece aos operadores informações instantâneas da qualidade superficial do produto.

2.2 Características e Funcionamento dos Sistemas de Inspeção On-line

O sistema de inspeção on-line de superfície, instalado na CST - Arcelor Brasil, permite avaliar a qualidade superficial de 100% das bobinas produzidas no LTQ em 100% da superfície da tira fornecendo informações em tempo real. Ele é utilizado principalmente para identificar os defeitos sendo gerados no processo produtivo e otimizar o julgamento das bobinas produzidas com esses defeitos.

O fluxo de funcionamento desse sistema pode ser visualizado na figura 1 onde estão destacadas as suas principais funções. A garantia de um bom funcionamento depende do ajuste fino de cada uma dessas funções.

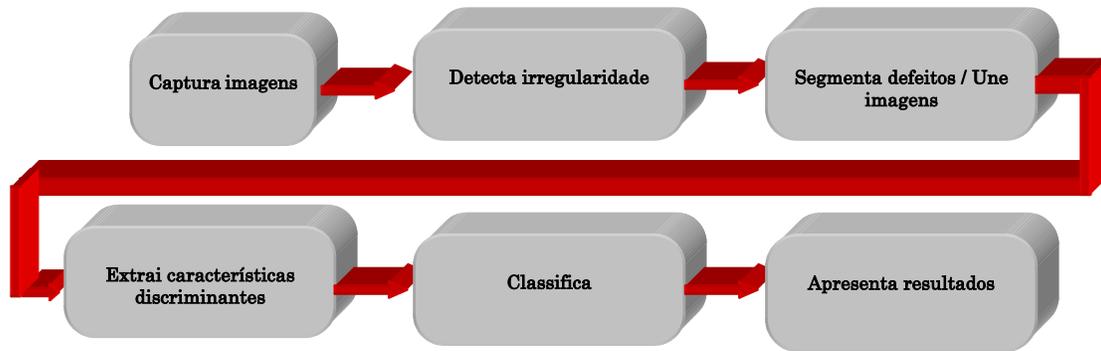


Figura 1 – Fluxo de funcionamento do sistema de Inspeção On-line

O sistema de inspeção on-line da CST - Arcelor Brasil é composto por 6 câmeras. As câmeras superiores estão localizadas na saída do trem acabador e as inferiores estão localizadas após o resfriamento laminar e antes da guarda lateral de entrada da bobinadeira (Figura 2).

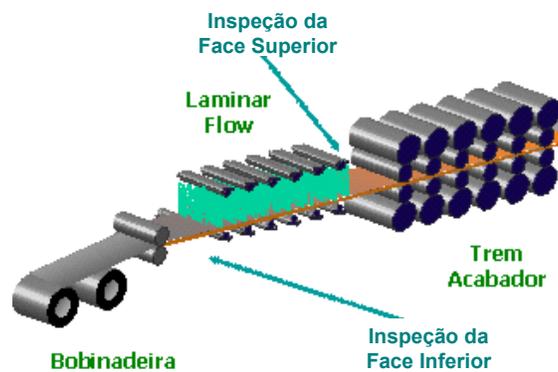


Figura 2 - Localização do sistema na Linha de Laminação a Quente da CST

Após o processamento da tira no trem acabador inicia-se o processo de captura de imagens, elas são enviadas a computadores que fazem o processamento inicial em função da variação da tonalidade cinza entre os pixels, onde pixel é a menor unidade de uma imagem. O sistema considera que a imagem possui um defeito quando existe uma variação de tonalidade entre os pixels. Para evitar que qualquer variação de tonalidade seja considerada defeito, ajusta-se a sensibilidade do sistema. O ajuste afeta diretamente na detecção de “defeitos”. Se o sistema estiver com um ajuste de sensibilidade alto, defeitos de baixo contraste são capturados, contudo pequenas variações de tonalidade da tira podem ser selecionadas inadequadamente como defeitos, já o ajuste de sensibilidade baixo pode implicar na não captura de alguns tipos de defeitos importantes (Figura 3).

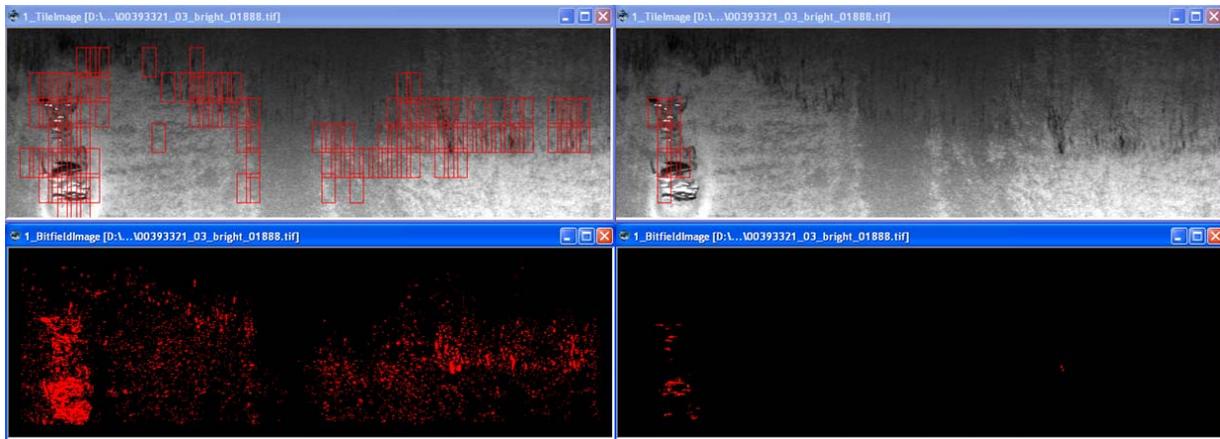


Figura 3 – Efeito do ajuste de sensibilidade na detecção de defeitos. Imagem 1 – sensibilidade alta, Imagem 2 – sensibilidade baixa.

A função de segmentar ou unir defeitos analisa se os defeitos presentes em uma mesma imagem são distintos ou se os defeitos presentes em várias imagens são os mesmos. Finalizada essa função, o sistema extrai as características do defeito tais como: área, largura, comprimento, etc; e percorrendo árvores de decisão classifica o defeito.

2.3 Geração e Ajuste do Classificador

A classificação de defeitos é feita comparando as características de uma imagem com as características de imagens contidas em um banco de dados. As imagens do banco de dados são separadas em defeitos e em classes de defeitos. Durante a classificação dos defeitos de uma bobina, o sistema percorre esse banco de dados e as árvores de decisão realizando a classificação do defeito conforme a nomenclatura pré-determinada pro sistema.

O processo de geração de classificadores consiste em alimentar esse banco de dados com imagens e dados característicos de defeitos. A geração de classificadores automáticos no SIS é uma etapa importante no processo de otimização, uma vez que ajustes constantes são necessários.

A eficácia de um classificador determina a quantidade de defeitos sendo classificados corretamente pelo sistema. Hoje, a eficácia do classificador do SIS é de aproximadamente 85%, sendo maior para alguns defeitos e menor em outros. A confiabilidade no sistema está acima ou de acordo com os valores praticados por outras empresas, conforme visto durante o ISIS 2006.⁽³⁾ A eficácia do classificador altera com relação aos defeitos, a intensidade em que a imagem do defeito se apresenta e com relação à superfície do material sendo analisado. A melhoria do percentual de acerto do classificador aumenta com a geração constante de novos classificadores, entretanto, para os padrões de qualidade estabelecidos pela CST – Arcelor Brasil o percentual de confiabilidade obtido ainda não é suficiente para utilizar a ferramenta como julgamento automático de bobinas. Com isso, desenvolveu-se uma sistemática de avaliação das imagens, baseada em critérios previamente definidos e padronizados para julgamento da qualidade superficial das bobinas a quente.

2.4 Aplicação na Rotina de Julgamento e Controle da Qualidade de Produtos

As imagens classificadas como defeitos de todas as bobinas produzidas são visualizadas pelo técnico de qualidade. Este é responsável por realizar o julgamento da qualidade superficial da bobina avaliando cada imagem e decidindo se ela representa ou não um defeito. O fluxograma resumido desse processo de avaliação e julgamento da qualidade superficial de cada bobina utilizando os SIS pode ser visualizado na figura 4.

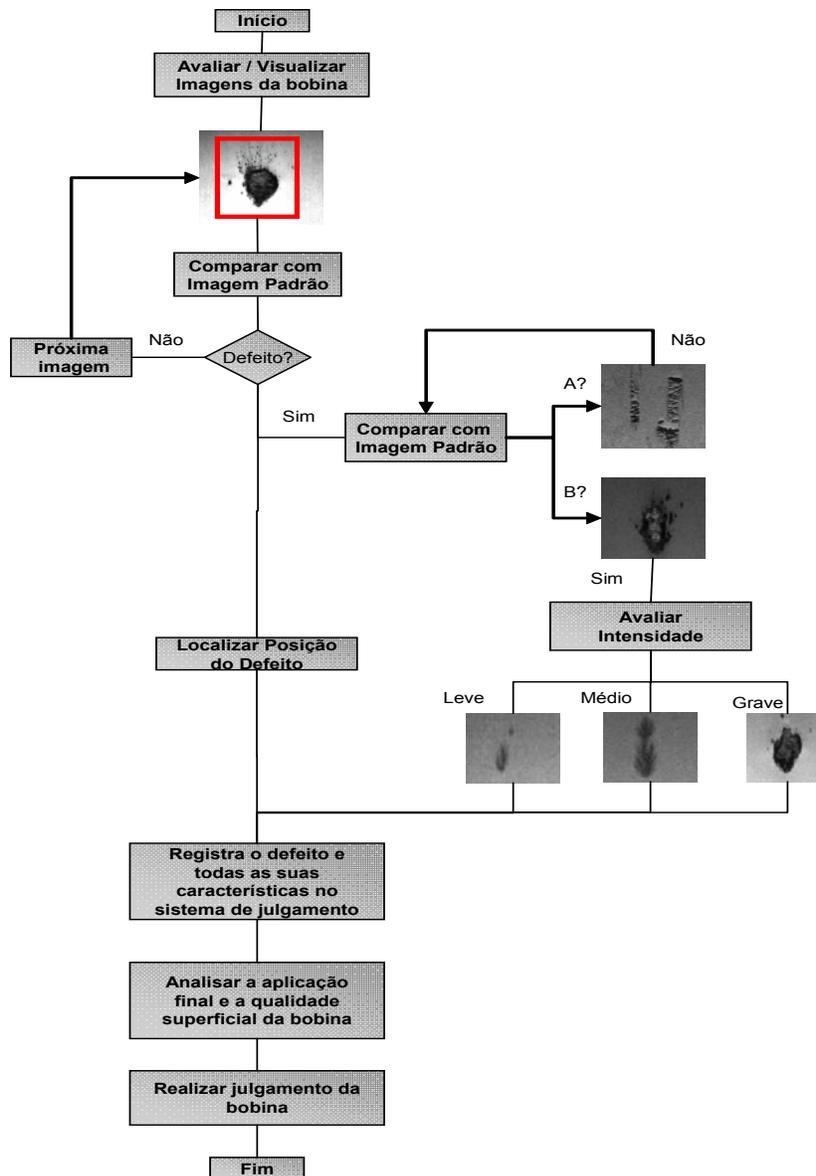


Figura 4 – Fluxograma de avaliação e julgamento de bobinas utilizando o sistema de inspeção on-line de superfície.

Ao avaliar as imagens de uma bobina, o técnico de qualidade leva em consideração as “imagens-padrão” de defeitos, determinadas pelos engenheiros do controle de

qualidade, e as informações fornecidas pelo sistema. As “imagens-padrão” auxiliam o técnico de qualidade no julgamento da imagem de um defeito determinando se esta representa um defeito, o nome desse defeito e a sua intensidade. A intensidade é dividida em três categorias: leve, médio e grave. Na tela de inspeção do SIS o técnico de qualidade extrai informações do defeito como localização, tamanho, concentração etc.

As informações obtidas no sistema e nas “imagens-padrão” são registradas no sistema interno de julgamento da qualidade garantindo que a bobina avaliada receba o registro da inspeção do SIS.

Com base nas informações obtidas e registradas no sistema de julgamento e na análise da aplicação final do produto, da qualidade superficial exigida, das características de forma etc, o técnico de qualidade decide o tratamento dessa bobina. A bobina pode ser liberada, cortada, desclassificada ou ficar pendente para uma avaliação do engenheiro da qualidade.

As bobinas direcionadas para tratamento nas linhas de inspeção posteriores ao LTQ, seguem com as informações do defeito para que o inspetor da linha possa identificá-lo e tratá-lo conforme instrução.

As imagens de defeitos críticos de bobinas são armazenadas em um diretório interno acessível a todos os engenheiros da qualidade. Com essas imagens é possível avaliar de imediato a característica de um defeito auxiliando no tratamento da bobina antes do seu processamento. Em paralelo, o sistema filtra automaticamente todas as imagens de todas as bobinas e as imagens restantes são periodicamente armazenadas em DVD.

A rotina de avaliação de imagens do técnico de qualidade é realizada no período do turno fornecendo informações ágeis da qualidade do produto sendo laminado para a produção e para a metalurgia.

Após a análise de todas as imagens e de todas as bobinas produzidas no dia, o técnico de qualidade é responsável pela elaboração de um relatório que auxilia no acompanhamento da qualidade do produto. Nele se encontram os principais defeitos ocorridos no dia, a concentração em algum tipo de aço, e a intensidade do defeito. Essas informações auxiliam na elaboração de contra-medidas e na verificação da eficácia das mesmas. (Figura 5 e 6)

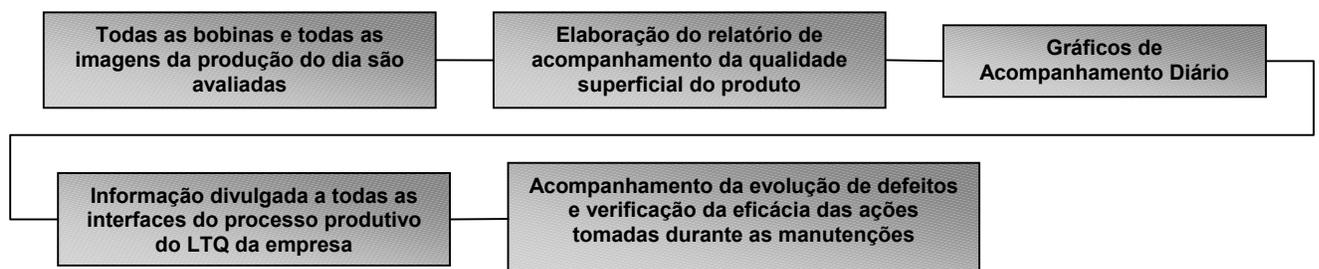


Figura 5 – Fluxo de tratamento das informações do SIS.

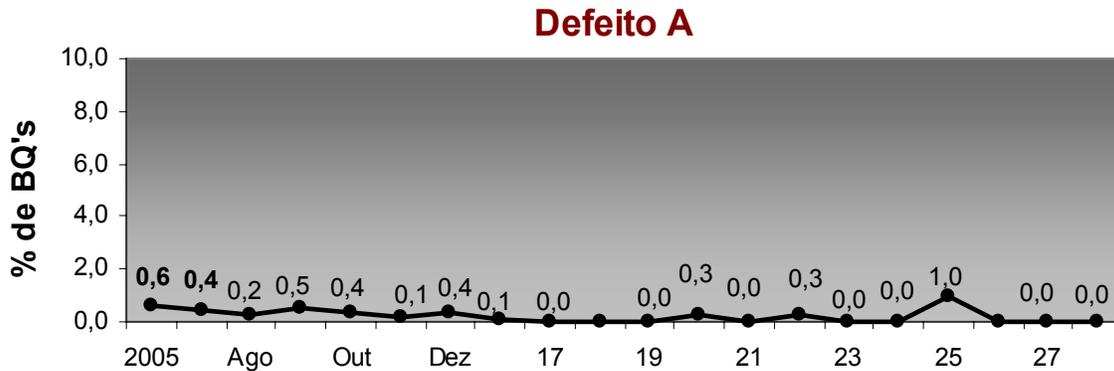


Figura 6 – Exemplo de gráfico de acompanhamento de ocorrência de defeitos.

2.5 Resultados Obtidos

A eficácia da inspeção de bobinas através do SIS na CST – Arcelor Brasil foi verificada comparando os resultados obtidos na inspeção dessas bobinas nas linhas de acabamento. O valor obtido foi superior a 98%. Esse valor indica que 98% dos defeitos visualizados nas linhas de acabamento/ inspeção foram identificados pelo técnico de qualidade através do SIS.

O julgamento de defeitos a partir da intensidade foi desenvolvido utilizando as “imagens-padrão” e tem se mostrado eficaz, possibilitando a otimização no tratamento de bobinas e evitando retrabalhos nas linhas de acabamento.

O controle diário das ocorrências de defeitos através de relatórios de monitoramento da qualidade permite um melhor conhecimento do processo, do produto e dos defeitos. Utilizando as informações inseridas no sistema de julgamento é possível estratificar a ocorrência de defeitos e realizar análises de fenômeno de forma ágil e eficaz, evitando a produção de várias bobinas com um mesmo defeito desclassificatório que compromete os requisitos de aplicação no cliente.

3 COMENTÁRIOS FINAIS

A utilização de um sistema de inspeção de superfície para controlar a qualidade superficial de bobinas produzidas no laminador de tiras a quente tem se mostrado bastante eficaz, aumentando a competitividade da CST – Arcelor Brasil no mercado de bobinas. Essa prática possibilitou a otimização de envio de bobinas, a eliminação de inspeções por amostragem nas linhas de acabamento e a otimização no tratamento de bobinas não-conformes.

A utilização do SIS para julgamento da qualidade superficial de bobinas é parte integrante na rotina de controle da qualidade de produtos. A realização dessa atividade no período do turno permite que o controle de defeitos sendo gerados no LTQ e avaliação das contramedidas realizadas no processo seja ágil e eficaz.

Aprimoramento contínuo vem sendo implementado no sistema no que se refere aos níveis de classificação, para que a atividade de visualização de imagens torne-se cada vez mais eficaz reduzindo a quantidade de imagens a serem avaliadas pelo técnico de qualidade.

Como desafio futuro, para o final de 2007, podemos destacar as seguintes ações:

- Progredir no desenvolvimento da ferramenta para permitir julgamento automático a partir das informações inseridas no sistema pelo técnico de qualidade.
- Classificação automática da qualidade da superfície da bobina em função dos defeitos, quantidade e, principalmente, densidade ao longo da tira.

REFERÊNCIAS

- 1 STAHL EISEN. **Defeitos Superficiais em produtos planos de aço laminados a quente**. Dusseldorf, 1996.
- 2 LIMA, S.O.; BELLON, J.C.; MARTINELLI, F.J. Desenvolvimento e implementação do sistema de inspeção "on-line" de superfície como ferramenta de controle de qualidade de bobinas a quente da CST. **41º Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos**, Out. 2004.
- 3 In: International Surface Inspection Summit, Luxemburgo, 2006