

Implantação de controle de qualidade de soldas em trilho por centelhamento

Thiago Gomes Viana

20^a SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

AEAMESP



Sobre o autor

- Thiago Gomes Viana
- Engenheiro Metalurgista formado pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).
- Mestrando em Engenharia de Materiais pela Redemat (Rede Temática em Engenharia de Materiais) – Fadiga e fratura de trilhos premium.
- Engenheiro Sênior na empresa VLI (Valor da Logística Integrada).
- Especialista em: trilhos, soldas, lubrificação, roda de vagões/locomotivas, contato roda-trilho, etc.

Sumário

- Introdução
- Cenário pré-projeto
- Objetivo
- Revisão bibliográfica
- Proposta de controle de qualidade
- Implantação do controle de qualidade
- Conclusão
- Referências

Introdução

- A VLI realiza a soldagem dos trilhos em seu estaleiro de soldas localizado em Minas Gerais
- Processo de soldagem por centelhamento (*flash butt welding*).
- Trilhos com 24 m de comprimento são soldados até formarem um trilho longo soldado (TLS) de 216 m (9 trilhos = 8 soldas).

Introdução



Posicionamento dos trilhos na máquina de soldagem

Trilhos posicionados (nivelados)



Introdução



Movimentadora de trilhos soldados – 216 m



Cenário pré-projeto

- Realização de algumas conferências de qualidade.
- Inexistência de padronização e monitoramento contínuo.
- Ocorrência de falhas nas soldas aplicadas na via permanente.

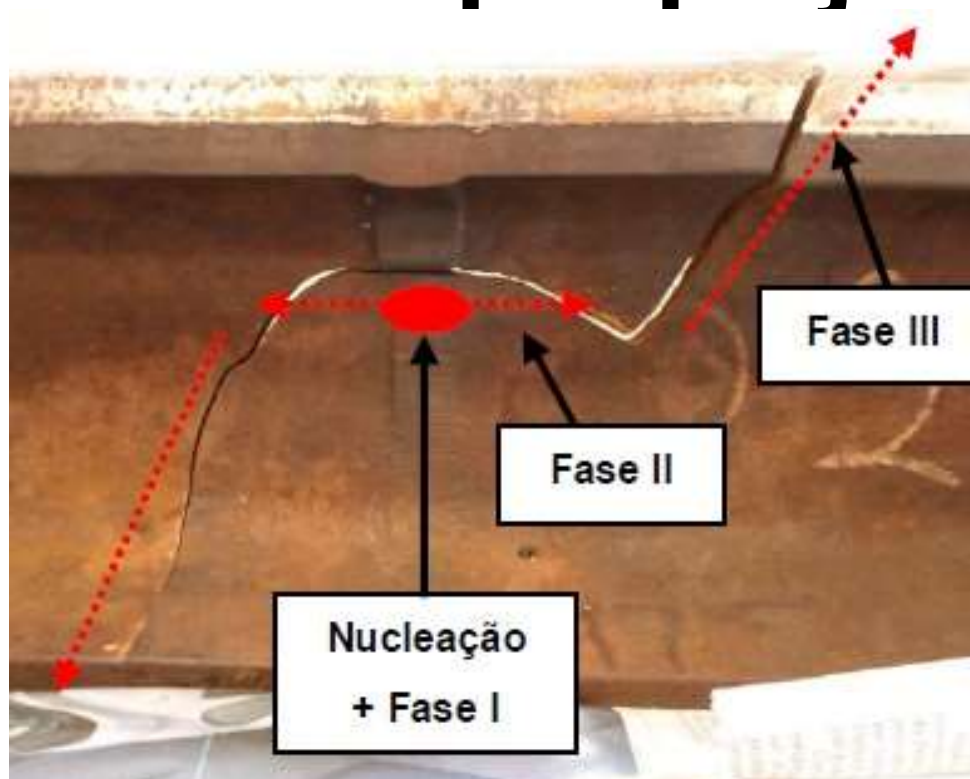


Cenário pré-projeto

Fratura em solda (7 milhões de toneladas brutas trafegadas) = falha precoce



Cenário pré-projeto



Concentrador de tensões



Objetivo

Definir metodologia de controle de qualidade das soldas por centelhamento e implantá-las no Estaleiro VLI.



Revisão Bibliográfica

➤ Segundo Wainer [1], muitas soluções para se evitar problemas de soldagem fazem parte de Normas e especificações, sendo algumas delas listadas na Tabela 1.



Revisão Bibliográfica

Tabela 1. Como evitar problemas com soldagem [1].

Chanfro/faces dos trilhos	Limpeza das faces
Parâmetros de soldagem	Coleta de dados do processo
Disponibilidade (equipamentos/pessoal)	Ensaio não destrutivo
Treinamento	Ensaio destrutivo (laboratório)
Aferição de instrumentos	Emissão de certificado de qualidade
Inspeção de trilhos e equipamentos	Rastreabilidade da solda

Revisão Bibliográfica

➤ Ainda segundo Wainer [1], para se implantar o sistema de garantia de qualidade a empresa precisa dos recursos que estão mostrados na Tabela 2.

Revisão Bibliográfica

Tabela 2. Recursos para implantar sistema de qualidade [1].

Departamento apto para preparar especificações/plano de soldagem	Departamento de controle de qualidade para execução correta de ensaios não-destrutivos e destrutivos
Colaboradores treinados e qualificados	Equipamentos e instrumentos aferidos
Equipe treinada capaz de detectar não conformidades e prescrever ações corretivas e preventivas	

Revisão Bibliográfica

Normas estudadas:

- Norma AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association) [2].
- Norma AWS (American Welding Society) [3].
- Norma EN 14587-2 (European Norme) [4].

Tabela 3. Normas estudadas [2, 3, 4].

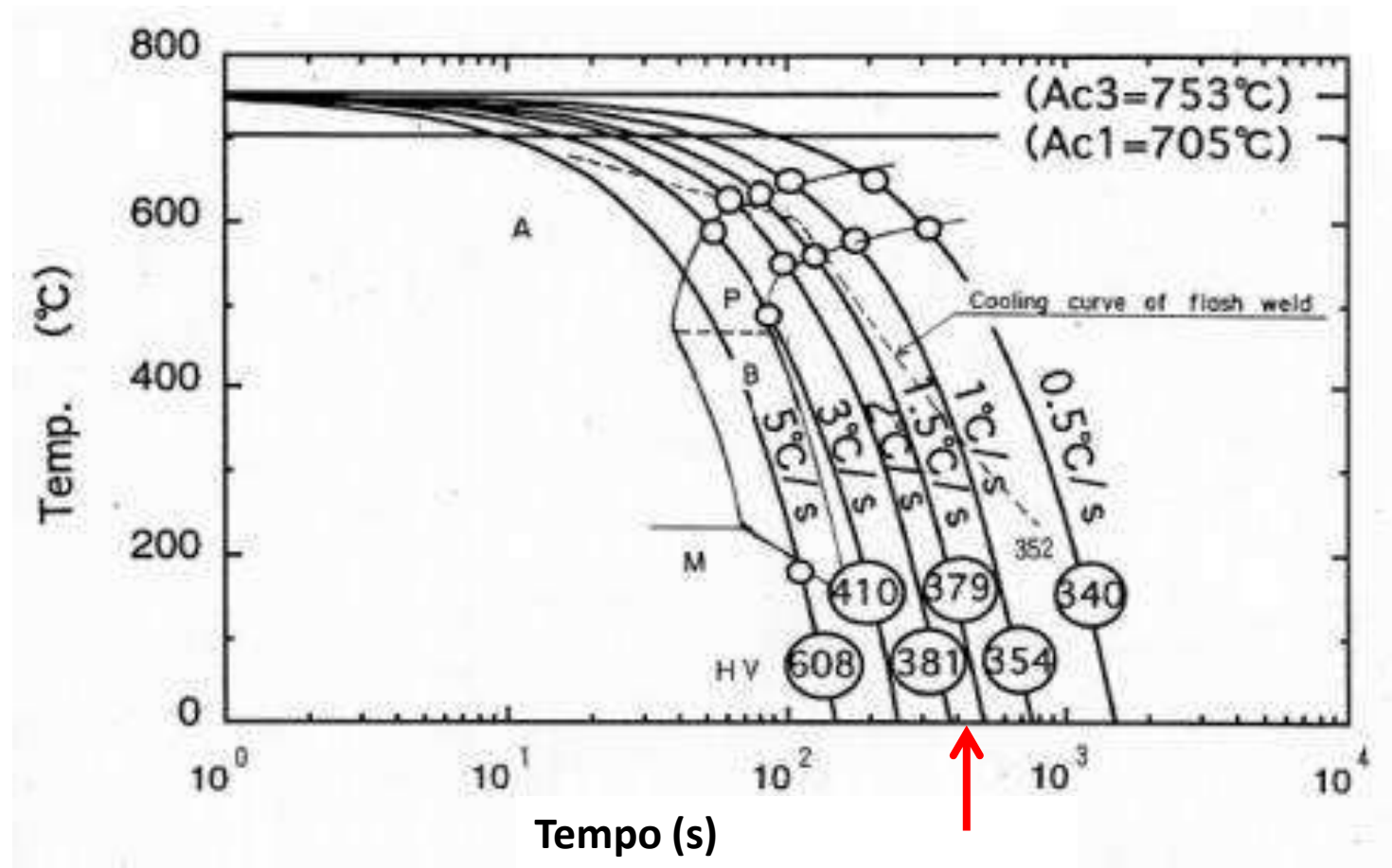
Teste	AREMA	AWS	Européia	Doc Tec 12449
Degrau de rebarba (mm): boleto	0,13	n/i	2,50	1,00
Degrau de rebarba (mm): alma	3,18	n/i	2,50	2,00
Degrau de rebarba (mm): patim	0,25	n/i	2,00	1,00
Quina-viva de rebarba	Ausente	n/i	Ausente	Ausente
Sulcos na rebarba	Ausente	n/i	Não desejável	Não desejável
Empeno vertical: boleto	1,52	n/i	0,10 a 0,30	1,00
Empeno horizontal: boleto	1,52	n/i	0 a 0,30	1,50
Desalinhamento patim	0	n/i	n/i	3,18
Visual	Sim	n/i	Sim	Sim
Ultrassom ou magnaflux	Sim	n/i	n/i	n/i
Flexão	Sim	Sim	Sim	Sim
Dureza	Sim	Sim	Sim	Sim
Microestrutura	Sim	Sim	Sim	Sim
Macroestrutura	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 4. Ciclo recomendado para controle de qualidade [2].

Parâmetro	Qualificação inicial	Garantia de qualidade
Macroestrutura	1	2 por ano ou seja qual for a especificação
Dureza	1	1 por ano ou seja qual for a especificação
Microestrutura	quando necessário	quando necessário
Dimensional	todas	todas
Partícula magnética	todas	todas
Flexão	1	1 por ano ou seja qual for a especificação

Revisão Bibliográfica

Gráfico 1. Resfriamento controlado [5].



Proposta de controle de qualidade

Table 5. Verificação dos instrumentos de medição.

Etapa	Parâmetro	Ferramenta	Especificado	Ciclo
Pré-soldagem (Responsável: Inspetor de Qualidade)	Navalhas de rebarbamento	Visual e lupa	Ausência de desgaste/defeitos	Diário
	Eletrodos	Visual e lupa	Ausência de desgaste/defeitos	
	Régua do soldador	Visual	Ausência de empeno/torção/desgaste	
	Gabarito de rebarba do soldador			
	Régua do esmerilhador			
	Calibri do esmerilhador			
	Prensa		Calibrado e aferido	
	Paquímetro digital		Calibrado e aferido	

Proposta de controle de qualidade

Tabela 6. Parâmetros pós-soldagem.

Etapa	Parâmetro	Ferramenta	Especificado	Ciclo
Pós-soldagem (Inspetor de Qualidade e/ou Soldador)	Empeno vertical e horizontal do boleto	Régua com entalhe	Ausência de empeno	Todas as soldas
	Defeito no topo do boleto	Visual	Ausência de queima, defeitos	
	Defeito no patim	Visual com espelho	Ausência de queima, defeitos	
	Degrau rebarba na alma (região curvatura abaixo do boleto e alma)	Gabarito	$\leq 1,5 \text{ mm}$	
	Degrau de rebarba no patim (em cima)	Gabarito	$\leq 1,5 \text{ mm}$	
	Degrau de rebarba no patim (abaixo)	Gabarito	$\leq 0,25 \text{ mm}$	
	Quina-viva no degrau	Visual	Ausente	

Proposta de controle de qualidade

Tabela 7. Parâmetros pós-soldagem.

Etapa	Parâmetro	Ferramenta	Especificado	Ciclo
Pós-esmerilhamento (Responsável: Inspetor de qualidade e/ou Esmerilhador)	Empeno vertical e horizontal do boleto	Régua 1m + calibre	0 a 4,0 mm (a quente) / 0 a +1,5 mm (a frio)	Todas as soldas
	Desalinhamento do patim	Régua 1m + calibre	0 a +3,18	
	Degrau rebarba na alma (região curvatura abaixo do boleto e alma)	Paquímetro digital	≤ 1,5 mm	1ª e 5ª solda de cada TLS (somente o ultimo esmerilhador)
	Degrau de rebarba no patim (em cima)	Paquímetro digital	≤ 1,5 mm	
	Degrau de rebarba no patim (abaixo)	Paquímetro digital	≤ 0,25 mm	

Proposta de controle de qualidade

Tabela 8. Parâmetros final do processo.

Etapa	Parâmetro	Ferramenta	Especificado	Ciclo
Final do processo (Inspetor de qualidade)	Carga de Flexão (trilho premium)	Prensa	mín 160 ton	A cada 720 soldas ou 3 frotas ou a cada novo fornecedor/trilho
	Carga de Flexão (trilho standard)	Prensa	mín 150 ton	
	Flecha (trilho premium)	Prensa	mín 20 mm	
	Flecha (trilho standard)	Prensa	mín 20 mm	
	Composição química do trilho/solda	Senai	Conforme especificação do trilho em questão	A cada 720 soldas ou 3 frotas ou a cada novo fornecedor/trilho
	Macroestrutura do trilho soldado			
	Perfil de dureza do trilho soldado			
	Microestrutura do trilho soldado			

Implantação do controle de qualidade



Medição de empeno: vertical e horizontal



Implantação do controle de qualidade



Verificação de defeitos sob o patim

Verificação da altura do grau de rebarba



Implantação do controle de qualidade



Verificação do desalinhamento do boleto

Verificação do desalinhamento do patim



Implantação do controle de qualidade



Verificação da geometria e afiação das navalhas de corte das rebarbas de solda

Régua para verificação de desalinhamento



Implantação do controle de qualidade



Régua para verificação de empeno na região soldada

Ensaio de flexão



Implantação do controle de qualidade



LAMAT - Laboratório de Ensaios e Análises em Materiais

Acreditado pela CGCRE - Coordenação Geral de Acreditação

Accredited by CGCRE – General Coordination for Accreditation

Parceiros tecnológicos: Senai (FIEMG) e Escola de Minas (UFOP)



UFOP



Conclusão

Através da implantação da metodologia de controle de qualidade de soldas por centelhamento, mediante a revisão do Procedimento Operacional interno da empresa, a VLI terá:

- ✓ Aumento na confiabilidade das soldas.
- ✓ Redução do risco de falha em trilhos.
- ✓ Redução de ocorrências de segurança operacional.

Referências

- [1] Wainer, E. ET all. Soldagem – Processos e Metalurgia. Editora Blücher LTDA. 1992.
- [2] Norma AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) – Volume 1 – Track – Chapter 4 – Rail. 2013.
- [3] Norma AWS (American Welding Society) – D15.2. 2003.
- [4] Norma EN (European Norm) – 14587-2 – Railway applications – Track – Flash butt welding of rails.
- [5] CCT diagrams for welding. Dezembro/2013.

Implantação de controle de qualidade de soldas em trilho por centelhamento

Thiago Gomes Viana

Obrigado

