Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de Lorena

CARLOS MARCELO BELCHIOR

**Desenvolvimento de Aço Baixa Liga para Componentes do Sistema
de Choque e Tração em Vagões Ferroviários**

Lorena

2015

CARLOS MARCELO BELCHIOR

Desenvolvimento de Aço Baixa Liga para Componentes do Sistema de
Choque e Tração em Vagões Ferroviários

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
Lorena da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ciências do
Programa de Pós-graduação em Engenharia de
Materiais na Área de Materiais Convencionais e
Avançados

Orientador: Prof. Dr. Durval Rodrigues Jr.

Versão Original

Lorena - 2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Belchior, Carlos Marcelo

Desenvolvimento de aço baixa liga para componentes
do sistema de choque e tração em vagões ferroviários
/ Carlos Marcelo Belchior; orientador Prof. Dr.
Durval Rodrigues Jr - Versão Original. - Lorena,
2015.
160 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências - Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Materiais na Área de
Materiais Convencionais e Avançados) - Escola de
Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.
2015

Orientador: Prof. Dr. Durval Rodrigues Jr

1. Aços baixa liga. 2. Engates. 3. Mandíbulas. 4.
Sistemas de choque e tração. 5. Tratamento térmico.
I. Título. II. Rodrigues Jr, Prof. Dr. Durval ,
orient.

A Deus, que proveu os recursos e as respostas, quando ninguém os tinha.

À minha esposa Lílian e minhas filhas Melissa e Yasmim, pela compreensão frente ao tempo investido em meu desenvolvimento profissional.

Aos meus pais, cujo trabalho e empreendedorismo me permitiram chegar aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Durval Rodrigues Jr., cujo incentivo, exemplo e orientação, sempre atenciosa e tranquila, foram fundamentais para o desenvolvimento deste projeto.

Ao Diretor Executivo de Operações José Santos de Araújo, pelas diretrizes e apoio incondicional na disponibilização de recursos.

Aos colegas da AmstedMaxion, cujo trabalho em equipe foi fundamental na execução de diversas etapas: Anderson Bastos, Claudemir Vilela, Cristiano Camargo de Almeida, John Oesch, José Pedro de Marins Jr., Haroldo Marcilio da S. Santos, Luiz Carlos Pereira, Mario Anísio, Marcelo Vilela Figueiredo, Mariana Teixeira, Mario Maciel, Paulo Maurício Furtado Rosa, Rogério Martins Barbosa, Tarciso Rosa Campos Jr., Thiago Castilho Barbosa, Thiago Herminelli, Sílvio de Paula Filho, Washington Savio L. da Silva.

RESUMO

Belchior, C. M. **Desenvolvimento de Aço Baixa Liga para Componentes do Sistema de Choque e Tração em Vagões**. 2015. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, São Paulo, 2015.

As cargas transportadas pelas ferrovias têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, tanto pela capacidade individual do vagão como pela quantidade numa mesma composição. Após simulações e análise de dados obtidos em vagões instrumentados, uma das maiores operadoras logísticas do país observou que seus Sistemas de Choque e Tração estão sendo submetidos a esforços longitudinais considerados extremos. Desta forma, os trens formados por vagões do tipo GDU (capacidade de 118 t) estão limitados a uma quantidade de apenas 122 vagões, perdendo produtividade em relação aos trens formados por vagões do tipo GDT (capacidade de 110 t), os quais vêm circulando com 134 vagões. Em função das cargas extremas e consequente redução da produtividade nos trens, o Cliente solicita um trabalho conjunto para o desenvolvimento de um Sistema de Choque e Tração que torne possível a formação dos trens de minério com 134 vagões do tipo GDU. Desta forma, foi desenvolvido, como alternativa ao aço convencional, um aço baixa liga com desempenho superior, protótipos dos componentes citados para ensaios de campo e respectivos corpos de prova, validados por ensaios laboratoriais, bem como os parâmetros tecnológicos do produto e do processo. Os resultados obtidos são um aumento do Limite de Resistência, Limite de Escoamento, Tenacidade e Vida em Fadiga da ordem de 18% (em função da Temperatura de Revenido adotada), com a manutenção das características de Dutilidade (Alongamento e Redução de Área).

Palavras-Chave: Aços Baixa Liga. Braçadeiras. Engates. Mandíbulas. Projeto de Experimentos. Sistemas de Choque e Tração. Tratamento Térmico.

ABSTRACT

Belchior, C. M. **Development of Low-Alloy Steel for components of Draft Gear System on Freight Cars.** 2015. 160 p. Dissertation (Master of Science) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, São Paulo, Brazil, 2015.

Loads transported by rail have increased considerably in recent years, both for individual freight car capacity and total train tonnage. Following data analysis and simulations obtained in instrumented freight cars, one of the largest logistics operators in the country noted that its Draft Gear Systems are being subjected to longitudinal efforts considered extreme. Thus, trains consisting of cars type GDU (118 ton capacity) have been limited to a quantity of only 122 cars, losing productivity gains regarding trains formed by cars type GDT (110 ton capacity), which circulate with 134 cars. Because of the extreme loads and consequential reduction in productivity of the trains, the Client requests a joint work for the development of a Draft Gear System that enables the formation of ore trains with 134 cars of type GDU. Thus, an alternative to the conventional steel, a low-alloy steel with superior performance was developed from which prototypes of the applicable components for field trials and respective test coupons were produced. This has been validated by laboratory tests, as well as the technological parameters of product and process. The results have indicated an increase in Tensile Strength, Yield Strength, Toughness and Fatigue Life of approximately 18% (depending on Tempering temperature adopted) while maintaining the characteristics of Ductility (Elongation and Area Reduction).

Keywords: Couplers. Design of Experiments. Knuckles. Heat Treatment. Low-Alloy Steels. Draft Gear System. Yokes.