

## ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER EM TAILOR WELDED BLANKS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

**Igor de Oliveira Mattos Cardoso<sup>1</sup>, Professor Dr. Manoel Carreira Neto<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Yazaki Autoparts do Brasil Ltda. E-mail: igor.oliveira@br.yazaki.com;

<sup>2</sup>SENAI CIMATEC. E-mail: mneto3@ford.com;

### RESUMO

*A indústria automobilística está cada vez mais investindo em novas tecnologias, técnicas e métodos de fabricação, para aumentar a qualidade, reduzir custos e aumentar a produtividade de veículos. Assim, o trabalho em questão faz um estudo sobre a viabilidade técnica de uma dessas novas tecnologias em expansão, que é o método do Tailor Welded Blanks (TWB), que consiste na união de chapas que podem possuir diferentes materiais, espessuras e propriedades mecânicas, formando uma única geratriz, que posteriormente será conformada mecanicamente na estrutura ou componente desejado. Sendo que, a união das chapas abordada é através do processo de soldagem a laser (Laser Beam Welding - LBW) que por esse motivo, foi elaborado um estudo com aspectos técnicos desse processo apresentando suas principais características e razões para a sua utilização.*

**Palavras-chave: Tailor Welded Blanks; Soldagem a Laser; Blanks Automotivos.**

### ABSTRACT

*The automobile industry is increasingly investing in new technologies, techniques and manufacturing methods to increase the quality, reduce costs and increase vehicle productivity. Thus, the work in question is a study on the technical feasibility of these new technologies in expansion, that is the method of Tailor Welded Blanks (TWB), which consists of the joint sheets that may have of different materials, thickness and mechanical behavior forming a single blank, which will be after mechanically formed in the structure or component required. Moreover, the joint of sheets that was introduced, will be through the Laser Beam Welding (LBW) that for this reason, a study with technical aspect of this process was realized, showing the main characteristics and reasons for their use.*

**Keywords: Tailor Welded Blanks; Laser Beam Welded; Automotive Blanks.**

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento de conceitos de engenharia para o desenvolvimento de novos projetos utilizando as vantagens da soldagem a laser tem elevado o potencial desta para aplicação industrial. Sendo que, o setor automotivo tem sido o que mais absorve anualmente equipamentos que contenham o laser para operações de soldagem, tornando-se uma referência em soldagem a laser e com base nessas tendências, constantes pesquisas e nas necessidades do mercado surgiram metodologias para a fabricação de painéis automotivos otimizados para utilização pela indústria automobilística [1].

Esse avanço tecnológico só é possível devido ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas técnicas de soldagem. Atualmente diferentes tipos de processo de soldagem estão sendo utilizados para a união de chapas, tais como: soldagem por esmagamento, feixe de elétrons, indução de alta frequência e a laser. O processo de soldagem a laser é atualmente o mais utilizado pela indústria automobilística para aplicação em TWB, pois possui características específicas, como principais destacam-se: qualidade da solda, alta precisão, pequena zona termicamente afetada (ZTA), aplicação em uniões dissimilares e flexibilidade em aplicações e parâmetros de processo [2].

## 2. TAILOR WELDED BLANK

O conceito de Tailor Welded Blanks (TWB), que interpretando a tradução seriam placas soldadas adaptadas ou fabricadas “sob medida”, consiste na junção de duas ou mais chapas planas que são unidas através do processo de soldagem para a formação de uma única geratriz, que pode possuir geometria bem complexa, e que posteriormente é submetida a um processo de conformação mecânica para obter o componente ou estrutura projetada, conforme esquema representativo mostrado na figura 1 [3].

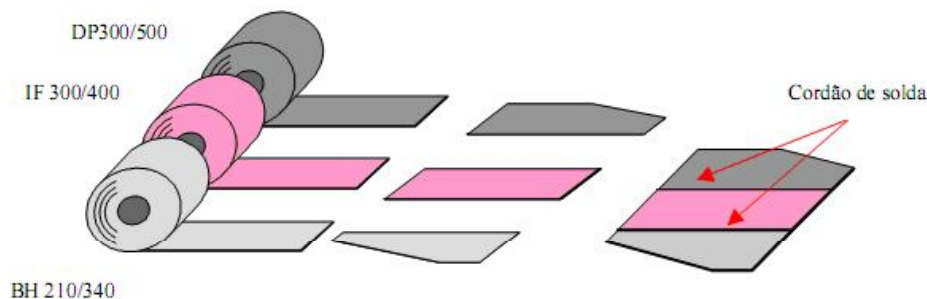


Figura 1. Esquema da Fabricação do TWB [3]

Assim, é possível combinar chapas com diferentes materiais, propriedades mecânicas, espessuras e acabamento superficial. Uma das principais vantagens na

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

utilização de TWB na indústria automobilística é a de aplicar materiais com características específicas nas partes unidas, que podem ser projetadas nas diversas regiões da carroceria, favorecendo a redução de peso, além da possibilidade de diminuir os custos operacionais, pois o conjunto pode combinar diferentes materiais e ser conformada em uma única etapa, ao invés de serem conformadas separadamente, desta forma facilita o desenvolvimento do componente e proporciona um melhor desempenho da estrutura [3].

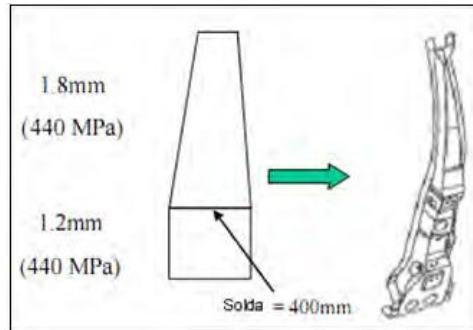


Figura 2. Pilar B projetado através do método TWB [2]

## 2.1. Aplicação

A aplicação do método TWB possibilita a otimização do processo industrial, ou seja, uma diminuição do tempo de fabricação do automóvel, pois essa inovação contribui para uma maior dinâmica na montagem da carroceria, uma vez que permite ao processo dar uma pré-forma nos blanks que a compõem, com diferentes combinações de geometria de chapas, antes que o conjunto venha ser montado, esta união é feita através da soldagem a laser. A figura 3 ilustra as aplicações dos subconjuntos que podem ser desenvolvidos durante a fabricação de uma carroceria com a utilização do método do TWB [3].

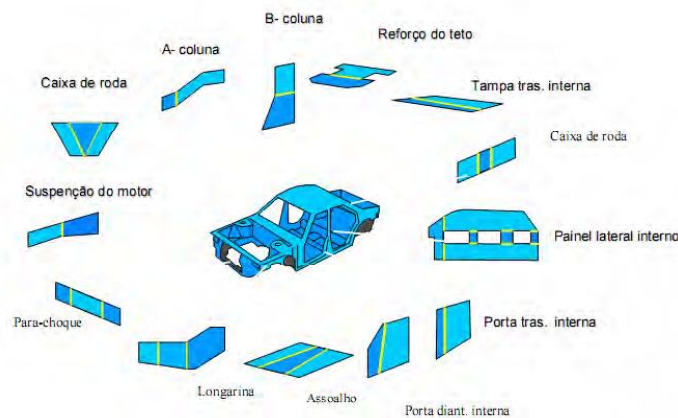
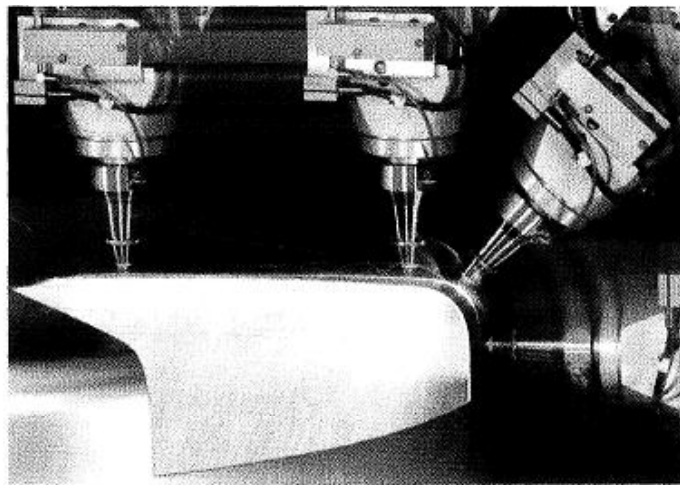


Figura 3. Blanks da carroceria obtidos por meio da aplicação do TWB [2]

### 3. SOLDAGEM À LASER

O processo de soldagem a laser, conhecido pelo nome em inglês de Laser Beam Welding (LBW), é um processo que se funde e se une uma junta metálica por meio da energia gerada em um feixe de laser. Sendo este um processo de alta densidade de energia, que envolve a focalização de um feixe de alta densidade sobre uma pequena área do material de base da junta a ser fundida, essa radiação do feixe ao entrar em contato com a superfície da junta é parte absorvida e parte refletida, a parte absorvida é de tal ordem de grandeza que aquece o material levando-o a fusão ou a vaporização, podendo alcançar níveis bem elevados de potência com intensidades acima de  $10^7$  W/mm<sup>2</sup> [4].

Esse processo quando comparado aos métodos convencionais de soldagem, produz uma solda bem mais estreita, permitindo melhor prevenção da corrosão e com menores zonas fundidas (ZF) e zonas termicamente afetadas (ZTA) na estrutura cristalográfica do metal de base. Como consequência, a tensão residual é reduzida e se produz pouquíssima distorção. A figura 4 exemplifica um processo automatizado de soldagem a laser [5].



*Figura 4. Processo totalmente automatizado - Soldagem à Laser [1]*

Assim, o processo de soldagem a laser possui características únicas que o difere de outros processos convencionais e que oferece possibilidades bastante interessantes para o setor automotivo em relação ao nível das velocidades de processamento, da geometria da solda, da qualidade e da utilização em uniões dissimilares, no que diz respeito tanto ao material quanto a espessura das mesmas. Além disso, a tecnologia a laser permite diferentes aplicações, tais como: corte, acabamento superficial, marcação, furação e soldagem, todas elas com uma alta precisão, de maneira automatizada e com várias possibilidades de modificações dos parâmetros de processo que trazem muitas vantagens para o processo de fabricação do TWB [5].

### 3.1. Preparação da Junta

Uma das etapas mais críticas do processo de soldagem a laser de TWB é a preparação da junta a ser soldada, a qual é necessária à utilização do processo de corte a laser, uma vez que permite superfícies adequadas para a soldagem a laser, proporcionando uma junta de melhor qualidade e dentro das especificações e níveis aceitáveis de desalinhamento que de acordo com testes realizados pelo Instituto Superior Técnico-Secção de Tecnologia Mecânica de Portugal esse limite seria algo em torno de 0,4 mm para obter resultados satisfatórios durante o processo de soldagem e dentro dos critérios estabelecidos para a fabricação do *blank* automotivo. Veja na figura 5 um *blank* automotivo soldado [6].

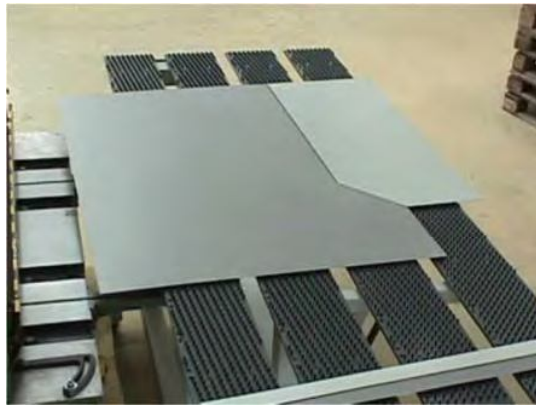


Figura 5. Blank Automotivo Soldado [2]

Vale ressaltar que, quando um *blank* formado com soldas a laser for estampado é necessário que o conjunto produzido possua níveis corretos de resistência mecânica, para que não ocorram fraturas durante a conformação. Assim, com a finalidade de se obter superfícies de corte com alta qualidade muitas vezes faz necessária à utilização do nitrogênio como gás de corte e uma baixa potência de laser, para evitar a ocorrência de eventuais empenos durante a operação de corte.

### 3.2. Principais Materiais

Muitos são os estudos realizados para avaliação do comportamento e características dos materiais metálicos e suas ligas para aplicação em TWB, vejamos a seguir alguns dos materiais mais utilizados:

**Aços de Construção Estirados a Frio** – O teor de carbono dos aços estirados a frio situa-se na faixa de 0,02 até 0,26%. Assim, com exceção de alguns aços, existe uma aptidão de soldagem a laser muito boa com o teor de carbono não demasiado alto [7].

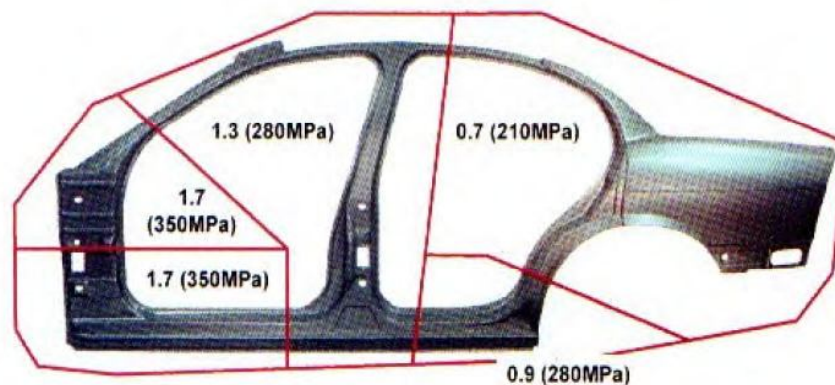
**Aços Inoxidáveis** – Os aços totalmente ferríticos e austeníticos apresentam uma boa aptidão para a soldagem a laser, porém os aços austeníticos com elevados teores de níquel tendem à ruptura a quente. Nos aços martensíticos, existe o perigo da formação e propagação de trincas [7].

**Materiais de Alumínio** – Em razão da alta capacidade de reflexão da superfície e da boa condutibilidade térmica do alumínio, uma boa condição para a soldagem somente é possível com uma densidade de potência suficientemente alta do feixe de laser. O alumínio puro assim como os grupos de liga Al-Si e Al-Cu apresentam geralmente uma satisfatória condição para a soldagem a laser. Entretanto, com teores mais elevados de magnésio e zinco, ocorrem à formação de poros no cordão de solda. O processo de soldagem a laser em alumínio possui uma limitação particular, que é na profundidade de penetração da solda, sendo que o laser YAG permite soldas com profundidade de 2 a 6 mm e para o caso do laser de CO<sub>2</sub> até no máximo 6 mm [7].

**Aços Galvanizados** – Embora o método do Tailor Welded Blanks também se aplique ao alumínio e suas ligas, os componentes fabricados em aço galvanizado, ou composto de aço galvanizado e aço sem revestimento, apresentam várias vantagens ao nível de custo e com uma melhor resistência e tenacidade, apresentando em torno de 10% a mais de tenacidade na estrutura e também uma melhor soldabilidade e aplicação em TWB [7].

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geratriz originada do processo, blank automotivo, pode conter chapas com um material mais resistente, com o objetivo de aumentar a rigidez da estrutura em partes relacionadas a itens de segurança e que podem ser localizadas estrategicamente na carroceria, como também, há possibilidade da utilização de chapas mais finas e possivelmente contribuindo para a redução do peso final do veículo, como mostrado na figura 6 [3].



*Figura 6. Painel Lateral com diferentes espessuras e limites de resistência [2]*

A utilização do método do TWB não só reduz o peso do conjunto fabricado, como também elimina a necessidade de utilização de reforços estruturais nas carrocerias, reduzindo assim, os custos de fabricação e aumento da segurança dos veículos. Além disso, a redução de massa está diretamente relacionada à economia de combustível, pois 10% de redução de massa resultam de 6% a 8% de melhoria na economia de combustível [8]. Assim, o emprego desta metodologia é um grande aliado para a indústria Automotiva Mundial na busca pela utilização de aços de alta resistência para redução do peso em uma estrutura do veículo que seja segura, acessível, eficiente de combustível e ambientalmente responsável, como mostrado na figura 7 da carroceria Body-in-White (corpo-em-branco) do projeto ULSAB [9].



*Figura 7. – UltraLight Steel Auto Body Steel – ULSAB [9]*

No que diz respeito ao tipo de laser que melhor se adequa ao processo, baseado nos artigos técnicos pesquisados, apesar do processo de soldagem a laser de Nd:YAG ser melhor aplicado em chapas mais finas e com menores faixas de potências, o laser de CO<sub>2</sub> é o mais utilizado e indicado na maioria das aplicações de TWB, uma vez que é mais versátil, já que permite todo tipo de operação e está disponível numa larga faixa de potência (desde a dezenas de Watts até 40 kW) [1].

Tabela 1. Comparação do Processo de Soldagem ND: YAG x CO<sub>2</sub> [10]

| Tipo de Laser   | Potência (kW) | Velocidade de Soldagem (mm/s) | Profundidade de Penetração (mm) |
|-----------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
| CO <sub>2</sub> | 0,1 < 40      | > 65                          | < 15                            |

|               |     |      |       |
|---------------|-----|------|-------|
| <b>Nd:YAG</b> | < 5 | > 65 | 2 < 6 |
|---------------|-----|------|-------|

Portanto, com um único tipo de laser é possível realizar a operação de corte das chapas, que requer uma perfeita linearidade e qualidade da junta, como também a soldagem das mesmas, proporcionando assim, uma boa flexibilidade no processo, veja detalhes na comparação da tabela 1. Além disso, o laser de CO<sub>2</sub> também possibilita aplicação em uma maior diversidade de materiais metálicos e ligas apresentando ótimos resultados quando aplicados em alumínio e suas ligas, em aços estirados a frio e de baixo teor de carbono, em aços galvanizados e em aços de alta resistência [1,10].

#### 4. CONCLUSÃO

O método do Tailor Welded Blank em conjunto com o processo de soldagem a laser possibilita agregar melhorias e valores ao veículo e ao processo de fabricação proporcionando o desenvolvimento do setor automotivo. Assim, o processo de soldagem a laser do TWB é viável para aplicações em veículos que estão sendo desenvolvidos para atender as exigências do mercado mundial de automóveis e com as novas tendências do setor. Com isso, o alto investimento necessário para a implementação deste na indústria automotiva é recompensado através dos benefícios que este juntamente com a utilização do método do TWB agregará ao produto final e ao processo de fabricação, tais como:

- Melhorias do nível da resistência à corrosão, através da substituição dos materiais usualmente utilizados por materiais menos propensos à corrosão como o alumínio ou aços galvanizados;
- Estruturas mais resistente e mais leve, com a aplicação de materiais dissimilares e conseqüentemente com diferentes limites de resistência, que podem ser projetados em pontos regiões da carroceria e do veículo, proporcionando também um ganho considerável na absorção de impacto em caso de uma colisão;
- Redução da quantidade de material em locais que não necessitem tanta robustez, através de menores espessuras, conseqüentemente diminuição do custo em matéria prima e da utilização dos recursos naturais do planeta;
- Redução do número de partes constituintes das estruturas, resultando em um design mais simplificado (Design for Manufacturing – DFM);
- Otimização do processo, através da conformação da geratriz (blank automotivo) em uma única operação, ao invés da fabricação das peças do conjunto em várias etapas distintas, resultando em uma maior produtividade.

Tal tecnologia é tão interessante economicamente que grandes empresas já estão propondo serviços e estudos especializados para montadoras de veículos em todo o mundo, é o caso da empresa ArcelorMittal, que fornece soluções de engenharia em



aços de alta resistência fazendo todo o “business case” dos componentes para a aplicação automotiva associando a metodologia do TWB em sua fabricação [11].

Portanto, na visão atual da indústria automobilística, o desenvolvimento de estruturas mais leves possui uma relação direta de compromisso com a economia e meio ambiente, através da utilização de materiais mais leves, porém, mais resistentes, agregando o conceito das atuais normas ambientais, pois atende aos requisitos quanto ao desempenho ambiental do veículo, como: redução das emissões de poluentes e do consumo de combustível e principalmente para aumentar a reciclagem dos materiais utilizados.

Desta forma, a indústria promove os avanços tecnológicos com o emprego de novas tecnologias, alinhados ao desenvolvimento sustentável, ou seja, produzindo um veículo ecologicamente correto que atende cada vez mais as exigências do cliente.

## 5. REFERÊNCIAS

<sup>1</sup>Peças, P.; Gouveia, H.; Quintino, L.; Rasmussem, M. e Olsen, F. O. Soldadura Laser de Sub-Conjuntos para Estampagem – Tailored Blanks. Revista de Metalurgia, Vol. 34, Nº. 2, **1998**. Disponível em: <<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es>>. Acessado em: 10 de maio de 2015.

<sup>2</sup>TWBPT - TAILOR WELDED BLANK PROJECT TEAM. Tailor welded blank applications and manufacturing: a state-of-the art survey. Relatório Técnico do Auto/Steel Partnership, **2001**, 91p.

<sup>3</sup>Crivellaro, S. Rafael. Estudo da Estampabilidade de Tailor Blanks Soldadas a Laser. **2003**. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Porto Alegre, 2003.

<sup>4</sup>Kou, Sindo. Welding Metallurgy. 2. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, **2003**. 480 p.

<sup>5</sup>Machado, Ivan Guerra. Soldagem & Técnicas Conexas: Processos. Porto Alegre, **1996**. 477 p.

<sup>6</sup>Gimenes JR., L.; Ramalho, J. e Joaquim, R. Comparação entre os Processos Laser e Feixe de Elétrons Aplicado a Soldagem de Aços. Revista Tecnologia & Soldagem, **1994**.

<sup>7</sup>Rossini, R. Fabiano; Santos, A. Carlos; Vilar, M. Rui e Ierardi, F. Maria. Soldas em Chapas Grossas de Aço Baixo Carbono Utilizando Laser de CO2. Revista Metalurgia e Materiais, Vol. 58, Nº. 527, Novembro **2002**.

<sup>8</sup>Messler, R. W., Bell, J., Craigie, O. Laser Beam Weld Bonding of AA5754 for Automobile Structures. Welding Journal, Junho, **2003**, p. 151s-159-s.

V WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)

I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

<sup>9</sup>ULSAB – UltraLight Steel Auto Body Steel. Market Development Institute - disponível em: <<http://www.autosteel.org/Programs/ULSAB.aspx>>. Acessado em: de 20 de março de 2015.

<sup>10</sup>Kavamura, A. Haroldo; Aplicação de Solda Laser em Carrocerias Automotivas: Estudo Comparativo entre a Solda Laser e a Solda Ponto por Resistência. **2007**. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

<sup>11</sup>ARCELORMITTAL - Automotive Worldwide – S-In Motion. Ver. **2012** - disponível em: <<http://automotive.arcelormittal.com/>>. Acessado em: 15 de março de 2015.

<sup>12</sup>FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC. Sistema de Bibliotecas. Padrão CIMATEC de normalização: normas da ABNT para apresentação de trabalhos acadêmicos. Salvador, **2012**.