

# **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMINO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS NO METAL DE BASE DO AÇO AS 150 ATRAVÉS DA SOLDAGEM PELO PROCESSO DE SOLDA MAG.**

**ADRIANO DE SÁ SILVA**

[adriano.sa.slv@gmail.com](mailto:adriano.sa.slv@gmail.com)

*Osasco, 24 de maio de 2014.*

## **Resumo**

O presente estudo tem como finalidade pesquisar o comportamento do material AS 150 utilizado no segmento automotivo através do processo de soldagem MAG automatizado, e com estampagem a quente através do processo de hot forming. Foi soldada junta em passe único, pelo processo de solda MAG, com metal de adição arame ER70-S6 de 1,0 mm de diâmetro, posição plana e aporte térmico variando de 3,38 KJ/mm. Após a soldagem, realizaram-se ensaios de dureza e tração com auxílio de metalográficos através de técnicas de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura, onde os corpos retirados integralmente do metal depositado, objetivando a avaliação da relação dureza/microestrutura. Foi verificado que os metais de solda obtidos mostraram níveis de dureza diferenciados.

**Palavras-chave:** Metal de Base, Metal de Adição, Dureza, Aporte Térmico.

## **1 INTRODUÇÃO**

Tendo em vista a necessidade do desenvolvimento de novas técnicas de produção para alavancar a produtividade das empresas do setor automotivo, foi desenvolvido um processo de estampagem a quente que permite uma conformação do material com uma quantidade inferior de ferramentais de estampagem, dessa forma possibilitou-se obter uma forma desejada sem que o produto sofresse nenhum tipo de ruptura em suas zonas de deformações.

Porém, essa para essa aplicações são usadas materiais com elementos de liga que os tornam diferentes dos habituais das estampagens a frio. Essas diferenças proporcionam reações nos processos de soldagem, tendo em vista que são materiais que alteram suas características de propriedades devido ao aquecimento ao qual são submetidos no ato do processo de estampagem. Para esse estudo em específico iremos tratar apenas da soldabilidade no material AS150 e sua alteração de estrutura dos grãos e aporte térmico gerado na solda, comparando com a dureza na região do metal base, região da zona termicamente afetada (ZTA) e metal de adição.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 Material de Base

As juntas soldadas foram produzidas com a utilização de material de base AS 150 TL 4225 e DIN EM 10277-2-S355J2C+C esse último apenas demonstrativo não serve de base do estudo. Como o objetivo desse estudo é verificar a presença do aporte térmico e dureza dos materiais produzido através da deposição do metal de adição no processo de soldagem MAG automatizado. A tabela 1 apresenta a composição química do metal de base antes do processo de soldagem.

Material	C(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Si(%)	Al(%)	Ti(%)	B(%)
AS 150 TL 4225	0,2270	1,1890	0,0120	0,0010	0,2710	0,0440	0,0410	0,0031

Tabela 1: Propriedades químicas do metal de base

#### 2.1.2 Metal de Adição

O metal de adição utilizado para o estudo em questão foi o Arame de Solda ER70-S6 de diâmetro de 1,0 mm. Na tabela 2 apresenta a composição química do metal depositado, antes da soldagem do material.

Material	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cu (%)
ER70-S6	0,06 – 0,15	0,80 – 1,15	1,40 – 1,85	0,025 máx	0,0035 máx	0,50 máx

Tabela 2: Propriedades químicas do metal de adição

### 2.2 Procedimento de Soldagem

As juntas foram preparadas com base no processo de estampagem no item 1 (lâmina do para-choque, processo de estampagem à quente hot forming), e item 2 (bucha roscada, material zinkado não objetivo do estudo), tendo como objetivo a soldagem da região na posição plana, conforme demonstrado na figura 1.

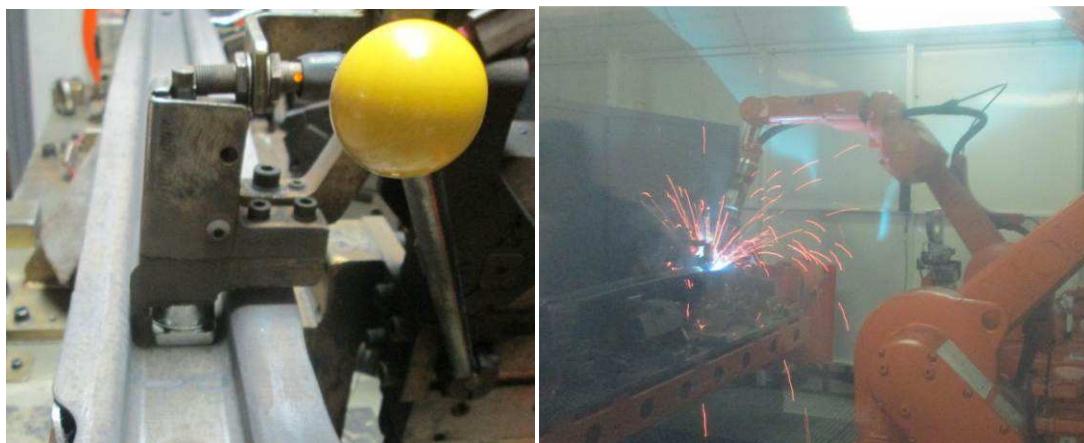


Figura 1: Posição de soldagem do corpo de prova

Os materiais foram soldados sem pré-aquecimento, devido a espessura do material ser de 2,0 mm. Tendo como os parâmetros estabelecidos na tabela 3. Tendo como gás de proteção a Mistura de 18/82 CO<sub>2</sub> e Argônio. O processo de soldagem em passe único constitui-se como o procedimento utilizado na fabricação de peças no segmento automotivo. Através desse procedimento, o cordão de solda foi realizado através de soldagem com arame sólido de diâmetro de 1,0 mm ER70-S6. Conforme tabela 3 é possível verificar os parâmetros de solda utilizados.

Parâmetro – Para-choque Dianteiro – Fronius 01	
JOB	9
Material	S235JR
Gás	Argônio + 18 % CO <sub>2</sub>
Diâmetro do Arame	1,0 mm
Processo	Standard
Corrente (A)	200
Tensão (V)	20,8
Velocidade Alimentação (m/min)	8,6
Correção Arco Voltaico (%)	0,00
Correção Dinâmica / impulso (%)	0,00
Pré-Fluxo de gás (s)	0,1
Pós Fluxo de gás (s)	0,2
Avanço lento (m/min)	3
Velocidade Inserção Arame (m/min)	10
Correção retro fusão (s)	0,05
Gás (l/min)	16

Tabela 3: Parâmetros de soldagem do corpo de prova

### 2.3 Ensaios Mecânicos e Metalográficos

Foram retirados corpos de prova da região soldada e metal de base, para realização do ensaio de macrografia, microestrutura e dureza. Os ensaios foram executados em temperatura ambiente. Com auxílio da embutidora o corpo de prova passou pelo embutimento para melhor visualização da imagem e auxílio no ensaio de dureza. No ensaio de metalografia, constituiu em análise as características do cordão de solda, no que diz ao critério e nível de aceitação do cordão de solda, conforme norma EN DIN 5817. Nele é possível notar o nível de penetração ao qual foi submetida o metal de adição no metal de base, conforme figura 2. Na tabela 4 é possível verificar os valores encontrados dos critérios e níveis de aceitação.

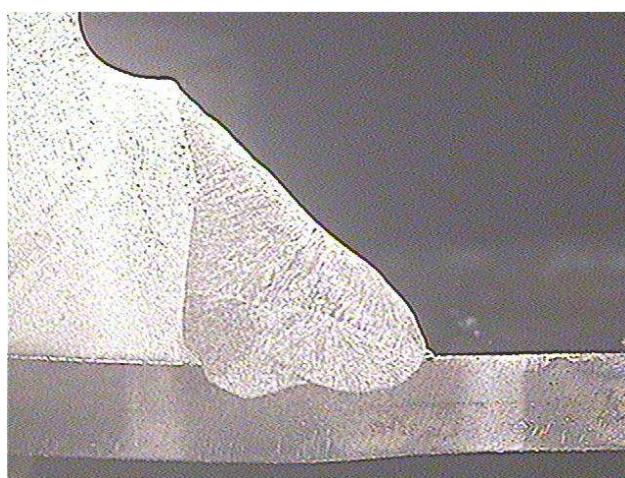


Figura 2: Ensaio metalográfico do corpo de prova

Localidade	Especificado	Encontrado
b1	$\geq 5,50$	6,47
b2	$\geq 2,50$	5,44
SN	$\geq 1,75$	4,26
f1	$\geq 0,20$	0,55
f2	$\geq 0,20$	0,78
h	$\leq 0,67$	0,00

Tabela 4: Resultados do ensaio de macrografia

Na sequencia foi realizado o ensaio de microestrutura do material soldado, nas seguintes regiões:

- metal de base
- metal de adição
- Zona térmica afetada (ZTA)

Com base nessa análise foi possível verificar a estrutura e alteração de material em cada região, ou seja, as fases composta do material após a realização da soldagem e o comportamento do material. Na figura 3 é possível verificar a estrutura do material AS150 TL4225 antes do processo de soldagem, a região apresenta estrutura martensitica temperada com traços de bainita, e a região da borda.

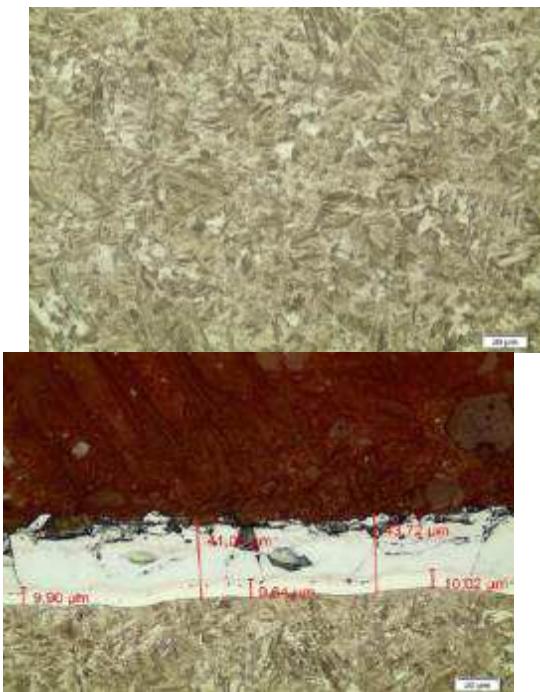


Figura 3: Micro estrutura do centro e borda do Material de base AS 150 TL4225 antes da soldagem

Após a soldagem as regiões de soldagem e metal de base sofreram alterações na sua estrutura conforme figura 4.

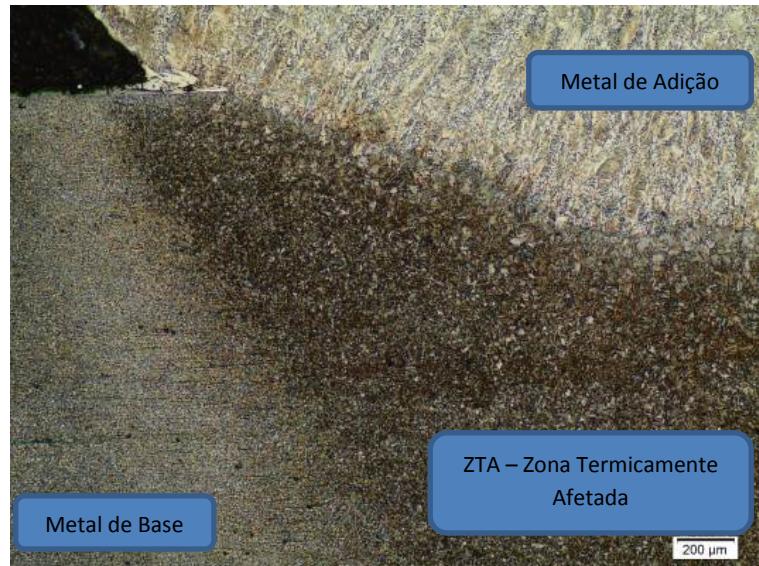


Figura 4: Região soldada (metal de adição, metal base e ZTA)

Abaixo é possível visualizar em partes o comportamento de cada região acima citada, podendo notar o comportamento de cada região após o ciclo de soldagem e como a mesma altera sua estrutura. Na figura 5, corresponde ao metal de base o mesmo apresentou uma estrutura martensita bainita, correspondente ao metal de base antes da soldagem, porém os traços de bainita nessa etapa são maiores.

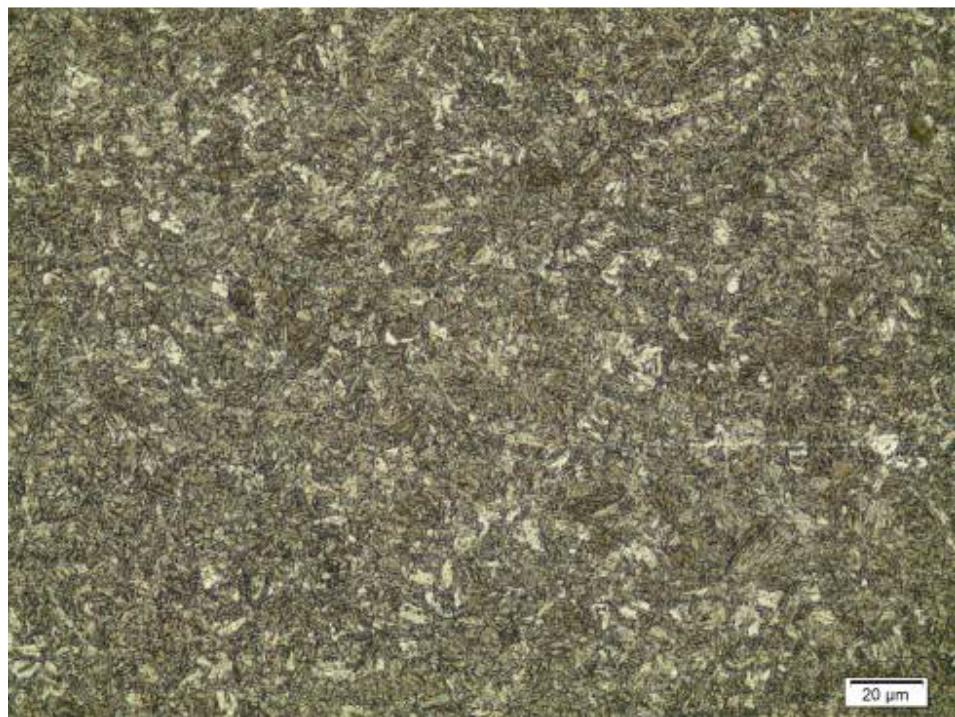


Figura 5: Metal base (estrutura martensita com traços bainita) após soldagem

A zona termicamente afetada apresentou outra característica na estrutura do material, conforme figura 6.



Figura 6: Zona Termicamente Afetada (estrutura ferritica + perlitica)

No ensaio de dureza, foi realizado nas regiões de metal de adição, metal de base e zona termicamente afetada, tendo cinco pontos de análise em cada região, conforme figura 7, 8 e 9.



Figura 7: Ensaio de dureza na região do metal de base



Figura 8: Ensaio de dureza na região da zona termicamente afetada

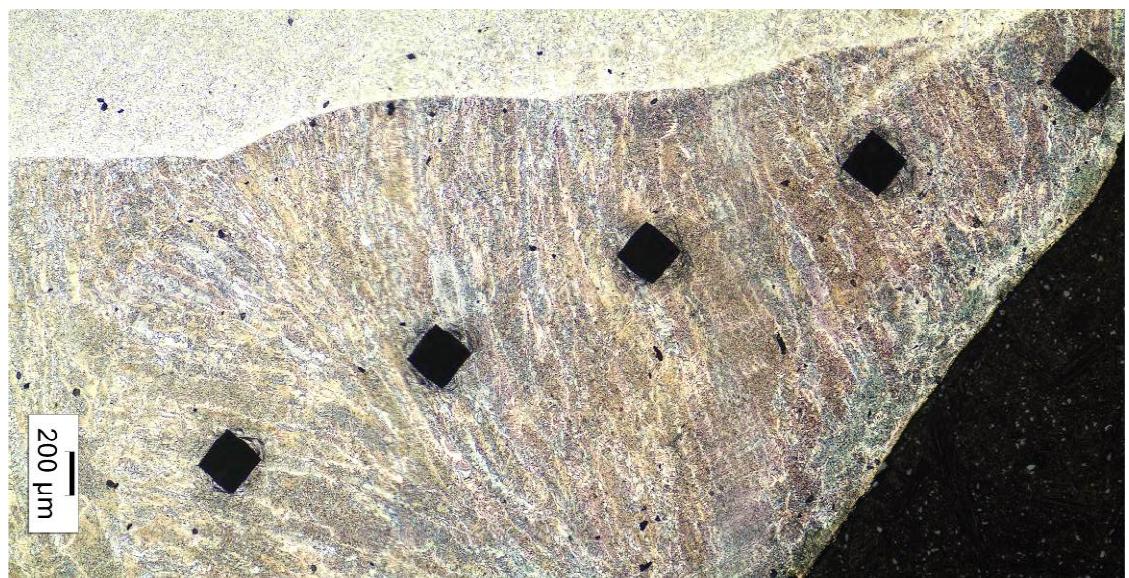


Figura 9: Ensaio de dureza na região do metal de adição

A análise permitiu conferir a dureza em cada região soldada, conforme tabela 5, Ensaio HV10.

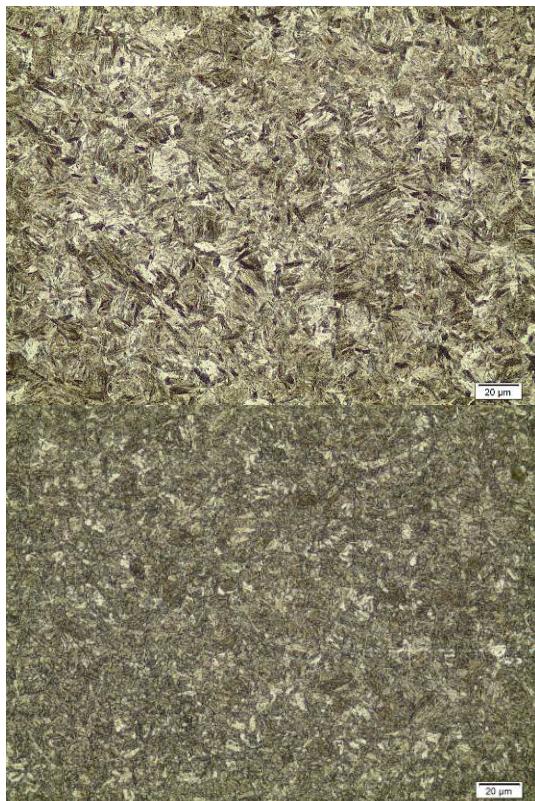
Localidade	Pontos de Ensaio				
	1	2	3	4	5
Metal base	364,50	338,10	319,40	294,00	272,30
ZTA	345,00	369,10	346,30	341,10	278,30
Metal adição	210,40	210,30	214,40	203,00	210,00

Tabela 5: Resultados do ensaio de dureza

### 3 Resultados

Com base nas análises realizadas algumas observações foram vistas as quais são mencionadas abaixo:

1º A estrutura do metal de base antes do processo de solda e após o processo de solda conforme figura 10.



Estrutura antes da soldagem

Estrutura após a soldagem

Figura 10: Análise comparativa da estrutura do metal base antes da soldagem e após a soldagem

'Um fator a ressaltar que ambas estruturas apresenta região martensita, porém no inicio essa região martensita apresenta tempera e pequenas bainitas, porém após a soldagem a presenta da bainita aumenta.

2º Os índices de dureza do metal de base antes da solda e após da solda teve alterações a observar, conforme tabela 6. Ensaio HV10.

Metal Base	1	2	3	4	5
Antes da Solda	472,20	476,40	467,80	461,80	459,90
Após a Solda	364,50	338,10	319,40	294,00	272,30

Tabela 6: Resultados comparativo dos ensaios de dureza

Com essa análise foi possível verificar que antes da solda a dureza do material de metal de base tem um valor maior, e logo após a soldagem esse valor cai em torno de 32%. Levando em consideração que esse material passa pelo processo de estampagem a quente onde o mesmo passa pelo aquecimento de 800º C. Em seguida na soldagem o mesmo também sofre o aquecimento da soldagem.

3º Outro aspecto observado no ensaio de microestrutura, foi à presença de alumínio silício na região do metal de adição, esses elementos se dispuseram em uma região da solda, conforme figura 11.

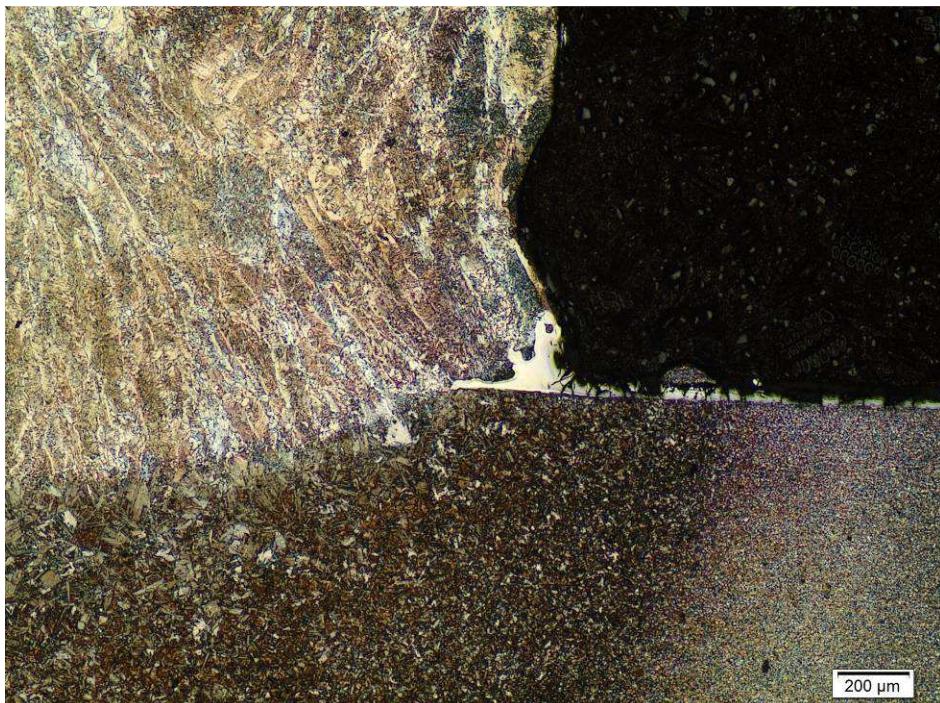


Figura 11: Presença de Alumínio Silício na região de solda

#### 4 Conclusão

Pelo estudo exposto, permitiu-se concluir:

- ✓ A soldagem em materiais com elementos de alumínio silício e processo de estampagem a quente atende os requisitos de solda conforme a DIN EM 5817.
- ✓ O aporte térmico utilizado no processo de soldagem faz com que a ZTA aumente sua dimensão, podendo esse ter um aporte térmico menor,
- ✓ No presente estudo a combinação de ciclos térmicos facilita a visualização das fases de estrutura do material.

- ✓ Com base nos resultados obtidos, incentiva-se a realização de mais estudos em metais de solda obtidos com elevados níveis de aporte térmico, de forma a confirmar os resultados.

## REFERÊNCIAS

Martins WP, Nascimento CCF, Meneses VA, Paiva AEM, Leal VS. Influência dos parâmetros de soldagem no comportamento microestrutural e nas propriedades mecânicas de juntas soldadas em aços ARBL. In: Anais do 6. Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação; 2011; Caxias do Sul, Brasil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia e das Ciências Mecânicas; 2011.

Pinheiro MM. Influência do preaquecimento e tratamento térmico pós-soldagem nas propriedades mecânicas do metal de solda de aços de alta resistência obtidos por processo arame tubular tipo metal cored [mestrado]. 2012. Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca; 2012.