

## **SOLDAGEM ENTRE INCONEL 600 e AISI 304 COM LASER DE Nd:YAG PULSADO**

**José Roberto Berretta**

Centro Tecnológico da Marinha – CTM-SP - [berretta@ipen.br](mailto:berretta@ipen.br)

**Wagner de Rossi**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [wderossi@ipen.br](mailto:wderossi@ipen.br)

**Maurício David Martins das Neves**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [mdneves@ipen.br](mailto:mdneves@ipen.br)

**Ivan Alves de Almeida**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [ialmeida@ipen.br](mailto:ialmeida@ipen.br)

**Nicklaus Ursus Wetter**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [nuwetter@ipen.br](mailto:nuwetter@ipen.br)

**Gesse Eduardo Calvo Nogueira**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [genoguei@ipen.br](mailto:genoguei@ipen.br)

**Nilson Dias Vieira Junior**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [nilsondv@ipen.br](mailto:nilsondv@ipen.br)

**Resumo.** Neste trabalho investigou-se a técnica de soldagem a laser entre a liga de níquel Inconel 600 e o aço inoxidável AISI 304. O principal objetivo do estudo foi o de analisar a influência da variação do posicionamento do feixe laser incidente em relação à junta nas características do cordão de solda gerado. Para isso, os materiais foram unidos por solda autógena de topo com um laser de Nd:YAG pulsado desenvolvido no IPEN. Corpos de prova foram soldados com a incidência do feixe laser na junta e deslocado de 0,1 e 0,2 mm em relação a ela, para ambos os lados, o que gerou uma variação na composição química na zona de fusão. Analisaram-se as juntas por microscopia óptica (MO) para se investigar a geometria do cordão e a ocorrência de trincas nas zonas afetadas pelo calor (ZAC) e de fusão (ZF); na microscopia eletrônica de varredura (MEV) se observou com maiores detalhes o mesmo verificado na MO, além da análise por EDX/EDS para avaliar a variação de composição química ao longo da seção transversal do cordão de solda; ensaios de microdureza também foram executados. Os resultados das análises acima são apresentados, os quais fornecem os subsídios para definição da melhor localização do feixe laser em relação à junta.

**Palavras-chave:** solda laser, aço inoxidável, solda de materiais dissimilares, liga de níquel

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os métodos de processamento de materiais em uso atualmente, aqueles que utilizam um feixe laser como ferramenta, estão entre os mais avançados e modernos <sup>(1, 2, 3)</sup>, ocupando uma posição de destaque na indústria.

Os principais tipos de processamento com laser são: solda <sup>(4, 5, 6, 7)</sup>, corte <sup>(8)</sup>, furação <sup>(9, 10, 11)</sup>, marcação e tratamento térmico superficial <sup>(12, 13)</sup>. Obviamente, todos estes processos possuem um método tradicional correspondente que também estão em constante evolução, visando a diminuição de custos e a melhoria na qualidade. Como alguns projetos requerem processos de difícil, ou mesmo, impossível execução com métodos tradicionais, a utilização de laser como ferramenta está crescendo a cada dia. As vantagens de se usar um feixe de luz para o processamento de materiais são inúmeras: alta densidade de energia e controle preciso da incidência na peça, flexibilidade no caminho do feixe, inexistência da influência de campo magnético, dispensa do aterramento da peça, zona afetada pelo calor muito pequena, baixa distorção da peça, possibilidade de uso de atmosfera controlada, alta velocidade de processo, excelente qualidade do cordão, processo sem contato e sem desgaste de ferramenta, simplicidade de fixação, baixo ruído, fácil automação. A principal desvantagem é o alto custo de investimento inicial, a qual, contudo, pode ser compensada pela qualidade e pela automação, que reduz a intervenção do operador no processo, minimizando falhas.

A união entre materiais dissimilares é largamente utilizada nos setores de geração de energia, químico, petroquímico, nuclear, aeronáutico e aeroespacial e são adotadas com base em critérios técnicos e econômicos. Isto é necessário, pois um produto deve apresentar rendimento e custo satisfatórios. A utilização de juntas dissimilares é bastante elevada em alguns segmentos industriais. Em uma única planta de geração de energia, por exemplo, podem existir acima de 10 mil juntas deste tipo. Além disso, atualmente, a indústria de bens de consumo vem implementando em seus produtos, produzidos em escala, a combinação de materiais para melhorar o rendimento e reduzir custos. Este fato está gerando um grande aumento na demanda por técnicas de soldagem de materiais dissimilares que atendam a produção industrial em escala.

Juntas entre materiais dissimilares são normalmente produzidas usando processos de soldagem convencionais, tais como, soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (SAER), soldagem a arco com eletrodo metálico e atmosfera gasosa (SAMG) e soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e atmosfera gasosa (SATG). Devido ao rápido desenvolvimento nos últimos anos da tecnologia de feixes de alta densidade de energia, isto é, do laser e do feixe de elétrons, investigações de soldagem utilizando estes equipamentos vêm recebendo atenção especial <sup>(1, 2, 5, 6, 7)</sup>.

A soldagem laser usa o efeito de aquecimento provocado pela luz de um feixe laser concentrado, coerente e monocromático, para produzir o cordão de solda. A densidade de potência de um feixe laser industrial pode alcançar aproximadamente  $10^8 \text{ W.cm}^{-2}$ . Densidades de potência na faixa de  $10^6 - 5 \times 10^7 \text{ W.cm}^{-2}$  são suficientes para iniciar uma vaporização local. Assim, as altas densidades de potência propiciam uma cavidade de vapor penetrando profundamente através da espessura do material; este processo, conhecido como princípio de soldagem laser por “keyhole”, possibilita que uniões sejam feitas, com rapidez e em um único passo.

Muitas das vantagens e limitações da solda laser em comparação com outros processos de soldagem se originam das propriedades do feixe focalizado. Ao mesmo tempo em que a alta densidade de potência permite a execução de soldas pelo princípio de “keyhole”, a baixa energia fornecida ao material produz uma zona afetada pelo calor bastante estreita, com baixa tensão residual e pequenas distorções, minimizando assim a necessidade de retrabalho. A alta velocidade de resfriamento favorece a formação de uma microestrutura fina, que normalmente propicia melhores propriedades mecânicas <sup>(14, 15)</sup>. Por outro lado, a elevada taxa de resfriamento pode originar a presença de martensita, que pode ser prejudicial a algumas propriedades mecânicas do cordão gerado. As soldas laser podem ser produzidas na presença da atmosfera e o feixe laser pode ser rapidamente acionado ou interrompido durante uma operação. A seleção do material, o projeto do componente e o projeto da junta são também influenciados pelas características da solda laser.

Soldagem autógena é a maior vantagem deste tipo de solda na união de materiais diferentes. Por ser o feixe focalizado em um pequeno ponto e posicionado por CNC, torna-se possível o controle preciso, tanto da localização como da composição química do cordão de solda. Este procedimento requer tolerâncias rígidas na preparação da junta. Também pode ser usado material de adição na solda laser, que pode ser introduzido antes ou durante o processamento (em forma de pó, arame ou perfil particular). Neste caso, a tolerância na montagem da junta não é tão rígida e a composição química do cordão de solda é controlada pelo material de adição, que minimiza as diferenças físicas e químicas entre os materiais. Portanto, a soldagem entre materiais dissimilares utilizando feixe laser como ferramenta é um processo que fornece uma junta de alta qualidade, com pequena zona afetada pelo calor, executada em alta velocidade, sendo ainda, um processo de fácil automação.

Neste trabalho, investigou-se a união entre o aço inoxidável AISI 304 e a liga de níquel Inconel 600, utilizando-se para a soldagem um laser de Nd:YAG pulsado desenvolvido no IPEN. O principal objetivo do estudo foi investigar a variação do posicionamento do feixe laser incidente em relação à junta, nas características do cordão gerado em soldagem autógena, tais como, a geometria do cordão, a profundidade de penetração, a ocorrência de trincas nas zonas afetadas pelo calor (ZAC) e de fusão (ZF), a formação de poros, gerados pelo colapso do “keyhole”, a distribuição dos elementos de liga ao longo da seção transversal da solda e propriedades mecânicas como micro dureza e módulo de elasticidade.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os materiais utilizados para a investigação da união por solda laser foram: o aço inoxidável austenítico AISI 304 e a liga de níquel Inconel 600. Estes materiais têm a composição química apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química dos materiais.

	Ni (%)	Cr (%)	Fe (%)	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	Mo (%)	Cu (%)
AISI 304	8,9	18,4	balanço	0,8	1,06	0,34	0,03	0,05	0,05
Inconel 600	balanço	14,9	9,4	0,15	0,27	0,27	0,02	0,23	0,21

As amostras foram preparadas partindo-se de chapas de 0,8 mm de espessura nas dimensões de 20 mm x 50 mm para os dois materiais. Em seguida, elas foram montadas em um dispositivo (desenvolvido especialmente para este trabalho), para posicionar e fixar as amostras em conformidade com os requisitos de tolerância, tanto de alinhamento entre as peças como também da folga na junta. A união entre eles foi feita por solda autógena de topo ao longo da aresta de 50 mm.

O posicionamento do feixe laser incidente variou em relação à junta. O feixe foi posicionado tanto na junta como deslocado de 0,1 e 0,2 mm para ambos os lados.

As soldas foram realizadas em um equipamento desenvolvido no IPEN, denominado Central de Processamento de Materiais a Laser (CPML). Este equipamento é composto por uma fresadora CNC de 4 eixos, na qual foi acoplado um laser de Nd:YAG pulsado, com energia por pulso de até 10 J, taxa de repetição de até 500 Hz, potência média de 100W, potência pico de 3 KW e largura temporal dos pulsos controlada desde 0,2 até 10 ms.

O feixe laser utilizado teve seu foco localizado a 3 mm abaixo da superfície do material, e os parâmetros utilizados no experimento foram os seguintes: energia (E) = 6,0 J, potência média ( $P_m$ ) = 84 W, tempo de pulso ( $t_p$ ) = 7 ms e frequência de pulsos (f)=14 Hz. Os cordões de solda foram realizados com velocidade de soldagem (v) = 300 mm/min e sobreposição dos pulsos estimada em 30%. Como gás de assistência, para a proteção da solda, utilizou-se o argônio com uma vazão de 10 l/min.

A análise destas uniões foi feita inicialmente pela metalografia da seção transversal do cordão de solda e por observação em microscópio óptico; investigou-se a geometria do cordão, a profundidade de penetração e a ocorrência de trincas nas zonas afetadas pelo calor (ZAC) e de fusão (ZF). A possibilidade de formação de poros, gerados pelo colapso do “keyhole”, também foi

analisada nas zonas de fusão. As análises acima também foram feitas para os diversos posicionamentos do feixe em relação à junta.

As estruturas da seção transversal das amostras foram reveladas em equipamento de ataque eletro-químico, marca Buehler modelo electromet 4. Devido à diferença entre os materiais, encontramos grande dificuldade na revelação simultânea das suas estruturas na mesma amostra.

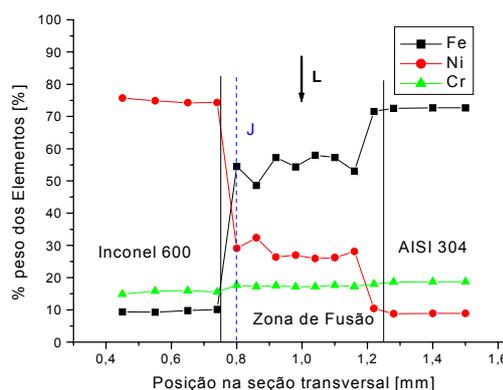
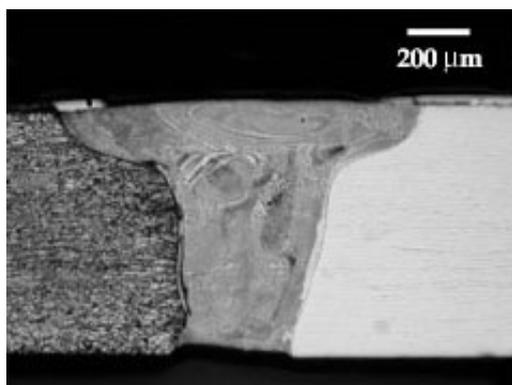
No microscópio eletrônico de varredura (MEV), marca Philips modelo XL30, foi investigada a microestrutura da seção transversal das uniões, além da análise por EDX/EDS executada ao longo da seção transversal em pontos espaçados de 0,06 mm, a uma profundidade de aproximadamente 0,3 mm, para avaliar a variação de % peso dos elementos no cordão de solda.

Ensaaios de microdureza Vickers, também foram executados a uma profundidade de 0,3 mm ao longo da seção transversal e espaçados de 0,07 mm, com carga de 40 gramas em um equipamento de dureza instrumentada marca Fischer, modelo Fischerscope H100V, para avaliar o cordão de solda e a zona afetada pelo calor. Com este aparelho obtemos também o valor do módulo de elasticidade do material (E) no local onde está incidência do penetrador.

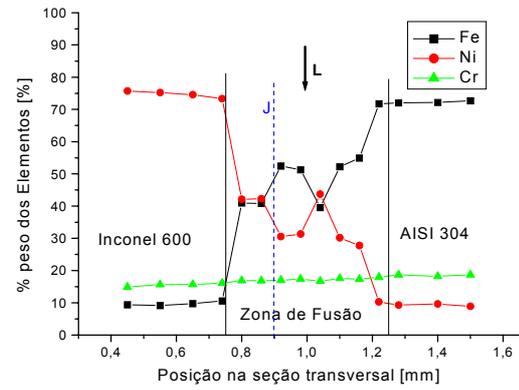
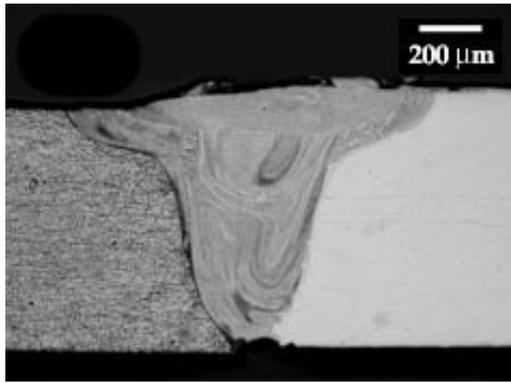
### 3. RESULTADOS

Inicialmente foram realizadas análises, por microscopia ótica (MO), nas soldas laser efetuadas em passe único, pela técnica de soldagem por “keyhole”. As seções transversais dos cordões de solda são apresentadas nas figura 1. Observa-se que a variação do posicionamento do feixe não influencia a geometria do cordão, que é típica de soldagem por “keyhole”. Em todas as condições de soldagem não foram observadas ocorrências de trincas na ZF e na ZAC e também de poros gerados por colapso do “keyhole” na ZF. As dimensões da largura do cordão apresentaram valores médios de 1 mm na superfície e de 0,40 mm na raiz, o que torna o uso do deslocamento de 0,2 mm do feixe laser inviável, pois qualquer variação no processo de soldagem pode comprometer a união entre os materiais ao longo da junta. A Figura 1 também apresenta a distribuição em % peso dos principais elementos (Fe, Ni e Cr) ao longo da seção transversal da união. Observa-se que a distribuição dos elementos na ZF tem boa homogeneidade, principalmente quando o feixe está posicionado na junta, como também, quando deslocado de 0,1 mm para ambos os lados.

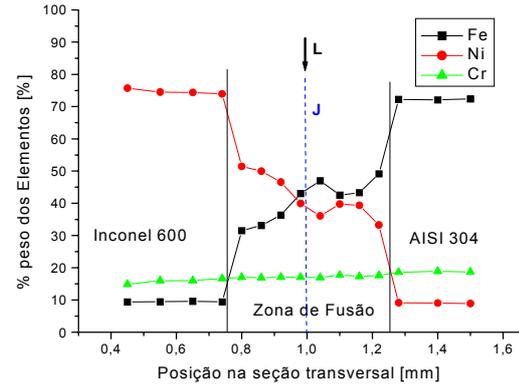
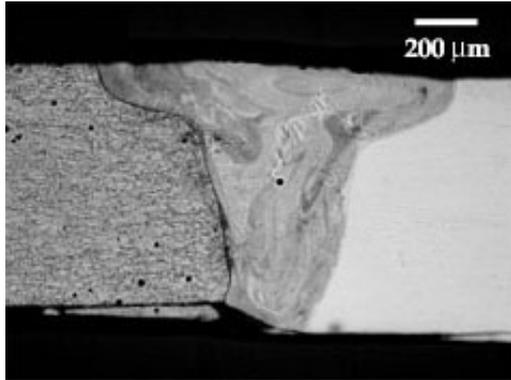
A ZF apresenta uma microestrutura fina e basicamente dendrítica, conforme observado no MEV, Figura 2, benéfica para as propriedades mecânicas de uma união<sup>(14)</sup>. Esta estrutura da ZF é, principalmente, devido à alta velocidade de resfriamento, típico do processo de solda laser<sup>(6)</sup>.



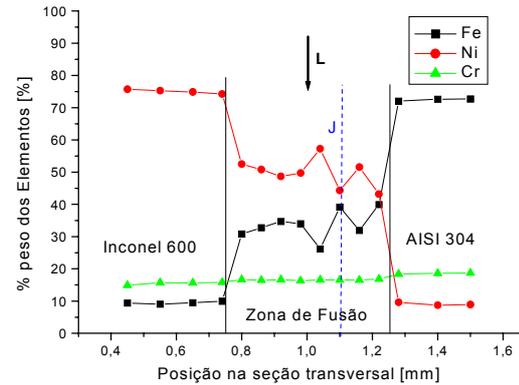
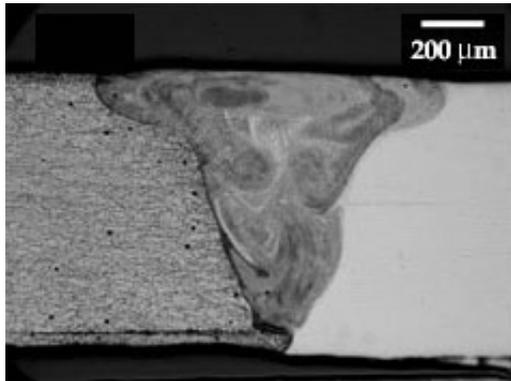
Posição do Feixe, deslocado de 0,2 mm da junta para o AISI 304



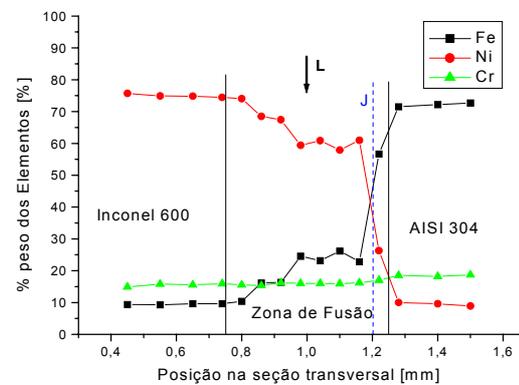
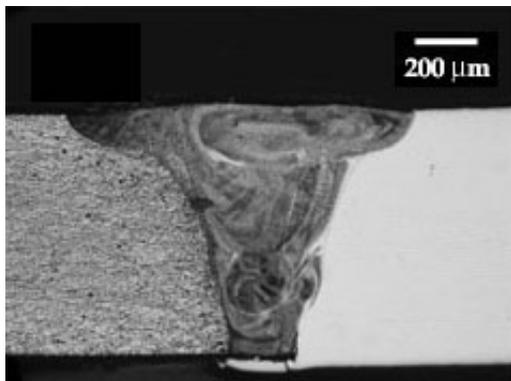
*Posição do Feixe, deslocado de 0,1 mm da junta para o AISI 304*



*Posição do Feixe, na junta*



*Posição do Feixe, deslocado de 0,1 mm da junta para o Inconel 600*



*Posição do Feixe, deslocado de 0,2 mm da junta para o Inconel 600*

Figura 1. Microscopia óptica, da seção transversal, dos cordões de solda gerados pela variação da posição do feixe laser (seta L) em relação à junta (J). Materiais: Inconel 600 à esquerda e AISI 304 à direita.

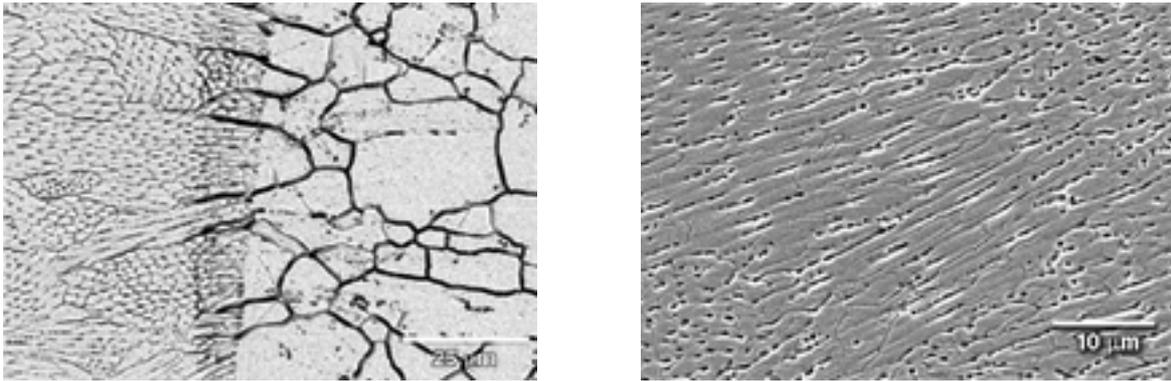


Figura 2. Detalhes de zona de fusão típica de processo de solda laser; zona fundida e material base (esquerda), zona de fusão (direita)

A análise por EDX/EDS foi executada ao longo da seção transversal, a uma profundidade de aproximadamente 0,3 mm, para avaliar a variação da % peso dos principais elementos no cordão de solda. Como o feixe laser é focalizado em um ponto de pequenas dimensões e o equipamento tem um sistema de movimentação CNC que possibilita o posicionamento deste com precisão e repetibilidade, foi possível o controle preciso da localização da ZF. A Figura 3 apresenta a variação dos elementos (Ni, Cr e Fe) em % de peso ao longo da seção transversal da união, para cada posição do feixe laser e conseqüentemente da ZF em relação à junta. Nesta figura podemos observar que realmente tem-se distribuição dos elementos na ZF com boa homogeneidade e que o posicionamento do feixe influencia na % em peso dos elementos (Fe e Ni) na ZF. O posicionamento do feixe deslocado de 0,2 mm em relação à junta para o lado do Inconel 600 (I02) fornece uma ZF rica em Ni e pobre em Fe; conforme o feixe vai se deslocando no sentido do aço AISI 304 a % peso de Ni vai diminuindo e a % peso do Fe vai aumentando até que a ZF fica rica em Fe e pobre em Ni; isto acontece quando o feixe atinge a posição de 0,2 mm de deslocamento em relação à junta para o lado do aço AISI 304 (A02). Observa-se também que % peso de Cr na ZF se mantém praticamente constante em função da variação do posicionamento do feixe, isto é atribuído a % peso do Cr ser similar em ambos os materiais.

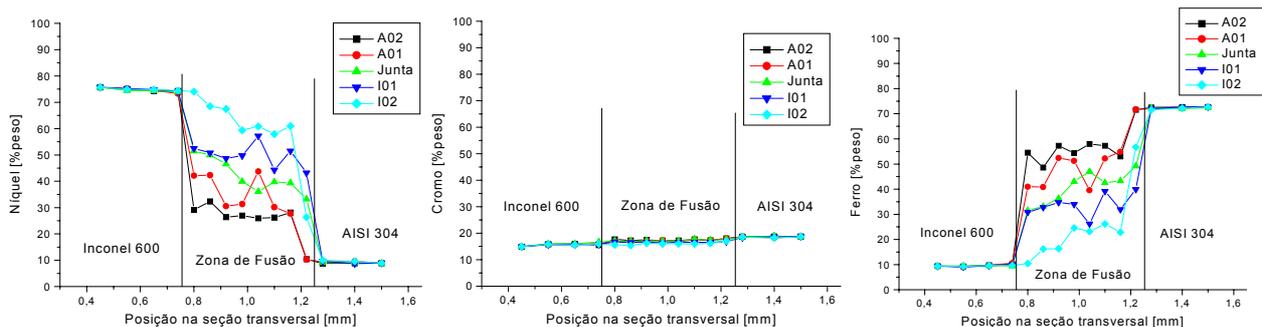


Figura 3. Distribuição de níquel, cromo e ferro ao longo da seção transversal do cordão de solda em função do posicionamento da incidência do feixe laser em relação à junta (A02 – posição do feixe 0,2 mm em relação à junta no sentido do AISI304, A01 – posição do feixe 0,1 mm em relação à junta no sentido do AISI304, Junta – feixe posicionado na junta, I01 – posição do feixe 0,1 mm em relação à junta no sentido do Inconel 600, I02 – posição do feixe 0,2 mm em relação à junta no sentido do Inconel 600).

Os ensaios de microdureza Vickers, também, foram executados a uma profundidade de 0,3 mm ao longo da seção transversal com carga de 40 gramas, e seus resultados são apresentados na Figura 4. Observa-se que, o posicionamento do feixe não influencia no perfil de dureza ao longo da seção

transversal do cordão de solda. Nota-se também uma tendência de valores de dureza menores na região central da ZF devido à menor velocidade de resfriamento nesta região.

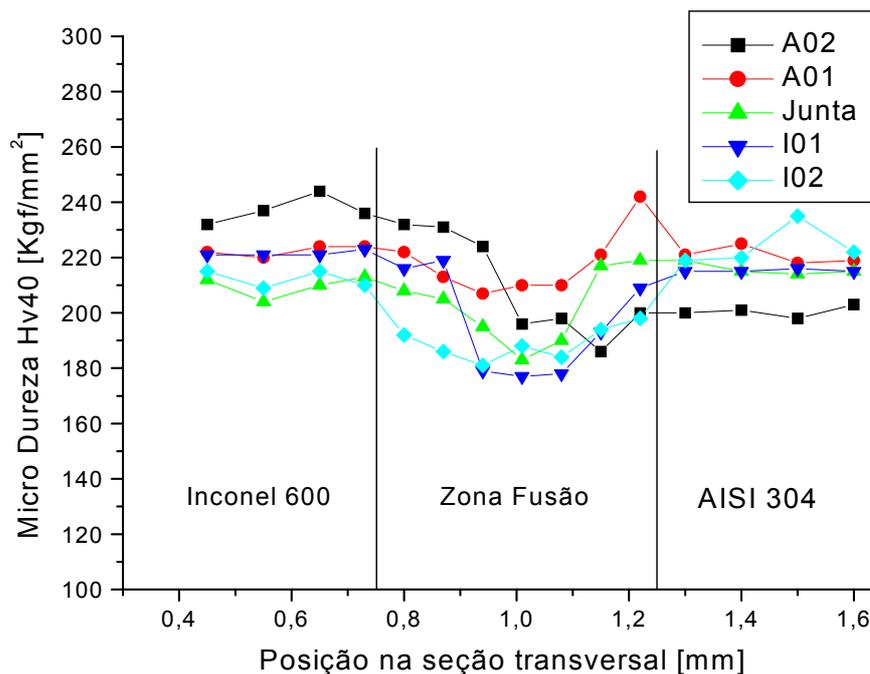


Figura 4. Perfil de dureza ao longo da seção transversal do cordão de solda em função do posicionamento de incidência do feixe laser em relação à junta (A02 – posição do feixe 0,2 mm em relação a junta no sentido do AISI304, A01 – posição do feixe 0,1 mm em relação a junta no sentido do AISI304, Junta – feixe posicionado na junta, I01 – posição do feixe 0,1 mm em relação a junta no sentido do Inconel 600, I02 – posição do feixe 0,2 mm em relação a junta no sentido do Inconel 600).

Na Figura 5 são apresentados os valores do módulo de elasticidade que são obtidos no mesmo ensaio de medida de dureza, em um equipamento de dureza instrumentada marca Fischer, modelo Fischerscope H100V. Nota-se que a variação nos valores do módulo de elasticidade ao longo da seção transversal do cordão de solda estão praticamente na mesma faixa de valores do módulo de elasticidade dos materiais envolvidos, o aço AISI 304 tem módulo de elasticidade de  $E = 600 \text{ GPa}$  e o inconel 600 de  $E = 610 \text{ GPa}$  <sup>(16)</sup>, aparentando assim, ser mantida a continuidade desta propriedade mecânica neste tipo de união.

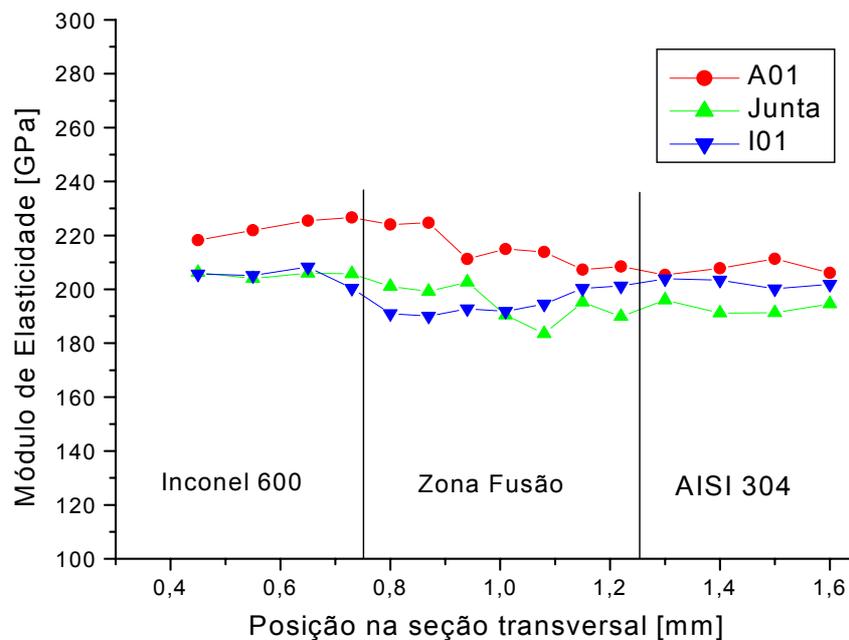


Figura 5. Módulo de Elasticidade ao longo da seção transversal do cordão de solda em função do posicionamento de incidência do feixe laser em relação à junta (A01 – posição do feixe 0,1 mm em relação a junta no sentido do AISI304, Junta – feixe posicionado na junta, I01 – posição do feixe 0,1 mm em relação a junta no sentido do Inconel 600).

#### 4. CONCLUSÕES

As propriedades de focalização do feixe laser, como também um sistema de posicionamento CNC, permitem o controle preciso tanto da localização como da composição química do cordão de solda.

O posicionamento do feixe laser com deslocamento de 0,2 mm, em relação à junta, pode comprometer a união entre os materiais ao longo da junta, pois a largura do cordão apresenta valores médios de 0,40 mm na raiz da solda.

Pelas análises feitas neste trabalho, pode-se afirmar que posicionar o feixe laser em qualquer posição entre o deslocamento de 0,1 mm para ambos os lados, em relação à junta, fornecerá uma união de boa qualidade.

A técnica de soldagem a laser de materiais dissimilares é promissora, podendo futuramente concorrer com outros métodos já consolidados e que estão sendo utilizados comercialmente.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SCHUBERT, E.; KLASSEN, M.; ZERNER, I. Light-weight structures produced by laser beam joining for future applications in automobile and aerospace industry. **J. Materials Processing Technology**; n.115, p. 2-8, 2001.
- TUSEK, J.; KAMPUS, Z.; SUBAN, M. Welding of tailored blanks of different materials. **J. Materials Processing Technology**, n.119; p. 180-184, 2001.
- MODEST, M. F. Laser Machining of Ablating? Decomposing Materials – Trough Cutting and Drilling Models. In: ICALEO'96 Proc. Sec. Laser Cutting'96; 711P; (1994)
- "Laser Materials Processing, Proc. of ICALEO'90", Ed. Ream, S. L., Dausinger, F., Fujioka, F., 1991.
- "Laser Materials Processing, Proc. of ICALEO'93", vol. 2306, Ed. Denney, P., Miyamoto, I., Mordike, B. L. 1994.

- 
6. NEVES, M. D. M., BERRETTA, J. R., ROSSI, W., NOGUEIRA, E. C., WETTER, N. U., VIEIRA Jr., N. D. Soldagem do Aço Inoxidável AISI304 por Laser de Nd:YAG. **Soldagem & Inspeção, ABS**, ano 5, n. 6, suplemento técnico.2001.
  7. BERRETTA, J. R., NEVES, M. D. M., ROSSI, W., ALMEIDA, I. A., MORATO, S. P., VIEIRA Jr., N. D. Soldagem com Laser de Nd:YAG do Aço Inoxidável Martensítico AISI420. In: XXV CONSOLDA, 2000. CD-ROM.
  8. ROHDE, H. Sharp Cutting and Drilling with Pulsed Solid State Lasers. In: VDI-Tantung'96, Stuttgart, Deutschland, p. 1-10. 1996.
  9. ROHDE, H., DAUSINGER, F. The Forming Process of a Through Hole Drilling wiht a Single Laser Pulse. In: ICALEO'95, San Diego, USA. 1995.
  10. PEAK, U. C., GAGLIANO, F. P. Thermal Analysis of Laser Drilling Process. **IEEE Journal of Quantum Eletronics**, vol. QE-8, p. 112-119. 1972.
  11. BERRETTA, J. R., ROSSI, W., COSTA, F. E., VIEIRA Jr., N. D. Estudos das Técnicas de Perfuração a Laser. In: V Simpósio Estadual de Lasers e Aplicações, IPEN, São Paulo, p. 325-327, 1992.
  12. BERRETTA, J. R.,LIMA, E. A., FERREIRA, P. I., ROSSI, W., VIEIRA Jr., N. D. Estudos do Tratamento Térmico Superficial de Materiais via Laser. In: V Simpósio Estadual de Lasers e Aplicações, IPEN, São Paulo, p. 330-332, 1992.
  13. BERRETTA, J. R. **Investigação de Processo de Endurecimento de Materiais via Laser**. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
  14. Metals Handbook, Welding, Brazing and Soldering, ASM, 9ª edition, Vol. 6, ISBN 0-87170-007. 1993.
  15. KANE, S. F. Welding Consumable Development for a Criogenic Application. **Welding Research Supplement**, p. 292s-300s; august 1999.
  16. MatWeb Material Property Data – homepage que fornece informações sobre materiais. Disponível em: <http://www.matweb.com> . Acesso em: 17 de agosto 2004.

## WELDING OF STAINLESS STEEL AISI 304 TO INCONEL 600 WITH PULSED Nd:YAG LASER

**José Roberto Berretta**

Centro Tecnológico da Marinha – CTM-SP - [berretta@ipen.br](mailto:berretta@ipen.br)

**Wagner de Rossi**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [wderossi@ipen.br](mailto:wderossi@ipen.br)

**Maurício David Martins das Neves**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [mdneves@ipen.br](mailto:mdneves@ipen.br)

**Ivan Alves de Almeida**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [ialmeida@ipen.br](mailto:ialmeida@ipen.br)

**Nicklaus Ursus Wetter**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [nuwetter@ipen.br](mailto:nuwetter@ipen.br)

**Gesse Eduardo Calvo Nogueira**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [genoguei@ipen.br](mailto:genoguei@ipen.br)

**Nilson Dias Vieira Junior**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN - [nilsondv@ipen.br](mailto:nilsondv@ipen.br)

**Abstract:** *A pulsed Nd:YAG laser has been used to investigate the laser welding conditions for joining two different materials; in this case AISI 304 and Inconel 600 were used. The main purpose was to study the physical characteristics of the welding bead as the laser focus position is moved away from the interface between the two materials. Variations in the chemical composition of the melted zone were observed as the center of the pool is moved in a perpendicular direction in relation to the joint. Using butt configuration, several autogenous welding were obtained with the focus in the center of the joint and displaced 0.1 and 0.2 mm on both sides. The fusion zone was analyzed by both optical and scanning electron microscopy; the hardness profile of the bead was also obtained for all welding conditions. The results of analysis were showed and the better position for the laser beam focus was determined.*

**Keywords:** *Laser welding; dissimilar materials; stainless steel; nickel alloy*