

# Caracterização das Propriedades Mecânicas e Microestruturas de Tiras de Inconel 718 Submetidas a Diferentes Tratamentos Térmicos de Endurecimento por Precipitação

Antonio Carlos Strabelli Junior e Clarice Terui Kunioishi  
Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo-CTMSP

## INTRODUÇÃO

O Programa Nuclear da Marinha, que vem sendo executado desde 1979, visa capacitar o país a dominar o ciclo do combustível nuclear e a desenvolver e construir uma planta nuclear de geração de energia elétrica, incluindo-se aí a confecção do reator nuclear.

O CTMSP é o responsável pelo desenvolvimento e fabricação do elemento combustível, em especial a fabricação das grades espaçadoras (GE) - componente estrutural responsável pela fixação das varetas combustíveis (VC), a qual é composta por um arranjo de tiras de Inconel 718 estampadas e encaixadas.

## OBJETIVO

Caracterizar as propriedades mecânicas de tiras da liga Inconel 718 após diferentes tratamentos térmicos de envelhecimento (endurecimento por precipitação), bem como estudar o processo de brasagem ao qual as mesmas serão submetidas durante a fabricação de grades espaçadoras de elementos combustíveis tipo vareta para reatores a água pressurizada (PWR).

## METODOLOGIA

O estudo se divide em duas etapas: estudo da brasagem nas tiras de Inconel 718 e o envelhecimento destas. Cada etapa foi elaborada com a formação de corpos de provas niquelados de Inconel 718 (Figura1), os quais foram inicialmente brasados com

metal preenchedor Ni-Cr-P, especificado como BNi-7 segundo AWS (*American Welding Society*) A5.8, de fabricação da Nicrobraz®. Posterior a esta, os mesmos sofreram tratamentos térmicos diferentes (vide TABELA 1), sendo alguns sugeridos pela literatura\_[1]. Entre cada etapa, foram realizadas análises metalográficas, ensaios de microdureza e testes mecânicos.

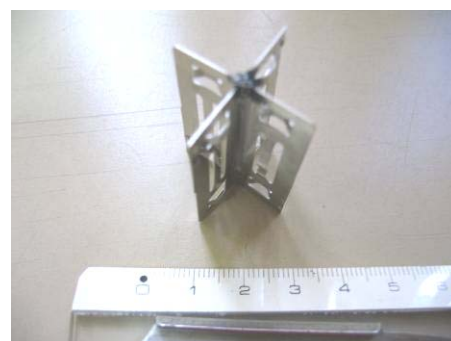


Figura 1. Corpo de prova brasado.

TABELA 1. Tratamentos Térmicos Utilizados

Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
718°C por 8 horas, seguido de 10 horas à temperatura de 620°C, totalizando 18 horas de tratamento.	787°C por 8 horas	787°C por 6 horas

## RESULTADOS

Analisando diferentes regiões da brasagem (Figura 2), pode-se determinar a formação de precipitados ao longo dos contornos de grão da região de interface do Inconel com o metal preenchedor, além da existência de duas fases distintas- uma solução sólida de níquel e outra composta por fosfetos. Através de EDS, pode-se determinar semi-quantitativamente a composição destas regiões (vide TABELA 2).

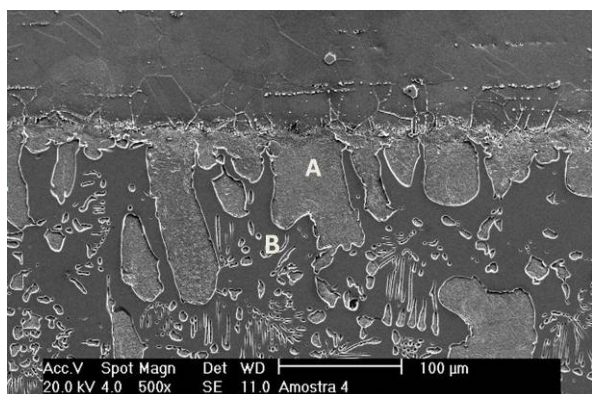


Figura 2. Região de Interface Inconel/metal preenchedor. Formação de duas fases (A e B), além da formação de precipitados ao longo dos contornos de grão do metal.

TABELA 2. Composição química de regiões obtidas por EDS. (% mássica)

Elemento	Fase A	Fase B	Precipitado
Al	-	-	1,0
P	1,0	16,8	1,9
Ti	-	0,1	0,9
Cr	18,0	9,8	17,1
Fe	5,0	1,2	16,4
Ni	76,1	70,7	55,0
Nb	-	0,8	4,3
Mo	-	0,2	2,6

Em relação aos tratamentos térmicos, foram realizadas análises em relação ao crescimento de grãos, microdureza (vide TABELA 3) e ensaios de tração, sendo que estes últimos se mostraram diretamente relacionados à dureza do material, aumentando o limite

de escoamento em relação direta à esta propriedade.

TABELA 3. Propriedades do material antes e após o envelhecimento.

Condição	Tamanho de Grão (ASTM)	Microdureza [HV]
Inicial	7,51 ± 0,25	231 ± 4
Tratamento 1	7,71 ± 0,25	562 ± 20
Tratamento 2	7,10 ± 0,25	442 ± 9
Tratamento 3	7,40 ± 0,25	462 ± 16

## CONCLUSÕES

O tratamento 1 apresentou melhores resultados, não havendo mudanças bruscas na estrutura do material, como tamanho de grão.

A qualidade da resistência mecânica da brasagem está inversamente relacionada à quantidade de fase rica em fosfeto, sendo esta dura e frágil. A formação de precipitados na interface da brasagem demanda maiores estudos, porém, o “aprisionamento” de elementos da liga, como nióbio e molibdênio alteram algumas propriedades locais da liga.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]ASM Handbook Committee. “Heat Treating: Volume 4 of the ASM Handbook”. ASM International. (1991).

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

- Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP)
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI)