

OBSERVAÇÕES FRACTOGRÁFICAS SOBRE A RESISTÊNCIA MECÂNICA DE AÇOS RÁPIDOS SINTERIZADOS A VÁCUO¹

*Arnaldo H.P. Andrade²
Odilia C.S. Ribeiro³
Oscar O.Araújo Filho⁴
Francisco Ambrozio Filho⁵*

Resumo

Os aços rápidos são aços de alta qualidade usados na fabricação de ferramentas de corte, na conformação de materiais e em outras aplicações específicas. Em virtude dessas aplicações esses materiais devem apresentar uma resistência mecânica e tenacidade à fratura adaptadas a condições de serviço severas. Neste trabalho são apresentados resultados da resistência mecânica e aspecto de fratura de aços rápidos contendo tungstênio. Aços rápidos com W (AISI T-15) sinterizados a vácuo foram submetidos a ensaios TRS (Transverse Rupture Strength) e foram determinadas suas resistências mecânicas. As superfícies de fratura dos corpos-de-prova foram examinadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) e os aspectos da fratura são comparados com os testes mecânicos e a microestrutura.

Palavras-chave: Aços rápidos; Metalurgia do pó; Tratamento térmico; Fractografia

1 – 60 Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Junho de 2005, Belo Horizonte (MG)

2 – Pesquisador-Titular; Dr. em Engenharia de Materiais

3 – Tecnologista-Senior; Bacharel em Química

4 – Doutorando IPEN-USP; Mestre em Engenharia Mecânica

5 – Pesquisador-Titular; Dr. em Engenharia Metalúrgica

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPEN/SP*

Introdução

Os aços rápidos são aços de alta qualidade fabricados sob tolerâncias rígidas tanto de composição como de dimensão; Eles são usados na fabricação de ferramentas de corte, em conformação de materiais ou empregados em componentes para aplicações específicas [1]. Estes aços complexos de alta liga contém entre outros elementos, teores relativamente elevados de tungstênio, molibdênio, vanádio e cromo, o que torna possível atender as demandas mais e mais severas de serviço e de fornecer um maior controle dimensional e não obter trincamento durante tratamento térmico.

Em condições de serviço a maioria das ferramentas é submetida a cargas extremamente elevadas que são aplicadas subitamente dependendo do processo de usinagem em que são utilizados. É evidente que para estas aplicações os aços ferramentas devem apresentar tenacidade adequada para serviços bastante severos [2].

O aço T-15 (AISI T-15) é um aço rápido que por conter um elevado teor de carbono além de tungstênio, cobalto e vanádio, ao ser empregado em ferramentas de corte, fabricadas por metalurgia do pó, confere a estas uma excelente resistência à abrasão e dureza a quente [3].

No presente trabalho é investigada a influência da microestrutura da matriz no trincamento durante flexão em 3 pontos de amostras do aço T-15 fabricado por 3 processos diferentes: T-15 Comercial (TC), T-15 Sinterizado a Vácuo (TSV) e T-15 Sinterizado a Vácuo e Laminado (TSV-L).

MATERIAIS E MÉTODOS

A composição química da liga AISI T-15 é dada na Tabela 1.

Tabela 1

elementos	C	W	Mo	Cr	V	Co	Si	Mn	O	S	Fe
% em peso	1,56	11,77	0,89	4,32	5,07	4,88	0,29	0,20	0,08	0,016	Bal.

O aço T-15 comercial (TC) é produzido por prensagem isostática a quente (HIP), e fornecido em barras laminadas no estado recozido pela Crucible Corporation. Os aços TSV e TSV-L são resultantes de um processo alternativo da técnica de metalurgia do pó, desenvolvido no IPEN, a partir de pó pré-ligado e atomizado à água da liga em estudo. O aço T-15 TSV foi compactado em prensa hidráulica uniaxial na forma quase final em matriz de aço, a uma pressão de 700 MPa e sinterizado, em forno a vácuo, com fase líquida, à temperatura de 1275°C durante 1 hora. Finalmente o aço T-15 TSV-L foi compactado em prensa isostática a frio (CIP) utilizando-se moldes cilíndricos de borracha, a uma pressão de 450 MPa, sinterizado a vácuo, com fase líquida a 1275°C durante 1 hora, forjado para uma forma quadrada e em seguida laminado a quente, tendo sofrido uma redução de 20% num primeiro passe e 35% no passe final.

Resistência à Ruptura Transversal

Os três tipos de corpos de prova, estudados neste trabalho, TC, TSV e TSV-L, foram austenitizados à temperatura de 1210° C (3 min.), temperados em banho de sal e revenidos à 560° C (3x2h).

Para a execução do ensaio de resistência à ruptura transversal (TRS) foram utilizados 10 corpos de prova de cada processo em estudo (TC, TSV, TSV-L).

O ensaio de resistência à ruptura transversal (TRS) foi realizado segundo a norma ASTM B 528-99 e executado em máquina universal de ensaios Instron. A metodologia aplicada na preparação dos corpos de prova foi:

Os corpos de prova TC e TSV-L foram cortados, tratados termicamente e retificados nas dimensões finais segundo a norma acima especificada. Os corpos de prova TSV, que já se encontravam nas dimensões adequadas para ensaio, foram tratados termicamente e retificados.

Após o ensaio de TRS mediu-se dureza Rockwell C (10 medidas em cada corpo de prova) e foi feito ataque químico com nital 3%, para análise microestrutural em microscópio eletrônico de varredura

Análise Microestrutural

A microestrutura dos aços foi caracterizada por microscopia eletrônica de varredura e o tamanho de grão foi medido utilizando análise digital de imagens [4].

Observação do trincamento

Para a investigação da aparência e distribuição de trincas, pedaços de corpos-de-prova fraturados sob flexão em 3 pontos foram observadas. Medidas de dureza foram efetuadas em cada amostra. Uma carga de 150 kg foi utilizada na determinação de valores de dureza Rockwell C. As superfícies de fratura dos corpos-de-prova foram observadas num microscópio eletrônico de varredura Philips XL-30.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Microestrutura

A Figura 1 apresenta a microestrutura do aço T15 comercial (TC).

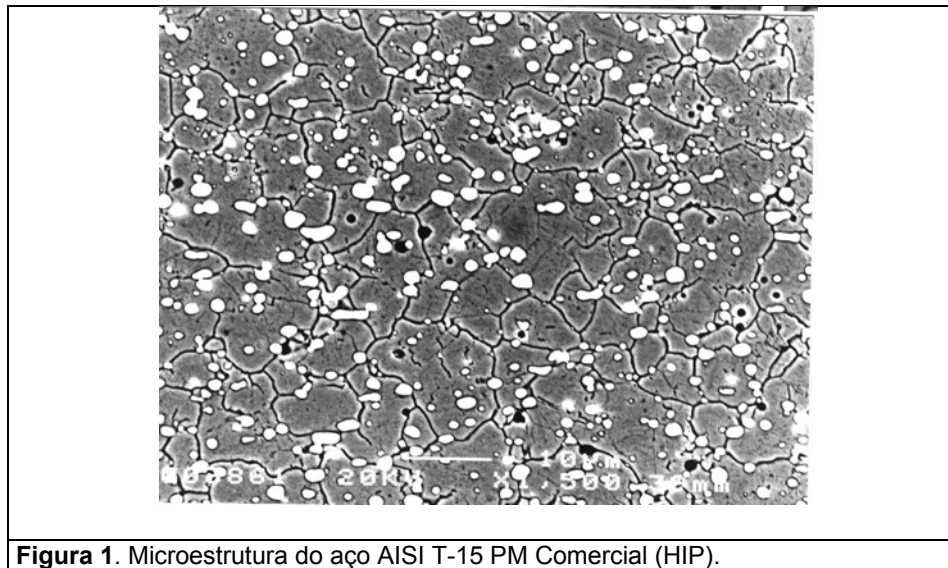


Figura 1. Microestrutura do aço AISI T-15 PM Comercial (HIP).

A microestrutura dos aços T-15, temperados e revenidos, é predominantemente martensítica com uma fração volumétrica da ordem de 13% de carboneto primário. A análise dos carbonetos por EDS no MEV revela que eles são

dos tipos $(W,V)C$ e W_6C . Estes carbonetos finos tendem a ser mais homogênea e distribuídos na microestrutura desses aços.

As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, as microestruturas dos aços T-15 sinterizado a vácuo com fase líquida e T-15 também sinterizado pelo mesmo processo e submetido a posterior laminação a quente. Notar que os carbonetos presentes em ambas situações são maiores e com geometria mais irregular comparados aqueles do processo comercial (HIP). Isto se deve a dois fatores, o material foi processado com pó atomizado à água e a temperatura de sinterização utilizada foi mais elevada propiciando maior crescimento dos carbonetos.

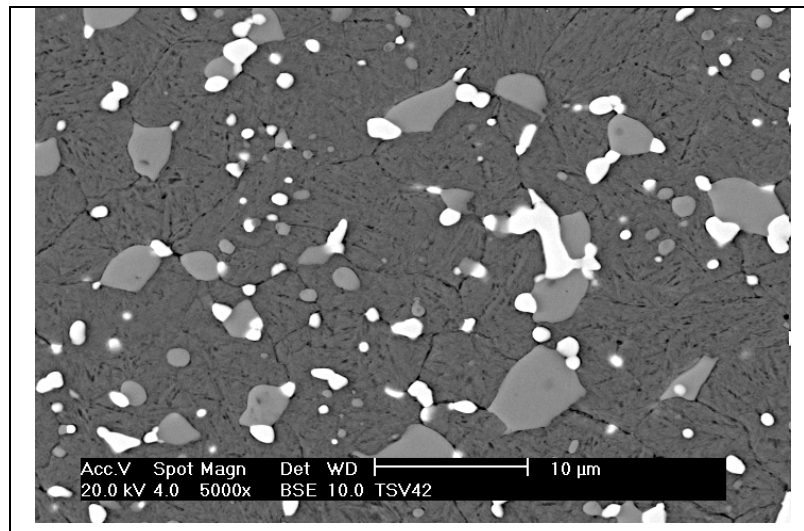


Figura 2. Microestrutura do Aço T-15 TSV.

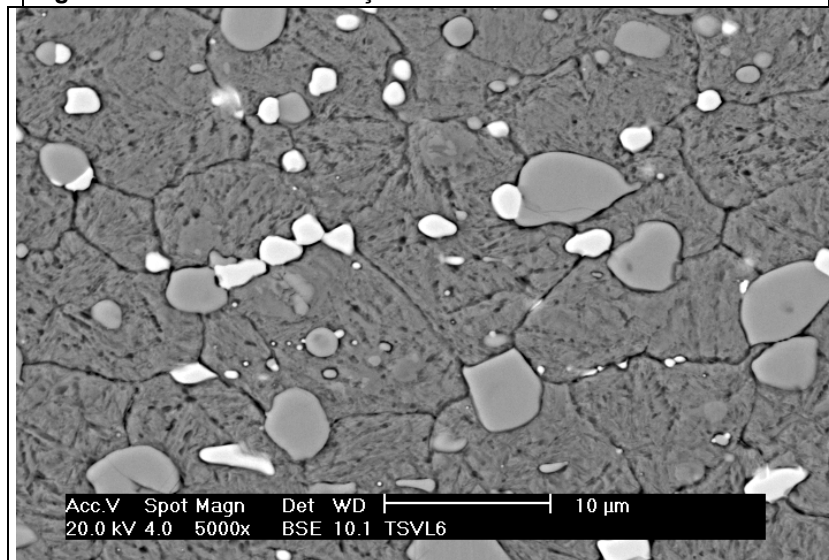


Figura 3. Microestrutura do Aço T-15 TSV-L.

Propriedades Mecânicas

A Tabela 2 mostra os resultados de Densidade, Dureza e Resistência a Ruptura Transversal (TRS) para os aços em estudo.

Tabela 2. Grandezas física e mecânicas dos aços em estudo

Material	Densidade (g/cm ³)	Dureza (HRc)	TRS (MPa)
TC	8,15	66,2 ± 0,6	1844 ± 557
TSV	8,10	65,0 ± 0,4	2439 ± 322
TSV-L	8,11	64,9 ± 0,3	3020 ± 412

A Figura 4 mostra uma comparação entre as resistências mecânicas dos 3 tipos de materiais. O material comercial apresenta neste caso uma resistência mais baixa devido ter sido testado no sentido transversal ao da laminação. O aço TSV-L apresenta os resultados mais elevados devido ao processo de laminação que sofreu e por ter sido ensaiado com corpos de provas retidos longitudinalmente à laminação.

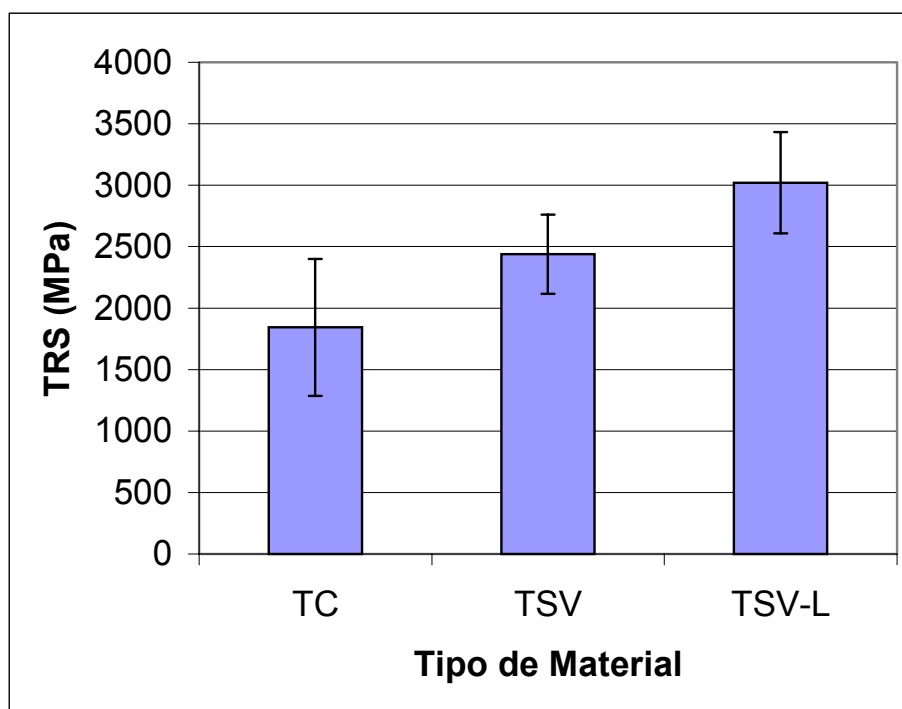


Figura 4. Quadro comparativo das resistências mecânicas (TRS)

Trincamento

A Figura 5 ilustra aspectos típicos produzidos pelo trincamento nos aços T-15, ou seja, a trinca se propaga de modo transgranular através da matriz, contudo em algumas áreas, ela se ramifica através dos planos de clivagem dos carbonetos ou pela interface carboneto/matriz. A Figura 6 apresenta trinca se propagando através de aglomerado de carbonetos no aço TSV. A Figura 7 apresenta um aspecto da região próxima à superfície de fratura do aço TSV-L.

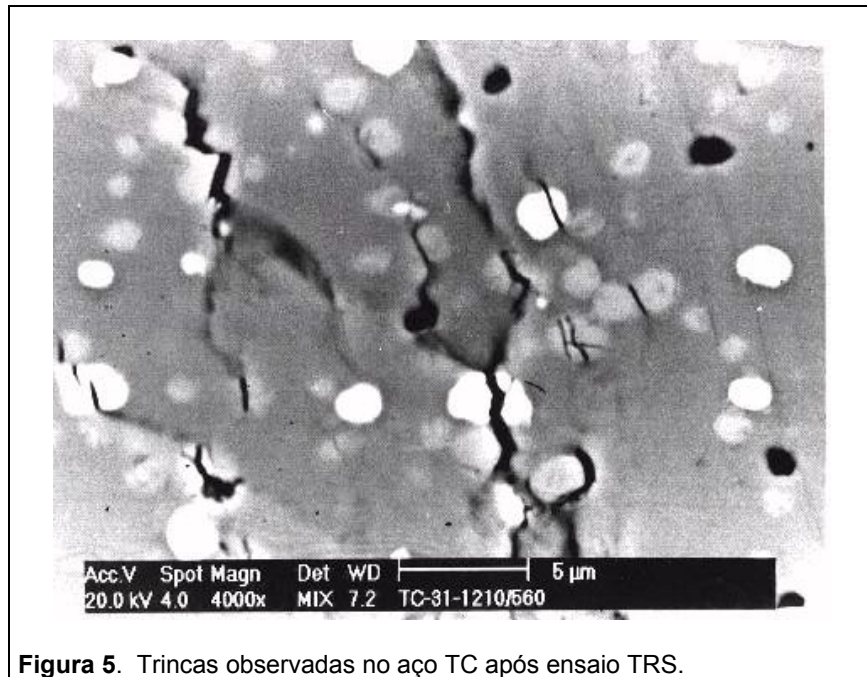


Figura 5. Trincas observadas no aço TC após ensaio TRS.

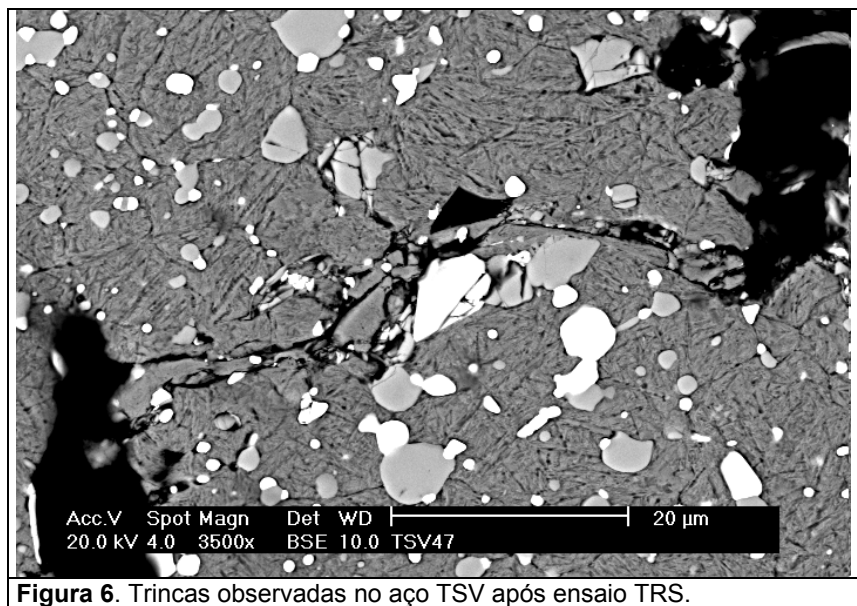
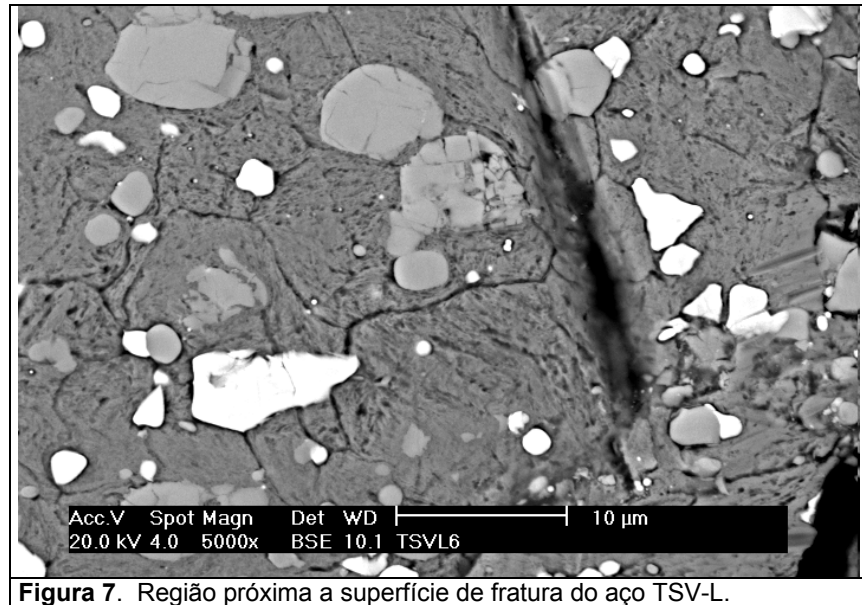
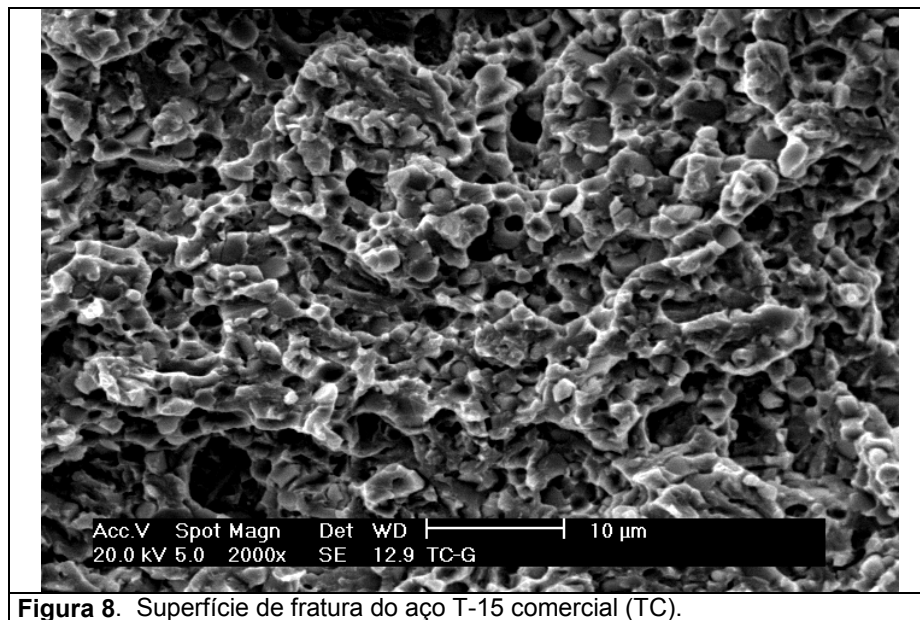


Figura 6. Trincas observadas no aço TSV após ensaio TRS.



Fractografia

As Figuras 8, 9 e 10 apresentam as superfícies de fratura dos 3 materiais do presente estudo. O aspecto mais homogêneo do aço comercial (figura 8) se deve ao processo de fabricação do mesmo que resulta em carbonetos menores, mais esféricos, típicos de materiais produzidos a partir de pós atomizados a gás e sinterizados em temperaturas mais baixas (HIP). Já as Figuras 9 e 10 apresentam características fractográficas típicas de materiais produzidos com pós atomizados à água (carbonetos maiores e irregulares) mostrando também facetas de clivagem dos carbonetos maiores presentes na superfície de fratura.



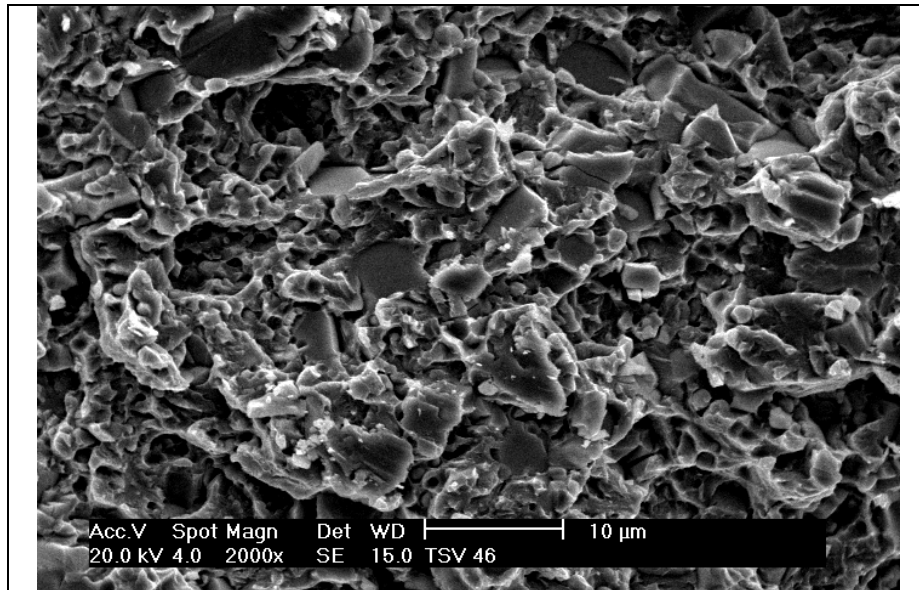


Figura 9. Superfície de fratura do aço TSV.

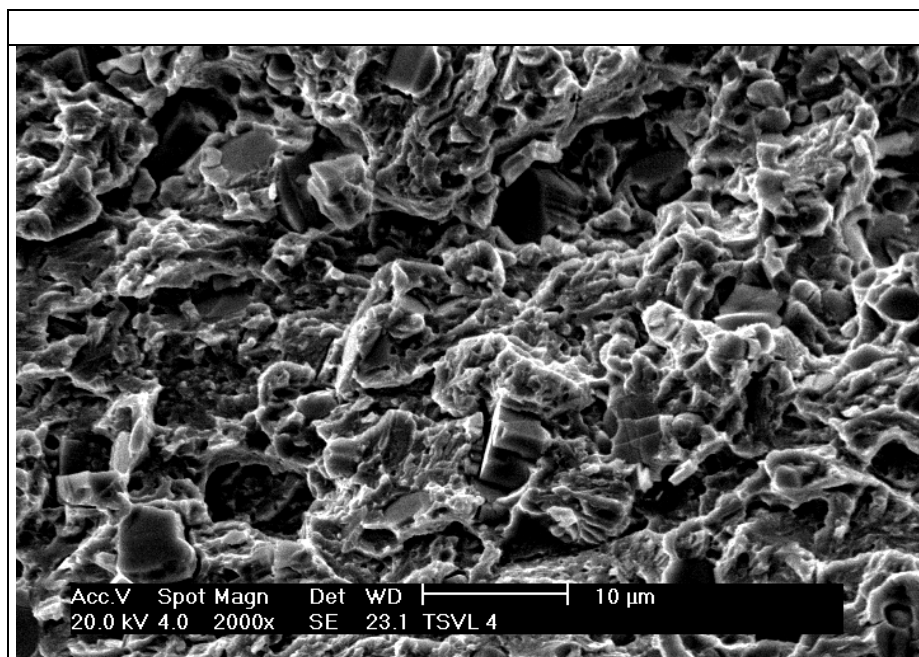


Figura 10. Superfície de fratura do aço TSV-L.

CONCLUSÕES

O presente trabalho mostra que os aços T-15 TSV e TSV-L apresentam resultados de resistência mecânica TRS e dureza bastante promissores comparado ao aço T-15 comercial. As densidades desses materiais são bem próximas ao do aço fundido convencional (8,23 g/cm³) demonstrando a viabilidade deste processo. Os micromecanismos de trincamentos desses materiais, numa primeira análise, são semelhantes ao do aço T-15 comercial e serão investigados com mais detalhes em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 HOYLE, G. **High Speed Steels**. London: Butterworth, 1988
- 2 GRINDER, O. PM production and applications of HSS in SMART SOLUTIONS FOR METAL CUTTING, 1ST INTERNATIONAL HSS FORUM CONFERENCE, February 2-3, 2005, Aachen, Germany.
- 3 KAR, P.K.; SAHA, B.P.; UPADHYAYA, G.S. Properties of sintered T15 and T42 High Speed Steels. **The International Journal of Powder Metallurgy**, v.29, n.2, p. 139 – 148, 1993
- 4 NOGUEIRA, R.A.; RIBEIRO, O. C.S.; NEVES, M.D.M.; LIMA, L.F.C.P.; AMBROZIO, F.F. Influência do tratamento térmico na microestrutura dos aços rápidos AISI M2 e T15 comerciais e sinterizados a vácuo in I Conferência Brasileira sobre Temas de Tratamento Térmico (TTT 2003), 25 a 27 de junho, Indaiatuba, SP.

FRACTOGRAPHIC OBSERVATIONS ON THE MECHANICAL STRENGTH OF VACUUM SINTERIZED HIGH-SPEED STEELS

*Arnaldo H.P. Andrade
Odilia C.S. Ribeiro
Oscar O.Araújo Filho
Francisco Ambrozio Filho*

Abstract

High speed steels (HSS) are high quality steels employed in cutting tool fabrication, in materials processing and other specific applications. Due these applications, HSS must present mechanical strength and fracture toughness adequate to severe work conditions. This work present results on mechanical strength and fracture aspects of HSS containing tungsten. Vacuum sinterized HSS with W were subjected to TRS testing and their mechanical strength were evaluated. The fracture surface of specimens of these steels were examined on the scanning electron microscopy and the fracture aspects were correlated with the mechanical testing results and the microstructure.

Key-words: High speed steels; Powder metallurgy; Heat treatment; Fractography.