

MODIFICAÇÕES SUPERFICIAIS EM AÇO ABNT M2 USINADOS POR DESCARGAS ELETRICAS NA PRESENÇA DE CARBETO DE BORO

Claire Rouger – costabrasil@bol.com.br

Jorge Francisco Costa Brasil – costabrasil@mec.ufu.br

Leandro Jacomine – jacomine@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan – ltm-raslan@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Mecânica – Av. João Naves de Avila, 2160- Campus Santa Monica- Bloco 1M- Uberlândia- MG- 38408-902.

Resumo. A qualidade superficial é, na maioria das vezes, uma característica desejada em componentes mecânicos. Todavia, existem dificuldades na obtenção dessa característica em peças de geometria complexa, principalmente as usinadas por descargas elétricas (EDM). Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da inclusão de B₄C (carbeto de Boro) em pó, diluído em fluido dielétrico, com vistas à melhoria da qualidade superficial e ao endurecimento superficial pela incorporação de Boro à superfície usinada. Nesse trabalho, a partir de amostras de aço M2, foram efetuadas usinagens por descargas elétricas nos regimes de acabamento e desbaste utilizando como fluido dielétrico óleo Tutela com diluição de B₄C em pó. Em ensaios de microdureza constatou-se que houve um pequeno aumento de dureza em aço M2 usinados com a presença de B₄C. Verificou-se que a dureza em regimes de acabamento foi superior em relação aos regimes severos de desbaste. Ao analisar a topografia de superfície, verificou-se que as trincas geradas no processo com B₄C são maiores que aquelas geradas sem a presença de B₄C.

Palavras-Chave: carbeto de boro, descargas elétricas, microdureza.

1. INTRODUÇÃO

O processo de usinagem por descargas elétricas é considerado não tradicional e seus recursos são geralmente para a fabricação de peças de geometrias complexas feitas de materiais duros. (Marty, 1971)

Nesse contexto uma nova tecnologia vem sendo desenvolvida no qual consiste em adicionar pós-abrasivos junto ao fluido dielétrico. Essa tecnologia tem o objetivo de obtenção de um melhor acabamento superficial, aumentar a taxa de remoção de matéria (TRM) e aumento da dureza das superfícies usinadas. Diversas pesquisas, com resultados bastante promissores, foram realizadas com adição de pós de Silício, carbeto de Silício, grafite, etc.

Wong em 1997 adicionou vários pós ao fluido dielétrico tais como, grafite, silício, carbeto de silício e alumínio. Verificou-se que ao se adicionar principalmente Silício e grafite ao fluido dielétrico há uma distribuição mais uniforme de descargas até corrente de 2 A, gerando-se um acabamento superficial de qualidade superior quando comparadas a superfícies usinadas em fluido sem adição de pó. (Wong, 1998)

Em trabalho semelhante Fernandes adicionou carbeto de silício onde também constatou essa superioridade da qualidade da superfície usinada com o pó abrasivo. (Fernandes, 1999)

Jeswani em 1980 verificou um aumento de 60% na taxa de remoção de matéria adicionando pó de grafite com granulometria de 10 μm a uma concentração de 4g/l em fluido dielétrico. Nesse caso usou-se querosene como fluido dielétrico. (Jeswani, 1980)

O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia que permita avaliar a possibilidade de se endurecer superficialmente peças de aço M2 e ABNT 1020 empregando-se a técnica de usinagem por descargas elétricas com adição de pó de carbeto de Boro diluído no fluido dielétrico.

2. METODOLOGIA

Os ensaios de usinagem por descargas elétricas foram realizados em uma máquina da marca ENGEMAC, modelo EDM 440 NC. Para comparação de resultados, foram pré-determinados dois regimes de usinagem: acabamento e desbaste. Os valores dos parâmetros de usinagem foram selecionados do manual do equipamento [12] e estão apresentados na tabela 01.

Tabela 01: Parâmetros do equipamento para os diferentes regimes de usinagem usados

Dados / Regime	Desbaste	Acabamento
Tempo de Pulso (T_{ON})	300	50
Porcentagem de Pulso (DT)	90	65
Intensidade de Corrente (TS)	3	1

Os testes foram realizados com a reciclagem constante da mistura abrasiva na interface ferramenta-amostra. Um dispositivo anexado a máquina, especialmente desenvolvido, permite o fornecimento e reciclagem da mistura abrasiva, como mostrado pela figura 01.

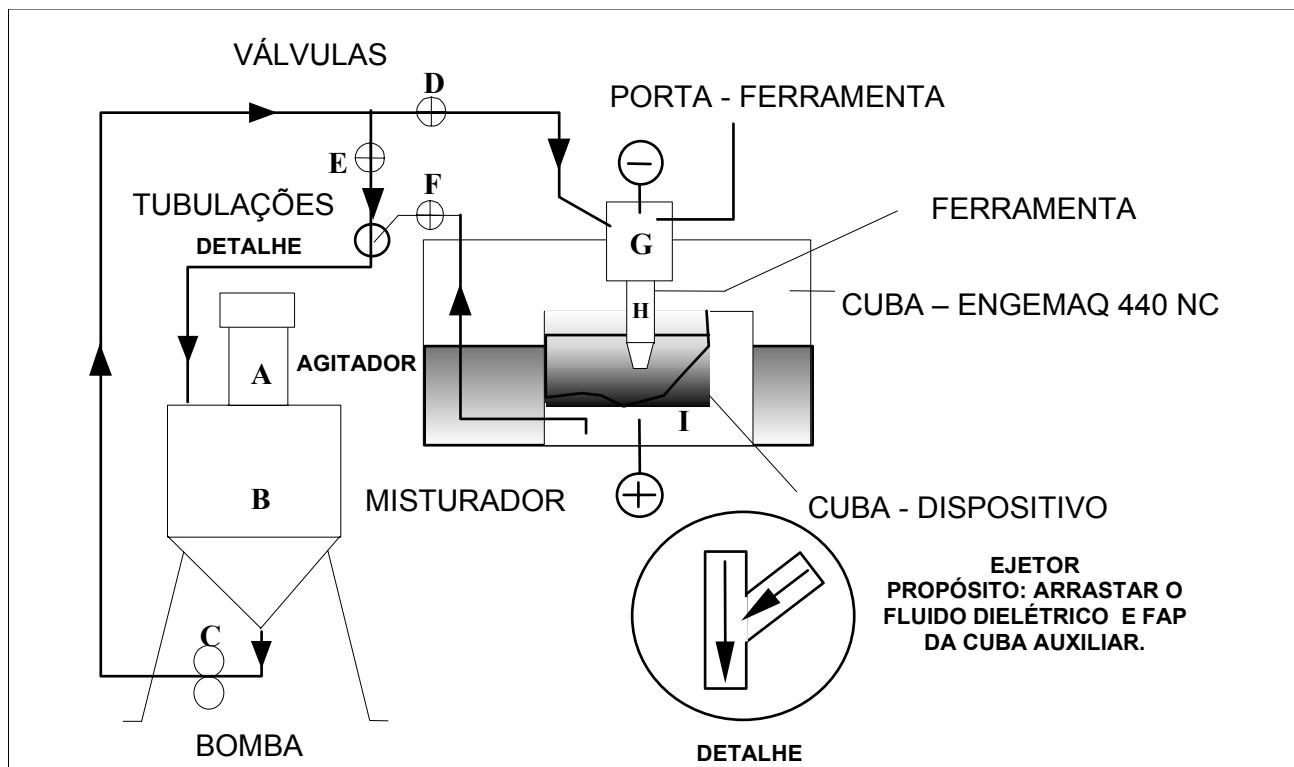


Figura 01: Dispositivo montado para alimentação de fluido dieletrico com B₄C.

Outro propósito deste dispositivo é garantir a presença de fluido dielétrico na região da face ferramenta-peça durante a usinagem. Além disso esse dispositivo tem uma terceira finalidade: a de evitar que os 420 litros de fluido dieletíco do reservatório do equipamento EMD fossem contaminados com resíduos de pó abrasivo, e que as tubulações e conexões do equipamento fossem danificados por ação abrasiva do B₄C.

Os detalhes a respeito do fluido dielétrico e do pó abrasivo usado estão dispostos na tabela 02.

Tabela 2 – Especificação da mistura dielétrica usada nos ensaios

Fluido dielétrico	Óleo Tutela Mecafluid 90 EE
Volume de fluido dielétrico	36 litros
Abrasivo	B ₄ C
Quantidade de Abrasivo	1080 g
Granulometria	600 mesh
Concentração do Abrasivo	30 g/l

Para a realização dos ensaios foi confeccionada uma ferramenta de cobre com secção transversal retangular e maciça e com dimensões mostradas na figura 02.

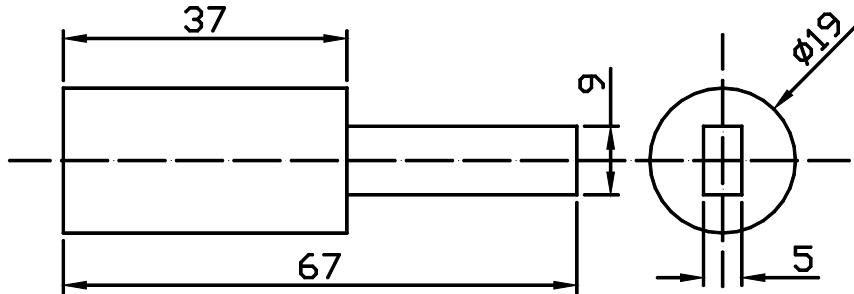


Figura 02: Ferramenta de usinagem

As amostras aço M2 tem uma dureza entre 56 a 66 Rockwell C (Metals Handbook, 1990). O aço M2 é um aço de grande versatilidade, com uma excelente combinação de tenacidade e de resistência a abrasão. As amostras tinham uma geometria retangular com as dimensões de 50 mm de comprimento por 10 mm de largura e foram obtidas através de corte com disco abrasivo.

Para cada regime de usinagem, 3 testes foram realizados. Na primeira etapa foram efetuadas usinagens nas quais não havia adição de B₄C no fluido dielétrico. Estes resultados serviram de referência. Na segunda etapa, o B₄C foi adicionado ao fluido dielétrico em proporções definidas na tabela 2.

Foi fixado um valor constante de profundidade de usinagem a fim de manter a uniformidade do ensaio. Os dados dos testes estão dispostos na tabela 03.

Tabela 03: Descrição dos ensaios realizados.

Testes de referencia (sem B ₄ C)	3
Testes com adição de B ₄ C	3
Numero de total de testes	6
Profundidade de Usinagem	4 mm

As análises das modificações introduzidas na superfície pelas usinagens foram feitas na superfície de uma amostra representativa.

Empregou-se metalografia para a análise das modificações microestruturais da secção transversal na região da usinagem. As amostras foram embutidas, lixadas e polidas, atacadas com reativo Vilella.

As modificações nas propriedades mecânicas foram avaliadas em ensaios de microdureza em um microdurômetro da marca Wolpert com carga de 50 g para superfícies usinadas com regime de desbaste e uma carga de 20 g para as superfícies usinadas com regime de acabamento. Para obtenção da média foram feitos 32 ensaios. As trincas geradas no processo foram analisadas em banco metalográfico Neophot 21.

3. RESULTADOS / DISCUSSÃO

Os resultados das microdurezas do aço M2 são mostrados na tabela 04. O desvio padrão elevado é admissível em testes de microdureza. A queda de microdureza na superfície usinada

em relação à matriz pode ser considerada normal, uma vez que o aço M2 já é naturalmente muito duro e a geração de calor na interface pode promover a ocorrência de fenômenos de amaciamento. Essa queda de dureza foi observada também por Fernandes (Fernandes, 1999). Observa-se um ligeiro aumento superficial da microdureza nas amostras usinadas com a presença de B₄C. Mas os valores não chegam a ultrapassar a microdureza da matriz.

Tabela 04: Resultados de microdurezas para aço M2.

	Sem a presença de B ₄ C	Com a presença de B ₄ C
Microdureza da matriz	616,5 Hv ± 70,3	
Microdureza da Superfície	Regime de desbaste	491,1 Hv ± 107,81
	Regime de acabamento	499,4 Hv ± 115,42
		670,6 Hv ± 148,70

A expectativa de um eventual enriquecimento da superfície usinada com a difusão de Boro não se concretizou, no sentido de obter ganhos significativos de dureza na superfície usinada na presença de B₄C.

Observa-se nas fotos obtidas com microscopia ótica (figuras 03 e 04) a formação de camada branca e trincas. A presença de pó abrasivo B₄C no fluido dielétrico deve ter tornado o processo de remoção de matéria mais agressivo, provocando um maior numero de trincas na superfície usinada.

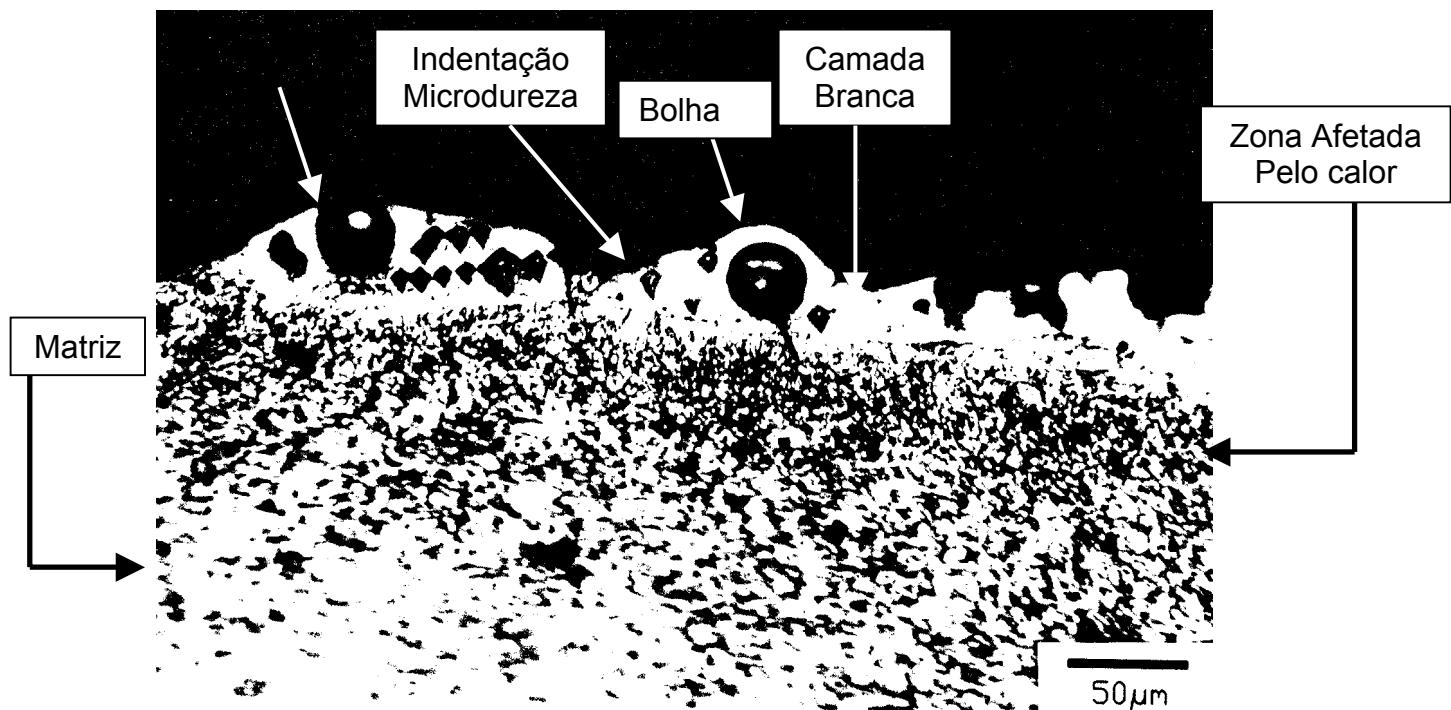


Figura 03: Aço M2 usinado em regime de desbaste sem a adição de B₄C.

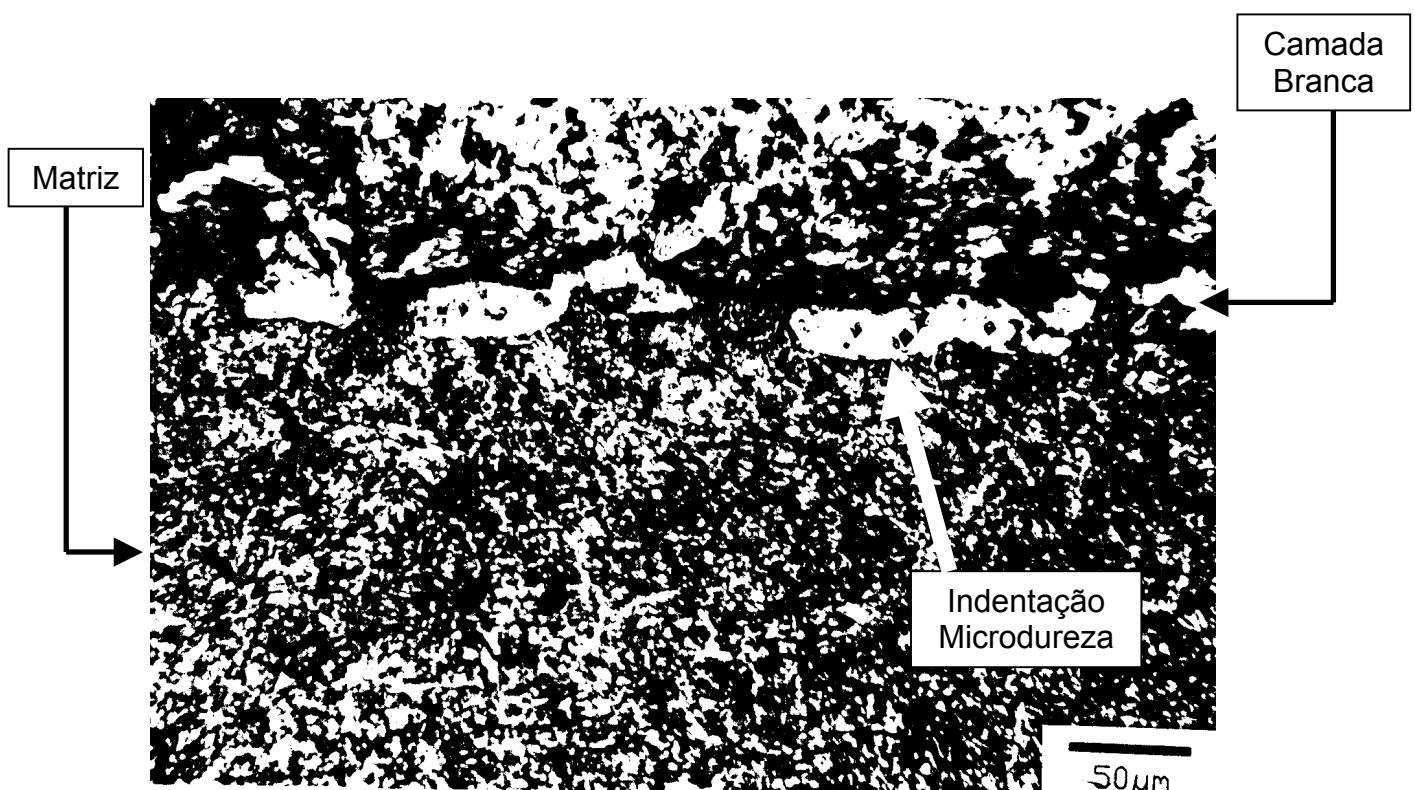


Figura 04: Aço M2 usinado em regime de desbaste com a adição de B₄C.

Foram feitas mediada da espessura de camada branca dos quais os resultados estão dispostos na tabela 05. As médias foram obtidas a partir de 52 medidas.

Tabela 05: Resultados de medidas da espessura de camada branca para aço M2.

Espessura da camada branca		Sem a presença de B ₄ C	Com a presença de B ₄ C
	Regime de acabamento	11.9 μm ± 1,9	19.5 μm ± 7,5
	Regime de desbaste	18.5 μm ± 3,7	16.8 μm ± 3,3

A adição de B₄C se mostrou desvantajosa sob o ponto de vista de espessura de camada branca. Em regime de desbaste, as espessuras se equiparam. Em regime de acabamento, a espessura é bastante superior quando se tem a presença de B₄C.

A respeito da espessura da camada branca observa-se que nos regimes de desbaste gerou uma camada de menor espessura quando comparada com o regime de acabamento ambos usinados na presença de B₄C. Nas usinagens que não tinham adição de pó abrasivo em fluido dielétrico, em regime de acabamento observou-se uma camada branca de menor dimensão quando comparada ao regime de desbaste.

Foram feitas médias do comprimento das trincas quais os resultados estão dispostos na tabela 06. As médias foram obtidas a partir de 33 medidas. Observa-se que não houve vantagens em relação ao comprimento das trincas com a adição de B₄C. Houve sim, um aumento no comprimento da trincas quando se trabalhou em regime de desbaste.

Tabela 06: Resultados de medidas do comprimentos das trincas para aço M2.

Comprimento das trincas		Sem a presença de B ₄ C	Com a presença de B ₄ C
	Regime de acabamento	12.6 µm ± 2,3	13 µm ± 6,4
	Regime de desbaste	15.4 µm ± 6,0	22.4 µm ± 5,3

Os valores dos comprimentos de trincas parecem razoáveis, uma vez que não tem muita dispersão. No regime de acabamento o desgaste atuando durante a usinagem é mais suave, favorecendo uma geração de trincas substancialmente menor que em comparação as trincas geradas em usinagens em regimes de desbaste. Com a presença de carbeto de Boro a severidade do desgaste aumenta, favorecendo a geração de trincas maiores em comparação a testes de referência.

A princípio, a adição de pó melhora substancialmente a TRM, como consta na literatura (Fernandes, 1999) Mas, aparentemente, há reflexos negativos sobre a espessura da camada branca e formação de trincas, como também foi observado neste trabalho.

4. CONCLUSÕES

Os resultados levam a conclusão que em aços M2 usinados por eletroerosão na presença de B₄C, não traz vantagens sob o ponto de vista da melhoria da qualidade de superfícies usinadas por eletroerosão. No que diz respeito à formação de camada branca e geração de trincas. Também não foi observado um eventual efeito de transferência de Boro à superfície usinada.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG pelo apoio financeiro; programas CAPES, CNPq e CAPES/COFECUB pelas bolsas concedidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MARTY, C., *Usiange par procédés non conventionnels*, Ed. Masson, 1971, pp.50-60
- WONG, Y. S., LIM, L. C., RAHUMAN, I., TEE, W. M., *Near-mirror-finish phenomenon in EDM using powder-mixed dielectric*, Journal of Materials Processing Technology, Volume 79, 1998, pp. 30-40.

- FERNANDES, L. A., *Efeito da adição de carboneto de silício nos fluidos dielétricos sobre o desempenho da usinagem por descargas elétricas do aço rápido ABNT M2*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 72 pgs.
- JESWANI, M. L., *Effect of the addition of Graphite powder to Kerosene Used as the Dielectric Fluid in Electrical Discharge*, Wear, 1980, pp. 133-139.
- Metals Handbook, Vol 1, Properties and Selection: Irons and Steels, Ed ASM, 9^a Edição, 1990, pp 125, 472, 478-480, 632.

SUPERFICIAL MODIFICATIONS ON HIGH SPEED STEEL MACHINED BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING PROCESS USING BORON CARBIDE

Claire Rouger

Jorge Francisco Costa Brasil – costabrasil@mec.ufu.br

Leandro Jacomine – jacomine@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan – ltm-raslan@ufu.br

Federal University of Uberlândia – Faculty of Mechanical Engineering – Av. João Naves de Avila, 2160- Campus Santa Monica- Bloco 1M- Uberlândia- MG- 38408-902.

Abstract. *The superficial quality is, in the majority of the times, a characteristic desired in mechanical components. However, difficulties in the attainment of this characteristic in parts of complex geometry exist, mainly the machined ones by electrical discharge machining (EDM). On this context, the objective of this paper is to evaluate the influence of the inclusion of powder B₄C powder, diluted in dielectric fluid, with sights to the improvement of the superficial quality and to the superficial hardening for the incorporation of Boron to the machined surface. In this work, from samples of high speed steel, machined by electrical discharge machining in finishing and severe regimes had been effected using as Tutela fluid dielectric oil with dilution of B₄C powder. Microhardness assays shown evidences that it had a small increase of hardness in high speed steel machined with the B₄C powder. It was verified that the hardness in regimes of finishing was superior in relation to more severe ones. When analyzing the surface topography, was verified that cracks produced in the process with B₄C are greater than those produced without the B₄C powder.*

Key-words: B₄C, EDM, Microhardness.