



## INFLUÊNCIA DO TIPO DE FLUIDO DE CORTE NO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA NAS BROCAS DIN338

### **Walter Lindolfo Weingaertner**

Universidade Federal de Santa Catarina-Departamento de Engenharia Mecânica-Laboratório de Mecânica de Precisão – LMP-Caixa Postal - 476 – EMC-Campus Universitário – Trindade-88.040-970 - Florianópolis – SC - - E-mail: wlw@lmp.ufsc.br

### **Rolf Bertrand Schroeter**

Universidade Federal de Santa Catarina-Departamento de Engenharia Mecânica-Laboratório de Mecânica de Precisão – LMP-Caixa Postal - 476 – EMC-Campus Universitário – Trindade-88.040-970 - Florianópolis – SC- - E-mail: rolf@lmp.ufsc.br

### **Cleiton Rodrigues Teixeira**

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – Departamento de Materiais e Construção – Rua Alfredo Huch, 475 – 96201-900 – Rio Grande – RS – E-mail: cleiton@emc.ufsc.br

**Resumo.** Nos processos de usinagem (corte dos materiais) existem diferentes fatores que afetam diretamente as condições de trabalho entre a ferramenta e a peça. Entre estes fatores tem-se a “temperatura na ferramenta” como um dos fatores limitantes na produtividade das operações de usinagem. O presente trabalho apresenta um estudo sobre o comportamento da temperatura nas brocas helicoidais de aço rápido (DIN338), quando trabalhando com diferentes tipos de fluido de corte. Para o levantamento das curvas de temperatura nas diferentes condições de trabalho foi desenvolvida uma ferramenta padrão com termosensores (termopares) juntamente com uma metodologia para a aquisição dos dados experimentais. Através de ensaios sistemáticos foi feito o registro dos resultados para cada tipo de fluido de corte. Através de uma análise no comportamento da temperatura durante o processo de furação para os diferentes fluidos, podem ser observadas as respectivas influências no processo.

**Palavras-chave:** Temperatura na usinagem, Fluido de corte, Furação.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos importantes fatores que afetam diretamente o desempenho da ferramenta durante as operações de usinagem é a “temperatura” que a ferramenta atinge durante o trabalho de corte. Cada processo de usinagem possui características particulares, exigindo estudos específicos direcionados para o ponto a ser estudado.

O processo mais explorado na investigação da temperatura da ferramenta durante o trabalho de corte é o torneamento, onde a literatura apresenta diversos métodos, diretos e indiretos, para medir as temperaturas desenvolvidas nas ferramentas (Stemmer, 1993). O torneamento é um processo que apresenta facilidades para este tipo de investigação.

A furação, por apresentar ferramentas com características bastante complicadas associado a movimentos não-convenientes à instalação de sensores, faz com que trabalhos neste sentido seja desestimulados.

O trabalho aqui apresentado visa contribuir com informações tecnológicas para suprir esta lacuna na literatura. Ao mesmo tempo que mostra um método de medir temperaturas nas ferramentas do processo de furação, também apresenta a influência de alguns fluidos de corte no controle destas temperaturas.

## 2. METODOLOGIA

A medição de temperatura no processo de furação normalmente é realizada através de um método indireto (Ferraresi, 1990), uma vez que os movimentos do processo e as características geométricas da ferramenta não favorecem a utilização das técnicas convencionais.

### 2.1. Adaptações na ferramenta

De modo a poder registrar o comportamento da temperatura ao longo do processo, foi utilizada a medição em tempo real através de termosensores localizados em pontos fixos, o mais próximo possível das quinas da broca. A montagem dos termosensores na broca exigiu a confecção de canais e dutos que permitissem o alojamento completo de cada termosensor e fios no corpo da broca sem alterar a geometria original da ferramenta, Figura 1.

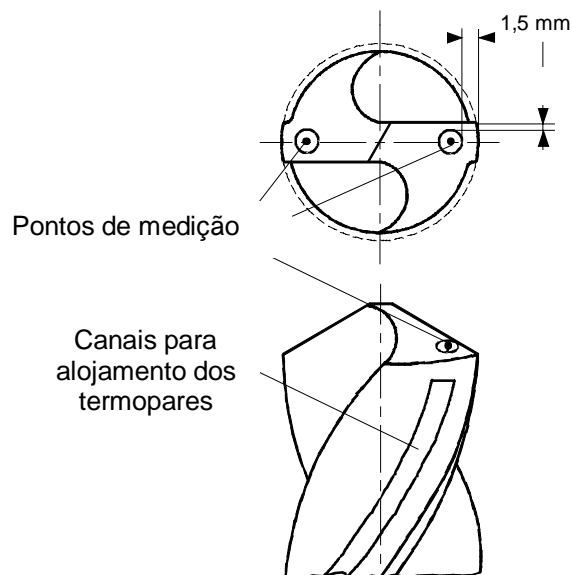


Figura 1 – Detalhes de posicionamento e montagem dos termosensores na broca.

## 2.2. Processo de usinagem

Normalmente nas operações tradicionais de furação a ferramenta fixada no eixo árvore da máquina possui os dois movimentos, de corte (rotação) e de avanço (translação) da operação. A peça, por sua vez, se mantém fixa na mesa da máquina.

Neste trabalho, por conveniência, optou-se por efetuar a operação de forma que a peça realizasse o movimento de corte e a ferramenta o movimento de avanço, permitindo deste modo a ligação elétrica dos termosensores através de fios, Figura 2.

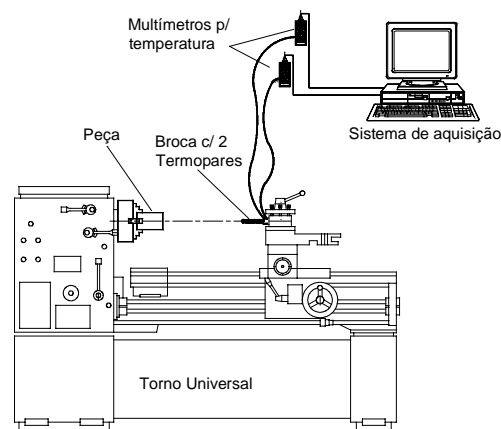


Figura 2 – Desenho esquemático da montagem experimental - sistema de aquisição.

## 2.3. Ensaios

A metodologia empregada para o levantamento dos dados consiste na execução de ensaios sistemáticos utilizando a mesma ferramenta e mesmo material da peça, variando-se o tipo de fluido de corte no processo (Weingaertner, 1993). Simultaneamente a cada furo executado foram registrados os valores de temperatura em cada termosensor, de modo que resultasse duas curvas de temperatura x tempo.

Para aumentar a confiabilidade dos resultados cada experimento foi repetido três vezes, de forma que os valores finais foram considerados como sendo a média aritmética destes resultados. Para reduzir a influência do desgaste da ferramenta nos resultados finais, a execução foi dividida em três séries de 12 furos cada, sendo todos os fluidos testados em cada uma destas séries. Na execução de cada série os fluidos foram alternados em sua ordem de aplicação no processos. Estes procedimentos possibilitam determinar um resultado final onde os níveis de desgaste da broca cause uma influência constante em todos os fluidos analisados. A utilização desta metodologia nos ensaios é justificada pela dificuldade de preparação e montagem da broca com os termosensores. Como a broca foi preparada com dois termosensores, um em cada cunha de corte, Figura 1, a temperatura máxima do ensaio foi assumida como a do termosensor que atingiu a maior temperatura (situação mais desfavorável para a ferramenta).

### 3. FASE EXPERIMENTAL

#### 3.1. Característica da operação

A operação de furação escolhida foi a furação em cheio sem pré-furo e sem furo de centro. A profundidade do furo foi de 30 mm, furo não-profundo. O fluido de corte foi sempre aplicado através de um bico com eixo à 30° do eixo da ferramenta, Figura 3.

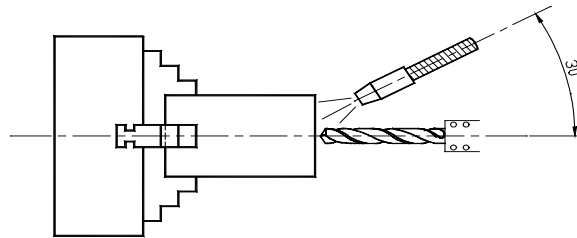


Figura 3 – Posição de aplicação dos fluidos de corte.

#### 3.2. Ferramenta

A broca utilizada para se fazer a adaptação dos termosensores foi uma broca helicoidal de aço rápido ( $\cong$ M2) DIN338, corte à direita, com afiação normal, diâmetro de 10,20 mm e ângulo de ponta de 118°.

#### 3.3. Material

Como material a ser usinado foram empregados dois materiais:

- a) o aço carbono ABNT1040 para analisar as influências dos fluidos de corte na temperatura;
- b) e a liga de alumínio 2011-T3 para fazer uma comparação nas temperaturas do processo em diferentes materiais.

Os corpos de prova destes materiais foram cilindros de 50 mm de diâmetro e 70 mm de comprimento, de forma que o volume de material se mantivesse constante em todos os experimentos. Todos os corpos de prova foram previamente preparados de modo uniforme.

#### 3.4. Parâmetros de trabalho

Os ensaios foram realizados em um torno universal Romi modelo 20S, sendo usados 630 e 1000 rpm de velocidades na placa. O avanço no carro porta-ferramenta foi de 0,187 mm. Com estas rotações na placa as velocidades de corte utilizadas foram 20 e 32 m/min, respectivamente.

#### 3.5. Termosensores

Como elemento termosensor foi empregado o termopar tipo K, diâmetro dos fios de 0,20 mm com bainha de aço inoxidável e isolamento de amianto. As juntas quentes foram simetricamente posicionadas conforme mostrado na Figura 1. Como junta fria foi empregada

a temperatura ambiente, já que o sistema de medição efetua a correção automática da temperatura medida. Nas ligações até os multímetros foram empregados fios de compensação convenientemente polarizados. Com base no tempo de medição (tempo de processo) e na ordem de grandeza das temperaturas envolvidas, o tipo de termopar recomendado é o tipo K (Borchard & Gomes, 1979).

### **3.6. Aquisição dos dados**

Um desenho esquemático dos equipamentos utilizados pode ser visto na Figura 2. Os dois termosensores são interpretados por dois multímetros e estes enviam os valores para um sistema de aquisição em um microcomputador que registra cada leitura a uma taxa de 0,5 s, isto é, registra dois pontos a cada segundo.

Um programa dedicado permite a montagem destes valores com uma base de tempo, resultando nas curvas de temperatura medidas em cada termosensor.

### **3.7. Fluido de corte**

No mercado existem uma gama bastante grande de fornecedores de fluido de corte. Este grande número de produtos pode tranqüilamente ser agrupado em tipos básicos que possuem características técnicas similares. Como os interesses deste trabalho em relação aos fluidos de corte são genéricos, optou-se pela escolha de tipos de fluidos que representem, de modo geral, a situação encontrada em chão de fábrica. Nesta seleção foram incluídas as emulsões (fluidos de corte a base de água com alto poder refrigerante) e os óleos de corte (fluidos de corte com alto poder lubrificante).

Neste sentido foram utilizados os seguintes fluidos para avaliação:

**F1** – furação a seco sem fluido de corte;

**F2** – furação empregando ar comprimido como fluido de corte, bico com 1 mm de diâmetro e pressão de 6,0 bar;

**F3** – furação com emulsão a 3% aplicada por um jato na vazão de 300 l/h;

**F4** – furação com emulsão a 3% aplicada por “spray” na vazão de 3 l/h;

**F5** – furação com óleo mineral aplicado por névoa na vazão de 100 ml/h;

**F6** – furação com óleo vegetal aplicado por névoa na vazão de 100 ml/h.

#### 4. RESULTADOS

Na Tabela 1 pode ser vista uma síntese dos resultados finais obtidos nas diferentes condições de furação.

Tabela 1 – Síntese dos resultados obtidos na realização dos experimentos

Fluidos de corte	$v_c$ (m/min.)	$T_{m\acute{a}x}$ (°C)	$\Delta T_{m\acute{a}x}$ c/ aumento de $v_c$
F1	20	227	32
	32	259	
F2	20	208	33
	32	241	
F3	20	65	33
	32	98	
F4	20	123	48
	32	171	
F5	20	211	27
	32	238	
F6	20	183	50
	32	233	

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentadas as curvas que representam o comportamento médio da temperatura durante a execução do furo nas diferentes condições de fluido de corte.

Um resultado bastante interessante observado em todas as curvas registradas, independentemente do fluido empregado, foi a manutenção de uma forma característica em todas as curvas. Na Figura 7 pode ser observada uma curva resultante da furação a seco no aço ABNT1040, onde ficam bastante evidenciadas as diferentes fases do processo de furação.

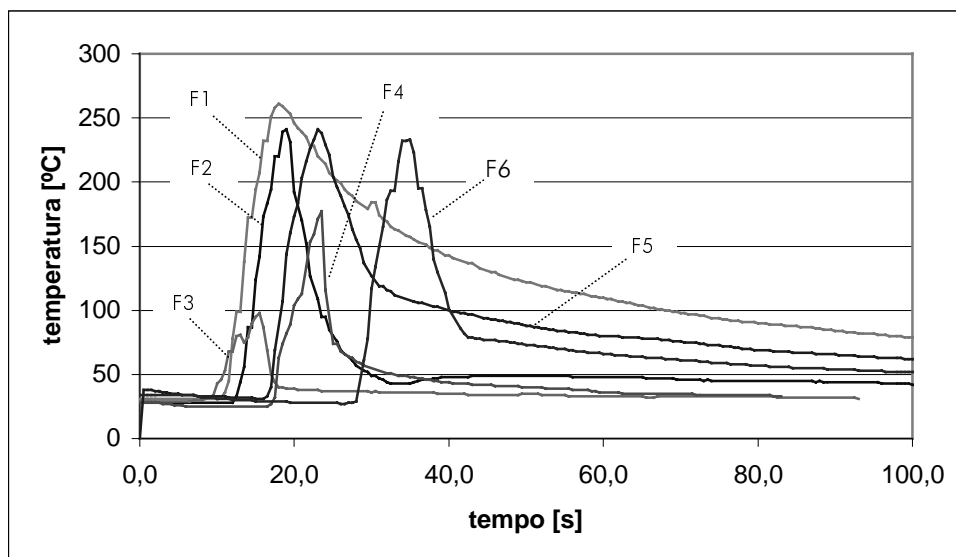


Figura 4 – Curvas de temperatura de todos os fluidos.

Na Figura 4 são apresentadas todas as curvas médias de comportamento de temperatura levantadas nas diferentes condições de furação. Para facilitar a visualização e a comparação, nas Figuras 5 e 6 são separadas três a três as condições estudadas.

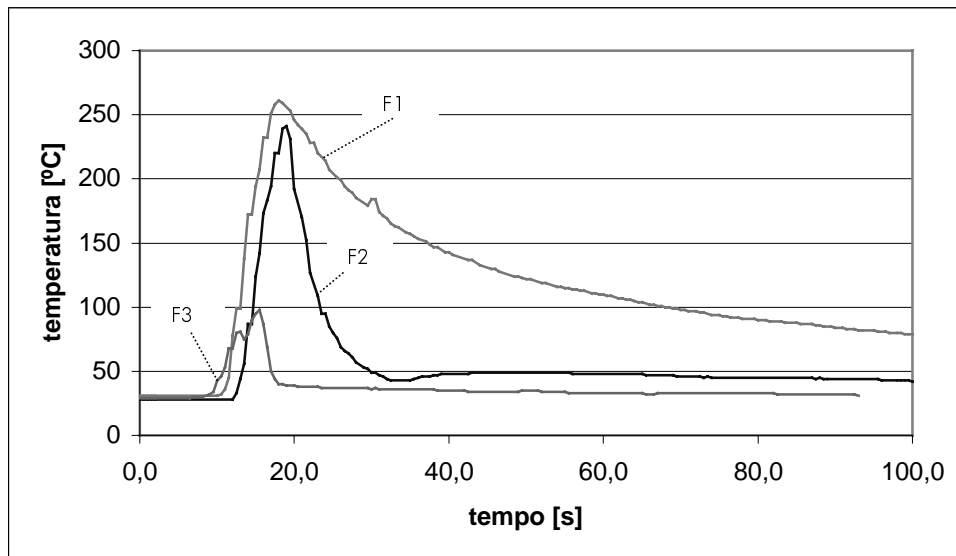


Figura 5 – Temperaturas na furação com fluidos F1, F2 e F3.

Na Figura 5 são mostrados três casos, curva em verde furação na condição F1, curva em azul escuro furação na condição F2 e curva em rosa furação na condição F3. Fica evidente a maior ação refrigerante da emulsão aplicada por jato.

Na Figura 6 são mostrados outros três casos, curva em vermelho furação na condição F4, curva em azul claro furação na condição F5 e curva em marron furação na condição F6. Também pode ser verificado que a emulsão, apesar de aplicada com um volume reduzido, mantém sua propriedade refrigerante acima dos outros fluidos analisados.

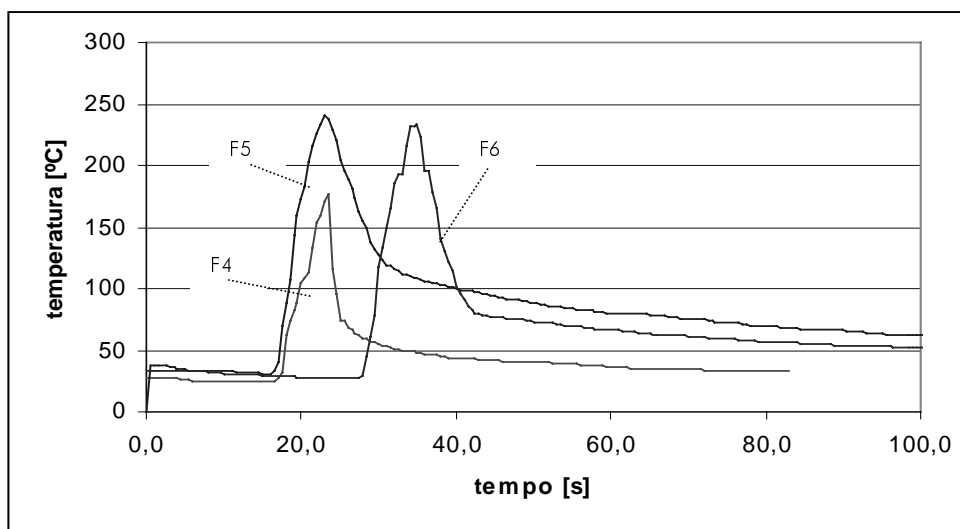


Figura 6 – Temperaturas na furação com fluidos F4, F5 e F6.

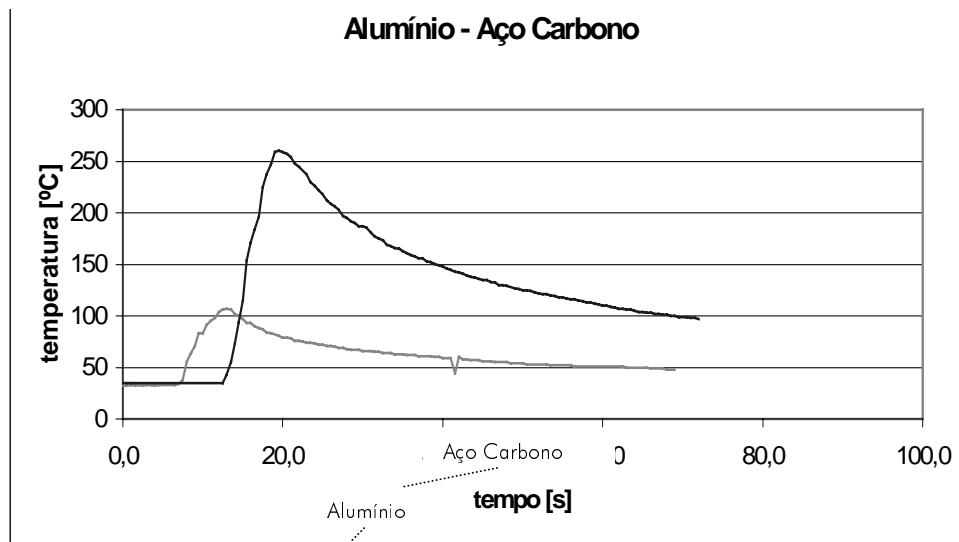


Figura 7 – Curvas de temperatura na furação do alumínio e do aço carbono.

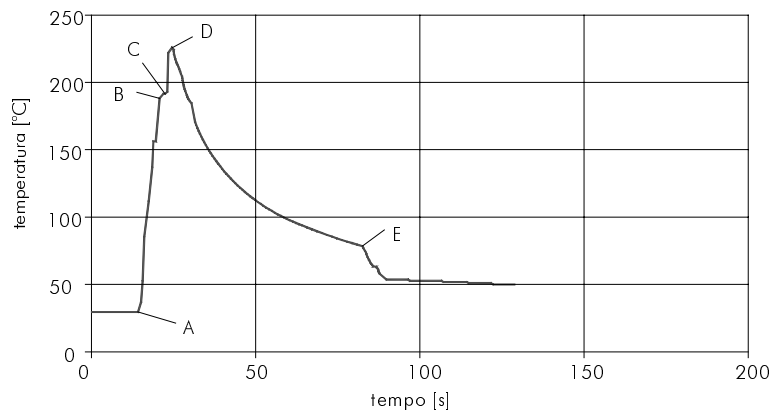


Figura 8 – Forma característica das curvas de temperatura levantada nos experimentos.

Ponto A – a ponta da broca inicia o processo de corte;

Trecho AB – registra a elevação de temperatura durante a execução do furo;

Ponto B - a broca paralisa o avanço e atinge a profundidade estabelecida;

Trecho BC – a broca conclui o corte no fundo do furo girando na mesma Profundidade;

Trecho CD – a broca ainda com velocidade de corte recua rapidamente para a posição inicial fora da peça;

Ponto D - as quinas da broca (gumes-guias) perdem o contato com a parede do Furo;

Trecho DE – a ponta da broca, fora da peça, resfria naturalmente ao ar (furação a seco).

## 5. CONCLUSÕES

Como os termosensores foram posicionados a uma certa distância das quinas da broca, as temperaturas registradas não são obviamente as temperaturas máximas desenvolvidas na broca, porém os valores registrados possuem um comportamento similar a estas temperaturas.



Realizando uma análise levando em conta as características dos experimentos desenvolvidos juntamente com os resultados finais encontrados, pode-se observar alguns aspectos interessantes:

1) O maior poder refrigerante de cada fluido é evidenciado nos resultados mostrados na Tabela 1. Apesar da aplicação do fluido ter sido externa, dificultando o acesso à zona de corte, ele atua na retirada de calor da peça e do cavaco fazendo com que a temperatura na broca chegue a valores inferiores aos atingidos na furação sem fluido de corte;

2) O poder lubrificante dos fluidos de corte não apresenta influência significativa sobre as temperaturas desenvolvidas na broca;

3) A velocidade de crescimento da temperatura na broca se mantém praticamente constante em um mesmo material, independentemente do fluido de corte utilizado no processo;

4) A variação da temperatura na ponta da broca possui um comportamento característico, Figura 8, que se mantém em todos os experimentos, independentemente do fluido de corte;

5) O aumento da velocidade de corte produz um efeito praticamente constante em todas as condições de trabalho (diferentes fluidos).

6) A temperatura máxima atingida durante a execução do furo sempre recebe um incremento na etapa de saída da broca do furo, o que indica que a parcela de calor gerado pelo atrito das guias/quinas com a parede do furo é significativa.

### ***Agradecimentos***

Os autores agradecem a colaboração da Guhring Brasil Ferramentas Ltda, Bardahl–Promax S. A., I. Terstegen GmbH, Rubens Moreira Com. de Lub. Ltda., Grupo Gerdau e a CAPES por viabilizarem a execução deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS**

- Borchard, I. G., Gomes, A.F., 1979, Termometria Termoelétrica – Termopares, 2ª Edição.  
Ferraresi, D., 1970, Fundamentos da Usinagem dos Metais, Ed. Edgard Blücher Ltda..  
König, W., Weingaertner, W.L., 1990, Tornear, Fresar e Furar, Traduzido e adaptado do Fertigungs Verfahren: Drehen, Fräsen, Bohren, UFSC.  
Stemmer, C.E., 1993, Ferramentas de Corte I e II, Ed. UFSC, 1993.  
Weingaertner, W. L., Teixeira, C.R., Schlüter, W., 1997, Efeitos Tecnológicos da Minimização e/ou Eliminação do Uso de Fluidos de Corte no processo de Furação com Brocas DIN338, Relatório interno do Laboratório de Mecânica de Precisão – UFSC, 180 p., novembro.

### **INFLUENCE OF THE CUTTING FLUIDS IN TWIST DRILL – DIN338 TEMPERATURE**

***Abstract.*** This work presents the results of the influence of cutting fluids in twist drill temperature. At the same time is showed a method to get register the typical curve of temperature in drilling process.

***Key words:*** machining temperature, cutting fluids, drilling.