

# ESTRATÉGIAS DE CORTE EM HSC PARA OBTENÇÃO DE PAREDES FINAS EM ALUMÍNIO

C. G. Vieira (1), F. F. de Mello Neto (1)

**Orientadores:** Prof. Dr. Eng. Rolf Bertrand Schroeter (1) e Eng. Fábio Wagner Pinto (1)

(1) Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Bloco A, Campus Universitário, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, CEP: 88040-900.

**Palavras-chave:** Paredes finas, Estratégias de corte, HSC, Alumínio, Fresamento de topo.

## RESUMO

A tecnologia do fresamento de alta velocidade de corte do alumínio tem se desenvolvido rapidamente nos últimos anos (Schulz, 1996). Uma de suas aplicações é a fabricação de peças com paredes finas a partir de um único bloco sólido. Paredes finas são superfícies de pequena espessura, flexíveis, que são geradas pelos gumes da periferia da fresa de topo. Usando essa tecnologia, é possível substituir etapas onerosas de montagem de componentes por estruturas monolíticas igualmente funcionais, mais leves e de menor custo. Estruturas monolíticas também podem ser mais resistentes e mais precisas (Smith & Dvorak, 1998).

Os estudos relacionados a usinagem de paredes finas apontam como maior limitação a estabilidade do processo. Quanto menor a espessura da parede, menor é a sua rigidez e mais problemáticos se tornam os efeitos da vibração. A qualidade superficial e a precisão dimensional são altamente prejudicadas pela presença de vibrações no processo de corte. No intuito de minimizar os danos à superfície da parede, é possível escolher uma trajetória para a ferramenta que utilize a parte ainda não usinada da peça como um apoio (Smith & Dvorak, 1998).

O alumínio se destaca como material de estudo pelas suas propriedades físicas e mecânicas. Com ele é possível fabricar peças com boa relação entre resistência e peso e utilizar altas velocidades de corte com pouco desgaste da ferramenta e baixa potência de corte (Weingaertner & Schroeter).

O objetivo deste trabalho é a obtenção de paredes finas na forma de aletas com até 0,55 mm de espessura em alumínio aeronáutico através do fresamento de topo com alta velocidade de corte. A análise dos resultados consiste em avaliar a precisão dimensional e de forma das aletas obtidas em relação a cinco estratégias de usinagem selecionadas. Essas estratégias diferem entre si pelo número de passes axiais e pela profundidade de corte de cada passe.

O Laboratório de Mecânica de Precisão (LMP) da Universidade Federal de Santa Catarina disponibilizou suas instalações e forneceu o material necessário para essa pesquisa. Os ensaios ocorreram num centro de usinagem CNC Thyssen Hüller-Hille n-bh 65, atualizado com um cabeçote modelo HF 200 MA-40 da firma IBAG e comando Siemens Sinumerik 805. Foram usinadas paredes finas na forma de aletas sobre corpos de prova cilíndricos de liga de alumínio tratável termicamente 6061. Toda a operação foi realizada com uma única fresa de topo reto feita de aço-rápido. A ferramenta usada tem 8 mm de diâmetro, 2 dentes helicoidais e demais características de acordo com a norma DIN 327 B. As medições foram efetuadas em uma máquina de medir por coordenadas da Zeiss ZMC 550, de propriedade da Fundação CERTI.

As constantes dos ensaios são: fluido de corte (névoa) com 80% querosene e 20% óleo MA 20 e vazão de 100 ml/h,  $n = 40.000$  rpm,  $f = 0,1$  mm,  $v_f = 4.000$  mm/min,  $v_c = 1005$  m/min. Adotou-se o fresamento periférico concordante nas estratégias 01 a 04 e o fresamento frontal em cheio na estratégia 05. Portanto, houve operação de acabamento em todas as estratégias, exceto na 05, onde houve apenas desbaste. A tabela 1 informa os parâmetros que diferenciam as cinco estratégias de corte usadas. Para cada uma foram confeccionados três corpos de prova para amostragem. A figura 1 mostra um destes corpos de prova.

Tabela 1 – Numeração e caracterização das estratégias de corte utilizadas.

Estratégias	Sobremetal $(a_e)$ [mm]	Nº de passes axiais	Seqüência das profundidades de corte $(a_p)$ por passe	
			Lado esquerdo	Lado direito
01	1	5	2, 2, 2, 2, 2	2, 2, 2, 2, 2
02	1	2	5, 5	5, 5
03	1	1	10	10
04	1	3	2, 4, 4	4, 4, 2
05	Desbaste $a_e = 8$	5	2, 2, 2, 2, 2	2, 2, 2, 2, 2



Figura 1 – Disposição das aletas no corpo de prova em relação aos eixos de referência.

As superfícies esquerda e direita de cada aleta foram caracterizadas pelas medidas de reticidade e planeza. Além disso, foi medida a espessura final de cada aleta para verificar se a mesma se encontrava dentro de uma tolerância estipulada em 40% sobre a espessura nominal. Com o auxílio de um cronômetro foram feitas as tomadas dos tempos de usinagem.

O número de amostras não foi suficiente para um tratamento estatístico adequado. Ressalta-se que uma distribuição gaussiana não se aplica à análise de planeza e reticidade. O uso deste modelo estatístico em conjunto com o coeficiente de Student revelou valores negativos para os limites inferiores destes atributos, o que caracteriza uma inconsistência. Consequentemente optou-se por uma análise meramente qualitativa e comparativa em termos de médias.

O gráfico apresentado na figura 2 mostra os resultados dos erros relativos percentuais em relação a cada estratégia. Este erro representa a diferença relativa entre a espessura nominal e a espessura medida em termos percentuais. Verifica-se que as paredes de menores espessuras não foram obtidas dentro da tolerância dimensional definida, de 40% de erro relativo percentual para a espessura. Neste mesmo critério, a estratégia 01 tende a apresentar o melhor resultado em comparação com as demais. Duas estratégias, a 03 e a 05, se mostraram

inviáveis para este tipo de operação. A análise foi focada nos valores médios das medições e indicou que a estratégia 04, sugerida pela literatura, aponta para resultados melhores de planeza e espessura.

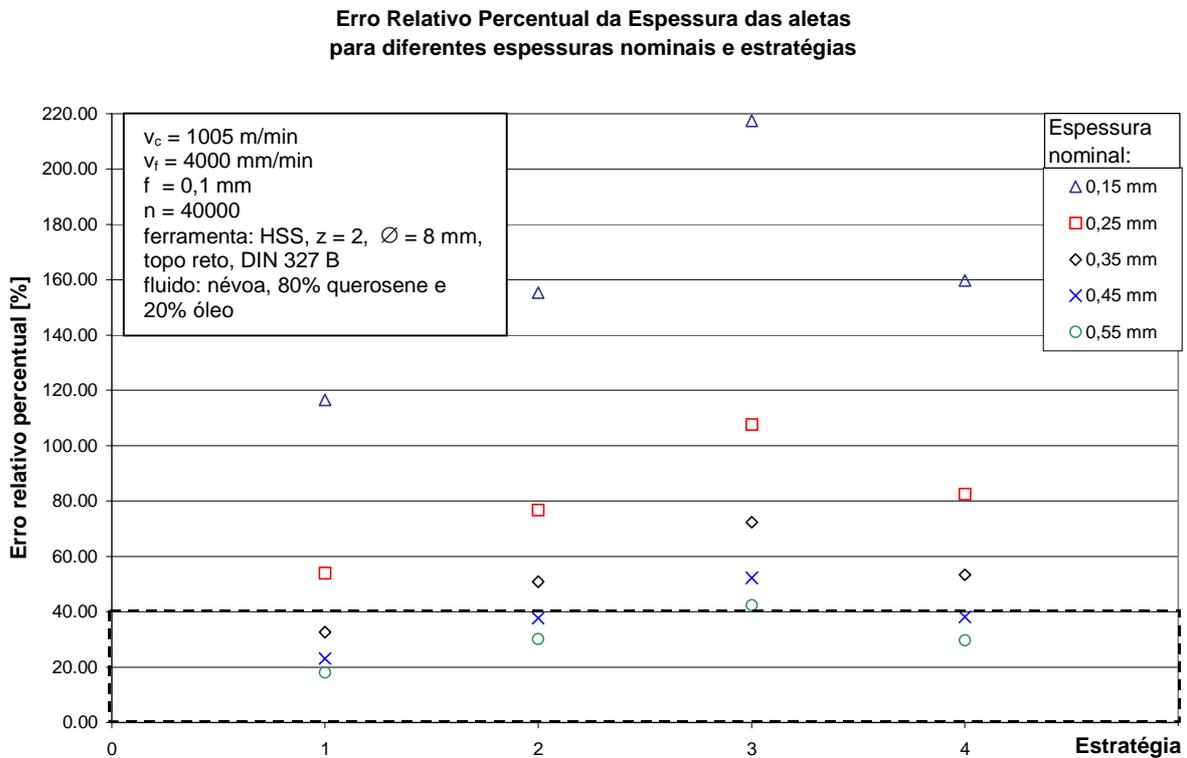


Figura 2 – Influência das estratégias na espessura das paredes finas, região pontilhada indica o campo de tolerância adotado.

**Agradecimentos:** Agradecemos ao Prof. Rolf Bertrand Schroeter e ao Eng. Fábio Wagner Pinto pela orientação e pelo aprendizado, ao Laboratório de Medição por Coordenadas (LMC) pelo excelente serviço prestado na medição das peças e às pessoas do Laboratório de Mecânica de Precisão (LMP) que, de alguma forma, colaboraram com esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SMITH, S. DVORAK, D. **Tool path strategies for high speed milling aluminium workpieces with thin webs.** Mechatronics 8,1998, p. 291-300.
- WEINGAERTNER, W. L., SCHROETER, R. B. **Tecnologia de Usinagem do Alumínio e suas Ligas.** São Paulo, Alcan, 1990, 80 p.
- SCHULZ, H. **Hochgeschwindigkeitsbearbeitung.** Carl Hanser Verlag, München, Wien, August 1996. 285p.
- STEMMER, C. E. **Ferramentas de Corte II.** Florianópolis: Ed.UFSC, 2. ed., 1995. 314p.