

De uma forma geral os dados dos sinais de vibração para a velocidade de corte de 600 e 1000 m/min, Figuras 4.23 e 4.25, demonstram que à medida que a ferramenta desgasta o sinal de vibração tende a aumentar. Segundo Sousa (1998) esse comportamento pode ser explicado da seguinte maneira. No início, pelo assentamento das arestas de corte na fresa e pela própria evolução do desgaste das mesmas, ou seja, a dificuldade de se obter a mesma altura nas oito arestas de corte durante o ajuste inicial de montagem da fresa, acaba definindo alturas diferentes das mesmas em relação à peça, provocando portanto no início do processo de fresamento, cortes com profundidades diferentes. As arestas mais protuberantes são mais exigidas, portanto desenvolvem o desgaste mais rapidamente. Isto gera esforços menores do que quando todas as arestas de corte trabalham na mesma altura, e esforços menores implicam em nível de vibração menor durante o processo de fresamento. Mas à medida que se aumentam o número de passes, as arestas de corte vão se desgastando e a tendência é ajustar as alturas relativas à peça, provocando assim a estabilização do nível de vibração do sistema. Mesmo que não aconteça este ajuste, o desgaste continua a evoluir, de maneira desigual, aumentando as forças de corte, que acarretam em níveis de vibração maiores na fresadora.

A capacidade de amortecimento de vibração de um material é a sua habilidade de dissipar energia vibracional. Em ferros fundidos, a capacidade de amortecimento de vibrações é resultado entre a grafita e a matriz metálica, durante a solicitação mecânica. A capacidade de amortecimento de vibração depende de defeitos na grafita, sendo independente da matriz metálica. Elevada quantidade de partículas grandes de grafita lamelar, tende a favorecer esta capacidade (Guesser et al., 2003). Este comportamento demonstrou ocorrer para o material A, que possui este tipo de grafita. Em média foi o material que apresentou menores taxas de vibração para três condições de velocidade de corte.

Com o aumento da velocidade de corte, o sinal de vibração foi menor. Com o aumento do desgaste de flanco, os sinais de vibração durante a usinagem aumentam, mas a taxa de aumento é baixa para elevadas velocidade de corte Ghani (2002). Este autor usinou um ferro fundido de semelhante composição química, dureza resistência à tração dos ferros fundidos aqui investigados, e também observou em seus experimentos menores sinais de vibração quanto maiores eram as velocidades de corte. Com ele sugere que à medida que a velocidade de corte aumenta o processo de usinagem tende a ficar mais estável, consequentemente gerando menores ruídos de vibração no sistema ferramenta-peça-máquina.

O sinal RMS de vibração em usinagem é um bom parâmetro para monitorar o fim de vida de uma ferramenta, como também a qualidade do acabamento da superfície de uma peça.

Porém, é necessário ter o domínio de todos os fatores que podem influenciar direta ou indiretamente no processo de usinagem, para que os resultados possam posteriormente ser melhor tratados e analisados. Um importante fator que tenha influenciado nos resultados pode ter sido alteração no raio de arredondamento da aresta principal de corte. A perda do revestimento, aliado ao desgaste da ferramenta, influenciam significativamente na vibração de máquinas devido à alteração na geometria da aresta de corte.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser obtidas para os testes e condições de corte utilizadas neste trabalho:

- O ferro fundido vermicular da classe 350 (material C) apresentou a pior usinabilidade quando usinado a uma velocidade de corte de 600 m/min. Nesta condição o material ofereceu uma maior resistência ao cisalhamento quando comparado aos dois ferros fundidos ligados.
- O Material B, ferro fundido cinzento ligado ao CrCuSnMo, demonstrou ter o pior índice de usinabilidade para as velocidades de corte de 800 e 1000 m/min, sendo estas faixas de velocidades A influência da matriz metálica (perlítica) e as inclusões de carbonetos de molibdênio podem ter influenciado significativamente nestes resultados.
- Houve uma relação entre o desgaste de flanco médio da aresta principal de corte com o sinal de potência de corte. Sendo que, para maiores comprimentos de desgaste maiores foram os esforços gerados para o corte do material, isto se refletiu em maior consumo de potência no eixo árvore da máquina operatriz.
- De um modo geral o sinal RMS da vibração foi maior à medida que aumentava o desgaste nas ferramentas de corte. Este comportamento ocorreu para todos materiais analisados. Por sua vez, o comportamento da vibração tornou-se mais

estável à medida que a velocidade de corte era aumentada. Logo, isso favoreceu de certo modo, a usinagem para a velocidade de corte de 1000 m/min.

- O material B apresentou maiores valores médios da dureza que o material A e o material C.
- Não é possível afirmar dentre os três materiais investigados o que apresenta maiores valores de resistência de ruptura à tração e microdureza da perlita, pois a grande dispersão dos valores obtidos induz, estatisticamente, em restringir esta informação.
- Os mecanismos de desgaste mais evidentes que foram possíveis ser identificados, se destacam abrasão e adesão. Porém, é importante ressaltar que por envolver um grande aporte térmico, nas velocidades relativamente alta, podem ter ocorrido algum outro mecanismo de desgaste como o de oxidação e difusão.
- A ferramenta de corte da classe K20D revestida com óxido de alumínio pela técnica MTCD, apresentou uma boa tenacidade e uma boa resistência térmica favorecendo em um bom tempo de vida das mesmas. Isto se justifica pela quantidade de volume de material usinado para as severas condições de usinagem empregadas no ensaio

CAPÍTULO VI

PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

A metodologia empregada neste trabalho suscitou dúvidas que fazem jus a investigação posterior para de fato entender melhor a usinabilidade do material, tais como:

1. Adotar outro critério de fim de vida nas ferramentas, tais como: percurso de corte, tempo de usinagem, valores de desgaste sugeridos pela norma ISO 3685 e etc.
2. Investigar o desempenho de outros tipos de ferramenta de corte, de outras classes e revestimento.
3. Averiguar outras grandezas físicas que indiquem o índice de usinabilidade do material, tais como: sinal de torque, da força de corte e da temperatura de usinagem.
4. Pesquisar materiais que apresente valor da condutividade térmica maiores daqueles obtidos nesta pesquisa, uma vez que em processos de usinagem quase toda forma de energia envolvida durante o processo é do tipo térmica.
5. Investigar, criteriosamente, as inclusões metálicas na matriz dos materiais, tais como: distribuição, quantidade, forma e o tipo de micro constituinte.

CAPÍTULO VII

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, C. **Análise da Furação do Ferro Fundido Vermicular com Brocas de Metal-Duro com Canais Retos Revestidas com TiN e TiAlN**. Florianópolis, 2005. Dissertação-Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

ASM Handbook, **Properties and Selection Irons, Steels and High Performance Alloys**. Metal Handbook, 10ª Edição, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2002, “**Materiais Metálicos- Ensaio de Tração à Temperatura Ambiente**”, Rio De Janeiro, Brasil.

Bonifácio, M. E. R.; Diniz, A. E. **Correlating tool wear, tool life, surface roughness and tool vibration in finish turning with coated carbide tools**. Wear 173 (1993) 137 – 144.

Chiaverini, V. **Aços e Ferros Fundidos**. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 7ª Edição, 2002.

Bagetti, J. H. **Análise da Usinabilidade, Deformação e Temperatura no Fresamento dos Ferros Fundidos Vermicular e Cinzento**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

Boehs, L. **Influência do sulfeto de manganês na usinabilidade do ferro fundido maleável preto ferrítico**. 1979. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1979.

Borges, L. V. **Desenvolvimento do Método de Aquecimento Plano Parcial para a Determinação Simultânea de Propriedades Térmicas Sem o Uso de Transdutores de Fluxo de Calor**. 2008. 129 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia.

Chiaverini, V. **Tecnologia Mecânica – Estrutura e Propriedades dos Metais e Ligas-Processos de Fabricação**. Editora McGraw-Hill do Brasil, 2ª Ed, vol 1, 1979.

Da Mota, P. R. **Investigação do Comportamento de Ferramentas de Aço-Rápido no Processo de Rosqueamento Interno em Alta Velocidade de Corte**. 2006. 142 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Dawson, S. **Compacted Graphite Iron: Mechanical and Physical Properties for Engine Design**. Werkstoff und automobylantrieb (Materials in powertrain), VDI (Verein Deutscher Ingenieure. Dresden, Germany, 1999.

Dawson, S. **Process Control for the Production of Compacted Graphite Iron**. 106th AFS Casting Congress, Kansas City, 4-7 Maio 2002.

Dawson, S., Schroeder, T. **Practical Applications for Compacted Graphite Iron**. AFS Transactions, , Des Plaines, USA: Paper 04-047, 2004, p.1-9.

Duarte, M. A. V. et al. **Monitoramento do Desgaste das Ferramentas Durante o Processo de Rosqueamento com Machos Máquina via Medições de Vibrações**. In: COBEF, 2003, Uberlândia. Anais do II COBEF, 2003.

Sousa, M.M, **Utilizando a Vibração Mecânica para Monitorar o Desgaste das Ferramentas de Corte e o Acabamento Superficial no Processo de Fresamento**, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 1998.

Diniz, A. E.; Filho, J.C. **Influence of the relative positions of tool and workpiece on tool life, tool wear and surface finish in the face milling process**, Wear 232 (1999) 67 – 75.

Diniz, A.E., Marcondes, F.C., Coppini, N.L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. Editora Artliber, São Paulo, SP, 5ª Edição 2006.

Doré, C. **Influência da variação da nodularidade na usinabilidade do ferro fundido vermicular**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

Ferraresi, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. 3 ed. v.1, S.P: Editora Edgard Blücher Ltda, 1995. 751p.

Ferrer, Jorge Antonio Giles, **Uma contribuição ao fresamento frontal de superfícies irregulares de ferro fundido cinzento**, Campinas,:Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, 2006. 208 p. Tese de Doutorado.

Ghani, A. K. et al. **Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool**, Journal of Materials Processing Technology 122 (2002) 17 – 22.

Guesser, I. W.; Guedes, L. C. **Desenvolvimentos Recentes em Ferros Fundidos Aplicados à Indústria Automobilística**. In: IX Simpósio de Engenharia Automotiva - AEA, 1997, São Paulo. Anais... 1997.

Guesser, W.; Schroeder, T.; Dawson, S. **Production Experience with Compacted Graphite Iron Automotive Components**. In: AFS CASTING CONGRESS, 105, 2001, Dallas. Anais... Dallas: 2001.

Guesser, W.L. **Ferro Fundido com Grafita Compacta**. Metalurgia & Materias: Junho 2002. p. 403-405.

Guesser, W. L. et al., **Ferros Fundidos Empregados para Discos e Tambores de Freios**, in Brake Colloquium, SAE, 2003, Brasil – Gramado, 2003.

Guesser, W., Masiero, I., Cabezas, C. **Thermal Conductivity of Gray Iron and Compacted Graphite Iron Used for Cylinder Heads**. Revista Matéria, vol 10, n. 2, Junho 2005, p 265-272.

Hutchings, I.M. **Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials**, Edward Arnold, 273 pp. London, 1992.

ISO, 1977. **Tool Life Testing with Single-Point Turning Tools**. ISO 3685.

Klink, U., Flores, G. O **Uso da Grafita Vermicular em Cilindros Fundidos**. Revista Máquinas e Metais, Fevereiro de 2001.p 38.

Machado, A. R.; Da Silva, M. B. **Apostila de Usinagem dos Metais**. 8. ed. Universidade Federal de Uberlândia. 2004. 257p.

Machado, A R; Bohes, L; Santos, M T; Guesser, W L. **Usinagem de ferros fundidos cinzento, nodular e vermicular**. In: Coelho, R T. Tecnologias Avançadas de Manufatura. Instituto Fábrica do Milênio. Ed Novos Talentos, 2005.

Machado, A. R, Da Silva, M. B; Coelho, R. T; Abrão, A. M. **Teoria da Usinagem dos Materiais** 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

Marquard, R.; Helfried, S.; Mcdonald, M. Crank it up: **New materials create new possibilities**. Engine technology international, v. 2, p. 58-60, 1998.

Metals Handbook, 1989, American Society for Metals - ASM, 9a ed., vol. 16.

Meurer, P. R. **Usinagem de Ferro Fundido Cinzento FC-250 com Diferentes Tipos de Elementos de Liga Utilizados na Fabricação de Discos de Freios**. Florianópolis, 2007. Dissertação - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

Milan, J. C. G. **Usinabilidade de aços para moldes para plástico**, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia - MG, 1999.

Mocellin, F. **Avaliação da Usinabilidade do Ferro Fundido Vermicular em Ensaios de Furação**. Florianópolis, 2002a. Dissertação – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

Mocellin, F., et al. **Study of Machinability of Compacted Graphite Irons for Drilling Process**. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering: vol 26, 2004.

Mocellin, F. **Desenvolvimento de Tecnologia para Brunimento de Cilindros de Blocos de Motores em Ferro Fundido Vermicular**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

Montgomery, D.C., Runger, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Tradução Profa. Verônica Calado, Editora LTC, 2º ed, 2003.

Pereira, A. A.; Boehs, L.; Guesser, W. L., **Como as inclusões no material da peça podem afetar o desgaste da ferramenta?** O Mundo da Usinagem 4ª Edição – 2005.

Pereira, A.A. **Influência do teor de Enxofre na Microestrutura, nas Propriedades Mecânicas e na Usinabilidade o Ferro Fundido Cinzento FC 25**. Florianópolis, 2005. Dissertação-Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

Ramos, C. A. D., 2004, **Usinabilidade de Aços Inoxidáveis para Matrizes ABNT420 e VP80 no Fresamento de Topo Usando Superfícies de Respostas**, Tese de Doutorado , Universidade Federal de Uberlândia, 229 pp., Uberlândia, MG.

Reuter, U., Schulz, H. **CGI Machinability and Developments Towards Production**. CGI Design and Machining Workshop, PTW TU-Darmstadt, 1999.

Reuter, U., Schulz, H., Dawson, S., Hollinger, I., Robbins, M., Daeth, J. **The Effect of Metallurgical Variables on the Machinability of Compacted Graphite Iron**. Society of automotive engineers, Inc, Alemanha, 2001, p 1-18.

Richetti, A. et al. **Influence of the number of inserts for tool life evaluation in face milling of steels**, International Journal of Machine Tools & Manufacture 44 (2004) 695 – 700.

Sales, W. F. **Determinação das Características Refrigerantes e Lubrificantes de Fluidos de Corte**. 1999. 176 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia.

Sandvik Coromant. **CoroPak - Suplemento do Catálogo de Ferramentas Rotativas e do Catálogo de Ferramentas para Torneamento**. Catálogo Sandvik Coromant Brasil, 2005, pg 79.

Sandvik Coromant. **Novas ferramentas de corte da Sandvik Coromant**. Suplimento do Catálogo Sandvik Coromant Brasil, 2007.

Santos, A. B. S., Castello Branco, C. H. **Metalurgia dos Ferros Fundidos Cinzentos e Nodulares**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. São Paulo – SP.

Shaw, M.C. **Metal Cutting Principles**, Oxford University Press, ISBN 0-19-859002-4, 1984.

Silva, J.G., Abrão, A.M. **Comportamento da Cerâmica e do Metal-Duro Revestido no Torneamento de Fofo Nodular**. Revista Máquinas & Metais, Julho de 2006, p 38-49.

Sintercast. **What is CGI**. Em www.sintercast.com , Acesso Agosto de 2007.

Stemmer, C. E. **Ferramentas de Corte II: brocas, alargadores, ferramentas de roscas, fresas, brochas, rebolos e abrasivos**. Ed. da UFSC. Florianópolis: 1992, 326p.

Souto, U. B. **Monitoramento do Desgaste de Ferramenta no Processo de Fresamento Via Emissão Acústica**. 2007. 182 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia.

Sousa, M.M, **Utilizando a Vibração Mecânica para Monitorar o Desgaste das Ferramentas de Corte e o Acabamento Superficial no Processo de Fresamento**, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 1998.

TELES, J. M. **Torneamento de Ferro Fundido Nodular Ferritizado com Nióbio Utilizando Ferramentas de Metal Duro**, Itajubá, 105 p. Dissertação (Mestrado em Projeto e Fabricação) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2007.

Trent, E.M.; Wright, P.K. **Metal Cutting**. 4th Edition, Butterworths – Heinemann. 2000, 446 p.

Vaccari, J. **How to Machine Compacted Graphite Iron**. Revista Machine Shop Guide, Novembro de 2000.

Xavier, F. A. **Aspectos Tecnológicos do Torneamento do Ferro Fundido Vermicular com Ferramentas de Metal-duro, Cerâmica e CBN**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

Xavier, F. A. **Estudo dos Mecanismos de Desgaste em Ferramentas de Nitreto de Silício Aplicadas Na Usinagem Dos Ferros Fundidos Vermicular e Cinzento**. Março de 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

CAPÍTULO VIII

Anexos

Tabela 8. 1 – Valores dos desgaste, sinal de potência e vibração para o material A

		Material A								Tempo [min]
		Volume cm^3	Desgaste VBb (μm)	Desgaste VBb (μm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (μm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	
Vc = 600 m/min	1°C	474,86	45,58	31,34	38,46	0,038	10,07	3731,6	0,006689	4,33
		945,80	59,83	59,9	59,87	0,060	0,05	3222,4	0,009964	8,66
	2°C	1420,66	65,53	62,68	64,11	0,064	2,02	3770	0,009546	12,99
		1891,6	74,07	65,77	69,92	0,070	5,87	3407,3	0,009684	17,32
	3°C	2366,46	82,62	89,05	85,84	0,086	4,55	3921,1	0,009306	21,65
		2837,4	88,32	91,57	89,95	0,090	2,30	3379,6	0,008053	25,98
	4°C	3312,260	114	97,03	105,52	0,106	12,00			30,12
		3783,2	139,6	102,9	121,25	0,121	25,95	3365,1	0,007484	34,64
	5°C	4258,06	153,8	140,6	147,20	0,147	9,33	3880	0,007441	38,97
		4729	159,5	154,5	157,00	0,157	3,54	4158,5	0,006633	43,3

		Volume cm ³	Desgaste VBb (μm)	Desgaste VBb (μm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (μm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	Tempo [min]
Vc = 800 m/min	1°C	474,86	45,67	37,15	41,41	0,041	6,02	4628,9	0,007268	3,3
		945,80	57,05	71,28	64,17	0,064	10,06	4245	0,006057	6,6
	2°C	1420,66	65,59	85,9	75,75	0,076	14,36	4742,7	0,008389	9,9
		1891,6	71,74	88,73	80,24	0,080	12,01	4515,4	0,0086	13,2
	3°C	2366,46	94,7	114,3	104,50	0,105	13,86	4841,7	0,008433	16,5
		2837,4	97,53	120	108,77	0,109	15,89	4498,2	0,008636	19,8
	4°C	3312,260	103,2	128,7	115,95	0,116	18,03	4829	0,008126	23,1
		3783,2	129,3	131,1	130,20	0,130	1,27	4637	0,008356	26,4
	5°C	4258,06	135	156,7	145,85	0,146	15,34	4946,4	0,008926	29,7
		4729	137,8	166,1	151,95	0,152	20,01	5459,6	0,007536	33

		Volume cm ³	Desgaste VBb (μm)	Desgaste VBb (μm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (μm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	Tempo [min]
Vc = 1000 m/min	1°C	474,86	***	45,94	45,94	0,046	0,00	5469,5	0,007464	2,61
		945,80	87,77	83,4	85,59	0,086	3,09	5238,8	0,007697	5,22
	2°C	1420,66	***	88,4	88,40	0,088	0,00	5800,3	0,006345	7,83
		1891,6	102	102,9	102,45	0,102	0,64	5270,7	0,007741	10,44
	3°C	2366,46		105,6	105,60	0,106	0,00	5857,7	0,00765	13,05
		2837,4	103,7	108,4	106,05	0,106	3,32	5659,9	0,007444	15,66
	4°C	3312,260	159,4	122,6	141,00	0,141	26,02	6120,7	0,007358	18,27
		3783,2	178,6	137,2	157,90	0,158	29,27	6103,1	0,007502	20,88
	5°C	4258,06	204,7	160	182,35	0,182	31,61	6027,9	0,008287	23,49
		4729	215	***	215,00	0,215	0,00			26,1

Tabela 8. 1 – Valores dos desgaste, sinal de potência e vibração para o material B.

Material B										
		Volume cm ³	Desgaste VBb (µm)	Desgaste VBb (µm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (µm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	Tempo [min]
Vc = 600 m/min	1°C	474,86	49,18	73,03	61,11	0,061	16,864	3641,8	0,015068	4,33
		945,80	50,48	83,79	67,14	0,067	23,554	3488,2	0,013635	8,66
	2°C	1420,66	69,32	101,8	85,56	0,086	22,967	3754,4	0,012788	12,99
		1891,6	81,58	108,1	94,84	0,095	18,752	3600,8	0,012129	17,32
	3°C	2366,46	114	120,1	117,05	0,117	4,313	3847,7	0,016115	21,65
		2837,4	115,4	125,3	120,35	0,120	7,000	3718	0,017846	25,98
	4°C	3312,260	120,2	143,4	131,80	0,132	16,405			30,12
		3783,2	138,2	165,1	151,65	0,152	19,021	4354,6	0,011341	34,64
	5°C	4258,06	161,7	175,7	168,70	0,169	9,899	4420,9	0,011932	38,97
		4729	180,4	193,1	186,75	0,187	8,980	4891,6	0,009278	43,3
Vc = 800 m/min	1°C	474,86	56,98	65,77	61,38	0,061	6,215	4493,9	0,010939	3,3
		945,80	88,32	103,2	95,76	0,096	10,522	4243,1	0,010977	6,6
	2°C	1420,66	97,03	107,3	102,17	0,102	7,262	4415	0,008402	9,9
		1891,6	126,2	126,2	126,20	0,126	0,000	4468,3	0,008324	13,2
	3°C	2366,46	137,5	155,5	146,50	0,147	12,728	4756,8	0,008594	16,5
		2837,4	236,9	185,4	211,15	0,211	36,416	4769,2	0,007699	19,8
	4°C	3312,260	308,5	228,1	268,30	0,268	56,851	5280,6	0,008386	23,1
		3783,2	323	323	323,00	0,323	0,000	5436,6	0,00781	26,4
	5°C	4258,06	354,2	321,8	338,00	0,338	22,910	6119,8	0,007518	29,7
		4729	382	378,9	380,45	0,380	2,192	7141,6	0,009014	33
Vc = 1000 m/min	1°C	474,86	74,95	83,4	79,18	0,079	5,975	5633,2	0,007945	2,61
		945,80	92,27	91,57	91,92	0,092	0,495	5417,4	0,009227	5,22
	2°C	1420,66	112,4	97,53	104,97	0,105	10,515	5927,6	0,00832	7,83
		1891,6	132,2	106,4	119,30	0,119	18,243	5611,4	0,008868	10,44
	3°C	2366,46	140,3	120,2	130,25	0,130	14,213	6248,2	0,009052	13,05
		2837,4	175,7	243,8	209,75	0,210	48,154	6427,3	0,009552	15,66
	4°C	3312,260	180,6	331,7	256,15	0,256	106,844	7388,1	0,00838	18,27
		3783,2	287,3	397	342,15	0,342	77,570	7455,9	0,009876	20,88
	5°C	4258,06	302,6	**	302,60	0,303		8464	0,00873	23,49
		4729	364,9	**	364,90	0,365				26,1

Tabela 8. 1 – Valores dos desgaste, sinal de potência e vibração para o material C

		Material C								Tempo [min]
		Volume cm ³	Desgaste VBb (μm)	Desgaste VBb (μm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (μm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	
Vc = 600 m/min	1°Cp	474,86	100	103	101,5	0,102	2,12	3685,2	0,007209	4,33
		945,80	136,3	112,4	124,35	0,124	16,90	3402,9	0,006747	8,66
	2°Cp	1420,66	145,5	141,4	143,45	0,143	2,90	3859,7	0,006105	12,99
		1891,6	150,4	155,9	153,15	0,153	3,89	3836,8	0,017896	17,32
	3°Cp	2366,46	177,1	163,1	170,1	0,170	9,90	4143,3	0,023171	21,65
		2837,4	206,4	202,8	204,6	0,205	2,55	4167,1	0,022662	25,98
	4°Cp	3312,260	214,1	214,2	214,15	0,214	0,07			30,12
		3783,2	226,8	220,4	223,6	0,224	4,53	4492,2	0,019994	34,64
	5°Cp	4258,06	322,2	283,1	302,65	0,303	27,65	4881,2	0,017017	38,97
		4729	371,7	286,7	329,2	0,329	60,10	5319,7	0,019304	43,3

		Volume cm ³	Desgaste VBb (μm)	Desgaste VBb (μm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (μm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	Tempo [min]
Vc = 800 m/min	1°Cp	474,86	71,74	89,05	80,395	0,080	12,24	4695,6	0,00387	3,3
		945,80	92,76	120,9	106,83	0,107	19,90	4452,4	0,004583	6,6
	2°Cp	1420,66	89,05	129,3	109,175	0,109	28,46	4791,2	0,004575	9,9
		1891,6	118,1	142,5	130,3	0,130	17,25	4729,2	0,00593	13,2
	3°Cp	2366,46	132,2	165,4	148,8	0,149	23,48	5230,7	0,005966	16,5
		2837,4	175,7	170,5	173,1	0,173	3,68	4994,8	0,005918	19,8
	4°Cp	3312,260	179,4	199,5	189,45	0,189	14,21	5491,2	0,006405	23,1
		3783,2	191,1	224,1	207,6	0,208	23,33	5414,2	0,006562	26,4
	5°Cp	4258,06	209,9	231,9	220,9	0,221	15,56	5940,8	0,006877	29,7
		4729	256,3	293,9	275,1	0,275	26,59	6933,7	0,008334	33

		Volume cm ³	Desgaste VBb (μm)	Desgaste VBb (μm) (replica)	Valor Médio do Desgaste (μm)	Valor Médio do Desgaste (mm)	Desvio Padrão do Desgaste	Sinal RMS da Potência	Sinal RMS de Vibração	Tempo [min]
Vc = 1000 m/min	1°Cp	474,86	89,96	108,4	99,18	0,099	13,04	5785,2	0,006393	2,61
		945,80	127,4	135,4	131,4	0,131	5,66	5549,8	0,006782	5,22
	2°Cp	1420,66	106,4	143,5	124,95	0,125	26,23	6006,6	0,006255	7,83
		1891,6	138,2	143,8	141	0,141	3,96	5836,9	0,007551	10,44
	3°Cp	2366,46	143,5	152	147,75	0,148	6,01	6388,3	0,007009	13,05
		2837,4	156,5	172,1	164,3	0,164	11,03	6159,4	0,00775	15,66
	4°Cp	3312,260	160,8	177,2	169	0,169	11,60	6823,5	0,008103	18,27
		3783,2	168,7	180,1	174,4	0,174	8,06	6349,8	0,009114	20,88
	5°Cp	4258,06	188,6	183,1	185,85	0,186	3,89	7183,1	0,008429	23,49
		4729	211,3	200,7	206	0,206	7,50			26,1



LABORATÓRIO DE PROJETOS MECÂNICOS
PROF. HENNER A. GOMIDE

Sample ID: **Material A**

Test Date:

1/7/2009

Method: Tensile_Ret_Sem_Ext.msm

Operator:

MTS

Specimen Results:

Specimen #	Espessura mm	Largura mm	Area mm ²	Modulus MPa	Load At Offset Yield N	Stress At Offset Yield MPa	Load At Yield N
1	5.40000	25.10000	135.54000	34524.94403	25788.49363	190.26482	****
2	5.25000	25.00000	131.25000	35008.35868	27482.29623	209.38892	32336.94374
3	5.35000	25.00000	133.75000	35973.02823	27043.05579	202.19107	31213.90176
Mean	5.33333	25.03333	133.51333	35168.77698	26771.28188	200.61494	31775.42275
Std. Dev.	0.07638	0.05774	2.15477	737.24995	878.99807	9.65898	794.11060

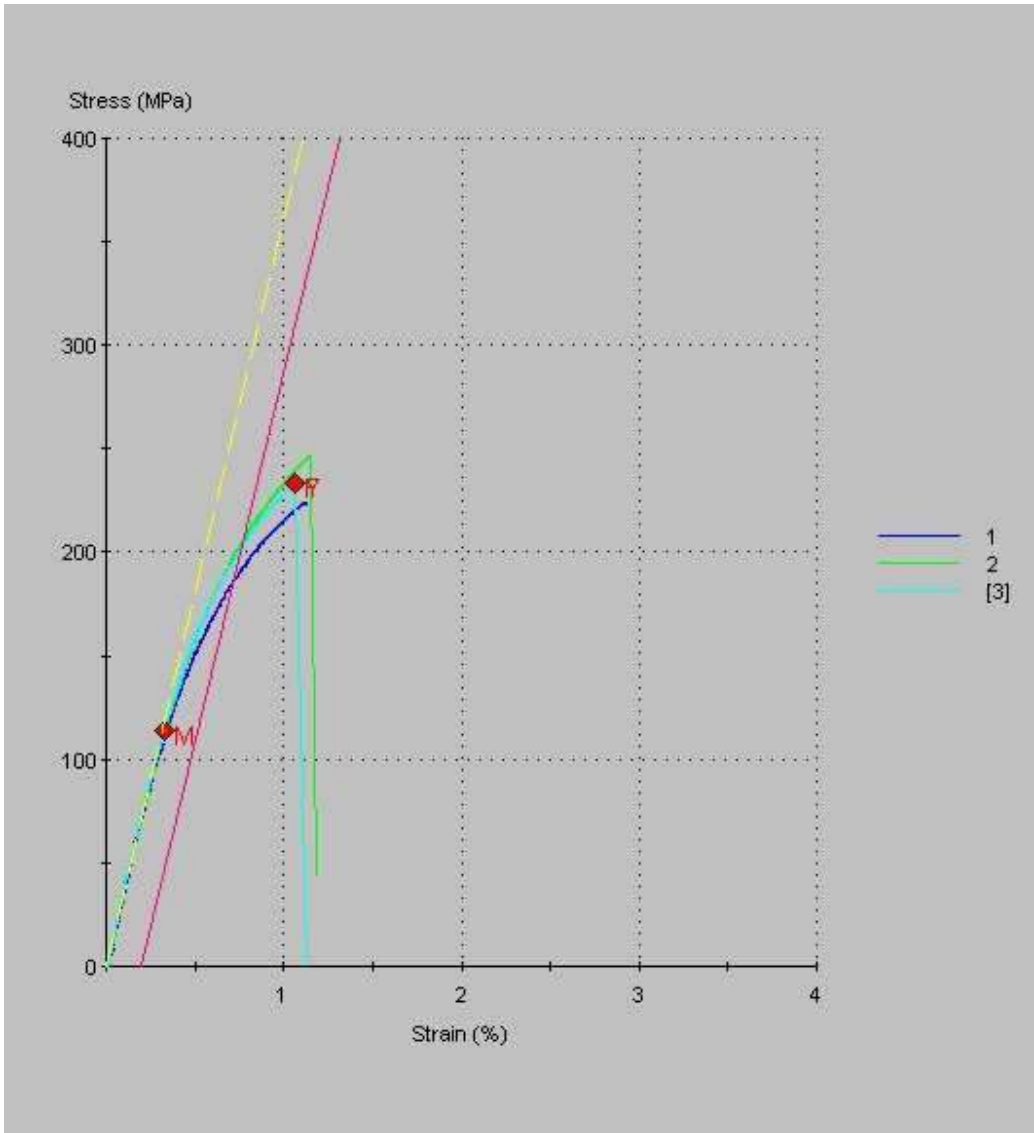
Specimen #	Stress At Yield MPa	Peak Load N	Peak Stress MPa	Break Load N	Break Stress MPa	Strain At Break %	
1	****	30374.05584	224.09662	****	****	****	
2	246.37671	32336.94374	246.37671	32309.39781	246.16684	1.15561	
3	233.37497	31213.90176	233.37497	31213.90176	233.37497	1.06656	
Mean	239.87584	31308.30045	234.61610	31761.64979	239.77090	1.11109	
Std. Dev.	9.19362	984.84291	11.19178	774.63269	9.04522	0.06297	

Calculation Inputs:

Name	Value	Units
Break Marker Drop	10.0	%
Break Marker Elongation	0.00100	mm
Chord Modulus Elongation Point 1	0.25400	mm
Chord Modulus Elongation Point 2	12.70000	mm
Chord Modulus Strain Point 1	0.02000	mm/mm
Chord Modulus Strain Point 2	0.05000	mm/mm
Comprimento Nominal	80.00000	mm
Grip Separation	****	mm
Secant Modulus Elongation Point 1	0.25400	mm
Secant Modulus Strain Point 1	0.05000	mm/mm
Secant Modulus Strain Point 2	0.05000	mm/mm
Slack Pre-Load	0.22500	lbf
Slope Segment Length	50.000	%
Strain Point 01	0.05000	mm/mm
Strain Point 02	0.05000	mm/mm
Strain Point 03	0.05000	mm/mm
Strain Point 04	0.05000	mm/mm
Strain Point 05	0.05000	mm/mm
Strain Point 06	0.05000	mm/mm
Strain Point 07	0.05000	mm/mm
Strain Point 08	0.05000	mm/mm
Yield Angle	0.00000	rad
Yield Offset	0.00200	mm/mm
Yield Segment Length	2.0	%

Test Inputs:

Name	Value	Units
Break Sensitivity	75	%
Break Threshold	100.00000	N
Data Acq. Rate	10.0	Hz
Extension Endpoint	0.50000	mm
Gage Adjustment Pre-Load	0.44500	N
Gage Adjustment Speed	2.54000	mm/min
Load Endpoint	4448.00000	N
Outer Loop Rate	100	Hz
Secondary Speed	15.00000	mm/min
Strain Endpoint	0.10000	mm/mm
Velocidade Inicial	0.60000	mm/min





LABORATÓRIO DE PROJETOS MECÂNICOS
PROF. HENNER A. GOMIDE

Sample ID: **Amostra B**

Test Date:

1/7/2009

Method: Tensile_Ret_Sem_Ext.msm Operator:

MTS

Specimen Results:

Specimen #	Espessura mm	Largura mm	Area mm ²	Modulus MPa	Load At Offset Yield N	Stress At Offset Yield MPa	Load At Yield N
1	5.50000	25.25000	138.87500	36513.69328	30066.53336	216.50069	33508.55931
2	5.35000	25.25000	135.08750	37697.44213	28944.30009	214.26335	33992.78553
3	5.00000	25.25000	126.25000	37443.27561	28136.36821	222.86232	31759.63319
Mean	5.28333	25.25000	133.40417	37218.13701	29049.06722	217.87545	33086.99268
Std. Dev.	0.25658	0.00000	6.47865	623.16200	969.33817	4.46129	1174.74727

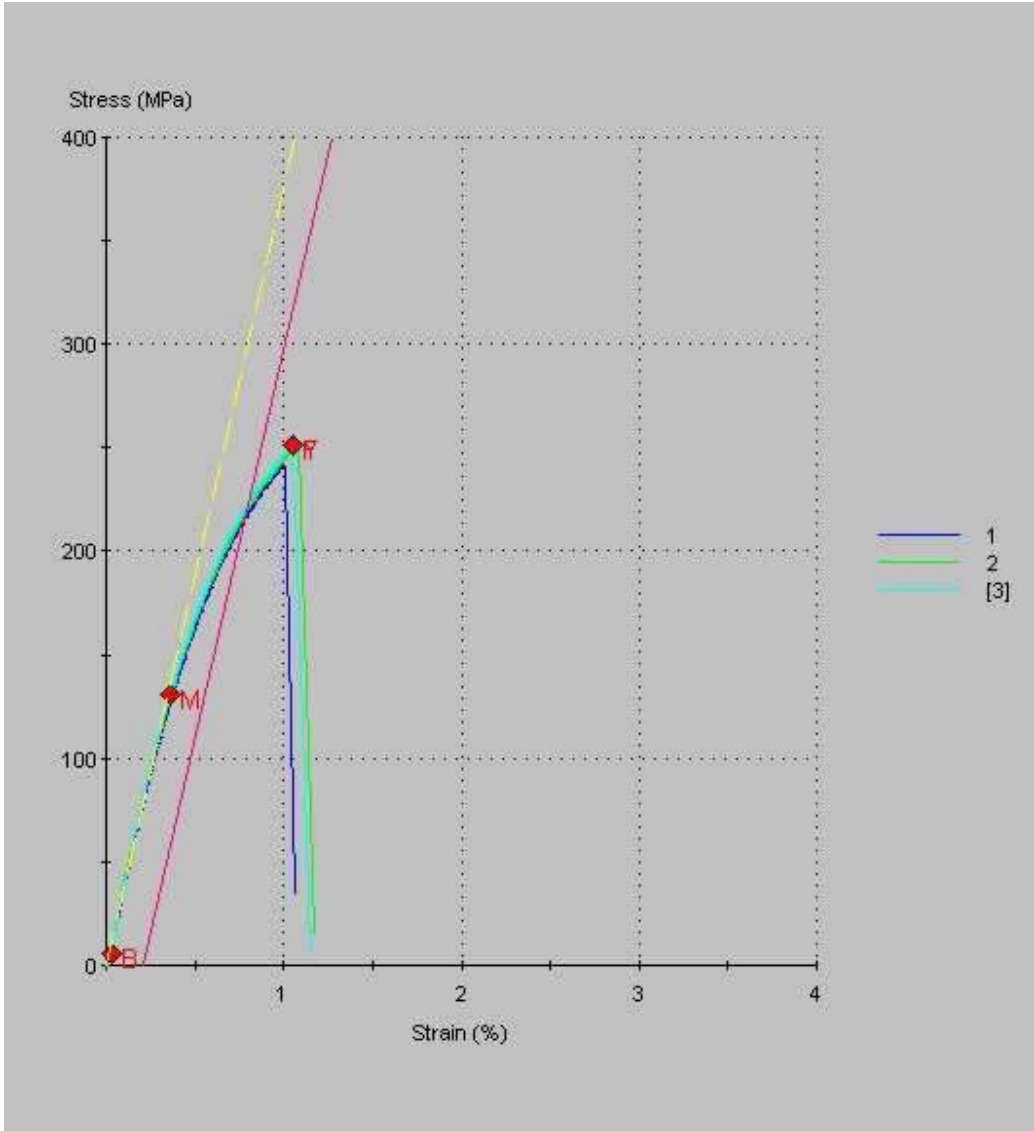
Specimen #	Stress At Yield MPa	Peak Load N	Peak Stress MPa	Break Load N	Break Stress MPa	Strain At Break %	
1	241.28576	33508.55931	241.28576	33499.99188	241.22406	1.00930	
2	251.63531	33992.78553	251.63531	33934.33292	251.20261	1.08443	
3	251.56145	31759.63319	251.56145	31759.63319	251.56145	1.05605	
Mean	248.16084	33086.99268	248.16084	33064.65267	247.99604	1.04993	
Std. Dev.	5.95411	1174.74727	5.95411	1150.85616	5.86745	0.03794	

Calculation Inputs:

Name	Value	Units
Break Marker Drop	10.0	%
Break Marker Elongation	0.00100	mm
Chord Modulus Elongation Point 1	0.25400	mm
Chord Modulus Elongation Point 2	12.70000	mm
Chord Modulus Strain Point 1	0.02000	mm/mm
Chord Modulus Strain Point 2	0.05000	mm/mm
Comprimento Nominal	80.00000	mm
Grip Separation	****	mm
Secant Modulus Elongation Point 1	0.25400	mm
Secant Modulus Strain Point 1	0.05000	mm/mm
Secant Modulus Strain Point 2	0.05000	mm/mm
Slack Pre-Load	0.22500	lbf
Slope Segment Length	50.000	%
Strain Point 01	0.05000	mm/mm
Strain Point 02	0.05000	mm/mm
Strain Point 03	0.05000	mm/mm
Strain Point 04	0.05000	mm/mm
Strain Point 05	0.05000	mm/mm
Strain Point 06	0.05000	mm/mm
Strain Point 07	0.05000	mm/mm
Strain Point 08	0.05000	mm/mm
Yield Angle	0.00000	rad
Yield Offset	0.00200	mm/mm
Yield Segment Length	2.0	%

Test Inputs:

Name	Value	Units
Break Sensitivity	75	%
Break Threshold	100.00000	N
Data Acq. Rate	10.0	Hz
Extension Endpoint	0.50000	mm
Gage Adjustment Pre-Load	0.44500	N
Gage Adjustment Speed	2.54000	mm/min
Load Endpoint	4448.00000	N
Outer Loop Rate	100	Hz
Secondary Speed	15.00000	mm/min
Strain Endpoint	0.10000	mm/mm
Velocidade Inicial	0.60000	mm/min





LABORATÓRIO DE PROJETOS MECÂNICOS
PROF. HENNER A. GOMIDE

Sample ID: **Material C**

Test Date:

11/26/2008

Method: Tensile_Ret_Sem_Ext.msm

Operator:

MTS

Specimen Results:

Specimen #	Espessura mm	Largura mm	Area mm ²	Modulus MPa	Load At Offset Yield N	Stress At Offset Yield MPa	Load At Yield N
1	5.00000	25.00000	125.00000	49858.13141	33624.09504	268.99276	42482.96246
2	5.20000	25.00000	130.00000	44588.62380	35082.06849	269.86207	46601.40107
3	5.10000	25.00000	127.50000	45369.30891	34953.56946	274.14564	46271.84519
Mean	5.10000	25.00000	127.50000	46605.35471	34553.24433	271.00016	45118.73624
Std. Dev.	0.10000	0.00000	2.50000	2843.90304	807.22785	2.75853	2288.58676

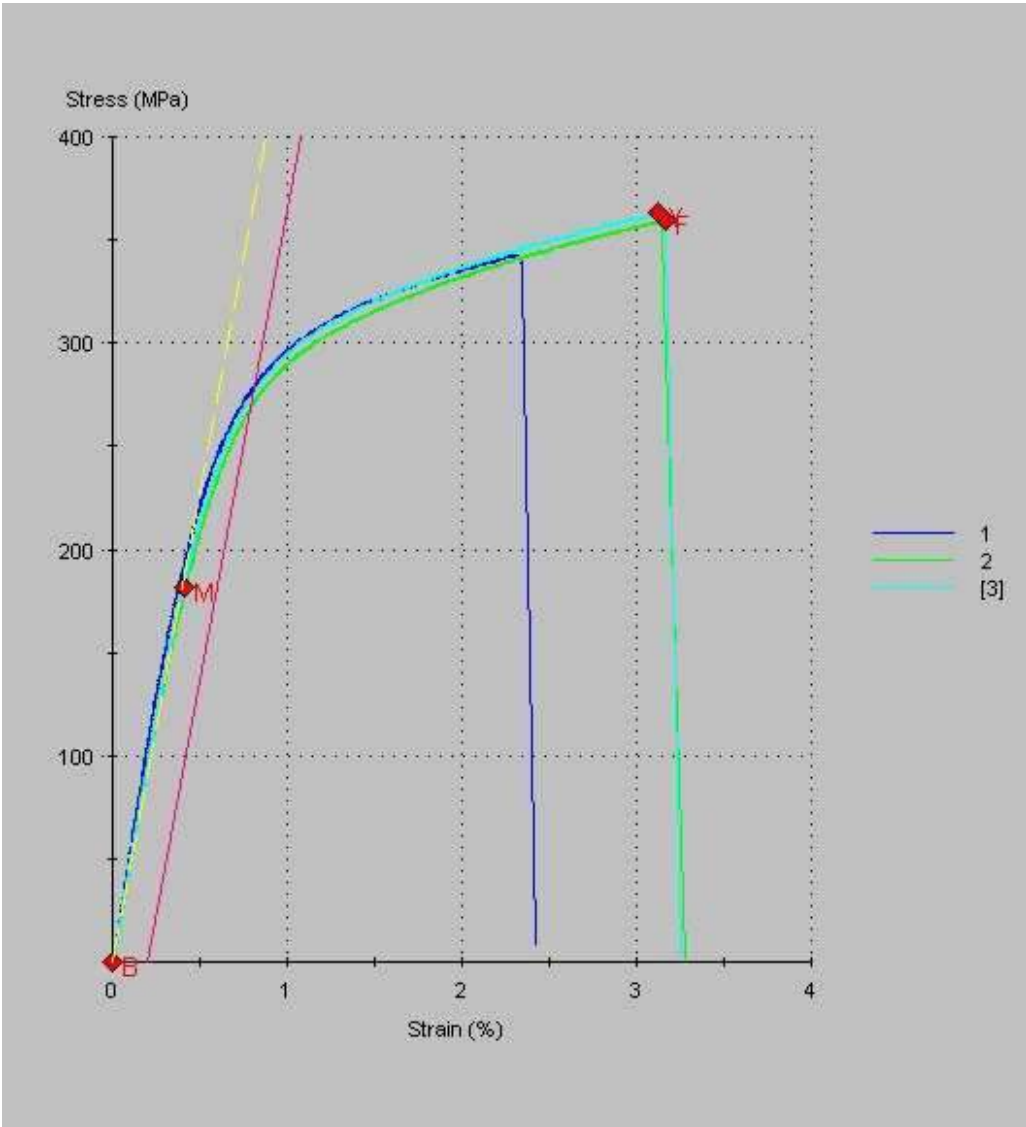
Specimen #	Stress At Yield MPa	Peak Load N	Peak Stress MPa	Break Load N	Break Stress MPa	Strain At Break %	
1	339.86370	42849.47093	342.79577	42234.19843	337.87359	2.35122	
2	358.47232	46601.40107	358.47232	46255.04736	355.80806	3.14038	
3	362.91643	46271.84519	362.91643	45844.36298	359.56363	3.16977	
Mean	353.75082	45240.90573	354.72817	44777.86959	351.08176	2.88712	
Std. Dev.	12.23015	2077.58804	10.56997	2212.43365	11.59172	0.46434	

Calculation Inputs:

Name	Value	Units
Break Marker Drop	10.0	%
Break Marker Elongation	0.00100	mm
Chord Modulus Elongation Point 1	0.25400	mm
Chord Modulus Elongation Point 2	12.70000	mm
Chord Modulus Strain Point 1	0.02000	mm/mm
Chord Modulus Strain Point 2	0.05000	mm/mm
Comprimento Nominal	80.00000	mm
Grip Separation	****	mm
Secant Modulus Elongation Point 1	0.25400	mm
Secant Modulus Strain Point 1	0.05000	mm/mm
Secant Modulus Strain Point 2	0.05000	mm/mm
Slack Pre-Load	0.22500	lbf
Slope Segment Length	50.000	%
Strain Point 01	0.05000	mm/mm
Strain Point 02	0.05000	mm/mm
Strain Point 03	0.05000	mm/mm
Strain Point 04	0.05000	mm/mm
Strain Point 05	0.05000	mm/mm
Strain Point 06	0.05000	mm/mm
Strain Point 07	0.05000	mm/mm
Strain Point 08	0.05000	mm/mm
Yield Angle	0.00000	rad
Yield Offset	0.00200	mm/mm
Yield Segment Length	2.0	%

Test Inputs:

Name	Value	Units
Break Sensitivity	75	%
Break Threshold	100.00000	N
Data Acq. Rate	10.0	Hz
Extension Endpoint	0.50000	mm
Gage Adjustment Pre-Load	0.44500	N
Gage Adjustment Speed	2.54000	mm/min
Load Endpoint	4448.00000	N
Outer Loop Rate	100	Hz
Secondary Speed	15.00000	mm/min
Strain Endpoint	0.10000	mm/mm
Velocidade Inicial	0.30000	mm/min



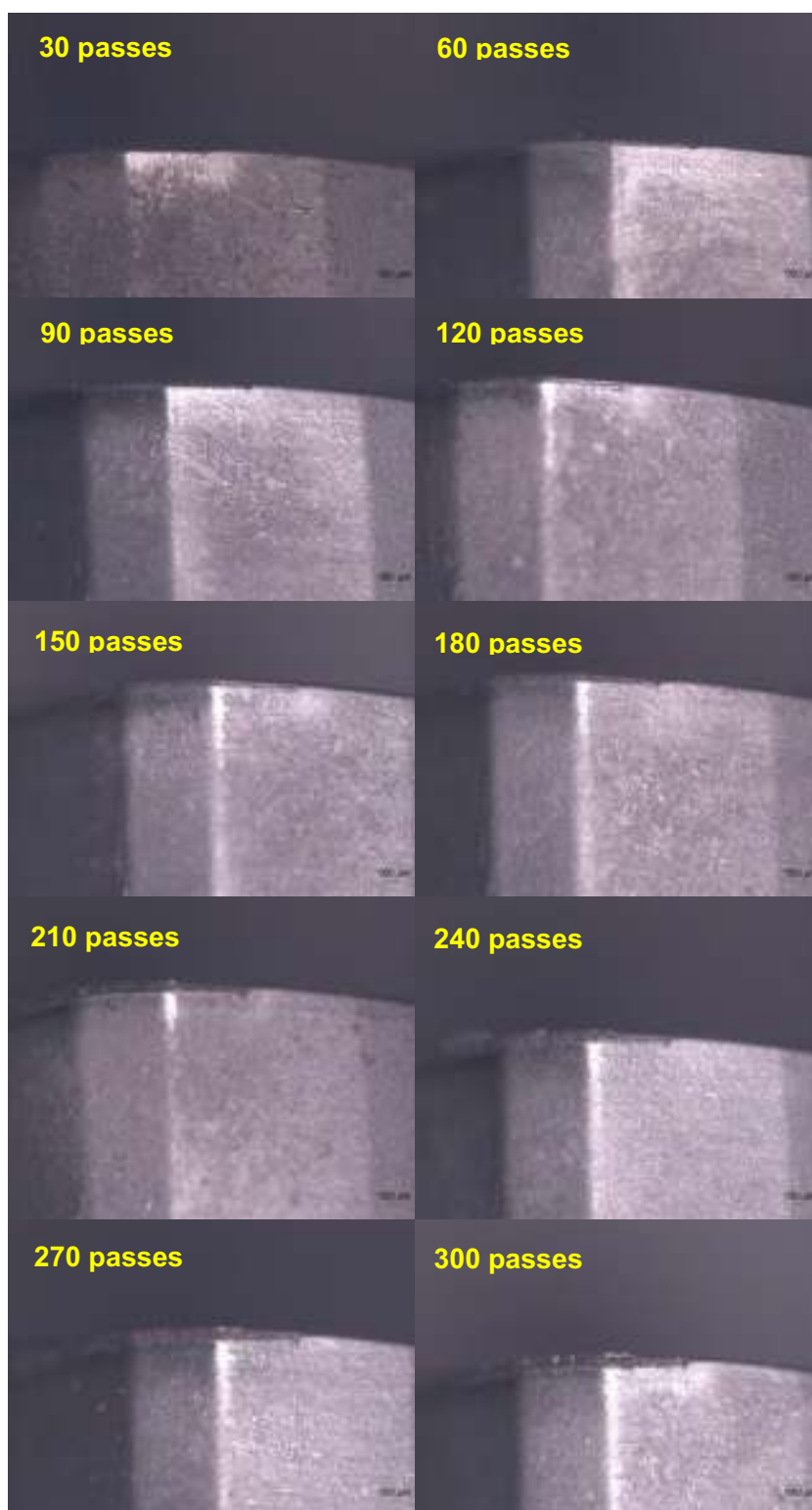


Figura 8.1 – Fotos para medição do desgaste no material A, $V_c = 600$ m/min.

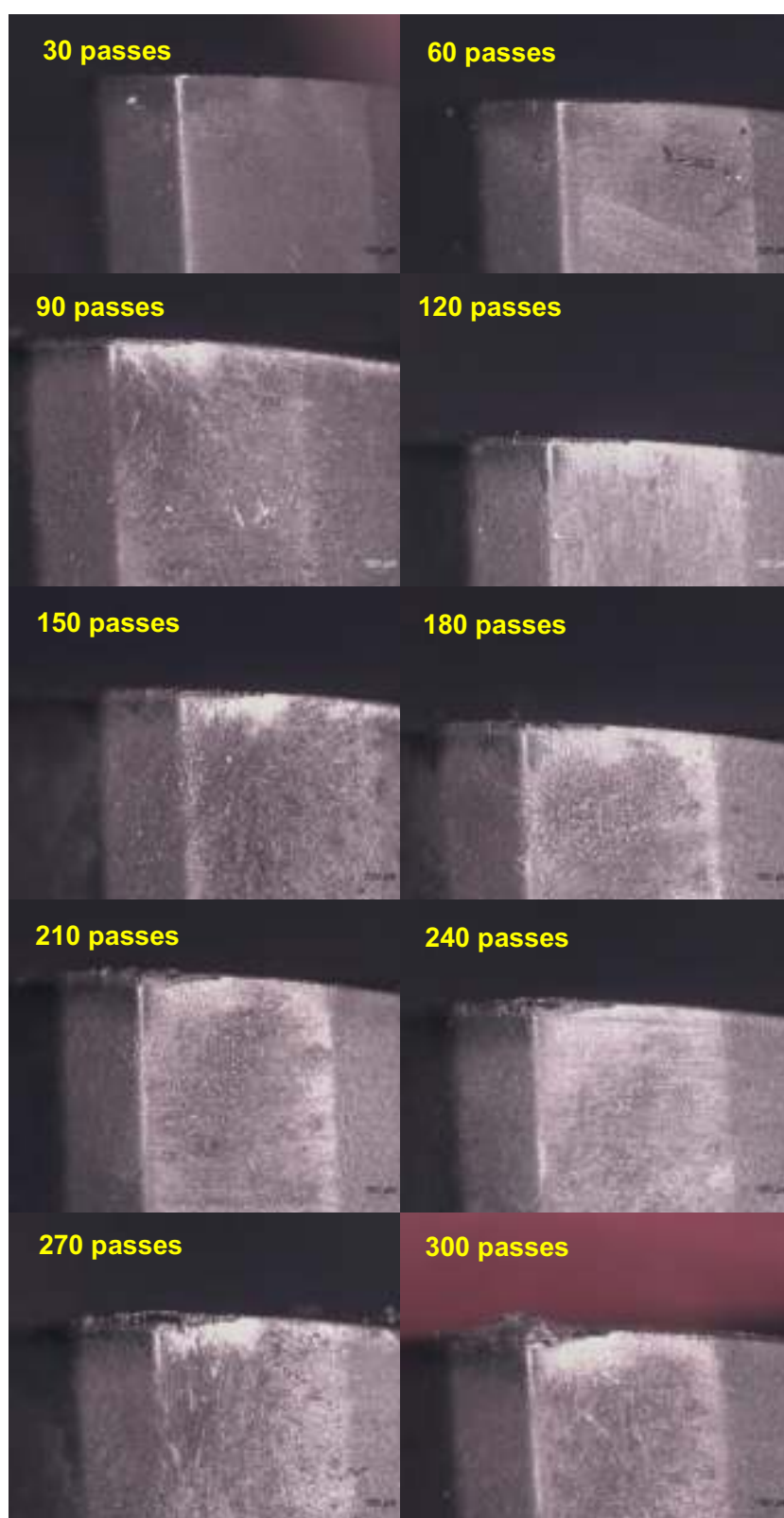


Figura 8.2 – Fotos para medição do desgaste no material A, $V_c = 800$ m/mi.

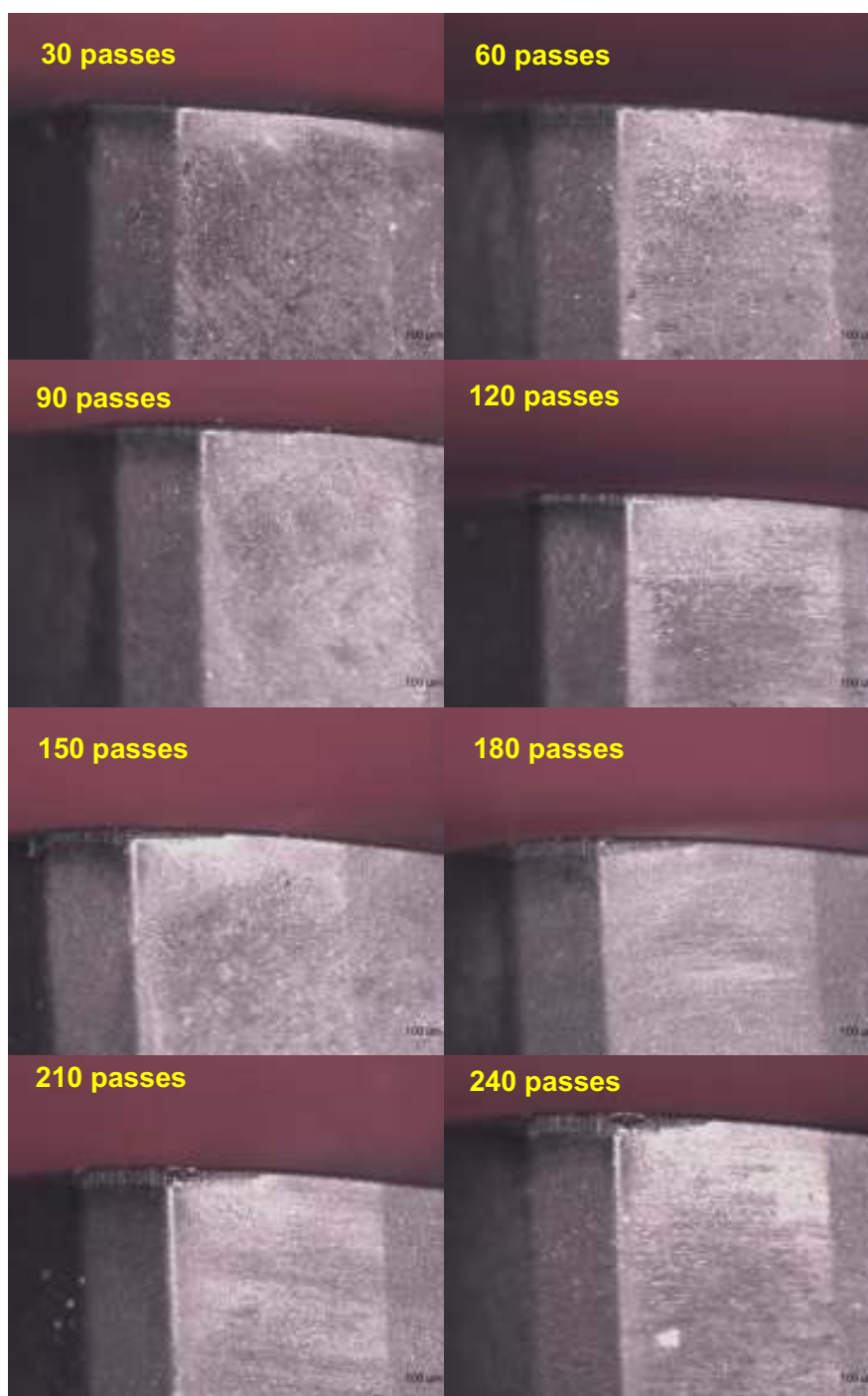


Figura 8.3 – Fotos para medição do desgaste no material A, $V_c = 1000$ m/mi.

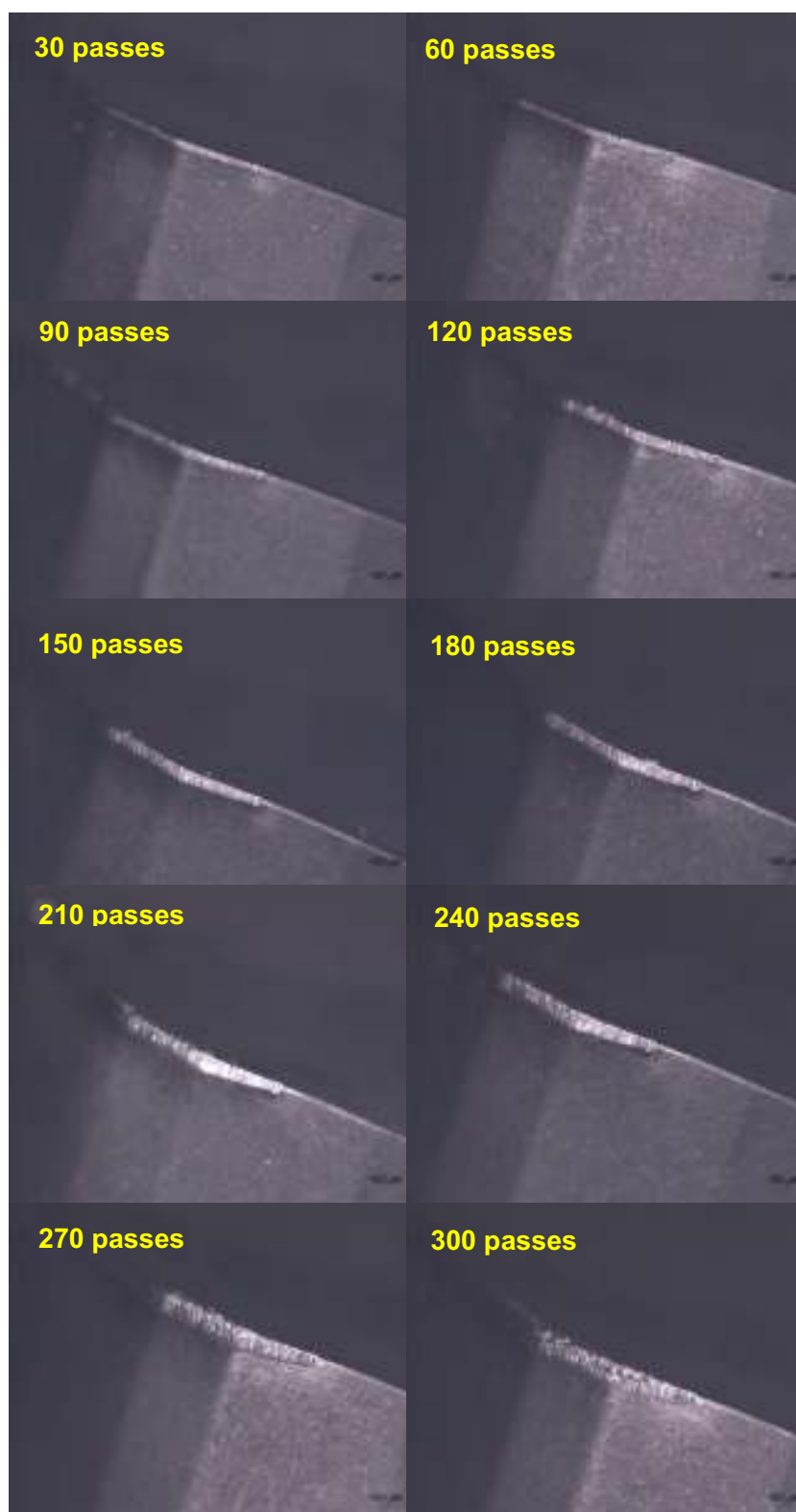


Figura 8.4 – Fotos para medição do desgaste no material B, $V_c = 600$ m/min.