

INFLUÊNCIA DA MINIMIZAÇÃO DO FLUIDO DE CORTE NA FURAÇÃO COM BROCA HELICOIDAL DE METAL-DURO

Rolf Bertrand Schroeter

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Eng. Mecânica, Laboratório de Mecânica de Precisão, 88010-970, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: rolf@emc.ufsc.br

Cleiton Rodrigues Teixeira

Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Materiais e Construção, 96200-900, Rio Grande, RS, Brasil. E-mail: dmccrt@super.furg.br

Pablo Ricardo Amarante de Castro

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Eng. Mecânica, Laboratório de Mecânica de Precisão, 88010-970, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: castro@lmp.ufsc.br

Resumo:

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da força axial, do momento torçor de usinagem e da vida da ferramenta no processo de furação com brocas helicoidais de metal-duro revestidas DIN 6537K com variação na quantidade e tipo de fluido de corte. Utilizaram-se quatro condições distintas para este estudo usinagem a seco, com emulsão e com mínima quantidade de fluido de corte (MQFC), sendo esta última com óleo vegetal e mineral. Geraram-se assim informações tecnológicas que possibilitam uma comparação entre as situações atuais de produção e a usinagem com minimização de fluido de corte. Nos experimentos foi monitorada a evolução do desgaste na face e no flanco de cada gume da ferramenta, como também nas guias laterais e gume transversal.

Palavras-chave: Minimização de fluido de corte, Furação, Brocas helicoidais.

1. INTRODUÇÃO

Para melhorar o desempenho das operações de usinagem, tanto tecnológica como economicamente, freqüentemente utiliza-se fluido de corte nos diversos processos de usinagem. Este produto, porém, é comprovadamente prejudicial à saúde dos operadores de máquinas-ferramentas e agressivo ao meio ambiente (Teixeira, 1997). Nos últimos anos a pressão e exigência dos órgãos ambientais, das leis governamentais, da sociedade e do próprio mercado internacional tem-se tornado cada vez maior, visando a redução do impacto ambiental promovido por resíduos dos diversos setores produtivos, dentre eles o metal-mecânico. Como consequência, a usinagem a seco e com quantidade mínima de fluido de corte (MQFC) tem-se mostrado como uma alternativa para utilização em processos de usinagem.

A furação com brocas helicoidais é uma das mais utilizadas dentre as operações de usinagem (König, 1997). Novos revestimentos que aumentam a resistência das ferramentas ao desgaste e que permitem a usinagem em altas temperaturas contribuem para o emprego destas ferramentas na usinagem a seco (Sandvik Coromant, 1994).

O objetivo do trabalho é avaliar os aspectos tecnológicos na furação com brocas helicoidais de metal-duro classe P40 (com revestimento de TiN, TiAlN) usando a seco e com quantidade mínima para diferentes tipos de fluido de corte. Este estudo visa melhorar a eficiência tecnológica, econômica e ecológica do processo de furação, fornecendo suporte técnico aos atuais processos produtivos. Também busca-se o desenvolvimento de novas tecnologias que possam suprir as necessidades econômicas e ecológicas dos processos de fabricação, cada vez maiores.

2. METODOLOGIA DOS ENSAIOS

Nos ensaios realizados utilizaram-se oito ferramentas de metal-duro classe P40, com mesmas características geométricas, porém quatro brocas com especificação A3265TiN (ferramenta A) e quatro A3265TFL revestida com TiAlN (ferramenta B), conforme a norma DIN 6537K. As condições de usinagem para as ferramentas são apresentadas na tabela 1 e seguem as recomendações do fabricante.

Tabela 1. Condições de usinagem para as ferramentas.

Ferramenta	Fluido de Corte	v_c (m/min)	f (mm)	n (rpm)	d (mm)
A1	Seco	75	0,18	2353	10
A2	Emulsão	75	0,18	2353	10
A3	MQFC 1	75	0,18	2353	10
A4	MQFC 2	75	0,18	2353	10
B1	Seco	75	0,18	2353	10
B2	Emulsão	75	0,18	2353	10
B3	MQFC 1	75	0,18	2353	10
B4	MQFC 2	75	0,18	2353	10

2.1 Fluidos de corte

A forma de aplicação e as características dos fluidos de corte empregados são as seguintes:

- Seco - Sem introdução de fluido de corte;
- MQFC 1 - Óleo de origem vegetal com especificação IT-MICRO 4300, fornecido pela empresa I. Terstegen da Alemanha, aplicado por dois bicos injetores com uma pressão de 3 bar, a uma inclinação de 45° entre a superfície da peça e a ferramenta. Vazão de 25 ml/h em cada bico, totalizando 50 ml/h;
- MQFC 2 - Óleo de origem mineral com especificação MAXLU B5G725, fornecido pela empresa BARDAHL, aplicado a uma pressão de 3 bar com inclinação de 45° entre a superfície da peça e a ferramenta, através de um bico com vazão de 50 ml/h;
- Emulsão - Solução com 6% de MAXLUB RECUT 2, fornecido pela empresa BARDAHL, aplicado a uma inclinação de 45° entre a peça e a ferramenta e com uma vazão de aproximadamente 360 l/h.

A quantidade mínima de fluido de corte refere-se a vazões de até 50 ml/h e onde o fluido é aplicado em forma de névoa. Vazões superiores a esta são consideradas aplicações reduzidas de fluido de corte (Klocke, 1996).

2.2 Material ensaiado e estratégia de usinagem

O material usinado foi o aço SAE 1040 em barra redonda laminada, sem tratamento e sem acabamento com diâmetro bruto de 101,6 mm, fornecido pela empresa GERDAU S.A. com 167 HB de dureza.

Utilizaram-se corpos de prova com funções distintas, sendo um para desgaste da ferramenta e o outro para aquisição dos dados tecnológicos (força e momento). Realizou-se a furação de forma vertical, em cheio, sem pré-furo e sem furo de centro. A profundidade de cada furo usinado foi de 30 mm, sendo este não-passante e considerado não-profundo (Stemmer, 1992). Cada face do corpo de prova permitiu a realização de cinquenta furos totalizando três metros em comprimento usinado por corpo de prova.

2.3 Equipamentos utilizados

Utilizou-se uma fresadora CNC ROMI Polaris F400, uma plataforma piezelétrica para furação tipo 9273 KISTLER com amplificador de sinais tipo AG 5006 KISTLER, placa de aquisição de sinais, microscópio de ferramentaria Nikon Measurescope, sistema de aquisição de imagem digital e outros acessórios para permitir a execução dos ensaios.

2.4 Planejamento experimental

Para sistematizar os intervalos de aquisição dos dados e garantir a repetibilidade das medições, elaborou-se um plano de trabalho para os experimentos (tabela 2). A primeira etapa consiste na comprovação da qualidade geométrica das ferramentas e para isto foram avaliadas algumas dimensões principais, como o ângulo de hélice, ângulo de saída, ângulo de ponta, etc. As dimensões verificadas não apresentaram valores fora da margem de erro.

Tabela 2. Seqüência de atividades para execução do ensaio.

Etapa	Descrição
1	Verificação da qualidade geométrica da broca
2	1ª Aquisição dos dados força e momento torçor (broca nova)
3	Desgaste da ferramenta (6 m em comprimento linear usinado)
4	2ª Aquisição dos dados de força, momento torçor e desgaste
5	São repetidas as etapas 3 e 4 até atingir 30 m de material usinado ou colapso da ferramenta

Tem-se assim 6 pontos de aquisição dos dados em intervalos constantes de 6 m de comprimento usinado, totalizando 30 m.

3. MEDIÇÃO DA FORÇA

Para aquisição do sinal de força utilizou-se a plataforma piezelétrica 9273 KISTLER, onde o sistema de aquisição foi ajustado para gravar 200 medições por segundo (0,2 kHz) durante todo o período de execução do furo de 30 mm. Como critério para comparação dos esforços de usinagem em cada ponto de medição, adotou-se a média dos valores de força axial e do momento torçor dentro do intervalo de usinagem estabilizada (entre 1 e 4 segundos).

A figura 1 mostra a tendência linear de evolução da força axial média resultante para os quatro ensaios da ferramenta A ao longo do comprimento linear usinado. A figura 2 mostra os resultados para o momento torçor médio.

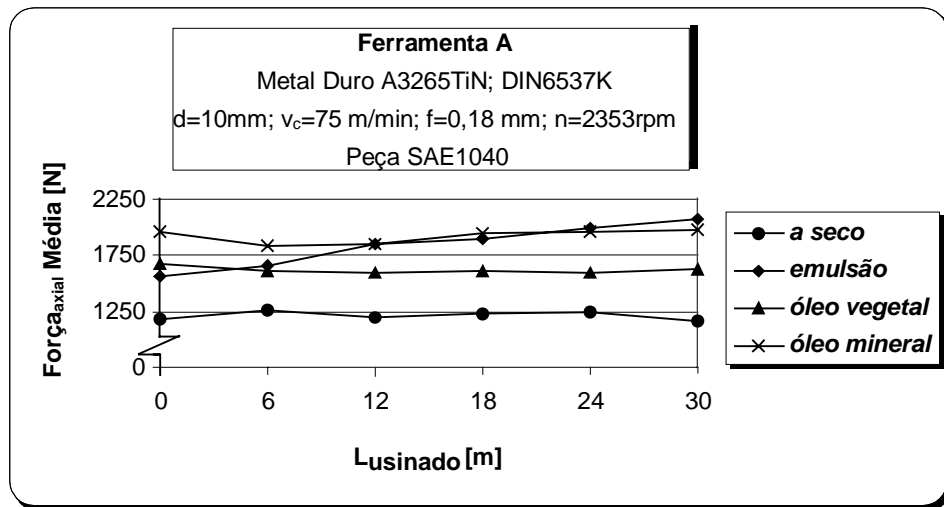


Figura 1. Tendência de evolução da força axial média para os diferentes tipos de fluido.

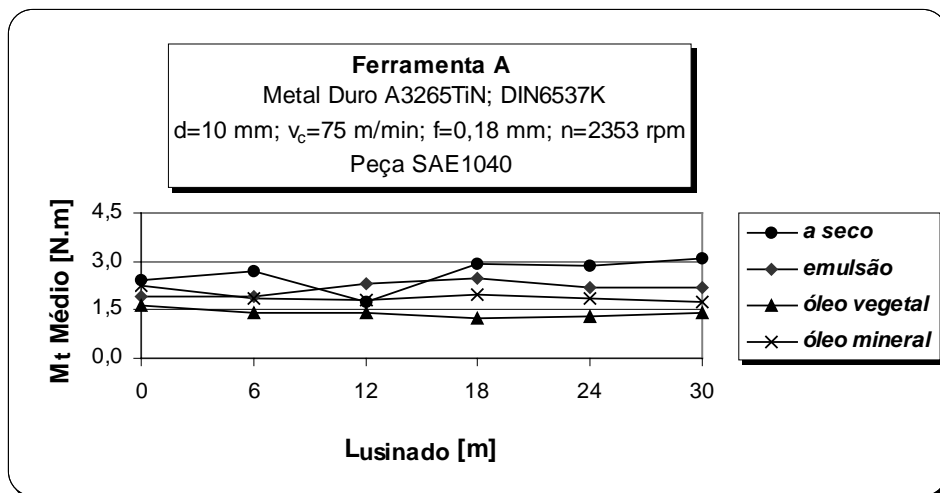


Figura 2. Tendência de evolução do momento torçor médio para os diferentes tipos de fluido.

A figura 3 mostra a tendência linear de evolução da força axial média resultante para os 4 ensaios da ferramenta B e a figura 4 mostra os resultados da tendência de evolução do momento torçor médio.

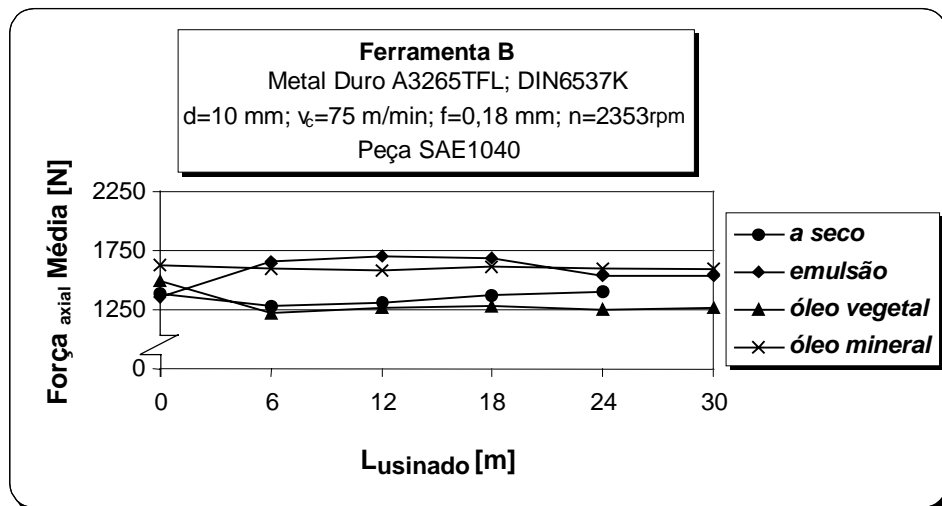


Figura 3. Tendência de evolução da força axial média para os diferentes tipos de fluido.

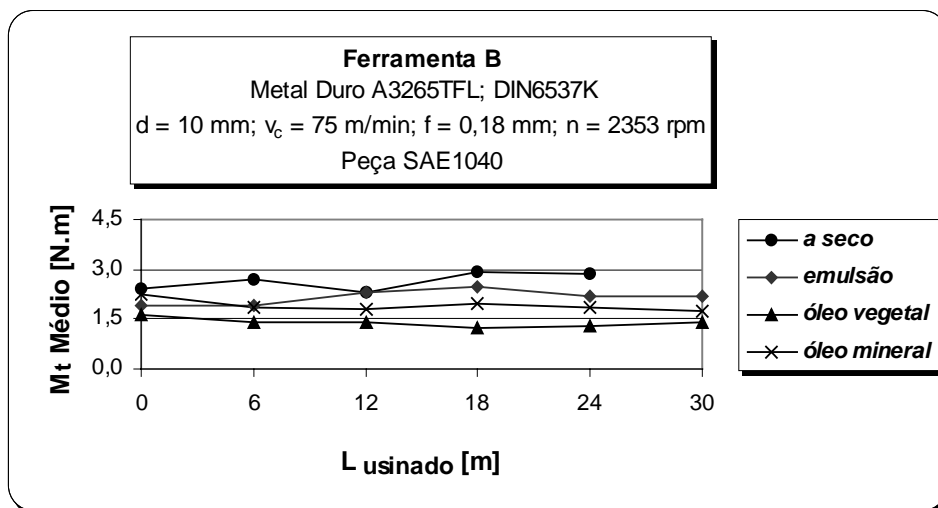


Figura 4. Tendência de evolução do momento torçor médio para os diferentes tipos de fluido.

4. MEDIÇÃO DO DESGASTE

Para a quantificação do desgaste ocorrido em cada região da ferramenta, foi empregada a metodologia de medição proposta por Schroeter e Teixeira, 2000, na qual registram-se os defeitos ocorridos na face e no flanco da ferramenta através de uma câmera CCD em intervalos pré-determinados, conforme o planejamento do experimento. Para brocas é importante também a aquisição de imagens das guias laterais e do gume transversal. Estas imagens são arquivadas e posteriormente analisadas através de um *software* adequado para a medição dos respectivos desgastes.

Pode-se observar, através das imagens adquiridas, que os locais onde o desgaste foi mais acentuado nas ferramentas variaram de acordo com a forma de refrigeração e lubrificação do processo, principalmente nos casos em que se trabalhou a seco e com emulsão. Pode-se constatar porém que o desgaste de flanco foi o que se apresentou de forma mais evidente em todas as condições tanto nas ferramentas A como nas B. A figura 5 mostra o comportamento da marca de desgaste máxima no flanco principal

($VB_{m\acute{a}x}$) das ferramentas do tipo A em todas as condições de ensaio, enquanto que a figura 6 demonstra o comportamento para as ferramentas do tipo B. Como critério na avaliação dos desgastes, adotou-se o gume que apresenta a maior marca de desgaste em cada ponto de medição como o valor representativo para o desgaste da broca.

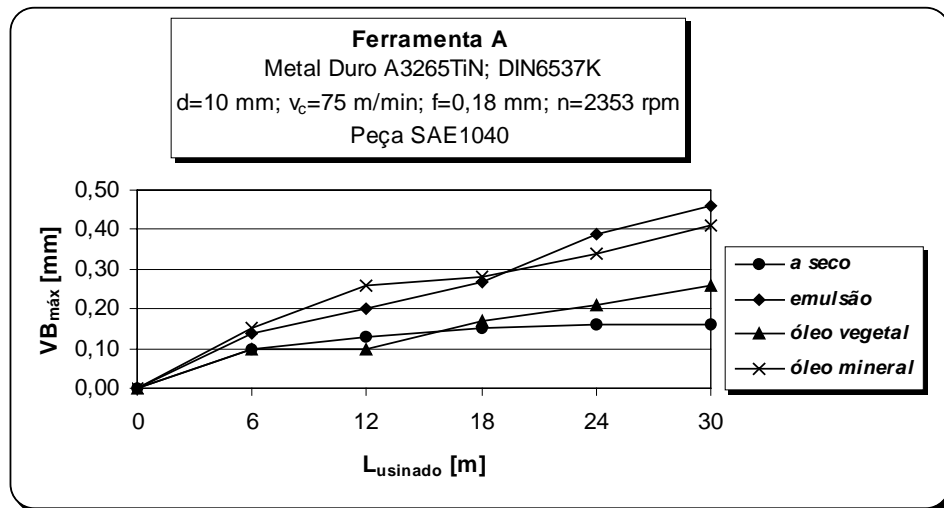


Figura 5. Comportamento da marca de desgaste no flanco principal ($VB_{m\acute{a}x}$).

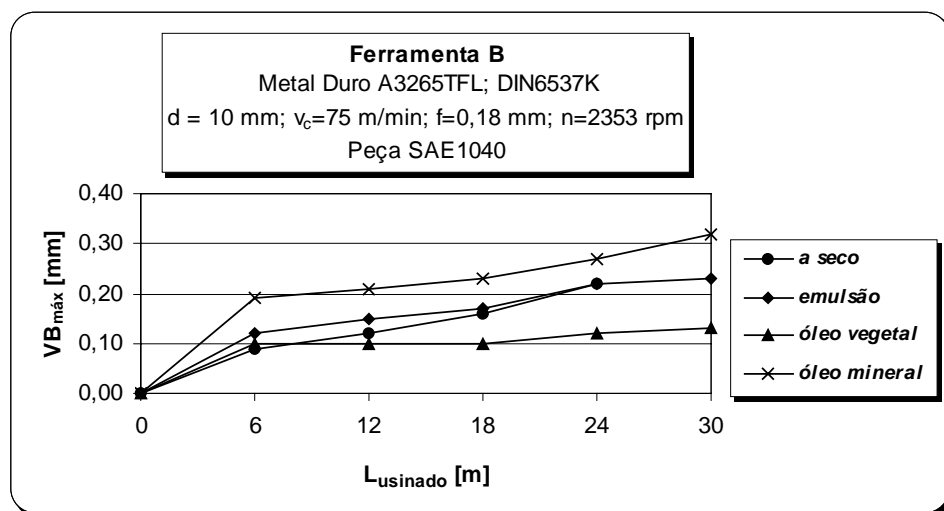


Figura 6. Comportamento da marca de desgaste no flanco principal ($VB_{m\acute{a}x}$).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através da análise da evolução das forças na usinagem com broca revestida com TiN (ferramenta A), figura 1, constata-se que na furação a seco as forças resultantes são as menores. Isto ocorre possivelmente devido a uma maior temperatura na região de corte, que diminui a dureza do material usinado, favorecendo assim a remoção de material. Observando-se as figuras 1 e 3 verifica-se que com óleo mineral e emulsão, as forças foram as maiores e com valores semelhantes tanto para a broca A quanto para a B. Tal fato pode indicar um maior poder de refrigeração do óleo mineral se comparado com óleo vegetal, levando a um resfriamento e endurecimento do material na região de corte.

Comparando-se as forças entre as ferramentas A e B, verifica-se que somente na usinagem a seco é que a broca B apresentou maiores valores em relação à broca A.

Uma análise das figuras 2 e 4 mostra que o momento torçor médio comportou-se de forma semelhante para os dois tipos de broca, sendo que os maiores valores encontrados foram respectivamente na usinagem a seco e com emulsão. Isto ocorre possivelmente devido ao fato de haver maior atrito entre as guias laterais da ferramenta e a parede do furo. Os menores valores de momento foram verificados no corte com óleo vegetal, o que pode indicar um maior poder de lubrificação deste produto.

Em relação ao desgaste, pode-se dizer que a ferramenta A (revestida com TiN) apresentou os maiores valores de $VB_{máx}$, exceto na usinagem a seco. Os menores valores verificados nas brocas do tipo A e B foram obtidos nos ensaios a seco e com óleo vegetal, confirmando a viabilidade de se trabalhar nestas condições (Teeter, 1999). Vale salientar que usinando a seco houve uma maior durabilidade do revestimento. A furação com emulsão e óleo mineral tende a gerar choques térmicos e com isso favorecer a deterioração do revestimento e a evolução do desgaste, possivelmente devido ao fato destes fluidos terem uma capacidade de refrigeração superior. Deve-se registrar que a broca B quebrou antes de chegar aos 30 m de usinagem na condição a seco.

6. CONCLUSÕES

Apesar não terem sido feitas repetições nos ensaios que possibilitassem um tratamento estatístico dos dados e o processo estudado possuir características específicas. Pode-se concluir que:

1. Do ponto de vista ecológico e econômico a usinagem a seco apresenta-se como uma alternativa de trabalho. No caso das ferramentas de metal-duro revestidas com TiN e TiNAl utilizadas neste experimento, a usinagem a seco apresentou melhores resultados em relação às outras condições (com emulsão, MQFC1 e 2), principalmente no que diz respeito ao desgaste e força de usinagem.
2. A utilização de emulsão como fluido de corte é bastante difundida no meio produtivo. Pode-se observar neste trabalho que sua aplicação tende favorecer a evolução do desgaste, deterioração do revestimento, aumento da força e do momento torçor na usinagem. Isto devido à alta taxa de refrigeração do produto, a qual leva a severos choques térmicos nos gumes de corte;
3. O emprego da quantidade mínima de fluido de corte levou a bons resultados nos ensaios realizados. Aparentemente o óleo mineral possui uma capacidade de refrigeração maior se comparado ao vegetal, pois com o mesmo ocorreram os maiores valores de força. Já o óleo vegetal tende a ter mais poder de lubrificação, o que leva a menores valores de momento e desgaste das guias laterais.

Sendo assim, a proposta da utilização de mínima quantidade de fluido de corte e a usinagem a seco na furação com brocas helicoidais de metal-duro revestidas mostra-se como sendo uma alternativa viável. Deste modo, estudos nesta área devem ser continuamente realizados para proporcionar novas informações que possam beneficiar as indústrias do setor metal-mecânico.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas TITEX PLUS, I. Terstegen da Alemanha, Rubens Moreira/BARDAHL e GERDAU S/A pelo apoio na realização deste trabalho.

8. REFERÊNCIAS

- König, W., Klocke, F., 1997, “Fertigungsverfahren 1, Drehen, Fräsen, Bohren”, Ed. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 471p.
- Sandvik Coromant. Modern Metal Cutting – A Practical Handbook, 1994, 1ª Ed., p. III-1 – IV-27, Sweden.
- Stemmer, C. E., 1992, “Ferramentas de Corte II”, Ed. da UFSC, Florianópolis, Brasil, 314p.
- Teixeira, C. R., 1997, “Minimização de Fluido de Corte no Processo de Usinagem com Ferramenta de Geometria Definida”, Exame de Qualificação para Doutorado, UFSC, Florianópolis, Brasil, 42p.
- Klocke, F., Gerschwiler, K., 1996, “Usinagem a Seco - Fundamentos, Limites e Perspectivas”, Aachen, 21p.
- Schroeter, R. B., Teixeira, C. R., 2000, “Proposta de Metodologia para Medição do Desgaste em Ferramentas de Corte de Geometria Definida”, Submetido ao CONEM 2000, Rio Grande do Norte, Brasil, 8p.
- Teeter, F. J., 1999, “Coating Takes Place of Coolant”, American Machinist, p.50-52.