

IFLUÊNCIA DO ÂNGULO DE CORTE NOS CORTADORES PDC

Mariane Rangel de Matos

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 - mariane@uenf.br

Guerold Sergueevitch Bobrovnitchii

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 - guerold@uenf.br

Renan da Silva Guimarães

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 – renanuenf@hotmail.br

João Carlos Ribeiro Plácido

CENPES/PETROBRAS, Cidade Universitária, Quadra 07, Rio de Janeiro/RJ, CEP 21949-900 - jcrp@cenpes-petrobras.com.br

Marcello Filgueira

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 - marcello@uenf.br

As pastilhas PDC (diamante policristalino) são tipos de materiais compósito diamantados, onde o suporte de metal duro (WC/Co) absorve a energia de impacto sofrida pela camada diamantada durante o funcionamento, aumentando o limite de resistência mecânica da camada diamantada e, conseqüentemente, a vida útil da ferramenta. A pastilha é formada através da compactação e sinterização de pós de diamante com materiais ligantes (cobalto) utilizando técnicas de alta pressão e alta temperatura (HPHT). Esta ferramenta é utilizada para corte e usinagem; e em perfuração de poços de óleo e gás (brocas). O trabalho visa o estudo da influência de alguns parâmetros de corte no desgaste dos cortadores PDC, simulando a situação real de corte: forças sobre o cortador, temperatura na zona de corte, rotação da mesa de granito e ângulo de corte. Correlacionando estes parâmetros descobre-se quais influenciam mais no desgaste das pastilhas. Os ensaios foram realizados em um simulador físico de corte e abrasão que forneceu os resultados para análise.

Palavras-Chaves: Pastilha PDC, Desgaste, Diamantes Sinterizados, Ensaio de Corte.

1. INTRODUÇÃO

Os materiais utilizados no processo de perfuração das rochas sofrem influências de vários tipos de fatores, controláveis e não controláveis, o que resulta na perda da integridade total ou parcial dos elementos cortadores da broca. Várias técnicas estão sendo propostas e testadas objetivando melhorar o desempenho das brocas, principalmente na perfuração de rochas duras. Um estudo das novas técnicas de perfuração de rochas duras, indicou a necessidade de desenvolvimento de um sistema de testes para os materiais aplicados nas brocas de perfuração, que possibilitem regular, monitorar e registrar os parâmetros de perfuração, visando a análise posterior da influência de cada fator sobre o desempenho dos materiais.

As pastilhas PDC são aplicadas na perfuração de poços com litologia caracterizada por presença de rochas médias. A variedade de aplicações das brocas PDC e sua correlação com os tipos de formação a ser perfurada, são fatores seletivos no emprego dessas brocas. Com o intuito de obter o melhor desempenho da ferramenta, alguns parâmetros são variados, como a geometria, a posição e a inclinação do cortador PDC nas brocas. Desta forma, pode-se aumentar essencialmente o

desempenho de brocas PDC na perfuração de rochas duras, além de diminuir o custo de perfuração por metro perfurado em aproximadamente 50 %.

Um estudo das novas técnicas de perfuração de rochas duras, indicou a necessidade de desenvolvimento de um sistema de testes para os materiais aplicados nas brocas de perfuração, que possibilitem a regulagem, o monitoramento e o registro dos parâmetros de perfuração, visando a análise posterior da influência de cada fator sobre o desempenho das pastilhas.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é melhorar o desempenho das brocas, principalmente na perfuração de rochas duras. É necessário investigar os modos de desgaste das pastilhas, de forma aproximada (simulada) à situação real de corte. Os parâmetros que serão analisados são: força vertical sobre o cortador, temperatura na zona de corte e ângulo de corte; correlacionando estes parâmetros com o desgaste das pastilhas avaliando quais os que mais influenciam. Assim as pastilhas PDC foram comparadas do ponto de vista de corte e abrasão, fazendo uma rígida análise dos vários parâmetros: temperatura, rotação da mesa de granito, ângulo de corte, desgaste da ferramenta, forças vertical e horizontal sobre a pastilha.

3. REVISÃO TEÓRICA

Thomas⁽¹⁾ diz que ao final da década de 1970 foram lançadas novas brocas utilizando diamantes sintéticos. São as chamadas brocas PDC, cuja estrutura de corte é formada por pastilhas ou compactos, montadas sobre bases cilíndricas, instalada no corpo da broca.

De acordo com Gavito⁽²⁾, as brocas PDC tornaram-se um padrão de ferramenta preferencialmente em quase todas as áreas, onde é necessário o uso de uma ferramenta especial para perfurar formações específicas.

Os cortadores PDC padrão consistem de uma camada diamantada e de um suporte de carbetto de tungstênio e cobalto. A camada diamantada é composta de cristais de diamante policristalino e o cobalto, que é utilizado como ligante e catalisador no processo de sinterização por altas pressões e altas temperaturas (HPHT). O compacto resultante tem a dureza e a resistência ao desgaste do diamante na face cortante, com a tenacidade do carbetto de tungstênio-cobalto para melhorar o suporte da camada diamantada. Berman⁽³⁾ avalia o diamante como um componente principal das pastilhas PDC, tendo papel relevante no desempenho das brocas PDC. Graças às suas propriedades únicas, foi possível o aumento essencial da vida útil de vários tipos de ferramentas de corte.

Em Reedhycalog⁽⁴⁾ verifica-se que os cortadores PDC tem um chanfro ao redor da periferia da face cortante, para aumentar a resistência ao impacto inicial. Para evitar qualquer dano prematuro potencial para o diamante, o ângulo de corte do PDC deve ter um chanfro periférico que, embora seja pequeno, reduz as tensões concentradas no ângulo do diamante.

Os cortadores PDC combinam a dureza e a resistência à abrasão do diamante com a estabilidade mecânica do carbetto de tungstênio, propiciando a broca funcionar por mais tempo. Altas taxas de penetração, aumento do tempo na perfuração têm resultado em economias significantes no custo da perfuração, quando comparado com outros tipos de brocas em determinadas situações de perfuração. Os fatores mecânicos do peso na broca e rotação devem ser coordenados com a seleção da broca, com o propósito de otimizar a taxa de perfuração. De acordo com Wilson⁽⁵⁾, um aumento do peso na broca ou na rotação irá aumentar a taxa de penetração.

Segundo Glowka⁽⁶⁾, uma baixa velocidade de rotação e um alto peso na broca contribuem para aumentar a vida útil da ferramenta, desde que o peso na broca não exceda o nível crítico em que o efeito do desgaste térmico torna-se importante.

A temperatura é um fator importante no desgaste da pastilha. Sneddon⁽⁷⁾ diz que abaixo de 730°C, os cortadores tipicamente desgastam-se em um modo de lascamento microscópico, causado por fadiga mecânica. O desgaste macroscópico atribuído à fadiga mecânica, tem uma mecanismo de desgaste diferente que enfraquece as ligações individuais diamante-diamante. Durante cargas

cíclicas do cortador PDC, fraturas podem propagar-se lentamente em tensões mais baixas através da camada diamantada. A propagação de microtrincas próximas a superfície do diamante provavelmente enfraquecem a estrutura do grão de diamante, permitindo falha macroscópica a tensões mais baixas. Acima de 730°C, o modo de desgaste por microlascamento muda para severa degradação térmica e retirada do grão inteiro. Esta falha traumática resulta das tensões internas causadas pela diferença de expansão do diamante e do material ligante (Co).

4. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os materiais que foram utilizados no presente trabalho são: pastilhas PDC, granito de alta dureza.

4.2 Equipamentos

Os testes com as pastilhas foram realizados pelo Abrasímetro – Microprocessado Modelo AB800-E, um equipamento em que é possível a realização dos testes com algumas condições do ensaio variadas como o ângulo de corte, o peso sobre a pastilha e a rotação da mesa de granito (amostra a ser cortada pela pastilha). Este equipamento possui interface com o computador, e utiliza o software Pavitest Abrasímetro 2.31 para a obtenção dos dados.

4.3 Métodos

Os procedimentos necessários para se obter informações para a análise dos dados obtidos são: caracterização e testes das pastilhas.

A caracterização das pastilhas PDC tem como objetivo avaliar as condições das pastilhas antes e após os ensaios. As pastilhas foram pesadas antes e após os testes, para analisar o quanto a pastilha se desgastou em cada situação de corte, assim quanto menor o desgaste obtido, melhor o desempenho da pastilha. Através dos resultados obtidos foram levantados gráficos para uma melhor visualização do desgaste das pastilhas.

Os testes foram realizados em um equipamento único no Brasil, o Simulador Físico Tipo AMSLER Modificado com interface com um computador que fornece instantaneamente os dados necessários para uma rígida análise dos parâmetros que influenciam o desgaste e desempenho das pastilhas.

As pastilhas foram acopladas a um suporte onde varia-se o ângulo de corte em 10, 20 e 30 graus. Os pesos vertical sob as pastilhas PDC foram de 10 e 15kgf. As rotações da mesa de granito (amostra a ser cortada pelas pastilhas) foram de 20, 30 e 40 RPM. Com isto, os parâmetros adotados foram similares às condições de perfuração de poços de petróleo com brocas PDC, considerando os esforços em um cortador.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi dada mais ênfase aos resultados relacionados à temperatura, ao desgaste da pastilha e da mesa de granito, pois quando avaliados pode-se conhecer como influenciam no desempenho das pastilhas PDC.

5.1 Temperatura

Analisando a figura 1 acima, nota-se que ao se aumentar o peso sobre o cortador a temperatura também aumenta. Em relação ao ângulo de corte e à rotação da mesa para 10kgf, não há muita influência na temperatura, já que é alcançada temperaturas próximas. Ao se aumentar o peso, o atrito entre a ferramenta e o granito será maior, ocasionando assim um aumento na temperatura, nota-se também que a rotação quando é aumentada irá influenciar na temperatura. Para 15kgf e uma rotação baixa (20RPM), as temperaturas alcançadas são bem próximas, mas ao se aumentar a rotação são atingidas temperaturas mais elevadas; nesse caso, o ângulo de corte também tem sua

influencia, pois para ângulos maiores que 10° a temperatura atingida também é maior. As curvas apresentam um comportamento semelhante, quando se comparado à rotação da mesa, significando que os resultados obtidos foram satisfatórios, conforme veremos a seguir.

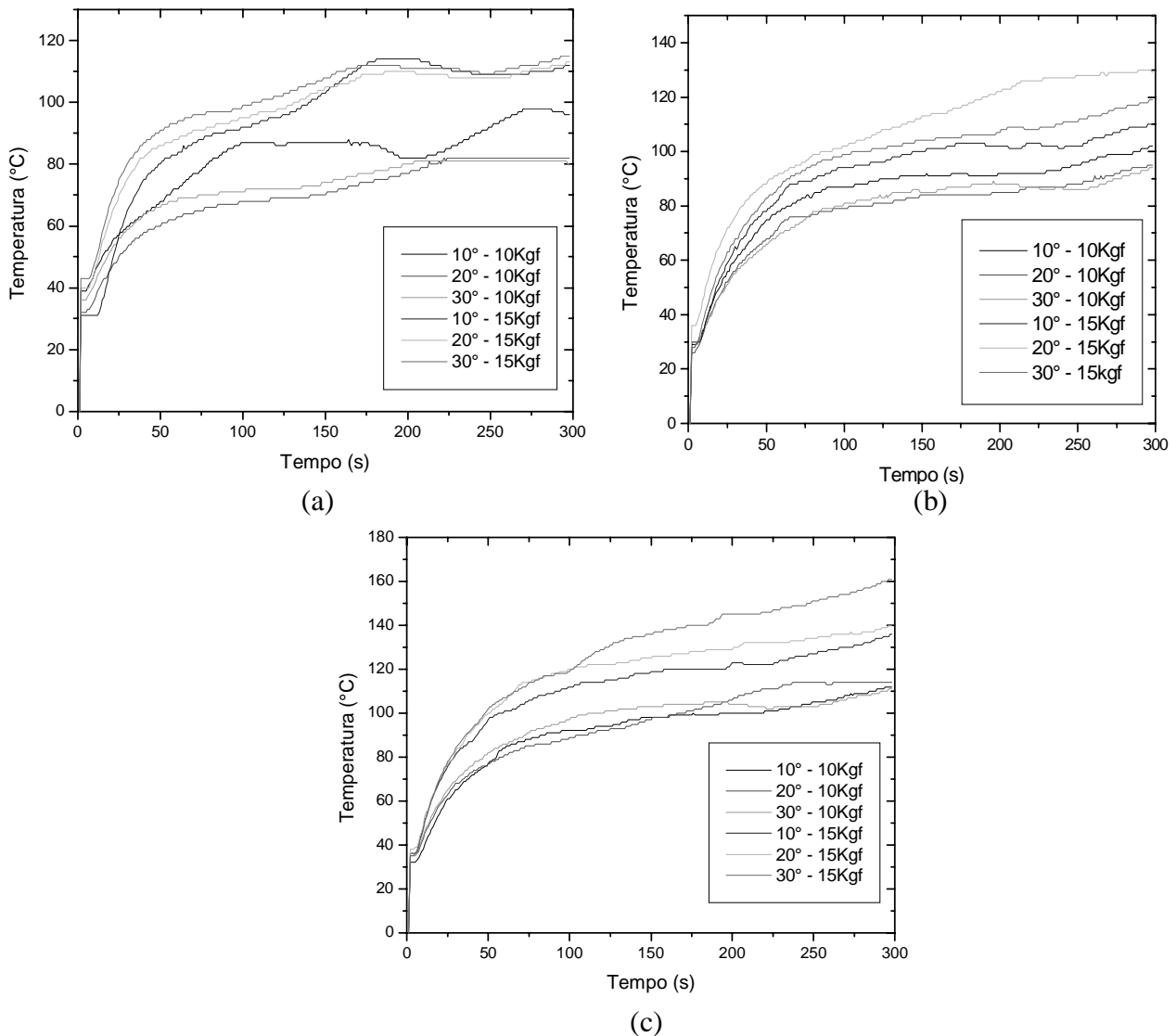


Figura 1. Temperatura x Tempo - a) Para 20RPM, b) Para 30RPM, c) Para 40RPM.

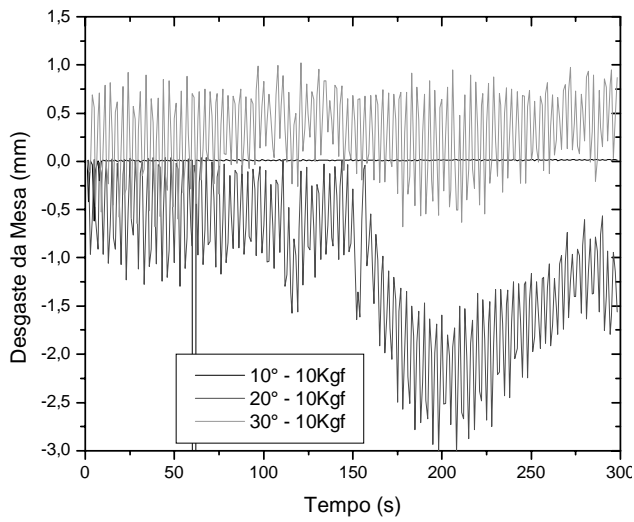
5.2 Desgaste da Mesa de Granito

Através do desgaste da mesa de granito pode-se definir a profundidade de corte que a pastilha atingiu. Quanto maior a amplitude desta profundidade, melhor será o desempenho da pastilha.

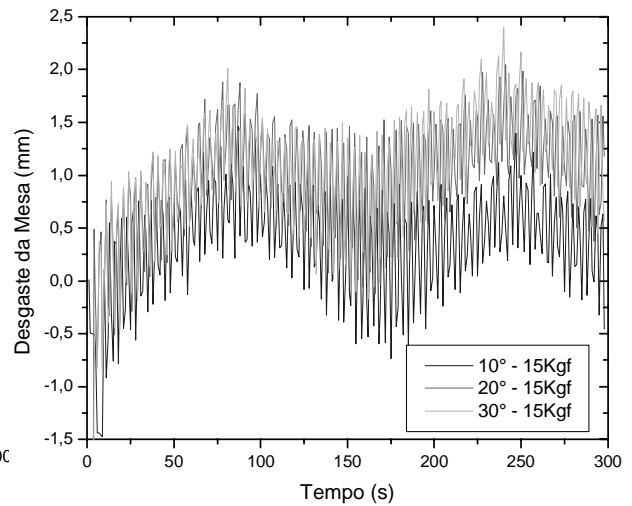
Mediante a rotação da mesa de granito de 20RPM, e de acordo com a figura 2a, o desgaste para 10° foi mínimo, para os ângulos 20° e 30° o desgaste ficou com o mesmo valor bem próximo de 0,90mm. Quando se analisa a figura 2b nota-se que o desgaste foi o mesmo, 1,2mm, independentemente do ângulo de corte que foi utilizado.

Com a rotação da mesa de 30RPM, para a carga vertical de 15kgf, o desgaste da mesa de granito foi o mesmo para qualquer ângulo de corte utilizado, alcançando o valor de 0,90mm, como pode ser visto na figura 3b. Quando diminui-se o peso sobre a pastilha para 10kgf, e aumenta-se o ângulo de corte, tem-se um pequeno aumento no valor do desgaste obtendo-se 0,60; 0,80 e 0,90mm para 10° , 20° e 30° respectivamente. Pode-se observar que o uso da carga de 15kgf propicia maior desgaste na mesa de granito, do que a carga de 10kgf, o que é de se esperar.

Para a rotação da mesa de 40RPM, com a carga de 10kgf o desgaste da mesa de granito é o mesmo, tendo o valor médio de 0,60mm; para 15Kgf tem-se uma pequena diferença no desgaste da mesa sendo de 1,00mm para 10° e 0,80 para 20° e 30° , conforme mostra a figura 4.

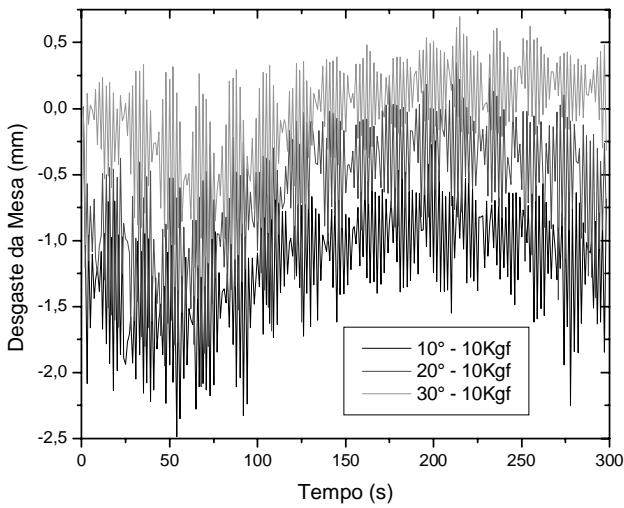


(a)

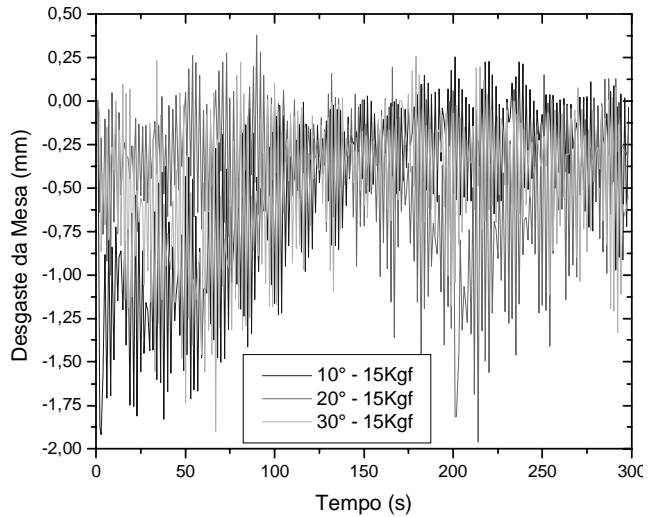


(b)

Figura 2. Desgaste da Mesa de Granito via rotação a 20RPM. a)10kgf, b) 15kgf.

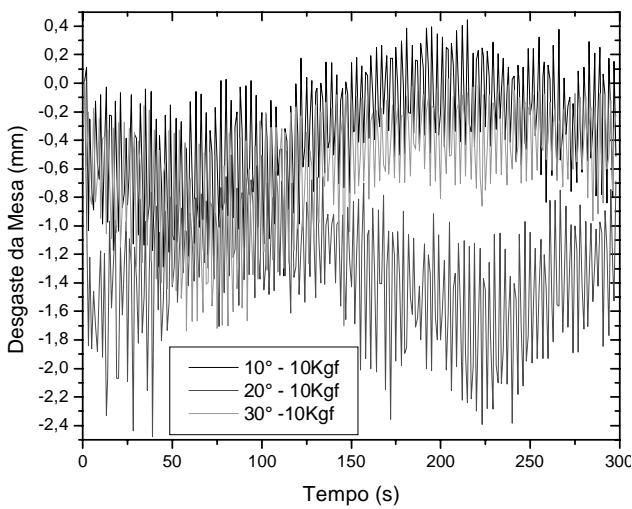


(a)

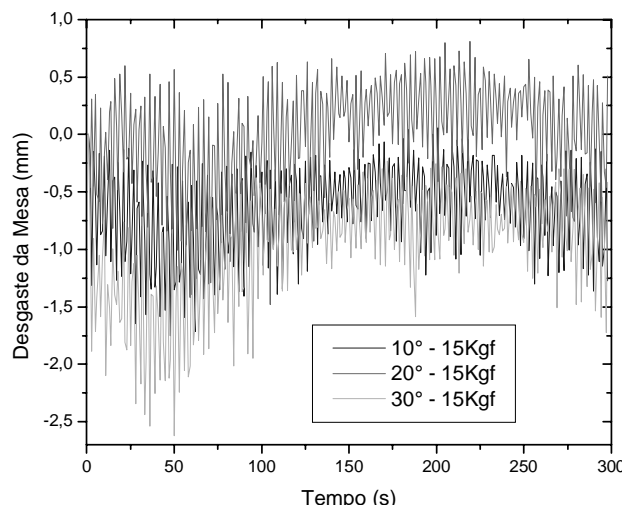


(b)

Figura 3. Desgaste da Mesa de Granito via rotação a 30RPM. a)10kgf e b)15kgf.



(a)



(b)

Figura 4. Desgaste da Mesa de Granito a 40RPM. a)10kgf e b)15kgf.

5.3 Desgaste das Pastilhas PDC

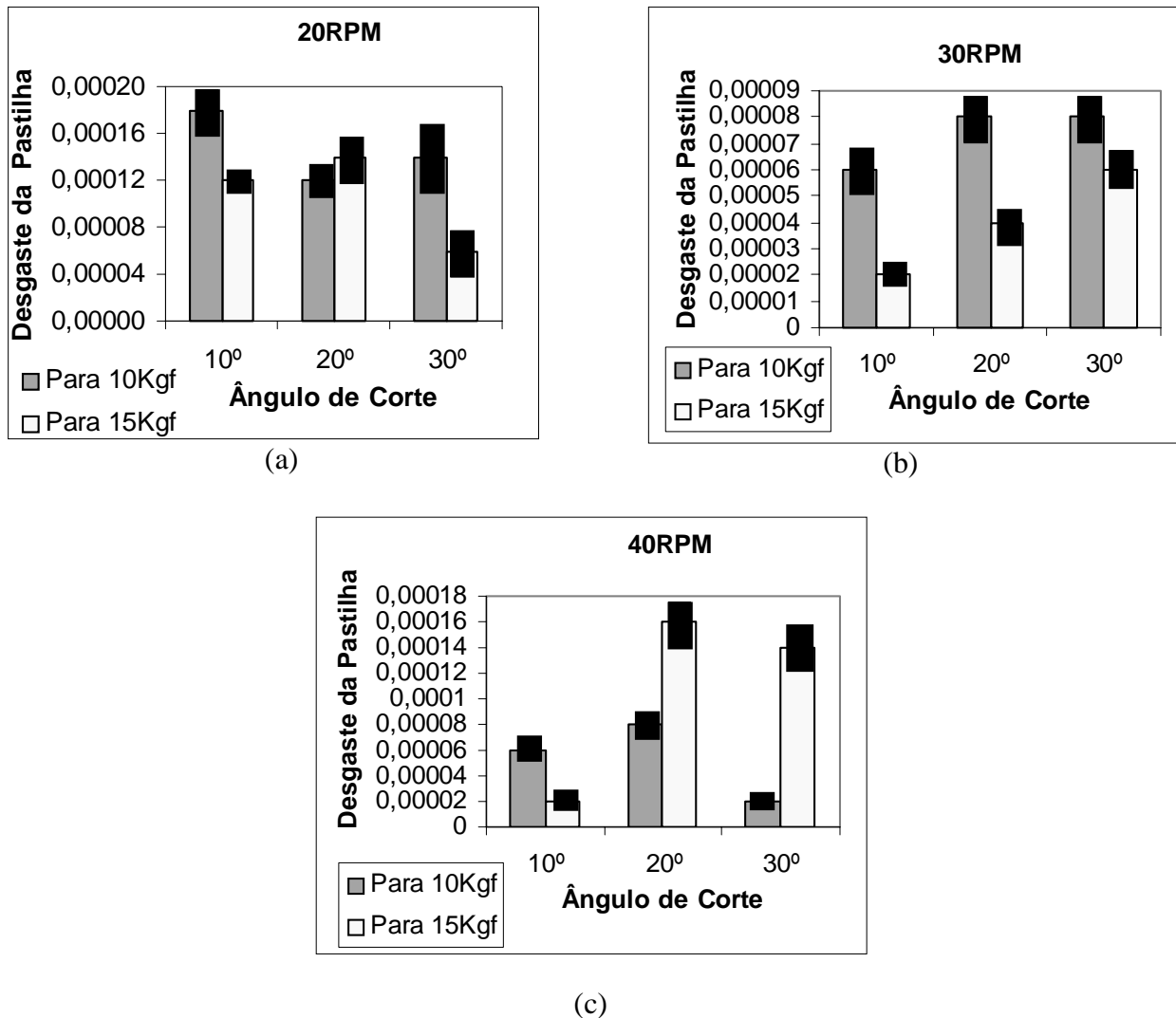


Figura 5. Desgaste das Pastilhas PDC & ângulo de corte para: a) 20RPM, b) 30RPM e c) 40RPM. As barras em preto indicam os desvios padrões dos resultados para a média de 7 valores.

Da figura 5 pode-se claramente observar que para a rotação da mesa de granito de 20RPM, os melhores resultados de corte com as pastilhas PDC ocorrem para a carga vertical de 15kgf e ângulo de corte de 30°. Já para a rotação de 40RPM, a melhor situação ocorre para a carga de 15kgf, e ângulo de corte de 10°. Isto indica que ocorre uma nítida inversão do ângulo de corte influente no desgaste das pastilhas PDC, fato esta que está em plena acórdância com Gavito⁽²⁾, e é explicado pelo fato de que a 20RPM a interação entre o cortador (pastilha PDC) e a pedra é relativamente baixa, gerando forças tangenciais de corte baixas para ângulos de corte pequenos, já que as brocas PDC perfuram por mecanismos competitivos de impacto (fragmentação) e cisalhamento (corte). Neste tocante, o mecanismo único observado foi o de cisalhamento, pois não foi verificado um impacto por vibração pronunciado para a rotação de 20RPM. Resultados de desgaste das pastilhas PDC são relativamente similares para as rotações da mesa de granito de 30 e 40RPM. As diferenças nas tendências e nos valores de desgaste devem-se à competição entre os mecanismos de corte por cisalhamento e por impacto para a rotação de 30RPM, enquanto que para a rotação de 40RPM o mecanismo de impacto se faz um pouco mais pronunciado que o de cisalhamento. Vale informar que o valor médio de rotação das brocas PDC em campo é da ordem de 30RPM, provavelmente devido a estes resultados acima explanados. Desta forma, a condição ideal de uso das pastilhas PDC neste trabalho é de: carga vertical sobre a pastilha de 15kgf, rotação da mesa de granito de 30RPM, e ângulo de corte de 10°, indicando um maior contato entre o cortador e a pedra.

6. CONCLUSÕES

O peso que é exercido sobre a ferramenta de corte é um parâmetro muito importante a ser avaliado no desempenho da pastilha. Conforme o peso foi aumentado, foram obtidos melhores resultados. Quando se trata da temperatura, a mesma aumenta quando o peso sobre a pastilha e a rotação da mesa de granito aumentam, pois aumenta o atrito. Entretanto, as magnitudes foram inferiores a 200°C, o que não se traduz em dano térmico às pastilhas PDC. O ângulo de corte teve influência no desempenho da pastilha para situações em que são utilizadas rotações superiores a 20RPM e para um peso de 15kgf. Conclui-se que utilizando um peso maior sobre a broca, o desempenho da pastilha é melhor, pois a profundidade de corte na mesa de granito é maior. O ângulo de corte influencia no desempenho da ferramenta quando utiliza-se rotações da mesa de granito superiores a 20 RPM, e quando é utilizado uma força vertical sobre a ferramenta de 15kgf.

Assim, neste trabalho os parâmetros ideais de corte com as pastilhas PDC foram: rotação da mesa de granito de 30RPM, ângulo de corte de 10°, e força sobre a pastilha PDC de 15kgf. Como contribuição, fica aqui destacado que ângulos de corte menores propiciam maior desempenho e tempo de vida das pastilhas PDC, de brocas de perfuração de poços de petróleo e gás.

7. AGRADECIMENTOS

Sem o financiamento da FINEP e da PETROBRÁS, via projeto FINEP/CTPETRO (UENF PETRÓLEO E GÁS), este trabalho não poderia ser realizado. Os dois primeiros autores agradecem ao Parque de Alta Tecnologia – TECNORTE pelas bolsas concedidas.

8. REFERÊNCIAS

1. THOMAS, J.E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência. 2001. 77p
- 2 GAVITO, D. G. **Cutting Mechanics Modeling for Polycrystalline Diamond Compacts and Extension to the Drill Bit**. 1998. 2f. PhD Dissertation – University of Tulsa, Tulsa, 1998.
3. BERMAN, R. **Physical Properties of Diamond**, 2ed. London, 250p.
- 4 REEDHYCALOG. Manuals. **Fixed Cutter**. Bit Technology. Compont. Apresenta manuais de cortadores PDC fixos. Disponível em <<http://www.reedhycalog.com>> Acesso em:28 agosto 2004
- 5 WILSON, J. K. **Rotary Drilling – Making Hole**, 2ed. Houston: Petex, 1983. 8p.
6. GLOWKA, D.A. **Implications of Thermal Wear Phenomena for PDC Bit Design and Operation**. SPE 14222. 1985. 1 – 16p.
- 7 SNEDDON, M.V. **Polycrystalline Diamond: Manufacture, Wear Mechanisms and Implications for Bit Design**. SPE 17006. Journal of Petroleum Technology. 1988. 1593 – 1601p.

INFLUENCE OF THE CUTTING ANGLE ON PCD DRILL

Mariane Rangel de Matos

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 - mariane@uenf.br

Guerold Sergueevitch Bobrovnitchii

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 - guerold@uenf.br

Renan da Silva Guimarães

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 – renanuenf@hotmail.br

João Carlos Ribeiro Plácido

CENPES/PETROBRAS, Cidade Universitária, Quadra 07, Rio de Janeiro/RJ, CEP 21949-900 - jcrp@cenpes-petrobras.com.br

Marcello Filgueira

Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Materiais Avançados, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28015-620 - marcello@uenf.br

Abstract. PCD bits (poly-crystalline diamond) are a kind of composite material in which the hardmetal (WC/Co) substrate absorbs the impact loading, thus increasing the mechanical strength limit of the diamond sintered coating, and consequently its lifetime. The bit is processed by the high pressure – high temperature sintering (HPHT) of a mix of diamonds mono-crystals with a binder phase, usually cobalt (Co). This tool is used in cutting and grinding operations, as well as in oil and gas holes drilling. This work deals with the study of the influence of some cutting parameters on the PCD bit's wear, simulating the real drilling operation: loads on the bits, cutting edge temperature, granite base rotation, and bit cutting angles. It was studied the influence of these parameters on the bits' wear by analyzing the graphs from the cutting and abrasion physical simulator.

Key-words: PDC bits, wear, sintered diamonds, cutting tests.