

# A FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS DE METAL DURO PARA OS DISPOSITIVOS DE ALTA PRESSÃO: UMA POSSIBILIDADE NACIONAL<sup>(1)</sup>

Guerold S. Bobrovnitchii<sup>(2)</sup>

Alan M. Ramalho<sup>(3)</sup>

Marcello Filgueira<sup>(4)</sup>

## Resumo

A implantação industrial nos países desenvolvidos da tecnologia de produção de materiais superduros (MSD), incluindo os diamantes sintéticos foi possível graças ao desenvolvimento dos dispositivos de alta pressão (DAP) capazes de gerar pressão até 8,0 GPa e temperaturas até 1800 °C. Para sustentar estes p, T-parâmetros severos os elementos da força (bigornas, matrizes, pistões dos DAP) são feitos de metal duro com composições de WC+6%Co e WC+15%Co. Cada tecnologia de produção de MSD é ligada com certo tipo de DAP. Por isso o custo dos MSD depende da produtividade por operação, da vida útil e massa do metal duro empregado. Neste trabalho foi apresentada a análise das construções dos DAP do ponto de vista da futura implantação da tecnologia de produção de MSD no Brasil. A base desta análise foi escolhido o DAP tipo “bigorna com concavidade central” para iniciar o desenvolvimento tecnológico. A análise revelou que no Brasil existem as condições para desenvolvimento dos DAP. As bigornas de metal duro com composição WC+6% Co produzidas pela empresa “DURIT” (Salvador) durante os testes sob p,T-parâmetros de 6,5 GPa e 1600 °C mostraram a uma vida útil acima de 110 operações o que é rentável.

**Palavras-chave:** Alta pressão; Síntese; Dispositivos de alta pressão; Metal duro.

<sup>1</sup> 60º Congresso Anual da Associação Brasileira de metalurgia – 25 a 28 de junho de 2005 em Belo Horizonte

<sup>2</sup> Eng. Mecânico. PhD. Professor Titular LAMAV/CCT/UENF. Av. Alberto Lamego 2000.Pq. Califórnia, Campos do Goytacazes – RJ. CEP 28013- 600. E- mail: [guerold@uenf.br](mailto:guerold@uenf.br)

<sup>3</sup> Eng. Mecânico - D.Sc. Técnico de nível superior LAMAV/CCT/UENF. Av. Alberto Lamego 2000. Pq. Califórnia. Campos dos Goytacazes – RJ. CEP 28013-600. E-mail: [alan@uenf.br](mailto:alan@uenf.br)

<sup>4</sup> Eng. Mecânico - D.Sc Professor LAMAV/CCT/UENF. Av. Alberto Lamego 2000. Pq. Califórnia.Campos dos Goytacazes – RJ. CEP 28013-600. E-mail: [marcello@uenf.br](mailto:marcello@uenf.br)

## 1 INTRODUÇÃO

A análise da produção dinâmica dos materiais superduros (MSD) no mundo e os cálculos de progresso justificam a perspectiva futura otimista da produção de MSD em mais ampla escala apesar de severas condições de processo (DWERS, C, 2000, p.116-282; G. S. BOBROVNITCHII, A.L.D. SKURY, 2000, p. 1522-1531).

A maioria dos MSD é produzida pela tecnologia de altas pressões estáticas (4,5–9,0 GPa) e temperaturas (1200-2000 °C) nos denominados dispositivos de alta pressão (DAP) que têm as construções variáveis (SPAIN I. L., 1977, pp. 395-445).

Todos os tipos de DAP utilizam para geração de alta pressão o meio comprimível em forma de material sólido (cápsula deformável) com propriedades especiais (pirofilita ou calcita). Os elementos de força (pistões, matrizes e bigornas) dos DAP têm que ser fabricadas de metal duro pois é material mais resistente à compressão. O ciclo da síntese ou sinterização dos MSD dura de alguns segundos até centenas de horas. Por isso, em geral, os DAP têm vida útil pequena: de dezenas até centenas de ciclos de trabalho. Nota-se que esses parâmetros tecnológicos acima citados referem-se aos utilizados nas indústrias modernas. A sua realização na prática exigiu o trabalho científico e de projetos complexos os quais foram executados durante o século XX.

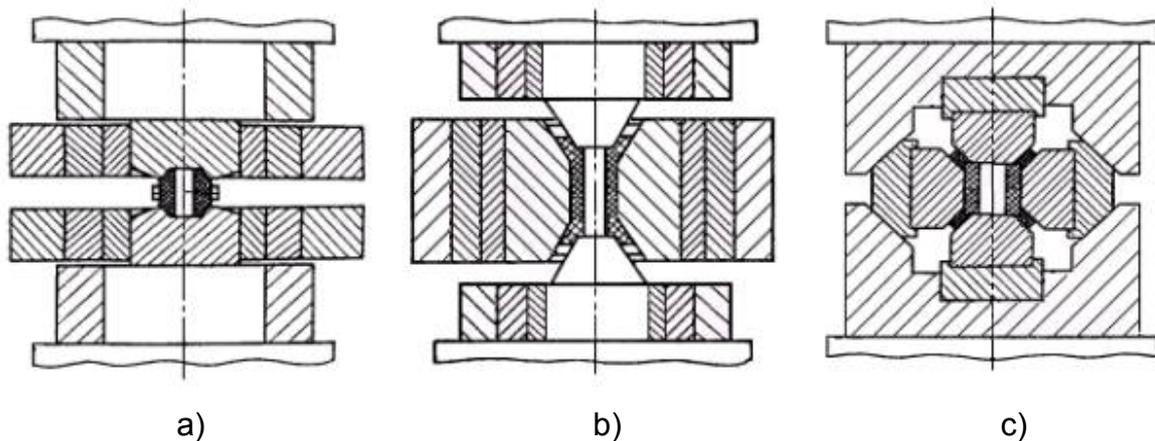
Para a avaliação da efetividade técnica-econômica e comparação dos DAP de tipos variáveis destinados para a síntese e sinterização de MSD utilizam tais características básicas como: o volume da câmara de compressão  $V_c$ , a grandeza do volume da célula ativa  $V_r$  (o volume da mistura reativa), efetividade da geração de alta pressão (BUNDY F. P., 1988, pp. 135-176, **massa de metal duro utilizado**, custo de fabricação dos DAPs, e também a produtividade para um ciclo de trabalho e custo da produção dos MSD. Nota-se que o preço dos MSD produzidos é fortemente influenciado pelo custo dos elementos de força dos DAP, até 20-60% (A. M. RONALDO, 2004, p.148) O gasto de metal duro para a produção de 1000 quilates de MSD está na faixa de 0,6 à 2,0 Kg, o que é bastante alto. O problema de aumento da vida útil dos DAP exige grande atenção. A UENF desenvolveu a tecnologia experimental da produção de pó de diamante, é interessante analisar a situação com a possibilidade da fabricação no Brasil em escala industrial dos elementos mais carregados dos DAP com o objetivo de ter a certeza em continuação das pesquisas nesta área e rentabilidade da tecnologia desenvolvida.

## 2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CONSTRUÇÕES DOS DAP

Apesar da grande diversidade de construções de DAP, eles podem ser relacionados a três tipos básicos que foram implantadas nas indústrias mundiais da produção dos MSD (veja Figura 1): tipo cilindro (Belt e Gerdl) (SPAIN I. L., 1977, pp.395-445; BUNDY F. P., 1988, pp.135-176); tipo bigornas com concavidade (L. F. VERESCHAGIN, 1974a; V. N. BAKUL, 1973; L. F. VERESCHAGIN, 1974b.); tipo multipistões (SPAIN I. L., 1977, pp.395-445; G. S. BOBROVNITCHII, 1977).

Os dispositivos são compostos de elementos de força, discos de apoio, cápsulas deformáveis, gaxetas, peças de aquecimento, células reativas e outros. As cápsula e peças de células de reação são usadas somente uma vez.

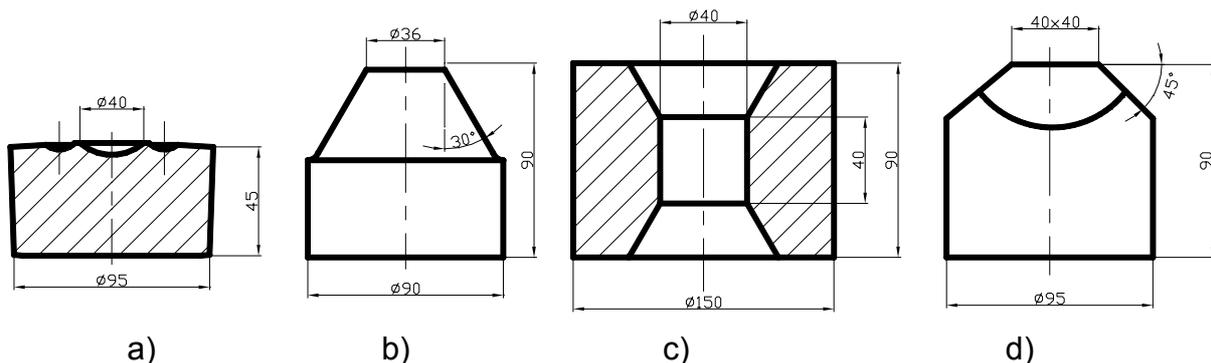
A comparação das características técnicas dos DAP de tipos variáveis mostra que sob a mesma força de compressão os DAP do tipo Belt permitem a geração da pressão em volume de trabalho em 2,5-3 vezes maior do que DAP bigorna com concavidade (NOVIKOV, N. V., 1985, pp.195-199), pois o curso da compressão e



**Figura 1.** Os tipos de dispositivos de alta pressão utilizados no processo da produção industrial de materiais superduros: a - Bigornas com concavidade central; b - Gerdl ou Belt; c- multipistão

da formação da gaxeta é em 2,8 vezes maior. Isto significa o aumento significativo do volume de câmara de compressão que influenciam sobre a produtividade dos DAP por operação (sem tempo complementar). Mas os DAP cilíndricos, entretanto, são em dezenas vezes mais caros e exigem a observação dos limites muitos severos em relação a precisão de fabricação e manutenção, que em sua vez exigem a mão de obra qualificada (NOVKOV N. V., 1983, pp.58-64). O gasto de metal duro para elementos da força de Belt é altíssimo. Como pode ser visto, os DAP tipo bigorna com concavidade tem a construção simplificada e custo menor dos elementos da força que representam as grandes vantagens (Figura 2).

No que se refere dispositivos multipistões, tendo o curso maior de compressão, eles permitem gerar as altas pressões em grandes volumes de trabalho. Além disso, a massa de elementos de metal duro dos DAP neste tipo em geral é igual a massa dos elementos mais carregados do DAP tipo cilíndrico com mesmo volume de trabalho. Somente custo da fabricação dos elementos é elevado. Isto pode ser justificado pela figura 2, onde são apresentados os elementos de força dos DAP comparados. Nota-se, por exemplo, que sob quase mesmo diâmetro e a força aplicada o pistão de Belt tem massa maior do que a bigorna.



**Figura 2.** Elementos mais carregados dos DAP para a força de 1900-2000Ton: a) bigorna concavidade; b) pistão do Belt; c) matriz do Belt; d) pistão do DAP triaxial.

Para cada marca de MSD há tecnologia própria e cada tecnologia exige a construção própria do DAP. Tanto o custo do MSD produzido quanto a massa de elementos de metal duro gastado para a produção de cada 1000 quilates de diamantes é necessário levar em conta. Isto permite dizer que para alta rentabilidade da produção de MSD é necessário ter na empresa as prensas com DAP tipo bigorna com concavidade e Belt ou as prensas com bigorna e DAP multipistão.

Na UENF, por razões da simplificação do desenvolvimento inicial da linha de pesquisa em altas pressões, foram utilizados os DAP tipo bigornas com concavidade central e toroidal. Para a renovação do DAP danificados foi feita a tentativa de comprar estas bigornas no Brasil. Durante a negociação com empresas fornecedoras das peças de metal duro foi descoberto que não têm-se as condições necessárias para produção das peças de metal duro de massa elevada (maior do que 4,5 kg) destinados a trabalhar sob alta pressão e temperatura e não existe os critérios da avaliação dos elementos da força que devem trabalhar nestas condições. Isto cortou a possibilidade de projetar temporariamente o DAP tipo cilíndrico para a prensa de força de 2500Ton instalada na UENF. O DAP tipo bigorna com concavidade foi escolhido como construção piloto.

Para ter a certeza em qualidade dos elementos de metal duro dos DAP a ser empregado na indústria brasileira é importante obter as informações completas sobre propriedades mecânicas deste material.

### **3 OS ELEMENTOS MAIS CARREGADOS DOS DAP**

A efetividade de produção dos MSD, no grau significativo, depende da combinação e otimização das propriedades mecânicas e qualidade dos elementos de metal duro utilizados nos DAP (NOVIKOV N. V., 1983, pp.58-64).

Os elementos forçados do DAP durante o carregamento sofrem as tensões de compressão elevadas com participações de tensões de tração (N. V. NOVIKOV, A. V. GERASIMOVITCH, pp. 37-85). A deformação plástica dos pistões e bigornas no processo de exploração é inadmissível, pois muda os parâmetros (p e T) do processo. Por esse motivo, as bigornas e pistões são recomendáveis fabricar de metal duro de grão fino com alto valor de módulo de elasticidade. O teor de carbeto de tungstênio nessas peças está na faixa de 94 – 97 %.

Para a fabricação de discos de apoio que se submetem a tensões de tração do valor significativo (N. V. NOVIKOV, A. V. GERASIMOVITCH, pp. 37-85 ), os quais mantêm a sua capacidade de funcionar na presença de deformações plásticas que aparecem durante o trabalho, é racional utilizar os metais duros como estrutura que conta os grãos grandes com teor de WC de 92- 85 %.

As composições de WC+6%Co e de WC+15%Co que são utilizados na confecção de elementos mais carregados do DAP têm características variáveis. Na Tabela 1 são apresentados os dados generalizados mais altos de vários fornecedores.

É necessário levar em conta que os elementos da força durante o funcionamento estão no estado tridimensional de tensão e deformação tão elevadas que um aumento das propriedades mecânicas é insuficiente. Além de aumento de propriedades é necessário aplicar tais chamados os métodos de consolidação que podem criar os estados de tensão mais uniformes com aumento simultâneo das propriedades mecânicas. Trata-se o método de geração das tensões prévias que podem ser geradas por cintamentos e gasto da parte da força aplicada para consolidação das partes da bigorna que ficam fora da câmara de compressão (AVARTCHENKOV V. I., 1981, pp. 3-5).

**Tabela 1.** As características mecânicas básicas de metais duros dos DAP.

Compo- sição	Dureza HV, MPa	$\sigma_c$ compre- ssão, MPa	$\sigma_t$ flexão, MPa	Tencidade de fratura, $K_{Ic}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	Modulo de elasticid. E.10 <sup>-4</sup> , MPa	Coef. de condução térmica $\lambda$ , Wt/m.k	Coef. de expansão térmica, $\alpha \times 10^{-6}$ 1/k
WC +6%Co	14000	5030	1600	11.0	64.0	50	5.0
WC+15% Co	11000	3800	2300	15.0	54.0	60	6.0

Por isso, a perfeição das tecnologias de fabricação dos elementos de metal duro dos DAP e aumento de sua durabilidade é reconhecido como a tarefa importante e atual. Os tratamentos bários (AVARTCHENKOV V. I., 1981, pp. 3-5) e termobários tipo HIP (V. P. BONDARENKO, 1983, pp. 4-24) podem aumentar os valores de propriedades básicas dos elementos em 20-30%.

É claro que as exigências à qualidade dos elementos do DAP aumentam-se com o aumento do volume da câmara de compressão que eleva a massa e à diminuição da vida útil dos elementos de força dos dispositivos de todos os tipos, devido a influência negativa do fator da escala (N. V. NOVIKOV, 1985, pp. 195-199).

#### **4 OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS DA FORÇA**

Apesar de características mecânicas elevadas do metal duro sinterizado, a natureza metal-cerâmica da sua fabricação legaliza a presença em estrutura dos defeitos dos tipos variáveis. Por isso os índices da vida útil dos DAP durante a execução do processo, por exemplo, sínteses de diamante se diferenciam em algumas vezes, dependendo dos fornecedores das peças. Durante quase 50 anos, a partir da fabricação industrial dos primeiros diamantes foram feitos os muitos estudos (LOCHAK M. G., 1984, p. 328) dirigidos à busca dos critérios e métodos para avaliação da qualidade dos elementos de metal duro dos DAP, estabelecendo a relação entre as características mecânicas do metal duro, de um lado, e vida útil dos elementos, de outro lado. Mas estes critérios ainda não foram implementados.

As características padrão dos metais duros tais como: densidade, limite de resistência à flexão, grau de porosidade, presença de inclusões, o tamanho do grão da fase WC, espessura do filme de cobalto entre os grãos de WC, entre outros não podiam servir para avaliação certa da vida útil dos elementos dos DAP. Podem ser consideradas somente duas características: resistência a flexão e dureza. Como mostraram os estudos estatísticos da vida útil dos DAP tipo bigorna com concavidade (PRIKHNA A. I., 1984, pp.21-24), entre valor da resistência à flexão e durabilidade da bigorna sob as condições severas de funcionamento não existe qualquer relação. Isto pode ser explicado pelo valor do limite da resistência sob a flexão que é determinada não somente pela estrutura e qualidade do metal duro, mas pelo estado da camada superficial, dimensões e condições de teste.

A dureza do metal duro avaliado pelo valor Wikkers é característica muito sensível em relação de muitos parâmetros da estrutura do material. Por isso a tarefa do estabelecimento de qualquer correlação entre a HRA e parâmetros da macroestrutura dos metais duros é problemática.

Como a densidade depende de muitos fatores (p e T - parâmetros da sinterização, composição, etc) o seu valor varia de 0,5 até 3 % do valor calculado. Mas, como regra, durante a fabricação das peças a densidade determina-se para 2-4 elementos e o resultado transfere-se para toda série de peças.

Para avaliação da capacidade de metal duro pode ser utilizada a força coercitiva. Entre a força coercitiva de um lado, e teor de cobalto, com tamanhos de grãos de WC, de outro lado, sob mesma quantidade do Co.

A avaliação dos elementos do DAP pode ser feita pela resistência à fadiga, que pode ser considerado como um critério de teste dos metais duros. Entre esta característica e durabilidade dos elementos do DAP é observada uma nítida relação.

Por outro lado, é necessário ressaltar que o grau elevado de ligação de grãos de WC em metais duros com menor teor de Co, condiciona o valor menor da sua deformação limitada. Isto em sua vez, em conformidade com dependências conhecidas entre os índices de resistência do material e parâmetros da curva de deformação durante o carregamento estático das amostras, determina os valores insignificantes da resistência dos elementos de metal duro dos DAP durante o trabalho em condições severas da síntese (TROCHENKO V. T., 1971, p.2680).

## 5 PARTE EXPERIMENTAL

Para realização dos experimentos nas ambas prensas de forças de 630 e 2500Ton foram feitos projetos que preservaram a utilização nos DAP as bigornas com perfil toroidal de diâmetro de concavidade de 16,5mm e 30mm. De modo complementar para prensa de 630Ton foram desenvolvidas as bigornas com concavidade central de diâmetro 19,6mm em forma cônica-esférica. Como resultado do desenvolvimento destes projetos foram feitos os desenhos técnicos para cada bigorna e seu cintamento (Figura 1a) e elaboradas as exigências à fabricação dos elementos de força (bigornas):

a) Ausência no material de carbono livre ou – fase; b) A dureza tem que ser maior que 89,5 HRA; c) Coeficiente de trincamento em torno de 13 MPa.m<sup>1/2</sup>; d) A força coercitiva deve ser maior do que 10,5 KA/m; e) Limite de resistência a compressão acima de 4630MPa; f) O trabalho de deformação plástica maior do que 27,5 MJ/m<sup>2</sup>; g) A deformação plástica em torno de 0,6%; h) A deformação limitada é 1,4%.

As exigências elaboradas foram enviadas junto com desenhos da fabricação para três empresas no Brasil. Única empresa que aceitou estas exigências foi a “DURIT” que finalizou a fabricação das bigornas (Figura 3)”. Os cintamentos para as bigornas foram feitos nas outras empresas.



**Figura 3.** As bigornas com três tipos de perfil da concavidade fabricadas pela empresa DURIT.

A montagem das bigornas em cintamentos foi realizada na UENF, usando as próprias prensas. As pressões laterais nas bigornas com perfil toroidal não superou 1,2 GPa e para bigornas com concavidade cônica-esférica não ultrapassou 0,9 GPa. A avaliação das pressões foi feita através de extensômetros com base de 3mm. Para realização da síntese e sinterização dos MSD foram utilizadas as cápsulas deformáveis adequadas. Cada DAP e cápsula montada com mistura reativa foram

calibradas em relação da pressão ( $p_2$ ) e temperatura dentro da câmara de compressão que são relacionadas a pressão hidráulica ( $p_1$ ) no cilindro principal da prensa e corrente elétrica de aquecimento da mistura reativa. A correlação  $p_2=f(p_1)$  foi obtida, usando sensores de Bi e PbSn que mudam a sua resistência elétrica sob as pressões 2,55 GPa e 4,3 GPa.

A síntese e sinterização foram feitas sob pressões e temperaturas iguais de 6,5 GPa e 1600°C durante 3 min (para a prensa de 630 ton.) e 15 min (para prensa de 2500 ton). Durante o funcionamento foram registrados os números de operações, produtividade por operação, defeitos observados na superfície de trabalho das bigornas, comportamento de corrente elétrica do aquecimento.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de peças de cintamentos e bigornas de metal duro foram montados:

- dois DAP com concavidade cônico-esférica da bigorna (figura 3 a);
- quatro DAP toroidal com concavidade de 16,5mm (figura 3 b figura 4);
- dois DAP toroidal com concavidade de 30mm (figura 3 c);

Os estudos de calibração da pressão e temperatura mostram que cada dispositivo tem própria função  $p_2=f(p_1)$  e  $T=f(I)$ , onde:  $p_2$  – pressão dentro da câmara de compressão do DAP;  $p_1$  - pressão dentro do cilindro hidráulico principal da prensa;  $T$  – temperatura dentro da câmara de compressão do DAP;  $I$  – corrente elétrica do aquecimento que passa através da mistura reativa. As operações da síntese dos diamantes foram feitas, registrando os seguintes dados: aproximação das partes do DAP durante a compressão (espessura da gaxeta); pressão no cilindro principal; corrente elétrica de aquecimento; resistência elétrica da mistura reativa; potência de aquecimento; temperaturas dos DAP e água de refrigeração e vazão da água.



**Figura 4.** A bigorna toroidal com diâmetro da concavidade de 16,5mm é montada com cintamento.

Foi observado:

- A mudança da espessura da gaxeta durante o processo em comparação com DAP antigo foi menor em 2,8%;
- A variação da mudança do valor da pressão no cilindro principal durante a manutenção da pressão diminuiu até 1,6%;
- A deformação plástica da superfície de contato entre a bigorna e disco de apoio para todos os DAP estudados aumentou-se principalmente para o disco até 0,1 mm. Isto significa que dureza do metal duro brasileiro é maior.

- A deformação plástica de bordos para DAP com concavidade cônico-esférica apareceu depois de 19 operações, cresceu até 0,18mm em 49 operações posteriores e parou crescer depois de 68 operações;
- A deformação plástica das bordas e superfícies de trabalho das bigornas com perfil toroidal não foi alta: para diâmetro de 16,5mm – 0,03mm depois de 69 operações e para diâmetro de 30mm –0,05mm depois de 51 operações.
- O número de estouros do material comprimido para fora da câmara de compressão diferencia-se: para bigorna com concavidade centro-esférica o número foi 50% de um total de 110 operações. Pois os estouros aparecem não por causa do material da bigorna e sim por causa do projeto não bem definido, isto significa que a bigorna que a bigorna funciona em condições de impacto grave, no mesmo tempo não foi observado o trincamento como foi notado nas bigornas antigas. Pode ser resultado que o material da bigorna tem capacidade elevada.
- Foi observado o aparecimento do eletro-erosão na parte de contato do condutor de grafite e superfície de concavidade da bigorna toroidal registrado como balanceamento e queda do valor de corrente elétrica durante o grafite com a formação de diamante. Este efeito não foi notado as bigornas torodais antigas. Este fato ainda não tem a explicação.

## 8 CONCLUSÃO

Foi feita a tentativa de desenvolver e fabricar no Brasil os DAP destinados para produção de MSD nos processos especiais industriais.

À base de exigências elaboradas para metal duro empregado para bigornas dos três tipos de DAP foi possível fabricar no Brasil, os elementos de força com massa até 4,5kg.

As bigornas fabricadas foram testadas durante a síntese de diamante sob as pressões de 6,5GPa e temperatura de 1600 °C. Depois de 110 operações de síntese as bigornas não apresentaram defeitos, o que justifica a vida útil rentável dos DAP.

Para ter a certeza da qualidade do material e dos pesos feitos de metal duro foi proposto complementar as exigências às características das peças destinadas aos DAP, levando em conta os testes cíclicos de superfície de contato das peças feitas de metais duros diferentes; testes de limite de compressão-deformação limitadas e resistência à fratura ou trincamento.

À base das análises das informações sobre o problema citado pode-se concluir que para avaliação definida dos metais duros para aplicação nos DAP necessário incluir:

-- Testes cíclicos da superfície em contato entre duas amostras feitas de dois metais duros com composições diferentes de Co. Tal esquema está imitando a integração entre as bigornas e disco de apoio.

-- Teste das amostras sob cargas estáticas, pois os ensaios de fadiga são muito caros e duram muito tempo, exigindo muitas amostras. É proposto avaliar a durabilidade dos elementos por métodos de compressão estática com determinação dos seguintes parâmetros: o limite da resistência sob compressão, limite de escoamento, a deformação de escoamento, a deformação plástica, a resiliência e a tenacidade.

-- Resistência à fratura ou trincamento. Este critério é válido somente quando as peças de metal duro receberão o tratamento completar, por exemplo, termobárico, pois o valor do coeficiente da resistência não depende das dimensões

das peças, de estado superficial e da presença dos defeitos tipo poros ou inclusões do grafite.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 DWERS, C. Industrial diamond: Application, Economics and a View to the Future. **IDR**, N 3, p.116-282, 2000.
- 2 G. S. BOBROVNITCHII, A.L.D. SKURY. Algumas Considerações sobre a Produção Mundial de Materiais Superduros. **55º Congresso de ABM**
- 3 SPAIN I. L.. Ultra High Pressure Apparatus and Technology. In: I. L. Spain and Pac Paauwe. **High Pressure Technology - Equipment, Design, Materials and Properties**. USA, v.1 pp. 395-445, 1977
- 4 BUNDY F.P. Ultra High Pressure App. **Phys. Report**. V163, n3, pp135-176, 1988.
- 5 M. RAMALHO. Metodologia de Seleção de Materiais e Tecnologia de Fabricação das Cápsulas Deformáveis Utilizadas nos Processos de Síntese/Sinterização dos Materiais Superduros. **Tese de Doutorado**. UENF, p.148, 2004.
- 6 VERESCHAGIN, L. F.. Apparatus for Development High Pressure and High Temperature **Pat. Uk**, 1360281, publ. 17.07.74
- 7 V.N. BAKUL. High Pressure Temperature Device. **Pat. USA**, 3732043, publ. 08.05.73.
- 8 L. F. VERESCHAGIN. High Pressure Producing Apparatus. **Pat. USA**, 3854854, publ, 1974.
- 9 BOBROVNITCHII, G. S.. Multi-Anvil Split Sphere Device for High Pressure and High Temperature Producing. **Pat. Rússia**, 2077375, pub. 20.04.1997.
- 10 N.V. NOVIKOV. O Problema do Aumento do Volume dos Dispositivos de Alta Pressão Tecnológicos. In: **Técnica Moderna e Métodos de Mineralogia Experimental**. Moscou. Ed. Nauka, parte 3, cáp. 2, pp.195-199. 1985.
- 11 NOVIKOV N. V., LEGEDEV A.S. Resistência de Elementos de Metal Duro dos Dispositivos de Alta pressão Destinados para Síntese de Materiais Superduros. **J. Problemas da Resistência**. N 9, pp. 58-64. 1983.
- 12 NOVIKOV, N.V. New Tenders in High Pressure Synthesis of Diamond and its Related materials. **Ibid**, p. 35. 2000.
- 13 N.V. NOVIKOV, A.V. GERASIMOVITCH. Desenvolvimento da Técnica de Alta Pressão. In: **Os Materiais Sintéticos Superduros**. V.I. Kiev. Ed. Naukova Dumka, cap. 2, pp..37-85.
- 14 BRIDGMAN, P.V.. **High Pressure Physics**. p.234.1948
- 15 AVARTCHENKOV V.I.Tratamento Térmico das Bigornas de Metal Duro para Síntese de Diamantes tipo S.V. **J. Superhard Materials**. N 4, p. 3-5, 1981.
- 16 BONDARENKO, V. P.. Influência dos Métodos de Consolidação sobre a Durabilidade da Exploração da Bigorna tipo Toroidal. **J. Superhard Materials**. N2, p. 4-24. 1983.
- 17 LOCHAK M.G. **Resistência e Durabilidade de Metais Duros**. Kiev. Ed. Naukova Dumka, p.328 (in Russian),1984.
- 18 PRIKHNA A.I. Estudos na Área de Diamantes Sintéticos. In: **Diamantes Sintéticos na indústria**. Kiev. Ed. Naukova Dumka, pp 21-24. 1984.
- 19 TROCHENKO V.T. **Fadiga e Plasticidade de Metais**. Kiev. Ed. Naukova Dumka. p. 2680. 1971.

# THE MANUFACTURE OF HARD METAL ELEMENTS TO HIGH PRESSURE APPARATUS: A NATIONAL POSSIBILITY<sup>(1)</sup>

*Guerold S. Bobrovnitchii*<sup>(2)</sup>

*Alan M. Ramalho*<sup>(3)</sup>

*Marcello Filgueira*<sup>(4)</sup>

## **Abstract**

At the developed countries the industrial arise in the superhard materials, including the synthetic diamonds, was possible due development of high pressure apparatus (HPA) able to produce pressures up to 8,0 GPa and temperatures until 1800 °C. To kept these parameters ( $p$  and  $T$ ), the strength elements (anvils, dies and pistons into HPA) are made of hard metal with WC+6%Co and WC+15%Co. Each technology production of superhard materials is connected with some kind of HPA. Thus the price of superhard materials depends of performance operation, timelife and high metal mass. At present work was showed the analysis design of HPA to take into account the establishment of production technology at Brazil. Into this analyses was selected the HPA anvil with concavity central to begin the technological development. Also the analyses showed that at Brazil is possible manufacture HPA. The hard metal anvils with WC+6%Co composition produced by firm "DURIT" (Salvador-BA) during the tests under 6,5 GPa e 1600 °C showed a timelife above 110 operations, that is acceptable.

**Key-words:** High pressure; Synthesis; High pressure apparatus; Hard metal.

<sup>1</sup> 60° Congress of ABM, Belo Horizonte - MG, jully 25-28 of 2005.

<sup>2</sup> Ph.D., Head of Department Superhard Materials, Laboratory of Advanced Materials, Northern Fluminense State University.

<sup>3</sup> D.Sc., Professor of Salgado Oliveira University (UNIVERSO) and Engineer of Department Superhard Materials, Laboratory of Advanced Materials, Northern Fluminense State University.

<sup>4</sup> D.Sc., Professor of Department Superhard Materials, Laboratory of Advanced Materials, Northern Fluminense State University.