

VINICIUS MARTINS - viniushiper@yahoo.com.br  
 WILSON CORRÊA RODRIGUES - wilson.rodrigues@ufrgs.br  
 ALEX FABIANO BUENO - alex.bueno@ufrgs.br  
 LÍRIO SCHAEFFER - schaefer@ufrgs.br



## Matrizes de conformação de chapa com insertos de metal duro

**A** substituição de insertos de aço por metal duro é uma realidade nas ferramentas de conformação de chapas. Entretanto, alguns cuidados devem ser observados para obter o melhor resultado na produção, principalmente nos processos de grande abrasividade, onde há necessidade de elevada resistência mecânica.

A metalurgia do pó tem se destacado nas últimas décadas por ser um processo altamente competitivo. A evolução do processo tem sido constante, proporcionando numerosas soluções para muitos dos problemas de característica técnica. Nos últimos anos tem se estudado a aplicação de metal duro para tentar resolver o problema de desgaste nos processos de conformação a frio [1].

O composto de tungstênio, carbono e cobalto ( $W^1C^2-Co^3$ ), chamado de metal duro, se apresentou muito eficiente, sendo produzido pelo processo de metalurgia do pó e tendo características fundamentais como dureza elevada, resistência à compressão e grande resistência ao desgaste.

### CONFORMAÇÃO MECÂNICA

A conformação mecânica é qualquer operação durante a qual se aplicam esforços mecânicos em metais, que resultam em uma mudança permanente de suas dimensões. É o processo mecânico onde

se obtém peças através da compressão de metais sólidos em matrizes ou outros tipos de ferramentas específicas, utilizando a deformação plástica da matéria-prima para o processamento nestas ferramentas a fim de chegar a uma peça final desejada.

A conformação mecânica a quente gasta menos energia no processo, pois neste estágio o material está extremamente tenaz, assim é muito importante saber as propriedades de cada material a ser conformado e seu comportamento durante o processamento de conformação escolhido [2].

A conformação a frio produz um acabamento melhor e o material da peça é encruado, auxiliando a aumentar a resistência mecânica, mas diminuindo a ductilidade<sup>4</sup>.

### Aços Ferramenta

Os aços ferramenta são utilizados nas operações de conformação. Estes aços se caracterizam por apresentar elevada dureza e resistência à abrasão<sup>5</sup>, geralmente associadas à

alta tenacidade<sup>6</sup> e manutenção das propriedades de resistência mecânica em elevadas temperaturas, que são obtidas com a adição de elevados teores de carbono e elementos de liga.

Devido às diversas utilizações, são divididos em diferentes tipos conforme sua aplicação e características:

- Os aços rápidos possuem constituinte como tungstênio, molibdênio, vanádio, cromo em altos

<sup>1</sup>W: do latim wolfram, representa o elemento químico tungstênio.

<sup>2</sup>C: do latim carbo, representa o elemento químico carbono.

<sup>3</sup>Co: do alemão kobold, representa o elemento químico cobalto.

<sup>4</sup>Ductilidade: é a propriedade física dos materiais de suportar a deformação plástica, sob ação de cargas, sem se romper ou fraturar. Ela é caracterizada pelo fluxo do material sob ação de uma tensão cisalhante. Ouro, cobre e alumínio são metais muito dúcteis. O oposto de dúctil é frágil, quando o material se rompe sem sofrer grande deformação [4].

<sup>5</sup>Abrasão: é o ato ou efeito de raspar ou desgastar por atrito. Ação de raspar certas estruturas (dente, osso, metal, concreto, madeira, etc.) ou de as tirar em pequenas lâminas [4].

<sup>6</sup>Tenacidade: é uma medida de quantidade de energia que um material pode absorver antes de fraturar. Os materiais cerâmicos têm uma baixa tenacidade [4].

teores (Grupo M e T);

- Os aços para trabalho a quente, desenvolvidos para utilização em operações de conformação de metais em altas temperaturas sob condições de pressão e abrasão (Grupo H) e;
- Os aços para trabalho a frio são amplamente utilizados para trabalho em cavidades e a frio, onde resistência ao desgaste e tenacidade são importantes. Os principais grupos, A, D e O [3].

### Metalurgia do Pó

O processo consiste em transformar pós de metais, ligas metálicas, substâncias não-metálicas ou cerâmicas em peças resistentes, comprimindo estes pós no interior de uma ferramenta com formato desejado, obtendo um "compactado à verde" por pressão mecânica que será sinterizado. Peças fabricadas por metalurgia do pó possuem certa porosidade, que pode ser controlada através de fatores como pressão de compactação, temperatura e tempo de sinterização, tamanho e forma das partículas do pó (figura 1), entre outras variáveis. A peça pronta apresenta bom acabamento e pequenas tolerâncias dimensionais [5]. A figura 2 mostra a micrografia do pó do aço rápido AISI T15.

### Compactação

A forma mais comum de conformação usada na metalurgia do pó é a prensagem uniaxial. O processo necessita de uma prensa e de uma ferramenta denominada matriz de compactação. A ferramenta é composta por uma cavidade e dois punções. Ambos possuem formas apropriadas, relacionadas à forma da peça. O pó é colocado dentro da matriz e o punção é



Figura 1 - Mistura de pós [6]



Figura 2 - Micrografia do pó aço rápido AISI T15 [7]

pressionado, pela prensa, contra o pó. A figura 3 mostra esquematicamente como ocorre este tipo de conformação do pó [8].

### Sinterização

O processo de sinterização na metalurgia do pó consiste em aquecer o material a temperaturas abaixo do ponto de fusão do material-base, em condições controladas de temperatura, tempo e atmosfera provocando difusões atômicas que farão com que as propriedades mecânicas da peça aproximem-se das adquiridas através de outros processos de fabricação.

A peça pronta apresenta bom acabamento e pequenas tolerân-

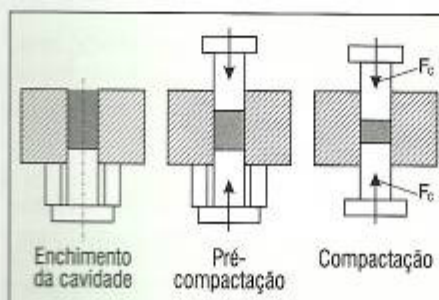


Figura 3 - Desenho esquemático de processo de conformação do pó [5]

cias dimensionais. Pode ainda passar por processos de acabamento como usinagem e calibração [9].

### Metal Duro

O produto é obtido pela compactação e sinterização de uma mistura de pós de carboneto (WC, Ti<sup>7</sup>C, Ta<sup>8</sup>C, V<sup>9</sup>C e Nb<sup>10</sup>C) e metais, chamados de aglomerantes (Co, Fe<sup>11</sup>, Ni<sup>12</sup> ou uma combinação deles).

A quantidade de aglomerante pode variar entre 3 e 30% do total da composição do composto. Ocorre a seguir o processo de sinterização, aquecimento a uma temperatura suficiente para ocorrer a fase líquida do aglomerante, que preenche os vazios entre os grãos dos carbonetos. As temperaturas de sinterização das ligas situam-se entre 1.360 e 1.480°C. O resultado é um material de dureza elevada, entre 75 e 90 HRA<sup>13</sup>, dependendo do teor de aglomerante e do tamanho de grão do carboneto. O cobalto (Co) é o ligante mais uti-

<sup>7</sup>Ti: deriva da mitologia grega, em referência aos Titãs, filhos de Urano e Gaia, e representa o elemento químico titânio [4].

<sup>8</sup>Ta: deriva da mitologia grega, em referência a Tântalo, pai de Níobe, representa o elemento químico tântalo [4].

<sup>9</sup>V: deriva da mitologia escandinava, em referência a deusa da beleza Vanadis devido a coloração de seus compostos. Representa o elemento químico Vanádio [4].

<sup>10</sup>Nb: deriva da mitologia grega, em referência a Níobe, filha de Tântalo. Representa o elemento químico nióbio [4].

<sup>11</sup>Fe: do latim ferrum, representa o elemento químico ferro.

<sup>12</sup>Ni: do alemão "kupfernichel" que significa cobre diabólico. Representa o elemento químico níquel.

<sup>13</sup>HRA: Rockwell é um método de medição direta da dureza, sendo um dos mais utilizados na indústria. Este é um dos métodos mais simples e que não requer habilidades especiais do operador. Além disso, várias escalas diferentes podem ser utilizadas através de possíveis combinações de diferentes penetradores e cargas, o que permite o uso deste ensaio em praticamente todas as ligas metálicas, assim como em muitos polímeros. As escalas de dureza Rockwell são A, B, C, D, E, F, G, H e K [4].

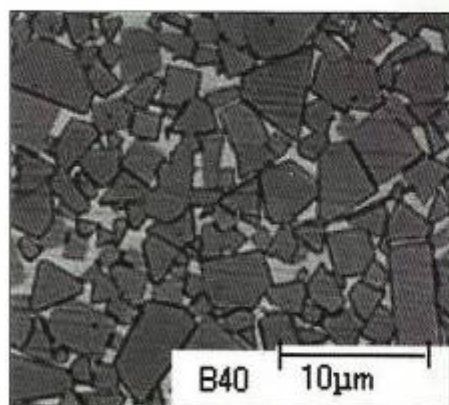


Figura 4 - Micrografia WC-10Co [11]



Figura 5 - Peças sinterizadas de metal duro [12]

lizado em metal duro devido à sua elevada solubilidade com o carboneto de tungstênio (WC) [10]. A figura 4 apresenta a micrografia de um sinterizado.

Na figura 5 podem ser visualizadas diversas peças obtidas com o processo de sinterização.

## DESCRIÇÃO DE PROCESSO

A durabilidade de uma ferramenta está ligada diretamente ao seu processo de fabricação, ao material processado e ao constituinte da matriz. Normalmente fabricam-se matrizes e ferramentas com aço ferramenta que se caracteriza por apresentar elevada dureza e resistência à abrasão, geralmente associada à boa tenacidade e propriedades de resistência mecânica em elevadas temperaturas.

Ao longo das décadas, posteriores ao fim da segunda guerra

mundial, devido à grande produção, a aplicação de ferramentas de altas performances e elevada vida útil tem crescido vertiginosamente. Por essa razão, o inserto do composto de metal duro está cada vez mais sendo usado em matrizes de conformação a frio [13]. A figura 6 mostra a aplicação de inserto em ferramenta de conformação.

Na fabricação de uma ferramenta de conformação a frio usa-se aço ferramenta e aço carbono. Para substituir um inserto de aço ferramenta por um de metal duro deve-se inicialmente projetar uma ferramenta para a compactação do pó de metal duro. Este composto deve conter uma faixa de 20 a 30% de aglomerante, pois este inserto necessita alta resistência mecânica juntamente com alta tenacidade. O percentual de aglomerante está diretamente ligado a tenacidade do inserto, sendo que quanto maior for o percentual de aglomerante, maior será a tenacidade. Esta matriz de compactação deve ser projetada conforme as propriedades do composto de metal duro. Cada composição tem seu comportamento característico, sendo que a contração linear do composto situa-se na faixa de 18 a 21% e a contração volumétrica fica entre 40 e 50%, conforme demonstra a figura 7.

Após a sinterização do metal duro, é obrigatório se fazer a retificação do inserto sinterizado. Na figura 8, a primeira peça é uma amostra sinterizada e a segunda peça é uma amostra retificada.

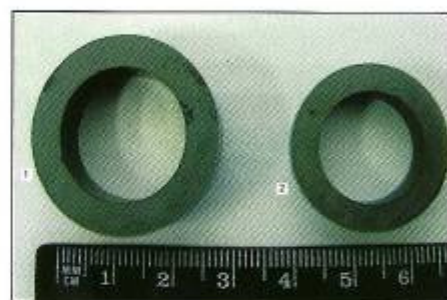


Figura 7 - (1) amostra compactada (2) amostra sinterizada

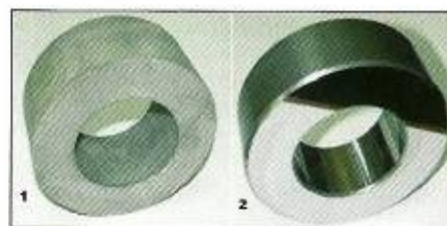


Figura 8 - (1) amostra sinterizada e a (2) amostra retificada

Três formas são utilizadas para a colocação do inserto de metal duro na matriz de conformação a frio:

a) Inserção por interferência, onde se aquece a matriz levando em consideração a dilatação térmica do aço. Por convenção, se utiliza um fator de interferência nos inserts colocados em matrizes entre 1,005 a 1,025 para ser multiplicado pelo diâmetro da matriz. A equação (1) é uma fórmula

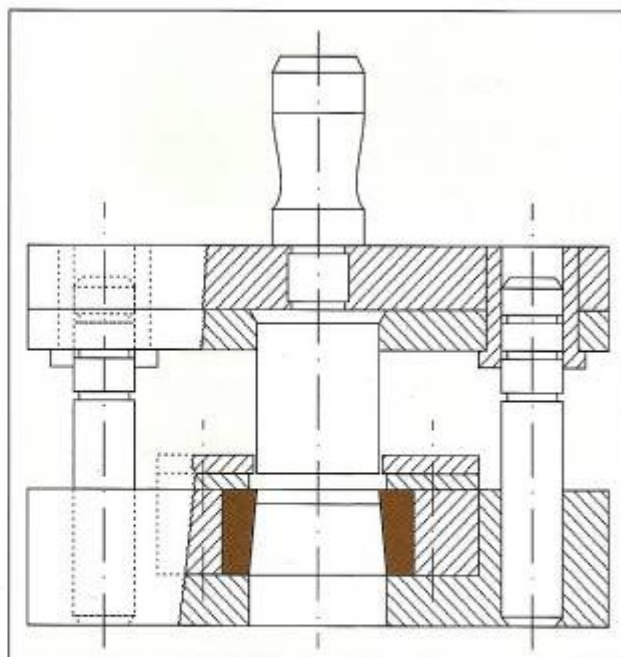


Figura 6 - Estampo aberto com colunas guias com inserto de metal duro [13]

genérica que relaciona o diâmetro da matriz ( $D_{\text{matriz}}$ ) com o diâmetro do inserto ( $D_{\text{inserto}}$ ). A figura 9 apresenta esquematicamente a interferência de um inserto de metal duro.

$$D_{\text{matriz}} \times \text{Fator} = D_{\text{inserto}}$$

*Equação (1)*

b) Inserção do inserto de metal duro na cavidade da matriz de aço. A partir de uma folga entre o inserto e a matriz, procede-se a solda oxiacetileno, que pode usar eletrodo de ligas à base de prata ( $\text{Ag}^{14}$ ) e cobre ( $\text{Cu}^{15}$ ). É desejável ter uma conicidade máxima de  $1^\circ$  na cavidade da matriz para alojar de maneira mais adequada e consistente a solda entre o

inserto de metal duro e a matriz. Por convenção se utiliza um fator de folga nos insertos colocados em matrizes, entre 0,995 e 0,975 para ser multiplicado pelo diâmetro da matriz. Este fator de folga é utilizado também na equação 1. A figura 10 apresenta esquematicamente a montagem com solda de um inserto de metal duro.

c) Fixação do inserto através do formato do inserto juntamente com parafusos, ou a fixação de um elemento do fer-

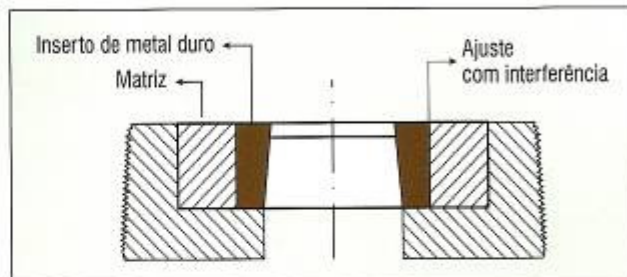


Figura 9 - Inserto de metal duro em matriz de estampagem com interferência

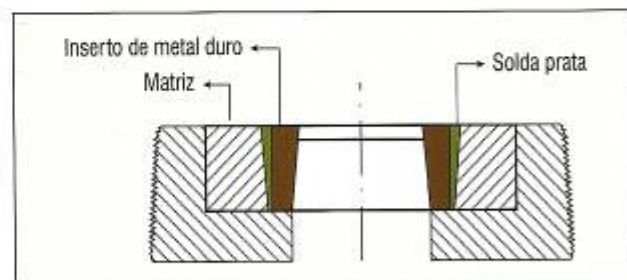


Figura 10 - Inserto de metal duro em matriz de estampagem com solda prata

<sup>14</sup>Ag: do latim argentum, representa o elemento químico prata.

<sup>15</sup>Cu: do latim cuprum, representa o elemento químico cobre.



## Sistemas de Câmara Quente Tecnoserv

### Soluções completas para seu molde

A TECNOSERV é reconhecida como um fornecedor de soluções para moldes e agora com sistemas de câmara quente MASTIP.

- Sistemas valvulados;
- Plásticos de engenharia;
- Hot Half;
- Três anos de garantia;
- Amplo estoque de bicos, ponteiros e peças de reposição;
- Tomadas elétricas;
- Controladores de temperatura.

 **Tecnoserv**



**4057-3977**



[www.tecnoserv-moldes.com.br](http://www.tecnoserv-moldes.com.br)



[tecnoserv@tecnoserv-moldes.com.br](mailto:tecnoserv@tecnoserv-moldes.com.br)



G utilizada na área de conformação mecânica em geral. Os compósitos de metal duro a base de níquel são utilizados em meio de alto desgaste e corrosivos, que são amenizados pelo comportamento do níquel.

## CONCLUSÕES

A possibilidade da utilização de insertos de metal duro em matrizes de conformação de chapas em substituição ao aço rápido já é uma realidade.

Há uma classe de metal duro es-

pecialmente utilizado para matrizes de conformação a frio com altos teores de aglomerantes, principalmente o cobalto (entre 20 e 30%). Apresenta os compósitos com o níquel como aglomerantes para a utilização de metal duro em meio corrosivo.

O entendimento das técnicas de inserção de insertos de metal duro em matrizes de conformação de chapas é importante para que a indústria de estampagem possa seguir com relação a alterações ou

novos projetos de estampos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM) e a Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS pelo uso dos laboratórios e da infra-estrutura da universidade. Também à CAPES, FINEP e a empresa IMER Porto Alegre-RS pelo apoio financeiro e investimento na área de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Thümmeler, F.; Oberacker, R.; *Introduction to powder metallurgy*; The Institute of Materials; 1993; ISBN 0-901716-26-X
- [2] Schaeffer, Lírio; *Conformação mecânica*; Editora Imprensa Livre Ltda.; p. 59-114; Porto Alegre; 2006; 2ª Edição; Brasil
- [3] Chiaverini, Vicente; *Tecnologia mecânica - Processos de fabricação e tratamento*; Volume II; Editora McGraw Hill; p. 53-132; São Paulo; 1986; 2ª Edição; Brasil
- [4] Wikipédia; [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [5] [http://www.cimm.com.br/portal/noticia/index\\_geral/?src=/material/acos\\_ferramentas](http://www.cimm.com.br/portal/noticia/index_geral/?src=/material/acos_ferramentas), em 24-06-2009
- [6] Chiaverini, Vicente; *Metalurgia do pó*; São Paulo; Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM; 2001; 4ª Ed; Brasil
- [7] Rodrigues, D.; Miranda, F.; *Curso de metalurgia do pó - metal duro*; Nobre Consultoria; São Paulo; SP; 2008; Brasil
- [8] *Tool Steel Atomization*; Powder metallurgy; Metals Handbook; V.7; p. 313; Ohio; ASM, 1998; 9ª Ed; EUA
- [9] Thümmeler, F.; Oberacker, R.; *An introduction to powder metallurgy*; The institute of Materials; p. 121-180; London; 1993; Reino Unido
- [10] Philips, T.; *Sintering Furnaces and Atmospheres*; Powder metallurgy; Metals Handbook; V.7; p. 1057 - 1094; Ohio; ASM; 1998; 9ª Ed; EUA
- [11] Stevensom, Ralph W.; *Cemented Carbides*; Powder Metallurgy; Metals Handbook; p. 773-783; V.7; Ohio; ASM; 1998; 9ª Ed; EUA
- [12] Sever, Sontea; Liviu, Raducanu; *WC-Co Functional Gradient Materials*; 8 th International Conference Constantin Brâncusi University - Engineering Faculty; University's Day; Târgu Jiu; May 24-26, 2002 - Romênia
- [13] <http://www.uniwidia.com.br/>, em 17-07-2009
- [14] Benazzi Jr., Ivar; Aio, Leandro Henrique e Santos; Silva, Fábio da; *Apostila de tecnologia de estampagem*; Faculdade de tecnologia de Sorocaba; Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza; São Paulo; 2008; Brasil
- [15] Kolaska, H.; Wheith, W.; *Pulvermetallurgie der hartmetalle*; Hartmetall als Konstruktionsbauteil in Chemischen Industrie; FPM - Fachverband Pulvermetallurgie, Kapitel 13, 1992, Alemanha

## FONTE DE CONSULTA

<http://www.durit.pt/duritPT/defaultFlash.htm>, em 12-08-2009

**Vinícius Martins** - Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGEM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM).

**Wilson Corrêa Rodrigues** - Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGEM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM).

**Alex Fabiano Bueno** - Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGEM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM).

**Lírio Schaeffer** - Doutor na área de Conformação Mecânica pela Universidade Técnica de Aachen na Alemanha (Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule - RWTH). Coordenador do Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM) do Centro de Tecnologia da Escola de Engenharia da UFRGS. Pesquisador na área de Mecânica, Metalurgia e Materiais do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Professor das disciplinas relacionadas aos processos de fabricação por conformação mecânica e vinculado ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Minas e Energia (PPGEM) da UFRGS. Consultor *ad-hoc* da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Autor de vários livros sobre conformação mecânica.