

DESENVOLVIMENTO DE AÇOS RÁPIDOS SINTERIZADOS NO IPEN ⁽¹⁾

Maurício David Martins das Neves ⁽²⁾

Odília Cordeiro de Souza Ribeiro ⁽³⁾

Luis Filipe Carvalho Pedroso de Lima ⁽⁴⁾

Francisco Ambrózio Filho ⁽⁵⁾

RESUMO

O processamento por metalurgia do pó (M/P) permite obter melhores propriedades e frações volumétricas de carbonetos em quantidade superior aquelas possíveis pela metalurgia convencional de lingotamento.

Duas seqüências de processamento serão desenvolvidas: compactação uniaxial com sinterização a vácuo e compactação isostática a quente. Os aços utilizados serão o AISI M2 e o T15, bem como misturas obtidas via "atritor" de NbC com M2. O IPEN realizará as sinterizações e as caracterizações microestruturais. Os tratamentos térmicos e as ferramentas para ensaio serão efetuados na empresa Hurt Infer Ind. de Maq. e Ferramentas. Os ensaios de usinagem das ferramentas serão executados na UFSC. A partir dos resultados em laboratório serão produzidas as ferramentas em escala piloto, para avaliação em campo.

metalurgia do pó, aços rápidos e ferramentas de corte

1. INTRODUÇÃO

Os aços rápidos são materiais altamente ligados, com ampla utilização em aplicações onde se requer alta resistência ao desgaste e elevada dureza, como em ferramentas de usinagem e corte.

Uma indicação da importância do aço rápido é dada pelo seu consumo mundial, cerca de 140.000 toneladas em 1989 ⁽¹⁾, que deve ter sido reduzido para cerca de 80.000 toneladas em 1993. No Brasil dispõe-se de dados onde o aço rápido é incluído na categoria de aços ferramentas. A evolução de consumo no Brasil é apresentada na figura 1. Estima-se em 3.000 toneladas, o consumo de aço rápido no Brasil no ano de 1993, podendo este valor aumentar com a utilização de novas técnicas.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no Seminário de Metalurgia do Pó (1995), ABM - São Paulo

⁽²⁾ Msc. em engenharia., pesquisador do IPEN

⁽³⁾ Bel. em química, pesquisadora do IPEN

⁽⁴⁾ Phd em física, pesquisador do IPEN

⁽⁵⁾ Dr. em engenharia, membro da ABM e pesquisador do IPEN

A metalurgia do pó (M/P) dos aços rápidos explorada comercialmente a partir da década de 70, vem ganhando importância no mercado de aços rápidos. O consumo destes aços, fabricados por M/P, evoluiu para uma participação de 7 a 10% do consumo total de aços rápidos. No Brasil, o consumo ainda é pequeno, sendo os aços importados de poucas empresas produtoras, cerca de 6 empresas⁽²⁾. Toda a fabricação de aço rápido no Brasil é realizada por processos convencionais, justificando, portanto, o desenvolvimento das técnicas da M/P.

O custo do aço rápido produzido por M/P é maior do que o convencional. Como o desempenho e a qualidade do acabamento do aço rápido por M/P são superiores, esta técnica torna-se competitiva, deixando a relação custo/benefício favorável à M/P.

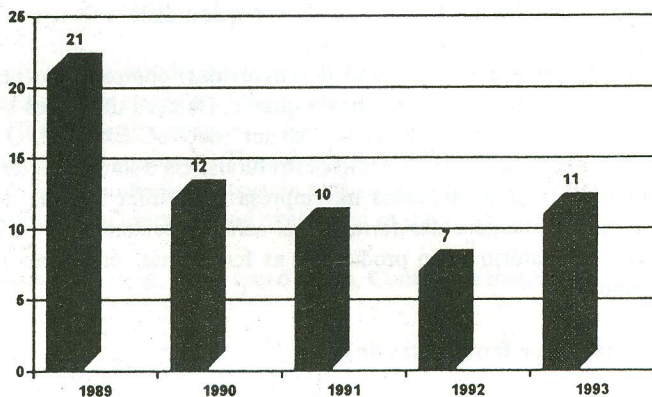


Figura 1: Consumo anual de aço ferramenta no Brasil, em 10³ toneladas

O aumento do uso do aço rápido por M/P deve-se a melhor qualidade e ao maior desempenho, quando comparados aos aços rápidos obtidos convencionalmente. Este maior desempenho é devido a possibilidade de obter aços rápidos com maior fração volumétrica de carbonetos e microestrutura com melhor e mais fina distribuição de carbonetos, em relação aos aços fundidos e conformados mecanicamente. A microestrutura mais uniforme dos aços rápidos produzidos por M/P propiciam diminuição das distorções durante os tratamentos térmicos, facilita as operações de usinagem na obtenção da ferramenta e melhora de maneira geral as propriedades de corte e desgaste. A figura 2 compara as propriedades mecânicas, dureza e tenacidade, para os aços rápidos fabricados por metalurgia do pó e métodos convencionais.

O método convencional de fabricação, normalmente, necessita de um número maior de etapas para chegar ao produto final, pois a estrutura grosseira de fundição deve ser alterada na conformação mecânica (perdas podem chegar a 50%). Há sempre uma

menor perda nos componentes fabricados por M/P, devido ao menor número de etapas e a possibilidade de fabricar os produtos próximos das dimensões finais.

Neste contexto, submeteu-se ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), o projeto "Fabricação de Ferramentas de Aços Rápidos Sinterizados". Este projeto foi proposto pelo IPEN (Grupo de Metalurgia do Pó), UFSC (FEESC- Grupo de Comando Numérico) e a empresa do setor Hurt Infer - Indústrias de Máquinas e Ferramentas.

O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto mencionado anteriormente e o estágio atual de desenvolvimento na área de aços rápidos do IPEN.

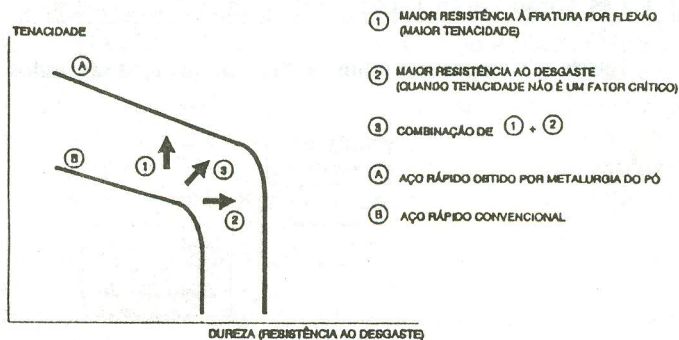


Figura 2: Dureza X Tenacidade para aços rápidos fabricados por metalurgia do pó e processo convencionais

2. PROJETO PADCT

Com a aprovação deste projeto prevê-se a interação de diversos setores, entre eles, grupos de pesquisa em materiais - IPEN, em mecânica e usinagem - UFSC e o setor produtivo Hurt Infer - Ind. de Máq. e Ferramentas. A duração de projeto será de 30 meses, sendo realizado nas instituições proponentes e contará com recursos de US\$ 330.000,00.

O objetivo deste projeto é desenvolver e fabricar materiais resistentes ao desgaste e ferramentas de corte, através da Metalurgia do Pó. Deve-se mencionar que a M/P não é empregada no segmento de fabricação de ferramentas no país.

O projeto será realizado experimentalmente com a participação das três instituições, cabendo a cada uma delas uma parte específica do desenvolvimento. O IPEN será responsável pela obtenção dos aços rápidos, caracterização dos pós, sinterização, e as caracterizações microestrutural e mecânica (dureza, ruptura transversal e de desgaste). A UFSC caberá a realização dos ensaios de usinagem e análise de desempenho. A empresa Hurt Infer realizará os tratamentos térmicos, a preparação das ferramentas e a avaliação de desempenho em campo.

Dois seqüências de processamento serão desenvolvidas no projeto: compactação uniaxial com sinterização a vácuo e compactação isotática a quente. A figura 3 apresenta um fluxograma destas duas linhas de pesquisa. Os pós utilizados serão: AISI M2 e o T15. Pretende-se ainda, inovar em termos de novas composições pela adição de Nióbio, ao aço M2, para aumentar a dureza e resistência ao desgaste, procurando manter a tenacidade. A composição química (%peso) dos dois aços é apresentada na tabela 1.

AISI	C	Mn	Si	Cr	V	W	Mo	Co
M2	0,85	0,30	0,30	4,00	2,00	6,00	5,00
T15	1,55	0,30	0,30	4,00	5,00	12,25	5,00

Tabela 1: Composição química (%peso) dos aços utilizados

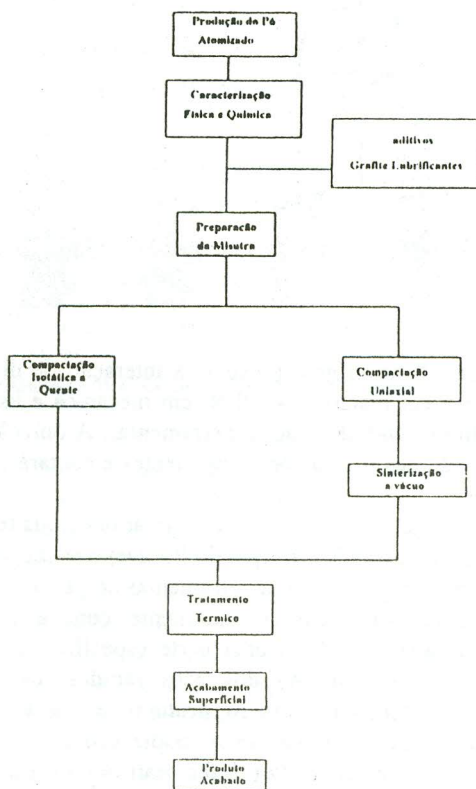


Figura 3: Fluxograma dos processos de fabricação

2.1. COMPACTAÇÃO E SINTERIZAÇÃO

A compactação convencional em matrizes metálicas é a mais adequada para os pós atomizados a água, pois por sua forma irregular favorece maior resistência a verde. Os pós atomizados a gás, por apresentar morfologia regular, são os mais apropriados para compactação isostática a quente.

As pressões de compactação serão selecionadas através do levantamento das curvas de compressibilidade, para cada pó, sendo determinado um intervalo de pressão. O limite inferior deverá garantir uma densidade a verde superior a 75% da densidade teórica, enquanto o limite superior será aquele onde não ocorra sensível aumento da densidade a verde.

A sinterização será realizada em vácuo, com a presença de fases líquidas. A presença de fases líquidas facilita os fenômenos de difusão, possibilitando alcançar densidades próximas das teóricas⁽³⁾.

Os principais parâmetros de sinterização são: temperatura, tempo e atmosfera. A temperatura será selecionada para cada tipo de aço, em função da densidade e microestrutura do sinterizado. O tempo e a atmosfera foram pré-selecionados, com base em trabalhos publicados, adotando-se respectivamente, 3600 segundos e vácuo como atmosfera^(3,4).

Na sinterização de aços rápidos existe um intervalo de temperatura ótimo, onde se obtém tamanhos de grãos e carbonetos finos. Abaixo deste intervalo, os níveis de densidade são baixos, mesmo para longos tempos de sinterização. Temperaturas superiores ou tempos longos neste intervalo de temperatura facilita o crescimento excessivo de grão, o coalescimento dos carbonetos e sua migração para o contorno de grão, prejudicando as propriedades do sinterizado.

Uma certa quantidade de carbono do pó reage com o oxigênio residual presente na atmosfera do forno. Adições de grafite de 0,1% a 0,2%, em peso, devem ser realizadas aos pós antes da sinterização para corrigir a composição do carbono. Frequentemente, a adição pode ser na forma de carbonetos do tipo NbC, VC, WC ou TiC.

2.2. COMPACTAÇÃO ISOSTÁTICA A QUENTE

A compactação isostática a quente é um híbrido de compactação e sinterização, muito utilizado na consolidação de pós de aços rápidos atomizados. As variáveis principais deste processamento são: pressão, temperatura e tempo.

A perfeita combinação dos parâmetros permitem obter produtos com densidade próxima da teórica, manutenção da microestrutura refinada e distribuição de carbonetos do material de partida.

A utilização desta técnica permite obter propriedades mecânicas (uniformidade de dureza e tenacidade) finais superiores, em relação ao processo de compactação e sinterização com fase líquida. O desempenho em corte é melhorado pelo tratamento térmico que provoca menor crescimento de grão austenítico.

Os aços rápidos serão consolidados em moldes, nas temperaturas próximas a 1100 °C, 100 MPa de pressão e tempo de 1800 a 3600 segundos ⁽⁵⁾. A figura 4 apresenta uma comparação qualitativa entre diversas propriedades mecânicas para os aços utilizados no projeto compactados isostaticamente.

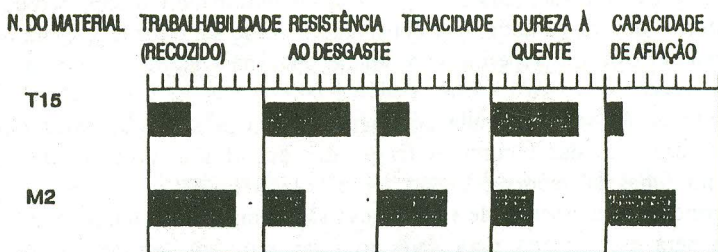


Figura 4: Comparação qualitativa de diversas propriedades mecânicas dos aços rápidos M2 e T15, compactados isostaticamente a quente.

3. ADIÇÃO DE CARBONETOS

Conforme já mencionado, pretende-se estudar novas composições, através das adições de carboneto de nióbio (NbC). Basicamente, o NbC, faz parte do grupo de carbonetos primários (MC), onde "M" pode ser Nb, V, W, Ti ou Ta. As principais funções desses carbonetos são: aumentar a dureza e impedir o crescimento do grão austenítico, através de sua fixação no contorno de grão, durante os tratamentos térmicos. Nos aços rápidos produzidos por métodos convencionais, teores de até 3% em peso podem ser adicionados, sem queda significativa das propriedades mecânicas.

A literatura indica ⁽⁶⁾ que somente é possível utilizar o potencial completo da adição de carbonetos, mediante técnicas de metalurgia do pó. A utilização do atritor permite obter uma mistura com maior fração volumétrica de carbonetos, do que quando se empregam misturadores comuns. Thumler e Gutfeld ⁽⁷⁾ conseguiram obter materiais com 10% de fração volumétrica, sinterizado com fase líquida, mantendo a microestrutura refinada e aumentando a densidade.

4. TRATAMENTOS TÉRMICOS

A temperatura de tempera para os aços rápidos a serem utilizadas variam de 1150 °C a 1250 °C. Este valor é influenciado pela composição química, principalmente, teor de carbono e tamanho de carbonetos. Carbonetos finos dissolvem-se na matriz à temperaturas inferiores necessárias para dissolução de carbonetos grosseiros. Portanto, amostras obtidas por metalurgia do pó podem ser temperadas a temperaturas inferiores, em relação a aquelas processadas por métodos convencionais. Diversos autores ^(8,9)

recomendam para os aços rápidos, velocidade de resfriamento superior a 7 °C/s, para evitar a precipitação dos carbonetos.

A formação da martensita começa por volta de 200 °C e a transformação não se completa até atingir a temperatura ambiente. A quantidade de austenita retida depende da porcentagem de carbono na austenita e da temperatura de tempera. O cobalto tem o efeito de diminuir a quantidade de austenita retida.

Os tratamentos de revenimento realizados após a tempera, permitem a difusão de carbono da austenita retida para a martensita e a precipitação de carbonetos. A temperatura de início de transformação martensítica (Ms) é aumentada e a austenita retida se transforma para martensita no revenimento. A dureza secundária também é função do tempo, temperatura e a porcentagem da austenita retida na matriz.

As temperaturas de tratamento térmico devem ser selecionadas de acordo com a sollicitação. As maiores temperaturas de tempera propiciam maiores durezas, portanto, indicadas para materiais sollicitados ao desgaste. As menores temperaturas de tempera são utilizadas onde é necessária maior tenacidade. Deve-se assegurar em ambas situações uma taxa de resfriamento superior a 7 °C/s, entre 1000 °C e 800 °C. Os revenimentos serão realizados entre 520 °C a 600 °C, no mínimo utilizando dois ciclos, com resfriamento para temperatura ambiente entre eles.

5.. ESTÁGIO ATUAL DE DESENVOLVIMENTO DO GRUPO DE M/P DO IPEN

Este projeto é consequência natural das linhas de trabalho, atualmente em andamento no IPEN (Coordenadoria de Engenharia e Ciência dos Materiais), para desenvolver materiais resistentes ao desgaste e ferramentas de corte.

Diversos trabalhos foram realizados por pesquisadores do IPEN⁽¹⁰⁻¹⁶⁾, na área de metalurgia do pó e aços rápidos. Alguns trabalhos sobre atomização foram conduzidas em conjunto com outras instituições, onde estudaram-se a influência da velocidade de resfriamento da partícula em relação a sua geometria e formato⁽¹⁰⁾ e a microestrutura⁽¹¹⁾.

Estabeleceram-se para os dois aços rápidos (M2 e T15) a curva de compressibilidade e as temperaturas ótimas de sinterização, para atmosferas redutoras e vácuo^(12,13). As temperaturas determinadas foram: (1243 ± 3) °C para o M2 e (1260 ± 5) °C no caso do T15.

Outros pesquisadores⁽¹⁴⁾ estudaram o efeito da adição de carbonetos, do tipo, MC (WC e TiC) e do cobalto nos aços rápidos sinterizados, em atmosferas redutoras e vácuo. Observou-se que as adições de carbonetos propiciaram um aumento da sinterabilidade, para menores temperaturas, resultando em acréscimo no valor da resistência a ruptura transversal. Os resultados mostraram que a sinterização a vácuo é mais eficiente, do que em atmosferas redutoras, no caso de aços rápidos reforçados.

Uma outra linha de pesquisa^(15,16) consistia em estudar a influência da adição do carboneto de nióbio no M2. Foram realizadas adições de até 30%, em peso. As amostras foram preparadas em misturador comum e no atritor. A utilização do misturador comum não conduziu a bons resultados, pois a distribuição de carbonetos

não foi uniforme na matriz. As amostras preparadas utilizando o atritor, apresentaram maior homogeneização microestrutural e possibilitaram a sinterização com alta densificação, com porcentagens até 15% (em peso) de NbC.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste projeto propiciará o desenvolvimento de novas seqüências de processamento não disponíveis no país, como a fabricação de ferramentas de corte e desgaste, fabricadas por técnicas de metalurgia do pó. A determinação das propriedades mecânicas e os resultados dos ensaios fornecerão dados, quanto ao desempenho dos aços estudados, trazendo subsídios técnicos para sua utilização industrial. Deverão ser aprofundados estudos econômicos para viabilizar a transferência desta tecnologia para escala industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bachner, E.; Hribernik, B.; Kuehnelt, G.;
Developments in the sector of High Speed Steel
Proceedings First International HSS Conference- Leoben, (1990), p.11-32
2. Pinnow, K. E.; Stasko, W.;
P/M Tool Steels - Metals Handbook
ASM - 9ª Edition (1990) p. 780-792
3. Bee, J.V.; Brewin, P.R.; Wood, J.V.;
Sintering mechanisms vacuum sintered M2 e T15 HSS Powders
MPR (1988) p. 177-190
4. Greetham, G.;
High density speed steel
PM 90 - Intern. Powder Metall. Conference (1990) p.206-216
5. Billgren, P.;
Hot Isostatic Pressing of HSS
First Int. HSS Conference, (1990)
6. Gustfeld, C.;
PHD tesis - Universitat Karlsruhe (1991)
7. Thumler, F.; Gutsfeld, C.;
Mechanically Alloyed Sintered Steels with a hard phase content
PM 90 - Int. Powder Metall. Conference - London (1990)

8. Metals Handbook - ASTM 9ª, vol.7
9. Wissell, H.;
Basic principles and practical implications in heat treatment of HSS
Proceedings First Int. HSS Conference, Leobem, (1990)
10. Ambrózio F.F.; Neves, M.D.M.; Pola, E.J.G.; Souza, O.C.; Salgado, L.;
Characterization of Ni-Cu alloy powders produced by the atomization
Materials Scin.Eng., A133 (1993) p. 692-697
11. Ambrózio F.F.; Salgado, L.; Vicente, L.G.;
Obtenção de pós de aço inoxidável
Seminário de metalurgia do pó - ABM (1991) p. 21-35
12. Ribeiro O.C.S.; Ambrózio F.F.; Oliveira M.M.;
Desenvolvimento de componentes de aço rápido
48º Congresso anual da ABM (1993)
13. Ribeiro O.C.S.; Oliveira M.M.; Wronsky, A.S.;
Powder Metall. Intern. v.25, n.5, (1993), p. 215-218
14. Neves, M.D.M.; Torralba, J.M.; Cambronero, L.E.G.; Ruiz-Pietro J.M.
Sinterability study M2 and T15 HSS reinforced with WC and TiC
Powder Metall., (1993) vol. 36, p55-66
15. Ambrózio F.F.; Araújo, E.G.; Souza V.A.; Neves M.D.M.;
PM 92 Intern. Powder Metall. Conference, USA, (1992)
16. Araújo E.G.; Ambrózio F.F.; Siciliano, F.J.;
Desenvolvimento microestrutural de aços rápidos sinterizados
Congresso Anual da ABM (1992)