



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0922317-7

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0922317-7

(22) Data do Depósito: 24/11/2009

(43) Data da Publicação do Pedido: 08/07/2010

(51) Classificação Internacional: B24D 3/00; B24D 3/06.

(30) Prioridade Unionista: US 12/337.001 de 17/12/2008.

(54) Título: MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE CACOS ABRASIVOS, PARTÍCULAS ABRASIVAS FORMATADAS COM UMA ABERTURA, OU PARTÍCULAS ABRASIVAS EM FORMATO DE PRATO

(73) Titular: 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY, Sociedade Norte Americana. Endereço: 3M Center, P.O. Box 33427, St. Paul, MN 55133-3427, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: SCOTT R. CULLER; DWIGHT D.ERICKSON; NEGUS B. ADEFERIS; JOHN T. BODEN; JOHN D. HAAS.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 24/11/2009, observadas as condições legais

Expedida em: 07/05/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

"MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE CACOS ABRASIVOS, PARTÍCULAS ABRASIVAS FORMATADAS COM UMA ABERTURA, OU PARTÍCULAS ABRASIVAS EM FORMATO DE PRATO"

Esse pedido reivindica o benefício de pedido provisório de número de série U.S. 61/016.965 intitulado "Shaped, Fractured Abrasive Particle, Abrasive Article Using Same And Method Of Making" depositado em 27 de dezembro de 2007 e aqui incorporado a título de referência, em sua totalidade.

Antecedentes

As partículas abrasivas e os artigos abrasivos produzidos a partir das partículas abrasivas são úteis para abrasão, acabamento ou trituração de uma ampla variedade de materiais e superfícies na fabricação de mercadorias. Como tal, continua a existir uma necessidade para aperfeiçoar o custo, desempenho ou vida da partícula abrasiva e/ou do artigo abrasivo.

As partículas abrasivas com formato triangular e os artigos abrasivos que usam as partículas abrasivas com formato triangular são apresentados nas patentes U.S. 5.201.916 de Berg; 5.366.523 de Rowenhorst; e 5.984.988 de Berg. Em uma modalidade, o formato das partículas abrasivas compreende um triângulo equilátero. As partículas abrasivas com formato triangular são úteis na fabricação de artigos abrasivos que têm taxas de corte acentuadas.

Sumário

As partículas abrasivas formatadas, em geral, podem ter desempenho superior aos das partículas abrasivas aleatoriamente esmagadas. Através do controle do formato da partícula abrasiva é possível controlar o desempenho resultante do artigo abrasivo. Diferentes aplicações de abrasão podem exigir tipos diferentes de partículas abrasivas formatadas. Portanto, ter um processo que pode produzir vários tipos diferentes das partículas abrasivas formatadas a partir da mesma linha de processo é altamente desejável.

Os inventores determinaram que através do controle dos parâmetros de processo e através do uso de uma ferramenta de produção de material polimérico que tem uma pluralidade de cavidades de molde, diferentes tipos das partículas abrasivas formatadas podem ser produzidos a partir do mesmo molde exato. Em particular, os inventores determinaram um método para fraturar as partículas abrasivas formatadas ainda no molde para produzir cacos abrasivos ao invés de partículas abrasivas formatadas intactas sólidas. Os inventores também determinaram um método para controle da formação das partículas abrasivas formatadas enquanto as mesmas residem no molde a fim de formar uma abertura através da partícula abrasiva formatada. Os inventores também determinaram um método para controle da formação das partículas abrasivas formatadas enquanto as mesmas residem no molde a fim de formar uma superfície côncava na partícula abrasiva formatada para produzir uma partícula abrasiva com formato de prato. Deste modo, dependendo dos parâmetros de processo, a mesma

ferramenta de produção de material polimérico que tem uma pluralidade de cavidades de molde, pode produzir partículas abrasivas formatadas, cacos abrasivos, partículas abrasivas formatadas intactas com uma abertura ou partículas abrasivas com formato de prato.

Por conseguinte, em uma modalidade, a invenção reside em um método que
 5 compreende: fornecer um molde que tem uma pluralidade de cavidades, em que a pluralidade de cavidades compreende superfícies poliméricas; preencher a pluralidade de cavidades com um sol-gel, sendo que o sol-gel compreende partículas em um líquido que podem ser convertidas em alfa alumina, sendo que o líquido compreende um componente volátil; remover pelo menos uma porção do componente volátil do sol-gel enquanto o sol-gel reside na
 10 pluralidade de cavidades formando assim uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras que têm um tipo selecionado do grupo consistindo em cacos abrasivos, partículas abrasivas formatadas com uma abertura, e partículas abrasivas com formato de prato.

Breve Descrição dos Desenhos

Deve ser compreendido pelos versados na técnica que a presente discussão é
 15 uma descrição de modalidades exemplificadoras apenas, e cuja intenção não é limitar os aspectos mais amplos da presente descrição, cujos aspectos amplos são incorporados na construção exemplificadora.

A figura 1 é uma fotografia de uma vista superior de um molde que tem uma pluralidade de cavidades contendo partículas abrasivas precursoras.

20 A figura 2 é uma fotografia das partículas abrasivas com formato de prato que resultam do lado esquerdo do molde na figura 1.

A figura 3 é uma fotografia dos cacos abrasivos fraturados que resultam do lado direito do molde na figura 1.

A figura 4 ilustra uma seção transversal de uma modalidade de uma partícula
 25 abrasiva formatada precursora em uma cavidade do molde.

A figura 5 é uma fotomicrografia de um microscópio do elétron de varredura de um caco abrasivo representativo similar aos cacos abrasivos na figura 3.

As figuras 6A a 6C ilustram uma partícula abrasiva formatada com uma abertura.

A figura 7 é uma fotografia das partículas abrasivas com formato de prato
 30 comparadas às partículas abrasivas formatadas que têm uma abertura.

A figura 8 é uma fotografia de uma vista superior de um molde que tem uma pluralidade de cavidades contendo partículas abrasivas formatadas precursoras com uma abertura.

A figura 9 ilustra uma vista em perspectiva de uma partícula abrasiva com formato
 35 de prato.

A figura 10 ilustra uma vista lateral da partícula abrasiva com formato de prato.

A figura 11 ilustra uma fotografia mostrando a superfície côncava ou em formato de prato de uma partícula abrasiva com formato de prato.

O uso repetido de caracteres de referência no relatório descritivo e nos desenhos destina-se a representar as características ou elementos iguais ou análogos da revelação.

5 Definições

Para uso na presente invenção, as formas das palavras “compreender”, “ter” e “incluir” são legalmente equivalentes e não são limitadoras. Portanto, elementos, funções, etapas ou limitações adicionais não citados podem estar presentes em adição a elementos citados, funções, etapas ou limitações.

10 Para uso na presente invenção, o termo “dispersão abrasiva” significa um precursor de alfa alumina que pode ser convertido em alfa alumina que é introduzida na cavidade do molde. A composição é chamada de dispersão abrasiva até que componentes voláteis suficientes sejam removidos a fim de ocorrer a solidificação da dispersão abrasiva.

15 Para uso na presente invenção, o termo “partícula abrasiva formatada precursora” significa a partícula não sinterizada produzida através da remoção de uma quantidade suficiente do componente volátil da dispersão abrasiva, quando o mesmo se encontra na cavidade do molde, para formar um corpo solidificado que pode ser removido da cavidade do molde e que pode reter substancialmente seu formato moldado em operações de processamento subsequentes.

20 Para uso na presente invenção, o termo “superfície precisamente formada” significa uma superfície que é criada pelo menos parcialmente por secagem, remoção de água ou cura de uma dispersão abrasiva enquanto permanece em uma cavidade em um molde.

Para uso na presente invenção, o termo “caco abrasivo” significa a partícula abrasiva de alfa alumina sinterizada produzida pelo processo dessa revelação.

25 Para uso na presente invenção, o termo “partícula abrasiva formatada”, significa uma partícula abrasiva de cerâmica com pelo menos uma porção da partícula abrasiva tendo um formato predeterminado que é replicado a partir de uma cavidade de molde usada para formar a partícula abrasiva precursora formatada. Exceto no caso de cacos abrasivos (por exemplo, conforme descrito no pedido provisório U.S. 61/016.965), a
30 partícula abrasiva formatada terá, em geral, um formato geométrico predeterminado que substancialmente replica a cavidade de molde que foi usada para formar a partícula abrasiva formatada. A partícula abrasiva formatada, para uso na presente invenção, exclui as partículas abrasivas obtidas através de uma operação de esmagamento mecânico.

Descrição Detalhada

35 Antes de descrever o processo usado para produzir os diferentes tipos de partículas abrasivas formatadas, os vários tipos serão descritos em maiores detalhes.

Cacos Abrasivos

Com referência às figuras 3 e 5, as partículas abrasivas 20 são ilustradas. As partículas abrasivas 20 compreendem partículas abrasivas de alfa alumina fraturadas formadas em uma pluralidade de cacos abrasivos de alfa alumina 21. Com referência à figura 4, uma partícula abrasiva precursora 23 em um molde 34 é ilustrada. Cada um dentre os cacos abrasivos de alfa alumina 21 compreende ao menos uma primeira superfície precisamente formada 22, uma segunda superfície precisamente formada 24 que se cruza com a primeira superfície precisamente formada em um ângulo pré-determinado, uma terceira superfície 26 oposta à primeira superfície precisamente formada 22 e uma superfície fraturada 28. A primeira superfície precisamente formada 22 pode ser formada por contato com uma superfície inferior 30 de uma cavidade 32 no molde 34. Na figura 4, apenas uma porção da cavidade 32 no molde 34 é indicada na seção transversal. Tipicamente, o molde 34 tem uma pluralidade de cavidades para produzir de maneira econômica os cacos abrasivos de alfa alumina 21. A primeira superfície precisamente formada 22 replica substancialmente o acabamento e o formato superficiais da superfície inferior 30 da cavidade 32.

A segunda superfície precisamente formada 24 do caco abrasivo 21 pode ser formada por contato com uma parede lateral 36 da cavidade 32 no molde 34. A parede lateral 36 é projetada para se cruzar com a superfície inferior 30 em um ângulo pré-determinado α . A segunda superfície precisamente formada 24 replica substancialmente o acabamento e o formato superficiais da parede lateral 36 da cavidade 32. A segunda superfície precisamente formada 24 é moldada por contato com a parede lateral 36 da cavidade 32. Como tal, ao menos duas superfícies do caco abrasivo resultante são formadas precisamente (22 e 24) e o ângulo de intersecção α entre as duas superfícies é um ângulo pré-determinado com base na geometria do molde selecionado.

A terceira superfície 26 do caco abrasivo 21 oposta à primeira superfície precisamente formada 22 pode ser sinuosa e ondulante aleatoriamente na aparência, visto que está em contato com o ar após a cavidade 32 ter sido preenchida com uma dispersão abrasiva. A terceira superfície 26 não é precisamente formada, visto que não é moldada por contato com a cavidade 32. Frequentemente, a terceira superfície 26 é criada por raspagem ou tratamento de uma superfície de topo 38 do molde 34 para remover uma dispersão abrasiva excessiva do molde. A etapa de raspagem ou tratamento pode resultar em uma ondulação ou irregularidade sutil da terceira superfície 26 que é visível sob ampliação. Como tal, a terceira superfície 26 é similar a uma superfície criada por extrusão, que também não é precisamente formada. No processo de extrusão, o sol-gel é forçado para fora de uma matriz. Como tal, as superfícies do sol-gel têm marcas de rasps, goivas e/ou linhas de marcação como resultado do processo de extrusão. Tais marcas são criadas pelo movimento relativo entre sol-gel e a matriz. Adicionalmente, as superfícies extrudadas a partir de uma matriz podem ser, em geral, um plano liso. Em contrapartida, as superfícies precisamente formadas

podem replicar uma superfície senoidal ou outra superfície geométrica mais complexa que tem variações significativas em altura ao longo do comprimento da superfície.

A superfície fraturada 28 do caco abrasivo 21 se propaga, em geral, entre a primeira superfície precisamente formada 22 e a terceira superfície oposta 26 e entre paredes laterais opostas da cavidade 32 quando a profundidade da cavidade é relativamente menor comparada à área da superfície inferior 30. A superfície fraturada 28 é caracterizada por pontos recortados, agudos, típicos de uma fratura quebradiça. A superfície fraturada 28 pode ser criada por um processo de secagem que craqueia ou fratura ao menos a maior parte das partículas abrasivas formatadas precursoras em, ao menos, duas partes, enquanto permanece na cavidade 32. Isso produz cacos abrasivos 21 que têm um tamanho menor do que a cavidade 32 do molde a partir do qual eles foram feitos. Os cacos abrasivos, uma vez formados, poderiam ser remontados como peças de um quebra-cabeça para reproduzir o formato de cavidade original do molde a partir do qual eles foram feitos. Acredita-se que o craqueamento ou fratura das partículas abrasivas formatadas precursoras ocorra pela garantia de que a tensão superficial da dispersão abrasiva para as paredes da cavidade 32 é maior do que as forças de atração internas da dispersão abrasiva conforme a dispersão abrasiva é seca na cavidade.

Com referência à figura 5, para o caco abrasivo 21 ilustrado, a superfície fraturada 28 está presente ao longo do lado direito do caco abrasivo. A segunda superfície precisamente formada 24 está presente ao longo da superfície angulada esquerda do caco abrasivo 21. A terceira superfície 26 está voltada para frente e tem alguma irregularidade e ondulação proveniente da operação de raspagem. A primeira superfície precisamente formada 22 é ocultada de quem a visualiza por trás. O caco abrasivo na figura 5 foi produzido em uma cavidade de molde triangular. Uma das arestas do triângulo está presente na porção inferior esquerda do caco abrasivo.

Com referência à figura 1, o processo de fratura produz um número distinto de partículas abrasivas precursoras fraturadas em cada cavidade do molde. Em geral, cerca de 2 a 4 partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas são produzidas dentro de cada cavidade 32. Como tal, o processo da invenção produz poucas partículas extremamente pequenas (sólidos finos) resultando em menos desperdício do que se uma operação de esmagamento fosse usada para reduzir o tamanho da partícula triangular intacta conforme mostrado na figura 2. Devido ao processo de fratura, cada um dos cacos abrasivos retém uma porção de seu formato moldado original ao contrário de uma operação de esmagamento que poderia produzir partículas abrasivas sem que restassem quaisquer superfícies precisamente formadas. Como tal, a distribuição de tamanho das partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas é relativamente pequena e mais uniforme do que as partículas esmagadas. A quantidade final de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas

produzidas dentro de cada cavidade pode variar dependendo do tamanho da cavidade e formato, da taxa de secagem e da temperatura usada para fraturar as partículas abrasivas formatadas precursoras dentro do molde. Em várias modalidades da descrição, menor que ou igual à cerca de 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, ou 2 partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas são produzidas dentro de cada cavidade do molde.

Visto que as partículas abrasivas formatadas precursoras são processadas de tal maneira a fraturá-las intencionalmente, ao menos a maior parte (maior que 50 por cento) das partículas abrasivas formatadas precursoras é fraturada formando, ao menos, duas partes dentro da cavidade 32 do molde, conforme as partículas abrasivas formatadas precursoras são secas. Em várias modalidades da descrição, cerca de 75% a 100%, ou cerca de 90% a 100% ou cerca de 98% a 100% das partículas abrasivas formatadas precursoras são fraturadas em ao menos duas partes, enquanto permanecem nas cavidades no molde.

Devido ao fato de que as partículas abrasivas formatadas precursoras são fraturadas intencionalmente enquanto permanecem no molde, elas retêm ao menos uma porção da parede lateral e do fundo do formato moldado original. Essa característica pode fornecer cacos abrasivos que podem ter formatos muito mais redondos e em bloco. As partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas podem ter uma alta razão de aspecto e bordas muito agudas, onde a superfície fraturada 28 se encontra com as superfícies precisamente formadas. Como tal, os cacos abrasivos de alfa alumina têm excelente desempenho quando usados para produzir um artigo abrasivo.

As partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas são calcinadas e sinterizadas para formar os cacos abrasivos de alfa alumina. Os cacos abrasivos de alfa alumina podem ser fabricados em uma ampla gama de tamanhos de partícula dependendo do tamanho da cavidade moldada e da quantidade de pedaços fraturados criados pela etapa de fratura do processo. Tipicamente, os cacos abrasivos de alfa alumina abrangem uma faixa em tamanho a partir de 0,1 a 5000 micrômetros, 1 a 2000 micrômetros, 5 a 1500 micrômetros, ou mesmo, em algumas modalidades, a partir de 50 a 1000, ou mesmo a partir de 100 a 1000 micrômetros.

Conforme descrito de maneira mais completa no pedido de patente provisório pendente U.S. número de série 61/016.965 intitulado "Shaped, Fractured Abrasive Particle, Abrasive Article Using Same and Method of Making", depositado em 27 de dezembro de 2007, os cacos abrasivos de alfa alumina possuem desempenho de trituração superior quando comparados ao grão de alfa alumina convencional esmagado que tem o mesmo grau abrasivo nominal.

Partículas Abrasivas Formatadas com uma Abertura

Com referência às figuras 6A, 6B e 6C, uma partícula abrasiva formatada exemplificadora 120 com uma abertura 122 é ilustrada. O material do qual a partícula abrasiva formatada 120 com uma abertura 122 é feita compreende alfa alumina. Em geral, as partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 compreendem corpos delgados que têm uma primeira face 124, e uma segunda face 126 separadas por uma parede lateral 128 e que têm uma espessura t . Em algumas modalidades, a parede lateral 128 pode ser minimizada para partículas em que as faces estreitam até uma borda fina ou um ponto no qual as mesmas se encontram dentro que têm uma parede lateral mais espessa 128. Em uma modalidade, a primeira face 124 é substancialmente plana, a segunda face 126 é substancialmente plana, ou ambas as faces são substancialmente planas. Em uma modalidade, a primeira face 124 e a segunda face 126 são substancialmente paralelas uma à outra. Em outras modalidades, a primeira face 124 e a segunda face 126 podem estar não paralelas uma à outra de tal modo que uma face esteja inclinada em relação à outra face e que linhas imaginárias tangentes a cada face se cruzariam em um ponto. A parede lateral 128 da partícula abrasiva formatada 120 com uma abertura 122 pode variar e isto forma o perímetro 129 da primeira face 124 e da segunda face 126. Em uma modalidade, o perímetro 129 da primeira face 124 e da segunda face 126 é selecionado para ter um formato geométrico, e a primeira face 124 e a segunda face 126 são selecionadas para ter o mesmo formato geométrico, embora os mesmos possam diferir em tamanho com uma face sendo maior que a outra face. Em uma modalidade, o perímetro 129 da primeira face 124 e o perímetro 129 da segunda face 126 tiveram um formato triangular que está ilustrado.

A abertura 122, em uma modalidade, atravessa completamente a primeira face 124 e a segunda face 126 conforme se pode observar melhor nas figuras 6B, 6C e 7. Em outras modalidades, a abertura 122 compreende um furo cego que pode não atravessar completamente ambas as faces. Em uma modalidade, o tamanho da abertura 122 é muito grande em relação à área da primeira face 124 ou da segunda face 126. Conforme se pode observar melhor na figura 6A, em uma modalidade, a abertura 122 compreende um formato triangular que se aproxima do formato do perímetro 129 da partícula abrasiva formatada 120. Como tal, a partícula abrasiva formatada 120 com uma abertura 122 compreende uma conexão integral de uma pluralidade de barras 130 unidas em suas extremidades respectivas para formar um polígono fechado. Em outras modalidades, a abertura 122 pode ser circular, oval ou outro formato geométrico.

Em várias modalidades da invenção, uma razão de abertura da área da abertura 122 dividida pela área de face da maior entre a primeira face 124 ou a segunda face 126 pode ser entre cerca de 0,05 a cerca de 0,95, ou entre cerca de 0,1 a cerca de 0,9, ou entre cerca de 0,1 a cerca de 0,7, ou entre cerca de 0,1 a cerca de 0,5. Para os propósitos deste cálculo, a área de face tem por base a área encerrada pelo perímetro 129 sem

subtrair qualquer área devido à abertura 122. Conforme será descrito posteriormente, acredita-se que as partículas abrasivas formatadas que têm uma abertura maior 122 em relação ao tamanho da face tiveram seu desempenho de trituração melhorado.

Em várias modalidades da invenção, a área ou tamanho da primeira face 124 e a área ou tamanho da segunda face 126 são substancialmente iguais. Em outras modalidades da invenção, a primeira face 124 ou a segunda face 126 podem ser menores que a outra face. Com referência às figuras 6B e 6C, o ângulo de saída α entre a segunda face 126 e a parede lateral 128 da partícula abrasiva formatada 120 pode ser variado para alterar os tamanhos relativos de cada face. Em uma modalidade da invenção, o ângulo de saída α pode ter aproximadamente 90 graus de tal modo que a área de ambas as faces seja substancialmente igual. Em outra modalidade da invenção, o ângulo de saída α pode ser maior que 90 graus de tal modo que a área da primeira face 124 seja maior que a área da segunda face 126. Em outra modalidade da invenção, o ângulo de saída α pode ser maior que 90 graus de tal modo que a área da primeira face 124 seja menor que a área da segunda face 126. Em outras modalidades da invenção, o ângulo de saída α pode ter entre cerca de 95 graus a cerca de 130 graus, entre cerca de 95 graus a cerca de 125 graus, ou entre cerca de 95 graus a cerca de 115 graus. Sem se ater à teoria, acredita-se que um ângulo de saída diferente de 90 graus resulte nas partículas abrasivas formatadas 120 se inclinando, ao invés de ter uma orientação de 90 graus na direção do substrato em um artigo abrasivo revestido já que a base da partícula abrasiva formatada 120 na porção abrasiva revestida (parede lateral 128) é inclinada devido ao ângulo de saída. Devido ao fato de que as partículas abrasivas formatadas 120 estejam principalmente apontadas ou inclinadas para um lado devido à base angular, as mesmas se assentam sobre as mesmas e podem ter um ângulo de orientação menor que 90 graus em relação ao substrato deste modo acentuando as taxas de corte conforme descrito em maiores detalhes no pedido de patente copendente intitulado "Shaped Abrasive Particles With A Sloping Sidewall" (número da súmula do advogado 64869US002), depositado no dia 17 de dezembro de 2008 e possuindo número de série U.S. 12/337.075. Em uma modalidade descrita no presente pedido de patente, um ângulo de saída α de 98 graus foi usado, que tinha aproximadamente duas vezes a taxa de corte de uma partícula abrasiva similarmente formatada que tem um ângulo de saída α de 90 graus.

As partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 podem apresentar vários benefícios inesperados sobre as partículas abrasivas formatadas intactas sólidas sem uma abertura. Primeiro, as partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 possuem uma taxa de corte acentuada quando comparadas às partículas abrasivas formatadas sólidas. Sem se ater à teoria, acredita-se que a taxa de corte acentuada resulta de uma redução no tamanho do plano de desgaste enquanto a partícula abrasiva é usada. Enquanto as partículas abrasivas formatadas se desgastam, tipicamente um plano de desgaste maior surge na superfície de trabalho da partícula abrasiva formatada embotando

a partícula abrasiva formatada. Em contrapartida, enquanto as partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 se desgastam, o tamanho do plano de desgaste pode, inicialmente, aumentar até que a partícula abrasiva formatada seja desgastada através da abertura 122. Neste instante, a presença da abertura 122 reduz efetivamente o tamanho total do plano de desgaste através da criação de dois planos de desgaste menores ao invés de um único plano de desgaste maior anteriormente presente. Os planos de desgaste menores recém-formados afiam novamente a partícula abrasiva formatada 120 acentuando seu desempenho sobre as partículas abrasivas formatadas sólidas.

Segundo, acredita-se que a abertura 122 na partícula abrasiva formatada 120, em algumas modalidades, possa atuar como um reservatório para reter mais ajuda compostos de super tamanho ou auxílio de trituração que possam ser colocados sobre as partículas abrasivas formatadas sólidas sem uma abertura 122. Além disso, já que o auxílio de trituração está presente sobre a superfície e no meio da partícula abrasiva formatada 120 com uma abertura 122, o auxílio de trituração está presente tanto durante o uso inicial da partícula abrasiva quanto depois que a partícula abrasiva formatada 120 com uma abertura 122 é desgastada através do reservatório de auxílio de trituração localizado na abertura 122 deste modo acentuando o desempenho do corte.

Por último, em algumas modalidades, acredita-se que a abertura 122 nas partículas abrasivas formatadas 120 pode atuar como um ponto âncora para fixar de modo mais firme as partículas abrasivas formatadas 120 a um substrato através do uso de um revestimento artificialmente produzido ou revestimento de tamanho deste modo reduzindo o “bombardeamento” das partículas abrasivas formatadas 120 durante uso. Quando as partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 são usadas para formar um artigo abrasivo revestido, o revestimento de tamanho ou produzido artificialmente curado atravessa completamente a partícula abrasiva formatada 120. Como tal, as partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 são fixadas de modo mais firme ao revestimento quando comparadas às partículas abrasivas formatadas sólidas que estão fixadas apenas através de adesão aos lados das partículas. Em essência, as partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 estão “costuradas” formando o revestimento de tamanho ou de fabricação artificial já que o revestimento pode atravessar a abertura 122 retendo assim de modo mais firme a partícula em oposição às partículas abrasivas formatadas sólidas que estão aderidas apenas aos seus lados.

Em várias modalidades da invenção em um artigo abrasivo revestido, a abertura 122 nas partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122 pode conter um revestimento de fabricação artificial, revestimento de tamanho, revestimento de super tamanho, auxílio de trituração, espaço vazio ou qualquer combinação destes itens.

A figura 7 é uma fotografia que compara as partículas abrasivas formatadas 120 cada uma tendo uma abertura 122 às partículas abrasivas com formato de prato 220. A figura 8 é uma fotografia de uma ferramenta de produção que tem uma pluralidade de cavidades. As partículas abrasivas formatadas precursoras são processadas no molde para fazer com que uma abertura 122 se forme em cada um das partículas abrasivas formatadas precursoras enquanto as mesmas secam. O pedido de patente co-pendente intitulado "Shaped Abrasive Particles With An Opening", (número da súmula do advogado 64765US002), depositado no dia 17 de dezembro de 2008 e que possui o número de série U.S. 12/337.112 fornece informação adicional dos benefícios e método de fabricação deste tipo de partícula abrasiva formatada.

Partículas Abrasivas com Formato de Prato

Com referência às figuras 9, 10 e 11, uma partícula abrasiva com formato de prato exemplificadora 220 é ilustrada. O material a partir do qual a partícula abrasiva com formato de prato 220, os cacos abrasivos, ou as partículas abrasivas formatadas com uma abertura são produzidos compreende alfa alumina. As partículas de alfa alumina podem ser produzidas a partir de uma dispersão de monohidrato de óxido de alumínio que é gelificada, moldada para conformar, seca para reter o formato, calcinada e, então, sinterizada conforme discutido neste documento posteriormente. O formato da partícula abrasiva formatada é retido sem a necessidade de um aglutinante para formar um aglomerado que compreende partículas abrasivas em um aglutinante que são, então, formadas, em uma estrutura formatada.

Em geral, as partículas abrasivas formatadas 220 compreendem corpos delgados que têm uma primeira face 224 e uma segunda face 226 separadas por uma parede lateral 228 que tem uma espessura variante t . Em geral, a espessura da parede lateral é maior nos cantos das partículas abrasivas com formato de prato e mais delgada nos pontos médios ao longo de cada borda. Como tal, T_m é menor que T_c . Em algumas modalidades, a parede lateral 228 é uma parede lateral inclinada que tem um ângulo de saída α maior que 90 graus conforme discutido em maiores detalhes na presente invenção. Mais de uma parede lateral inclinada pode estar presente e o coeficiente angular ou ângulo de saída para cada parede lateral inclinada pode ser o mesmo conforme mostrado nas figuras 9 e 10 ou diferente para cada lado da partícula abrasiva com formato de prato conforme discutido no pedido de patente copendente U.S. número de série 12/337,075 intitulado "Shaped Abrasive Particle With a Sloping Sidewall", depositado no dia 17 de dezembro de 2008 e que tem o número da súmula do advogado 64869US002.

A parede lateral 228 da partícula abrasiva com formato de prato 220 pode variar e isto forma o perímetro 229 da primeira face 224 e da segunda face 226. Em uma modalidade, o perímetro 229 da primeira face 224 e da segunda face 226 é selecionado para ter um formato geométrico, e a primeira face 224 e a segunda face 226 são selecionadas para ter o mesmo formato geométrico, embora os mesmos possam diferir em

tamanho com uma face sendo maior que a outra face. Em uma modalidade, o perímetro 229 da primeira face 224 e o perímetro 229 da segunda face 226 tiveram um formato triangular que está ilustrado. Em algumas modalidades, um formato triangular equilátero é usado e em outras modalidades, é usado um formato triangular isósceles.

5 Em algumas modalidades, a primeira face 224 é rebaixada e a segunda face 226 é substancialmente plana. Por rebaixada, compreende-se que a espessura do interior da primeira face 224, T_i , é mais delgada que a espessura da partícula abrasiva formatada ao longo do perímetro. Em uma modalidade, a face rebaixada tem uma porção central substancialmente plana e cantos voltados para cima conforme mostrado. Em outras
10 modalidades, a face rebaixada é substancialmente côncava. Conforme será discutido mais detalhadamente, acredita-se que a face rebaixada seja formada pelo sol-gel no molde 34 formando um menisco deixando a primeira face rebaixada conforme se pode observar melhor no lado esquerdo da figura 7.

Conforme mencionado, a primeira face 224 é rebaixada de tal modo a espessura, T_c ,
15 nos pontos ou cantos 230 tenda a ser maior que a espessura, T_i , no interior da primeira face 224. Como tal, quando a partícula abrasiva com formato de prato 220 está assentada conforme posicionada na figura 10, os pontos ou cantos 230 são elevados mais alto que o interior da primeira face 224. Sem se ater à teoria, acredita-se que a primeira face rebaixada 224 otimiza a quantidade de material removido pela partícula abrasiva com formato de prato 220. Em
20 particular, uma concha para sorvete ou uma colher tem uma extremidade de formato côncavo que efetivamente cava os materiais e remove uma quantidade significativa do material. Uma concha é muito mais eficaz que uma faca ou um corpo delgado plano ao cavar e remover grandes quantidades de material. De modo similar, um bedame arredondado oco que tem uma superfície côncava produz uma borda afiada. De maneira similar, acredita-se que colocar uma
25 superfície rebaixada sobre a partícula abrasiva com formato de prato 220 resulte no aumento do desempenho de trituração da partícula abrasiva com formato de prato sobre partículas abrasivas similarmemente formatadas que têm uma primeira face plana 224 e uma segunda face plana 226.

Adicionalmente, acredita-se que ter uma porção interna mais delgada da partícula abrasiva formatada possa ajudar o desempenho de trituração da partícula abrasiva com
30 formato de prato uma vez que o canto ou ponto voltado para cima afiado está desgastado. Quando a porção interna é mais delgada, dois fatores que otimizam o desempenho de trituração podem entrar em jogo. Primeiro, um plano de desgaste correspondente gerado durante o uso da partícula abrasiva com formato de prato terá uma área menor quando comparado a uma partícula abrasiva formatada que tem uma seção interna mais espessa.
35 Se uma partícula tem a metade da espessura que a próxima partícula, então o plano de desgaste resultante terá metade do tamanho devido à mudança na espessura. Segundo, a porção interna mais delgada pode resultar na fratura aumentada das partículas abrasivas

com formato de prato durante o uso, acentuando assim a capacidade da partícula em se afiar novamente através da mecânica da fratura. Uma partícula mais espessa tem uma probabilidade de fratura menor que uma partícula mais delgada.

Em várias modalidades da invenção, uma razão de espessura de T_c/T_i pode estar entre 1,25 a 5,00, ou entre 1,30 a 4,00, ou entre 1,30 a 3,00. Para calcular a razão de espessura, quinze partículas com formato de prato aleatoriamente selecionadas são varridas. A altura de cada canto de cada partícula é medida e, então, é tirada a média de todas as alturas para determinar uma T_c média. Por exemplo, um triângulo teria três medidas T_c por partícula abrasiva formatada e 45 medidas totais para uso na determinação da média para T_c . Se a partícula abrasiva formatada for arredondada, oval ou, de outro modo, não possuir cantos ou pontos, então três pontos equidistantes entre si ao longo do perímetro deveriam ser medidos para cada partícula abrasiva formatada. Depois, a menor espessura, T_i , para o interior da primeira face 224 de cada partícula é medida. Frequentemente, a translucidez da partícula abrasiva formatada pode ser usada para encontrar a espessura interna mínima e são tiradas as médias dos 15 resultados para determinar uma T_i média. A razão de espessura é determinada através da divisão da T_c média pela T_i média. Um microscópio de luz equipado com um estágio X-Y e um estágio de medição de local vertical pode ser usado para medir a espessura de várias porções das partículas abrasivas com formato de prato. As partículas abrasivas com formato de prato triangulares produzidas pela invenção foram medidas para obterem razões de espessura entre 1,55 a 2,32 em algumas modalidades. As partículas abrasivas formatadas triangulares produzidas pelo método da técnica anterior apresentado na patente U.S. número 5.366.523 intitulada "Abrasive Article Containing Shaped Abrasive Particles" de Rowenhorst et al. foram medidas para obterem razões de espessura entre 0,94 a 1,15 significando que as mesmas são essencialmente planas e são tão prováveis de serem levemente mais espessas no meio como as mesmas devem ser levemente mais delgadas no meio. As partículas abrasivas com formato de prato que possuem uma razão de espessura maior que 1,20 são estatisticamente diferentes das partículas de Rowenhorst no intervalo de confiança de 95%.

Com referência à figura 9, um ângulo de saída α entre a segunda face 226 e a parede lateral 228 da partícula abrasiva com formato de prato 220 pode ser variado para alterar os tamanhos relativos de cada face. Sem se ater à teoria, acredita-se que um ângulo de saída diferente de 90 graus resulte nas partículas abrasivas com formato de prato 220 se inclinando, ao invés de ter uma orientação de 90 graus na direção do substrato em um artigo abrasivo revestido já que a base da partícula abrasiva com formato de prato 220 na porção abrasiva revestida (parede lateral 228) é inclinada devido ao ângulo de saída. Devido ao fato de que as partículas abrasivas com formato de prato 220 estejam principalmente apontadas ou inclinadas para um lado devido à base angular, as mesmas assentam sobre, as mesmas

pode ter um ângulo de orientação menor que 90 graus em relação à peça de trabalho deste modo acentuando as taxas de corte conforme descrito em maiores detalhes no pedido de patente co-pendente número de série 12/337.075 intitulado "Shaped Abrasive Particles With A Sloping Sidewall" (número da súmula do advogado 64869US002), depositado no dia 17 de dezembro de 2008 e possuindo número de série U.S. 12/337.075. Conforme discutido neste

5 pedido de patente, encontrou-se que um leve aumento no ângulo de saída de 90 graus para 98 graus dobra o desempenho de corte de partículas abrasivas formatadas triangulares.

Em várias modalidades da invenção, o ângulo de saída α pode estar entre aproximadamente 95 graus a aproximadamente 130 graus, ou entre cerca de 95 graus a

10 cerca de 125 graus, ou entre cerca de 95 graus a cerca de 120 graus, ou entre cerca de 95 graus a cerca de 115 graus, ou entre cerca de 95 graus a cerca de 110 graus, ou entre cerca de 95 graus a cerca de 105 graus, ou entre cerca de 95 graus a cerca de 100 graus.

A primeira face 224 sendo rebaixada resulta em um ângulo agudo λ entre a parede lateral 228 e a primeira face 224. Isto fornece à partícula abrasiva com formato de prato um

15 ponto de dente de serra 247 que realmente cava e remove material; especialmente quando o ângulo de saída α for maior que 90 graus de tal modo que as partículas abrasivas estejam apontadas ou inclinadas quando formadas em um artigo abrasivo revestido.

Para otimizar adicionalmente a orientação inclinada, as partículas abrasivas com formato de prato são aplicadas no substrato em uma camada abrasiva com revestimento

20 aberta. Uma camada abrasiva revestida fechada é definida como o peso máximo das partículas abrasivas ou uma homogeneização de partículas abrasivas que pode ser aplicada a um revestimento artificialmente produzido de um artigo abrasivo em uma única passada através do produtor. Uma camada abrasiva de revestimento aberta é definida como uma quantidade de partículas abrasivas ou uma homogeneização de partículas, com

25 um peso menor que o peso máximo em gramas que pode ser aplicado, que é aplicada a um revestimento artificialmente produzido de um artigo abrasivo revestido. Uma camada abrasiva com revestimento aberta resultará em menos que 100% de cobertura do revestimento artificialmente produzido com partículas abrasivas, deixando por meio disso, áreas abertas e uma camada de resina visível entre as partículas. Em várias modalidades

30 da invenção, a porcentagem de área aberta na camada abrasiva pode situar-se entre cerca de 10% a cerca de 90%, ou entre cerca de 30% a cerca de 80%.

Acredita-se que, se muitas das partículas abrasivas com formato de prato com uma parede lateral inclinada forem aplicadas ao substrato, espaços insuficientes entre as partículas estarão presentes para permitir que elas sejam inclinadas ou apontadas antes da

35 cura dos revestimentos artificialmente produzidos e de tamanho. Em várias modalidades da invenção, mais de 50, 60, 70, 80, ou 90 por cento das partículas abrasivas com formato de

prato no artigo abrasivo revestido que têm uma camada abrasiva com revestimento aberta são apontadas ou inclinadas tendo um ângulo de orientação β menor que 90 graus.

Em outra modalidade das partículas abrasivas com formato de prato, a primeira face 224 pode ser convexa e a segunda face 226 pode ser côncava. Essas partículas abrasivas com formato de prato têm tipicamente uma espessura substancialmente constante e se assemelham à seção triangular extraída de uma carcaça esférica. Agora, com referência à figura 11, é mostrada uma fotomicrografia de uma partícula abrasiva com formato de prato 220 que tem uma segunda face côncava 226 e uma primeira face convexa 224. Os lados de cada triângulo mediam aproximadamente 1,2 mm no perímetro da primeira face 224. As partículas tinham uma espessura de aproximadamente 0,35 mm. As modalidades adicionais das partículas abrasivas com formato de prato são descritas em mais detalhe no pedido de patente U.S. de número de série 12/336.961 depositada em 17 de dezembro de 2008 intitulada "Dish-Shaped Abrasive Particles With A Recessed Surface", e tendo a súmula do advogado nº 64716US002.

Método de fabricação de tipos diferentes de partículas abrasivas formatadas

A primeira etapa do processo envolve fornecer tanto uma dispersão abrasiva semeada quanto não semeada que pode ser convertida em alfa alumina. A composição precursora de alfa alumina compreende frequentemente um líquido que é um componente volátil. Em uma modalidade, o componente volátil é água. A dispersão abrasiva deve compreender uma quantidade suficiente de líquido para que a viscosidade da dispersão abrasiva seja suficientemente baixa, permitindo preencher as cavidades do molde e replicar as superfícies do molde, mas não tanto líquido que ocasione a remoção subsequente do líquido da cavidade do molde, tornando-se proibitivamente caro. Em uma modalidade, a dispersão abrasiva compreende de 2% a 90% em peso das partículas que podem ser convertidas em alfa alumina, como partículas de monohidrato de óxido de alfa alumínio (boemita) e, pelo menos, 10% em peso, ou de 50% a 70% ou de 50% a 60%, em peso, do componente volátil como água. Adversamente, a dispersão abrasiva, em algumas modalidades, contém de 30% a 50%, ou de 40% a 50%, em peso, de sólidos.

Os hidratos de óxido de alumínio além da boemita podem também ser usados. A boemita pode ser preparada por técnicas conhecidas ou pode ser comercialmente obtida. Os exemplos de boemita comercialmente disponíveis incluem produtos que têm as marcas registradas "DISPERAL" e "DISPAL", ambas estão disponíveis junto à Sasol North America, Inc. ou "HiQ-40" disponível junto à BASF Corporation. Esses monohidratos de óxido de alumínio são relativamente puros, isto é, incluem relativamente poucas, se houver, fases de hidrato, além de monohidratos e têm uma alta área de superfície. As propriedades físicas das partículas abrasivas formatadas resultantes e do tamanho resultante das partículas dependerão, em geral, do tipo de material usado na dispersão abrasiva.

Em uma modalidade, a dispersão abrasiva está em um estado de gel. Para uso na presente invenção, um "gel" é uma rede tridimensional de sólidos dispersos em um líquido. A dispersão abrasiva pode conter um aditivo de modificação ou precursor de um aditivo de modificação. O aditivo de modificação pode funcionar para acentuar alguma propriedade desejável das partículas abrasivas ou aumentar a efetividade da etapa de sinterização subsequente. Os aditivos de modificação ou precursores de aditivos de modificação podem estar na forma de sais solúveis, tipicamente sais solúveis em água. Eles consistem tipicamente em um composto contendo metal e podem ser um precursor de óxido de magnésio, zinco, ferro, silício, cobalto, níquel, zircônio, háfnio, cromo, ítrio, praseodímio, samário, itérbio, neodímio, lantânio, gadolínio, cério, disprósio, érbio, titânio e misturas dos mesmos. As concentrações particulares desses aditivos que podem estar presentes na dispersão abrasiva podem ser variadas baseadas nos versados na técnica. Tipicamente, a introdução de um aditivo de modificação ou precursor de um aditivo de modificação induzirá a dispersão abrasiva para gel. A dispersão abrasiva pode também ser induzida para gel através da aplicação de calor ao longo de um período de tempo.

A dispersão abrasiva pode também conter um agente de nucleação para acentuar a transformação de óxido de alumínio calcinado ou hidratado para alfa alumina. Os agentes de nucleação adequados para essa descrição incluem partículas finas de alfa alumina, óxido férrico alfa ou seu precursor, óxidos de titânio e titanatos, óxidos de cromo ou qualquer outro material que irá nuclear a transformação. A quantidade de agente de nucleação, se usada, deve ser suficiente para efetuar a transformação de alfa alumina. A nucleação como dispersões abrasivas é apresentada na patente U.S. nº 4.744.802 de Schwabel.

Um agente de peptização pode ser adicionado à dispersão abrasiva para produzir uma dispersão abrasiva hidrossol ou coloidal mais estável. Os agentes de peptização adequados são ácidos monopróticos ou compostos de ácido como ácido acético, ácido clorídrico, ácido fórmico e ácido nítrico. Os ácidos multipróticos também podem ser usados, mas eles podem rapidamente tornar a dispersão abrasiva em gel, fazendo com que seja difícil manusear ou introduzir componentes adicionais no mesmo. Algumas fontes comerciais de boemita contêm uma titulação ácida (como ácido fórmico ou ácido nítrico absorvido) que auxiliará na formação de uma dispersão abrasiva estável.

A dispersão abrasiva pode ser formada por quaisquer meios adequados, como, por exemplo, através, simplesmente, da mistura de monoidrato de óxido de alumínio com água contendo um agente de peptização ou através da formação de uma pasta fluida de monoidrato de óxido de alumínio à qual o agente de peptização é adicionado. Os eliminadores de espuma ou outros produtos químicos adequados podem ser adicionados para reduzir a tendência à formação de bolhas ou entrada de ar sob misturação. Os produtos químicos adicionais como agentes umectantes, álcoois ou agentes de ligação

podem ser adicionados se for desejado. O grão abrasivo de alfa alumina pode conter óxido de ferro e sílica conforme apresentado na patente U.S. nº 5.645.619 de Erickson et al. em 8 de julho de 1997. O grão abrasivo de alfa alumina pode conter zircônia conforme apresentado na patente U.S. nº 5.551.963 de Larmie em 3 de setembro de 1996.

5 Alternativamente, o grão abrasivo de alfa alumina tem uma microestrutura ou aditivos conforme apresentado na patente U.S. nº 6.277.161 de Castro em 21 de agosto de 2001.

A segunda etapa do processo envolve fornecer um molde 34 que tem ao menos uma cavidade 32 e, de preferência, uma pluralidade de cavidades. Com referência às figuras 1, 4 e 8, o molde 34 tem uma superfície inferior genericamente plana 30 e uma pluralidade de cavidades

10 32. A pluralidade de cavidades pode ser formada em uma ferramenta de produção. A ferramenta de produção pode ser uma correia, uma lâmina, uma manta contínua, um cilindro de revestimento como um cilindro de rotogravura, uma luva montada sobre um cilindro de revestimento ou matriz. A ferramenta de produção compreende um material polimérico. Exemplos de materiais poliméricos adequados incluem termoplásticos como poliésteres, 15 policarbonatos, poli(éter sulfona), poli(metacrilato de metila), poliuretanos, cloreto de polivinila, poliolefinas, poliestireno, polipropileno, polietileno ou combinações dos mesmos, e materiais termofixos. Em uma modalidade, toda a ferramenta é produzida a partir de um material polimérico ou termoplástico. Em outra modalidade, as superfícies da ferramenta de produção em contato com o sol-gel sob secagem, como as superfícies da pluralidade de cavidades, 20 compreendem materiais poliméricos ou termoplásticos e outras porções da ferramenta de produção podem ser produzidas a partir de outros materiais. Um revestimento polimérico adequado pode ser aplicado a uma ferramenta metálica para alterar suas propriedades de tensão de superfície a título de exemplo.

Uma ferramenta polimérica pode ser replicada de uma ferramenta mestra metálica.

25 A ferramenta mestra terá um padrão inverso ao desejado para a ferramenta de produção. A ferramenta mestra pode ser produzida da mesma maneira que a ferramenta de produção. Em uma modalidade, a ferramenta mestra é feita de metal, por exemplo, níquel e é torneada por diamante. Um material de lâmina polimérica pode ser aquecido junto com a ferramenta mestra tal que o material polimérico é gofrado com a ferramenta mestra padrão através do 30 pressionamento de ambos. O material polimérico ou material termoplástico pode, também, ser extrudado ou fundido sobre a ferramenta mestra, e, então, prensado. Um material termoplástico é resfriado para solidificar e produzir a ferramenta de produção. Se uma ferramenta de produção termoplástica for utilizada, então, deve-se tomar cuidado para não gerar calor excessivo que possa distorcer a ferramenta de produção termoplástica, limitando 35 sua vida. Maiores informações concernentes ao projeto e fabricação de ferramentas de produção ou ferramentas mestras podem ser encontradas nas patentes US nº 5.152.917

(Pieper et al.); 5.435.816 (Spurgeon et al.); 5.672.097 (Hoopman et al.); 5.946.991 (Hoopman et al.); 5.975.987 (Hoopman et al.); e 6.129.540 (Hoopman et al.).

Um acesso às cavidades 32 pode se dar a partir de uma abertura na superfície de topo 38 ou a partir de uma abertura (não mostrada) na superfície inferior 30. Em alguns casos, a cavidade 32 pode se estender por toda a espessura do molde 34. Alternativamente, a cavidade 32 pode se estender apenas por uma porção da espessura do molde 34. Em uma modalidade, a superfície de topo 38 é substancialmente paralela à superfície inferior 30 do molde 34 com as cavidades que têm uma profundidade substancialmente uniforme. Ao menos um lado do molde 34, isto é, o lado no qual a cavidade é formada, pode permanecer exposto à atmosfera circundante durante a etapa na qual o componente volátil é removido.

A cavidade 32 tem um formato tridimensional especificado. Em uma modalidade, o formato de uma cavidade pode ser descrito como sendo um triângulo, conforme visto do topo, que tem uma parede lateral inclinada 36 tal que a superfície inferior 30 da cavidade é levemente menor do que a abertura na superfície de topo 38. Acredita-se que uma parede lateral inclinada permita uma fácil remoção das partículas abrasivas precursoras do molde. Em várias modalidades da descrição, o ângulo α pré-determinado á pode estar entre cerca de 130 graus a cerca de 120 graus ou entre cerca de 95 graus a cerca de 95 graus como 98 graus. Em outra modalidade, o molde 34 compreende uma pluralidade de cavidades triangulares. Cada uma dentre a pluralidade de cavidades triangulares compreende um triângulo equilátero.

Alternativamente, outros formatos de cavidade podem ser usados, como, círculos, retângulos, quadrados, hexágonos, estrelas ou combinações dos mesmos, todos tendo uma dimensão de profundidade substancialmente uniforme. A dimensão de profundidade é igual à distância perpendicular a partir da superfície de topo 38 ao ponto mais inferior na superfície inferior 30. Além disso, uma cavidade pode ter o inverso de outros formatos geométricos, como, por exemplo, piramidal, frusto-piramidal, esférico truncado, esferoidal truncado, cônico e frusto-cônico. A profundidade de uma dada cavidade pode ser uniforme ou pode variar ao longo de seu comprimento e/ou largura. As cavidades de um dado molde podem ser de um mesmo formato ou de formatos diferentes.

A terceira etapa do processo envolve preencher as cavidades no molde com a dispersão abrasiva através de qualquer técnica convencional. Em uma modalidade, a superfície de topo 38 do molde 34 é revestida com a dispersão abrasiva. A dispersão abrasiva pode ser bombeada sobre a superfície de topo 38. Posteriormente, um raspador ou barra niveladora pode ser usado para forçar a dispersão abrasiva de maneira completa para o interior da cavidade 32 do molde 34. A porção restante da dispersão abrasiva que não entra na cavidade 32 pode ser removida da superfície de topo 38 do molde 34 e reciclada. Em algumas modalidades, um dispositivo de aplicação de revestimento de cilindro de faca ou uma matriz de fenda de vácuo pode ser usado. Em algumas modalidades, uma porção pequena da

dispersão abrasiva pode permanecer na superfície de topo 38 e, em outras modalidades, a superfície de topo é substancialmente livre da dispersão. A pressão aplicada pelo raspador ou barra niveladora é tipicamente menor que 689,5 kPa (100 psi), ou menor que 344,7 kPa (50 psi), ou menor que 68,9 kPa (10 psi). Em algumas modalidades, a superfície não exposta da dispersão abrasiva se estende substancialmente além da superfície de topo 38 para assegurar uniformidade na espessura das partículas abrasivas resultantes.

Em uma modalidade, as superfícies internas da cavidade incluindo a parede lateral 36 e a superfície inferior 30 são livres de agentes de liberação de molde. Os agentes de liberação de molde típicos incluem, por exemplo, óleos como óleo de amendoim, óleo de peixe ou óleo mineral, silicones, politetrafluoro etileno, esterato de zinco e grafite. A ausência de um agente de liberação de molde ajuda a assegurar que as partículas abrasivas formatadas precursoras aderirão às paredes da cavidade à medida que a dispersão abrasiva é seca, por meio disso, craqueando, ao menos, a maior parte das partículas abrasivas formatadas precursoras no molde. Em outras modalidades, uma liberação de molde é usada para formar partículas abrasivas formatadas intactas. Em geral, entre cerca de 0,1% a cerca de 5%, em peso de um agente de liberação de molde, como um óleo de amendoim, em um líquido, como água ou álcool, são aplicados às superfícies do ferramental de produção em contato com o sol-gel de modo que entre cerca de $0,0155 \text{ mg/cm}^2$ ($0,1 \text{ mg/in}^2$) a cerca de $0,465 \text{ mg/cm}^2$ ($3,0 \text{ mg/in}^2$), ou entre cerca de $0,0155 \text{ mg/cm}^2$ ($0,1 \text{ mg/in}^2$) a cerca de $0,775 \text{ mg/cm}^2$ ($5,0 \text{ mg/in}^2$) do agente de liberação de molde esteja presente por unidade de área do molde quando uma liberação de molde for desejada.

A quarta etapa de processamento envolve o controle da reologia do sol-gel no molde para a produção de diferentes tipos de partículas abrasivas formatadas. Em particular, os inventores determinaram que a viscosidade do sol-gel, a presença ou ausência de um agente de liberação de molde, e a taxa de secagem interagem para conformar claramente a partícula abrasiva final com o uso de um molde termoplástico ou polimérico. Mediante o controle dessas variáveis, a cinética e a termodinâmica do sistema são equilibradas afetando por meio disso o tipo de partícula abrasiva formatada produzida. Dessa forma, exatamente a mesma cavidade de molde pode produzir cacos abrasivos, partículas abrasivas formatadas que têm uma abertura, partículas abrasivas com formato de prato, ou partículas abrasivas formatadas que têm duas faces planas paralelas.

Em geral, a eliminação do agente de liberação de molde e o uso de um molde polimérico ou termoplástico podem resultar na formação de cacos abrasivos visto que o sol-gel se adere mais ao molde e às fraturas. Em geral, o uso de uma liberação de molde e um sol-gel com limite elástico mais alto que seja seco mais rapidamente tende a partir de um menisco no molde de sol-gel formando uma partícula abrasiva com formato de prato. Em geral, o aumento da taxa de secagem quando há um agente de liberação de molde

sobre a superfície do molde polimérico irá aumentar o tamanho do menisco em contato com o ar em uma partícula abrasiva com formato de prato. A formação de um menisco maior uniforme produz eventualmente uma abertura na partícula abrasiva formatada. O limite elástico do sol-gel (viscosidade máxima como uma função da taxa de cisalhamento) pode ser medida com o uso de um reômetro como o Bohlin Gemini 200 disponível junto à Malvern instruments Ltd, que tem um escritório em Worcestershire, Reino Unido.

A tabela 1 abaixo lista alguns dos parâmetros de processo que foram encontrados para produzir os diferentes tipos das partículas abrasivas formatadas. Entretanto, visto que o tipo resultante de partícula abrasiva formatada depende da reologia complexa do sol-gel no molde enquanto é seco, há alguma sobreposição nas condições de processamento e as variáveis podem precisar de ajuste dependendo do sol-gel exato usado e das propriedades de tensão superficial do molde.

Tabela 1: Parâmetros de Processo Típicos para o Controle do Tipo de Partícula Abrasiva

Varíavel	Partícula Abrasiva com Formato de Prato	Cacos Abrasivos	Partícula Abrasiva Formatada com Abertura	Partícula Abrasiva Formatada com Faces Paralelas
Liberção de molde	Nada para $0,775 \text{ mg/cm}^2$ ($5,0 \text{ mg/pol}^2$) por exemplo, $0,155 \text{ mg/cm}^2$ ($1,0 \text{ mg/pol}^2$)	Nada para $< 0,0078 \text{ mg/cm}^2$ ($0,05 \text{ mg/pol}^2$) por exemplo, 0 mg/cm^2 (0 mg/pol^2)	$0,0775 \text{ mg/cm}^2$ ($0,5 \text{ mg/in}^2$) a $0,775 \text{ mg/cm}^2$ ($5,0 \text{ mg/in}^2$) por exemplo, $0,0388 \text{ mg/cm}^2$ ($0,25 \text{ mg/in}^2$)	0 mg/cm^2 (0 mg/pol^2) a $0,775 \text{ mg/cm}^2$ ($5,0 \text{ mg/in}^2$) por exemplo, $0,0775 \text{ mg/cm}^2$ ($0,5 \text{ mg/in}^2$)
Limite Elástico de Sol-Gel	$\eta > 6000 \text{ Pa.s}$ por exemplo, $> 12000 \text{ Pa.s}$	$\eta > 1000 \text{ Pa.s}$ por exemplo, $> 6000 \text{ Pa.s}$	$\eta > 4000 \text{ Pa.s}$ por exemplo, $> 8000 \text{ Pa.s}$	$\eta > 4000 \text{ Pa.s}$ por exemplo, $\eta > 8000 \text{ Pa.s}$
Tempo de Secagem Para Permitir a Desmoldagem	2 a 7,5 minutos Tipicamente, seco mais rápido em temperaturas mais baixas por exemplo, 2,5 minutos	1,5 a 7,5 minutos por exemplo, 2,0 minutos	1,5 a 7,5 minutos Tipicamente, seco mais rápido em temperaturas mais altas por exemplo, 2 minutos	10 minutos a 24 horas por exemplo, 1 hora

Cacos Abrasivos

Para a produção dos cacos abrasivos, o sol-gel é fraturado enquanto seca no molde. Desejavelmente, o componente volátil do sol-gel é removido por evaporação rápida. Uma quantidade suficiente do componente volátil deve ser removida rapidamente da dispersão abrasiva para resultar na solidificação rápida do mesmo, formando assim uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras que são fraturadas formando ao menos duas partes. As partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas têm, aproximadamente, o mesmo formato que o formato da cavidade do molde, mas são fraturadas formando duas ou mais partes. Tipicamente, até 40 por cento do líquido é removido da dispersão abrasiva nessa etapa.

Em algumas modalidades, a remoção do componente volátil através de evaporação ocorre a temperaturas acima do ponto de ebulição do componente volátil. Um limite superior para a temperatura de secagem muitas vezes depende do material do qual o molde é feito. Para o ferramental de polipropileno, a temperatura do ferramental deve ser menor que o ponto de fusão do plástico. A temperatura de secagem para fraturar, ao menos, a maior parte das partículas abrasivas formatadas precursoras formando, ao menos, duas ou mais partes, também é dependente do teor de sólidos da dispersão abrasiva e do componente volátil na dispersão.

Em uma modalidade, para uma dispersão em água de entre cerca de 40 a 50 por cento de sólidos e um molde de polipropileno, as temperaturas de secagem podem ser de cerca de 90°C a cerca de 165°C ou entre cerca de 105°C a cerca de 150°C ou entre cerca de 105°C a cerca de 120°C. As temperaturas mais elevadas podem fraturar as partículas abrasivas formatadas precursoras mais rápido mas podem, também, levar à degradação do ferramental de polipropileno limitando sua vida útil como um molde.

Alternativamente ou em combinação com a rápida evaporação, o aparelho mecânico pode ser usado para fraturar as partículas abrasivas formatadas precursoras formando pelo menos duas partes, enquanto permanecem nas cavidades no molde. Por exemplo, um par de cilindros estreitos pode ser usado para aplicar uma força normal ao molde para defletir e craquear as partículas abrasivas formatadas precursoras. Os cilindros estreitos podem incluir um cilindro gofrado ou dentado que é carregado contra a superfície de topo e um cilindro elastomérico que pode ser carregado contra a superfície inferior do molde na medida em que o molde atravessa pelo estreitamento. Também é possível flexionar ou curvar de maneira aguda o molde para craquear e fraturar as partículas abrasivas formatadas precursoras enquanto permanecem no molde.

Com referência especificamente à figura 1, um molde que compreende uma pluralidade de cavidades é mostrado. Uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras está contida dentro das cavidades do molde. O molde é formado a partir de material de polipropileno. Cada uma dentre as cavidades compreende um

triângulo equilátero com cada perna do triângulo tendo um comprimento de aproximadamente 2,8 mm (0,110 polegada) (quando medido na superfície de topo 38 (figura 4)). Cada cavidade 32 foi projetada tal que a parede lateral 36 se cruze com a superfície inferior 30 em um ângulo α pré-determinado á de aproximadamente 98 graus. Cada cavidade 32 tem uma profundidade aproximada de 7,1 mm (0,28 polegada) quando medida perpendicularmente a partir da superfície inferior 30 até a superfície de topo 38.

Cada cavidade 32 no lado esquerdo do molde foi revestida com uma camada fina de 0,1% de óleo de amendoim em álcool metílico, que age como um agente de liberação. Cada cavidade no lado direito do molde foi deixada de modo não tratado e foi isenta de quaisquer agentes de liberação. O ferramental de produção de polipropileno tratado com 0,1% de óleo de amendoim em álcool metílico teve uma energia de superfície de aproximadamente 35 dinas/cm, que resultou em poucas partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas. O ferramental não tratado sem o uso de qualquer agente de liberação de molde teve uma tensão de umedecimento de aproximadamente 32 dinas/cm, que resultou na fratura de quase todas as partículas abrasivas formatadas precursoras. Desejavelmente, a tensão de umedecimento da superfície de contato da ferramenta de produção é menor que cerca de 33 dinas/cm. A tensão de umedecimento pode ser medida com o uso de soluções de teste de tensão de umedecimento produzidas por Enercon Industries Corporation. As soluções de teste são aplicadas com o uso de chumaços de algodão para espalhar as soluções sobre o ferramental de produção de acordo com ASTI D2578-04a "Standard Test Method for Wetting Tension of Polyethylene and Polypropylene Films."

Após preencher cada cavidade com uma dispersão abrasiva, o molde foi colocado em um forno e aquecido a uma temperatura de aproximadamente 110°C durante um período de 45 minutos. Aproximadamente, 99,7% das partículas abrasivas precursoras em peso no lado direito do molde na figura 1 foram fraturadas formando, aproximadamente de 2 a 4 partes, por meio disso, produzindo uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas dentro de cada cavidade do molde. As partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas no molde foram alcançadas por uma corneta ultra-sônica para removê-las do molde. Os cacos abrasivos resultantes, após a queima, foram triados para uma -fração de peneira de 35+40 e, então, fotografados, conforme mostrado na figura 3. Em contrapartida, o lado esquerdo do molde na figura 1 quando tratado com o agente de liberação de óleo de amendoim e seco sob condições idênticas teve, aproximadamente, 18% em peso, das partículas abrasivas fraturadas.

Partículas Abrasivas formatadas com uma Abertura

Para produzir uma abertura 122 nas partículas enquanto estiverem no molde, o componente volátil é removido com taxas rápidas de evaporação. Uma quantidade suficiente do componente volátil deve ser removida rapidamente da dispersão abrasiva

para resultar na solidificação rápida do mesmo, formando assim um menisco grande que leva à formação de uma abertura 122.

Em algumas modalidades, a remoção do componente volátil através de evaporação ocorre a temperaturas acima do ponto de ebulição do componente volátil. Um limite superior para a temperatura de secagem muitas vezes depende do material do qual o molde é feito. Para o ferramental de polipropileno a temperatura deve ser menor que o ponto de fusão do plástico.

Em uma modalidade, para uma dispersão em água de entre cerca de 40% a 50% de sólidos e um molde de polipropileno, as temperaturas de secagem podem ser de cerca de 90°C a cerca de 165°C ou entre cerca de 105°C a cerca de 150°C ou entre cerca de 105°C a cerca de 120°C. As temperaturas mais elevadas ocasionaram a formação de aberturas maiores, mas podem, também, levar à degradação do ferramental de polipropileno limitando sua vida útil como um molde.

Em uma modalidade, um sol foi preparado mediante a combinação de 600 partes de água deionizada, 24 partes de ácido nítrico 400, 400 partes de alumina boemita (DISPERAL, Sasol North America Inc., Houston TX, EUA), 45,6 partes de sílica sol (Nycol 215 from Eka Nobel, Inc. de Augusta, GA, EUA), e 76,2 partes de 9% de uma solução de óxido de ferro (como Fe_2O_3) em água, seguido de uma mistura em um misturador de alta velocidade por dois minutos. A mistura foi deixada em repouso por uma hora para formar um sol-gel.

O sol-gel foi revestido em uma ferramenta polimérica com aberturas no formato de triângulos equiláteros de aproximadamente 2,286 mm (90 mils) em cada lado e 0,762 mm (30 mils) de espessura, forçando o sol-gel nas aberturas com uma faca de emassar. A ferramenta revestida foi fixada a uma estrutura de extensão e colocada em um forno (LABDRYER LTE, Warner Mathis USA, Inc., Concord, North Carolina, EUA) ajustado para 145°C e o ventilador foi ajustado para 2000 RPM para soprar o ar sobre a superfície do revestimento, até que a temperatura superficial do revestimento alcançasse 21°C. As partículas formatadas resultantes secas uniformemente tinham aberturas centrais 122 nas mesmas conforme mostrado na figura 8. Essas partículas abrasivas precursoras podem ser queimadas para produzirem partículas abrasivas formatadas 120 com uma abertura 122.

Partículas Abrasivas com Formato de Prato

Em uma modalidade, uma amostra do boemita sol-gel foi produzida com o uso da receita a seguir: pó de monohidrato de óxido de alumínio (4824 partes) que tem a designação comercial "DISPERAL" foi disperso por alto cisalhamento misturando uma solução contendo água (7087 partes) e 70% de ácido nítrico aquoso (212 partes) por 13 minutos. O sol-gel resultante foi envelhecido por 1 hora antes do revestimento. O sol-gel foi forçado para o interior do ferramental de produção que tem cavidades de molde formatadas triangulares de 0,711 mm (28 mils) de profundidade e 2,794 mm (110 mils) em cada lado. O ângulo α de conicidade entre a parede lateral e o fundo do molde foi de 98

graus. O sol-gel foi forçado nas cavidades com uma estação de revestimento por matriz de fenda de vácuo de um modo que todas as aberturas do ferramental de produção foram completamente preenchidas. Um agente de liberação de molde, 2% de óleo de amendoim em água foram usados no ferramental de produção para a aplicação de cerca de 0,155 mg/cm² (1 mg/pol²). O ferramental de produção revestido com sol-gel foi passado através de um forno de convecção a ar de 8,23 m (27 pés) a 3,05 m/min (10 pés por minuto) ajustado em 135°C com 60% de velocidade do ar nos 4,11 m (13,5 pés) da seção da zona 1 e 121°C com 40% de velocidade de ar nos 4,11 m (13,5 pés) da seção da zona 2. As partículas abrasivas precursoras com formato de prato foram removidas do ferramental de produção através da passagem das mesmas por uma corneta ultra-sônica. As partículas abrasivas precursoras com formato de prato foram calcinadas a, aproximadamente, 650°C e, então, foram saturadas com uma solução de nitrato misturada com a concentração a seguir (relatado como óxidos): cada 1,8% de MgO, Y₂O₃, Nd₂O₃ e La₂O₃. O excesso de solução de nitrato foi removido e as partículas abrasivas precursoras com formato de prato saturadas foram deixadas secando após as partículas terem sido calcinadas novamente a 650°C e sinterizadas a, aproximadamente, 1400°C, completando assim a formação das partículas abrasivas com formato de prato. Tanto a calcinação quanto a sinterização foram realizadas com o uso de fornos de calcinação de tubo giratórios.

A quinta etapa do processo envolve a remoção da pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras das cavidades do molde. A pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras pode ser removida das cavidades através do uso dos processos a seguir, sozinhos ou em combinação no molde: gravidade, vibração, vibração ultra-sônica, vácuo ou ar pressurizado para remover as partículas do molde. Se forem produzidas partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas, uma vez removidas das cavidades, as partículas poderiam ser remontadas como peças de quebra cabeça para obter, aproximadamente, o mesmo formato das cavidades do molde no qual elas foram formadas.

As partículas abrasivas formatadas precursoras podem ser adicionalmente secas fora do molde. Caso a dispersão abrasiva seja seca até o nível desejado no molde, essa etapa de secagem adicional não será necessária. Entretanto, em alguns casos, pode ser mais econômico empregar essa etapa de secagem adicional a fim de minimizar o tempo que a dispersão abrasiva permanece no molde. Tipicamente, as partículas abrasivas formatadas precursoras serão secas por 10 a 480 minutos ou 120 a 400 minutos, a uma temperatura de 50°C a 160°C ou de 120°C a 150°C.

A sexta etapa do processo envolve a calcinação da pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras. Durante a calcinação, essencialmente todo o material volátil é removido e os vários componentes que estão presentes na dispersão abrasiva são transformados em óxidos metálicos. As partículas abrasivas formatadas precursoras são, geralmente, aquecidas

até uma temperatura de 400°C a 800°C e mantidas dentro desta faixa de temperatura até que água livre e mais de 90%, em peso, de qualquer material volátil de ligação seja removido. Em uma etapa adicional, pode ser desejável introduzir o aditivo de modificação através de um processo de impregnação. Um sal solúvel em água pode ser introduzido por impregnação nos

5 poros das partículas abrasivas precursoras formatadas calcinadas. Então, a pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras é pré-queimada novamente. Essa opção é adicionalmente descrita no pedido de patente europeia nº 293.163.

A sétima etapa do processo envolve a sinterização da pluralidade de partículas abrasivas precursoras calcinadas para formar as partículas abrasivas formatadas como cacos

10 abrasivos 21, partículas abrasivas formatadas 120 com aberturas 122, ou partículas abrasivas com formato de prato 220. Antes da sinterização, as partículas abrasivas formatadas precursoras calcinadas não estão completamente densificadas e, dessa forma, carecem da dureza desejada para que sejam usadas como partículas abrasivas. A sinterização acontece através do aquecimento das partículas abrasivas formatadas precursoras calcinadas a uma

15 temperatura de 1.000°C a 1.650°C e a manutenção das mesmas dentro dessa faixa de temperatura até que, substancialmente, todo o monóxido de alfa alumina (ou equivalente) seja convertido para alfa alumina e a porosidade seja reduzida para menos do que 15%, por volume. O período de tempo que as partículas abrasivas formatadas precursoras calcinadas devem ser expostas à temperatura de sinterização para alcançarem esse nível de conversão

20 depende de vários fatores, mas, usualmente, de cinco segundos a 48 horas é típico. Em outra modalidade, a duração para a etapa de sinterização situa-se na faixa de um minuto a 90 minutos. Após a sinterização, as partículas abrasivas podem ter uma dureza Vickers de 10 GPa, 16 GPa, 18 GPa, 20 GPa ou mais.

Outras etapas podem ser usadas para modificar o processo descrito, como aquecer

25 rapidamente o material a partir da temperatura de calcinação para a temperatura de sinterização, centrifugar a dispersão abrasiva para remover borra, resíduo, etc. Adicionalmente, o processo pode ser modificado através da combinação de duas ou mais etapas do processo, se for desejado. As etapas do processo convencional que podem ser usadas para modificar o processo dessa descrição são mais completamente descritas na patente U.S. nº 4.314.827 de

30 Leitheiser. Adicionalmente, qualquer uma das partículas abrasivas formatadas pode ter sulcos em uma das faces conforme descrito no pedido copendente nº de série U.S. 61/138.268 intitulado "Shaped Abrasive Particles With Grooves", com a súmula do advogado nº 64792US002, depositado em 17 de dezembro de 2008. Os sulcos são formados por uma pluralidade de cristas na superfície inferior da cavidade do molde as quais foram observadas por

35 tomarem mais fácil a remoção das partículas abrasivas formatadas precursoras do molde.

Exemplos

Os objetivos e vantagens dessa descrição são adicionalmente ilustrados pelos exemplos não-limitadores a seguir. Os materiais específicos e quantidades dos mesmos recitados nesses exemplos bem como outras condições e detalhes, não devem ser interpretados para limitar indevidamente essa descrição. Exceto onde especificado em contrário, todas as partes, porcentagens, razões, etc., nos exemplos e o restante do relatório descritivo são expressas em peso.

Exemplo 1 Preparação de Cacos Abrasivos

Um gel de boemita foi produzido mediante o seguinte procedimento: pó de monidrato de óxido de alumínio (1.235 partes) que tem a designação comercial "DISPERAL" foi disperso através de mistura contínua em uma solução contendo água (3.026 partes) e 70% de ácido nítrico aquoso (71 partes). O sol que resultou foi, então, aquecido até uma temperatura de aproximadamente 125°C em um secador contínuo para produzir uma dispersão de 44% de sólidos. O sol-gel foi forçado para o interior do ferramental de produção que tem cavidades de molde formatadas triangulares de 0,711 mm (28 mils) de profundidade e 2,794 mm (110 mils) em cada lado. O ângulo de conicidade é entre a parede lateral e o fundo do molde foi de 98 graus. Durante a construção do ferramental de produção, 50% das cavidades de molde foram fabricados para terem 8 cristas paralelas que se elevam a partir das superfícies inferiores das cavidades que cruzam com um lado do triângulo com um ângulo de 90 graus. As cristas paralelas foram espaçadas a cada 0,277 mm e a seção transversal das cristas estava em formato de triângulo tendo uma altura de 0,0127 mm e um ângulo de 45 graus entre os lados de cada crista na ponta, conforme descrito no pedido de patente de número de súpula de advogado 64792US002 mencionado acima. O sol-gel foi forçado para o interior das cavidades com uma faca de massa de vidraceiro até que todas as aberturas do ferramental fossem preenchidas completamente. Nenhuma liberação de molde foi usada no ferramental de produção e o ferramental de produção revestido de sol-gel foi colocado em um forno de ar de convecção ajustado em 110°C e seco durante 40 minutos para fraturar as partículas abrasivas formatadas precursoras enquanto permaneceram nas cavidades do ferramental de produção. As partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas foram removidas do ferramental de produção através da passagem das mesmas por uma corneta ultra-sônica. As partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas foram calcinadas a aproximadamente 650°C e, então, saturadas com uma solução de nitrato misturada da concentração seguinte (relatado como óxidos): cada 1,8% de MgO, Y₂O₃, Nd₂O₃ e La₂O₃. O excesso de solução de nitrato foi removido e as partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas saturadas foram deixadas secando após as partículas terem sido calcinadas novamente a 650°C e sinterizadas a, aproximadamente, 1400°C. Tanto a calcinação quanto a sinterização foram realizadas

com o uso de um forno de calcinação de tubo giratório. Os cacos abrasivos de alfa alumina típicos produzidos através do método acima são mostrados na figura 3.

As amostras das partículas triangulares de alfa alumina com formato de prato foram preparadas de uma maneira similar conforme descrito acima exceto pelo fato de que, nesse caso, um agente de liberação que consiste em 0,1% de óleo de amendoim em álcool metílico foi aspergido sobre o ferramental de produção antes do preenchimento. Os triângulos abrasivos de alfa alumina típicos produzidos pelo método são mostrados na figura 2. Ao olhar de perto, é possível ver o resultado do menisco sol-gel (áreas em que uma linha de reflexão de luz ocorre ao longo da borda) tal que o perímetro das partículas abrasivas com formato de prato é mais espesso que a porção central rebaixada ou deprimida da primeira face.

Conforme discutido com mais detalhes no pedido de patente provisório copendente de número de série U.S. 61/016965 intitulado Shaped, Fractured Abrasive Particle, Abrasive Article Using Same, and Method of Making depositado em 27 de dezembro de 2007, os cacos abrasivos tiveram um rendimento maior com relação ao grão abrasivo de alfa alumina esmagado aleatoriamente e com relação aos triângulos abrasivos da técnica anterior produzidos através do método revelado na patente U.S. n° 5.366.523 de Rowenhorst.

Exemplo 2 Preparação de Partículas Abrasivas com Formato de Prato Dopadas com REO

Uma amostra de boemita sol-gel foi produzida com o uso da receita a seguir: pó de monoidrato de óxido de alumínio (4824 partes) que tem a designação comercial "DISPERAL" foi disperso por alto cisalhamento misturando uma solução contendo água (7087 partes) e 70% de ácido nítrico aquoso (212 partes) por 13 minutos. O sol-gel resultante foi envelhecido por 1 hora antes do revestimento. O sol-gel foi forçado para o interior do ferramental de produção que tem cavidades de molde formatadas triangulares de 0,711 mm (28 mils) de profundidade e 2.794 mm (110 mils) em cada lado. O ângulo de conicidade á entre a parede lateral e o fundo do molde foi de 98 graus. Durante a construção do ferramental de produção, 50% das cavidades de molde foram fabricados para terem 8 cristas paralelas que se elevam a partir das superfícies inferiores das cavidades que cruzam com um lado do triângulo com um ângulo de 90 graus. As cristas paralelas foram espaçadas a cada 0,277 mm e a seção transversal das cristas estava em formato de triângulo tendo uma altura de 0,0127 mm e um ângulo de 45 graus entre os lados de cada crista na ponta, conforme descrito no pedido de patente de número de súmula de advogado 64792US002 mencionado acima. O sol-gel foi forçado nas cavidades com uma estação de revestimento por matriz de fenda de vácuo de um modo que todas as aberturas do ferramental de produção foram completamente preenchidas. Um agente de liberação de molde, 2% de óleo de amendoim em água foram revestidos sobre o ferramental de produção para a aplicação de cerca de 0,155 mg/cm² (1 mg/pol²) de óleo de amendoim. O

ferramental de produção revestido com sol-gel foi passado através de um forno de convecção a ar de 8,23 m (27 pés) a 3,05 m/min (10 pés por minuto) ajustado em 135°C com 60% de velocidade do ar nos 4,11 m (13,5 pés) da seção da zona 1 e 121 graus Celsius com 40% de velocidade de ar nos 4,11 m (13,5 pés) da seção da zona 2. As partículas abrasivas formatadas precursoras foram removidas do ferramental de produção através da passagem das mesmas por uma corneta ultra-sônica. As partículas abrasivas formatadas precursoras foram calcinadas a, aproximadamente, 650°C e, então, foram saturadas com uma solução de nitrato misturada com a concentração a seguir (relatado como óxidos): cada 1,8% de MgO, Y₂O₃, Nd₂O₃ e La₂O₃. O excesso de solução de nitrato foi removido e as partículas abrasivas formatadas precursoras saturadas foram deixadas secando após as partículas terem sido calcinadas novamente a 650°C e sinterizadas a, aproximadamente, 1400°C. Tanto a calcinação quanto a sinterização foram realizadas com o uso de fornos de calcinação de tubo giratórios.

Exemplo 3 Preparação de Partículas Abrasivas com Formato de Prato Dopadas com REO com Aberturas

O procedimento acima para as partículas abrasivas com formato de prato foi seguido exceto pelo fato de que a ferramenta de produção não foi tratada novamente com liberação de molde de óleo de amendoim no segundo uso. Acreditou-se que a redução de óleo de amendoim presente nas cavidades de molde fosse a condição para a produção de uma abertura dentro de cada partícula triangular individual. Cada um dos abrasivos com formato triangular resultantes tinha uma abertura próxima do centro. A figura 7 mostra as partículas abrasivas formatadas dos dois procedimentos de preparo. As partículas abrasivas com formato de prato tendem a ser mais espessas nos pontos e ao longo do perímetro, e têm uma porção central rebaixada ou côncava. Além disso, nem todas as partículas com formato de prato na figura 7 são mostradas com a face rebaixada visível. Uma das partículas com formato de prato na quina do lado esquerdo superior é mostrada com a segunda face plana visível.

Outras modificações e variações para a descrição presente podem ser praticadas por aqueles não versados na técnica, sem que se desvie do caráter e âmbito da presente descrição, que é mais particularmente apresentada nas reivindicações em anexo. Entende-se que os aspectos de várias modalidades podem ser intercambiados em sua totalidade ou em partes ou combinados com outros aspectos de várias modalidades. Todas as referências citadas, patentes ou pedidos de patente na aplicação acima para autorização de patente, estão aqui incorporadas, a título de referência em sua totalidade em uma maneira consistente. No caso de inconsistências ou contradições entre as porções das referências incorporadas a esse pedido, a informação na descrição precedente deverá controlá-las. A descrição precedente, dada com a finalidade de permitir aquele de habilidade comum na

técnica praticar a descrição reivindicada, não deve ser interpretada como limitadora do escopo da descrição, que é definida pelas reivindicações e todos os equivalentes a isso.

REIVINDICAÇÕES

1. Método, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

fornecer um molde que tem uma pluralidade de cavidades, sendo que a pluralidade de cavidades compreende superfícies poliméricas;

5 preencher a pluralidade de cavidades com um sol-gel, sendo que o sol-gel compreende partículas que podem ser convertidas em alfa alumina em um líquido, sendo que o líquido compreende um componente volátil; e

 remover pelo menos uma porção do componente volátil do sol-gel enquanto o sol-gel reside na pluralidade de cavidades e controlar a reologia do sol-gel no molde com base no limite
10 elástico do sol-gel, a presença ou ausência de agente de liberação de molde e a taxa de secagem,

 formando assim uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras que têm um tipo selecionado do grupo consistindo em cacos abrasivos, partículas abrasivas formatadas com uma abertura, e partículas abrasivas com formato de prato.

15 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender fraturar ao menos uma maioria da pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras em ao menos duas partes enquanto a pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras permanecem dentro da pluralidade de cavidades formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas.

20 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender a remoção da pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas da pluralidade de cavidades, calcinamento da pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas calcinadas, e a sinterização da
25 pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras fraturadas calcinadas formando, assim, uma pluralidade de cacos abrasivos de alfa alumina.

 4. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo de que o fraturamento compreende a secagem a uma temperatura acima do ponto de ebulição do componente volátil.

30 5. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o componente volátil compreende água, e uma temperatura de secagem situa-se entre cerca de 105 graus C a cerca de 150 graus C.

 6. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o fraturamento compreende fraturar de 75 por cento a 100 por cento da pluralidade de
35 partículas abrasivas formatadas precursoras em, ao menos, duas partes.

7. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de cavidades compreende superfícies de polipropileno, e um agente de liberação não é aplicado à pluralidade de cavidades no molde.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o fraturamento compreende a secagem a uma temperatura entre cerca de 105 graus C a cerca de 120 graus C.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sol-gel compreende um porcentual de sólidos entre cerca de 30 a cerca de 50 por cento.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender tratar a pluralidade de cavidades com um agente de liberação de molde antes do preenchimento da pluralidade de cavidades com o sol-gel.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o agente de liberação de molde compreende óleo de amendoim.

12. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sol-gel compreende um limite elástico maior que cerca de 6000 Pa.s formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas precursoras com formato de prato.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender remover a pluralidade de partículas abrasivas precursoras com formato de prato da pluralidade de cavidades, calcinar a pluralidade de partículas abrasivas precursoras com formato de prato formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasiva precursoras com formato de prato calcinadas, e sinterizar a pluralidade de partículas abrasiva precursoras com formato de prato calcinadas formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas com formato de prato.

14. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sol-gel compreende um limite elástico maior que cerca de 4000 Pa.s formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras com uma abertura.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender remover a pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras com uma abertura da pluralidade de cavidades, calcinar a pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras com uma abertura formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras calcinadas com uma abertura, e sinterizar a pluralidade de partículas abrasivas formatadas precursoras calcinadas com uma abertura formando, assim, uma pluralidade de partículas abrasivas formatadas com uma abertura.

16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 8, 12 e 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de cavidades compreende um formato triangular equilátero.

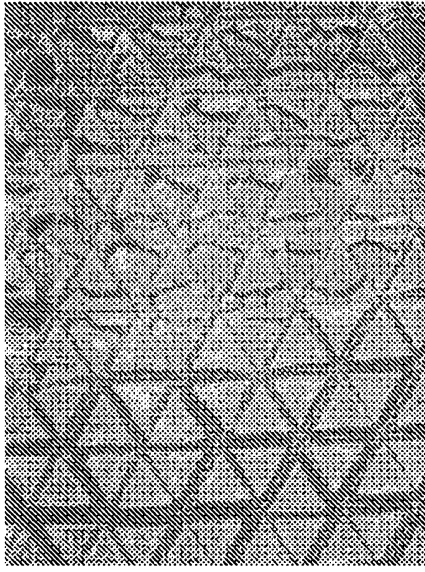


FIG. 1

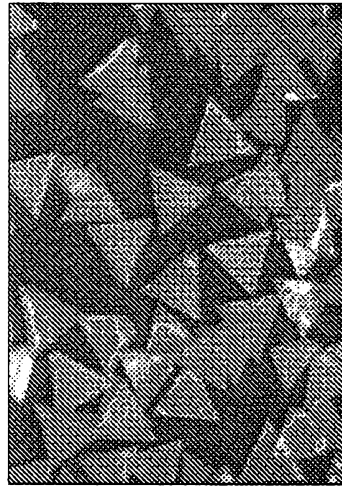


FIG. 2

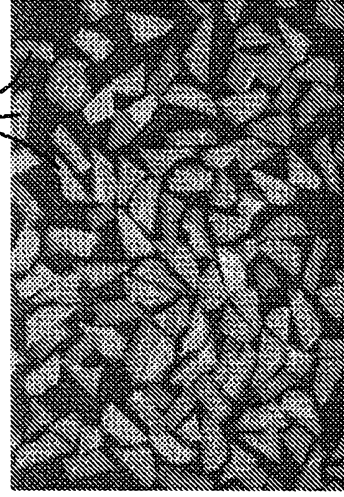
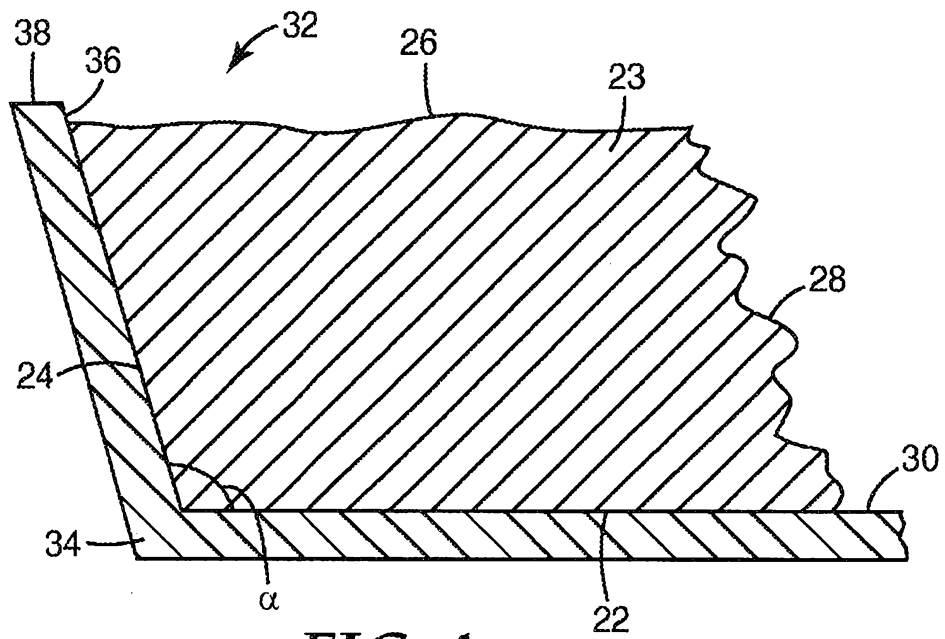
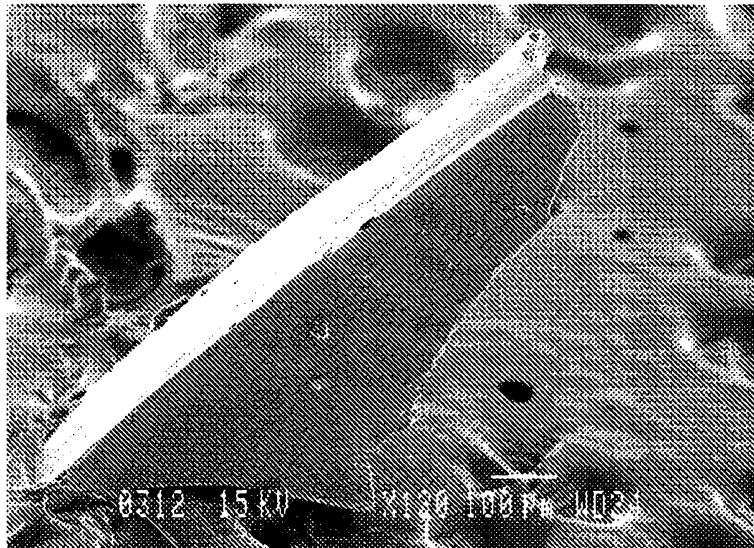


FIG. 3

**FIG. 4****FIG. 5**

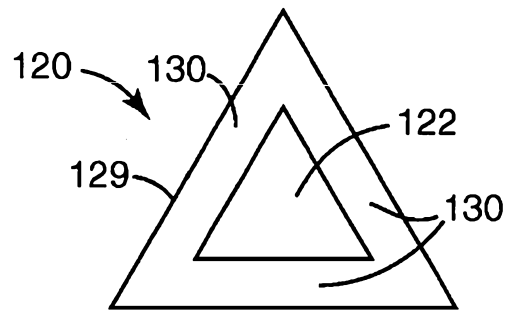


Fig. 6A

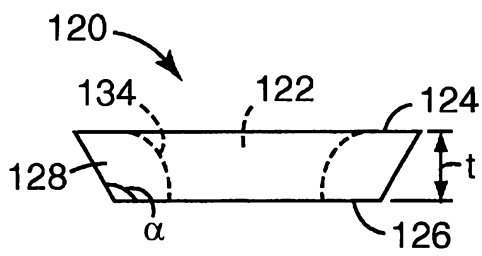


Fig. 6B

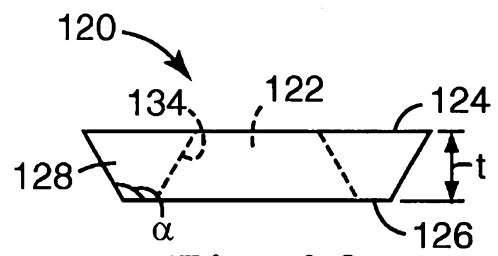


Fig. 6C

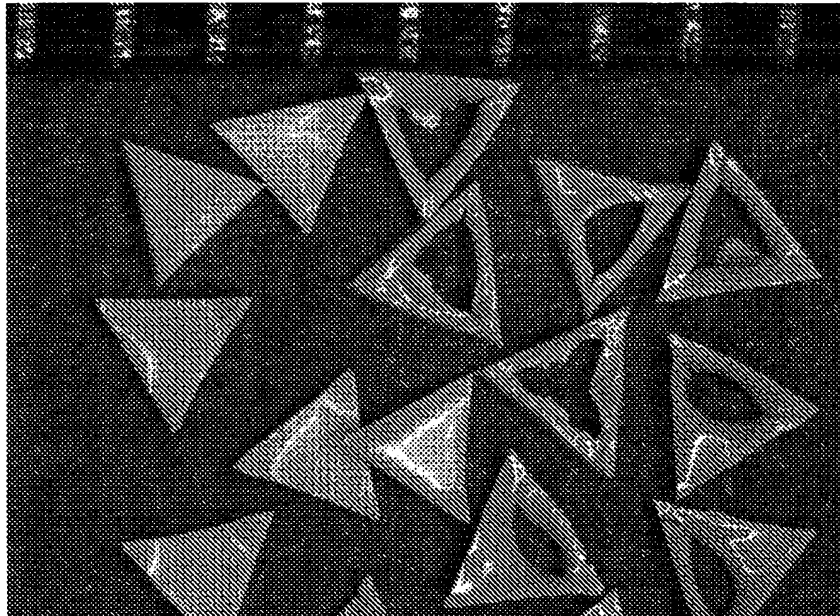


Fig. 7

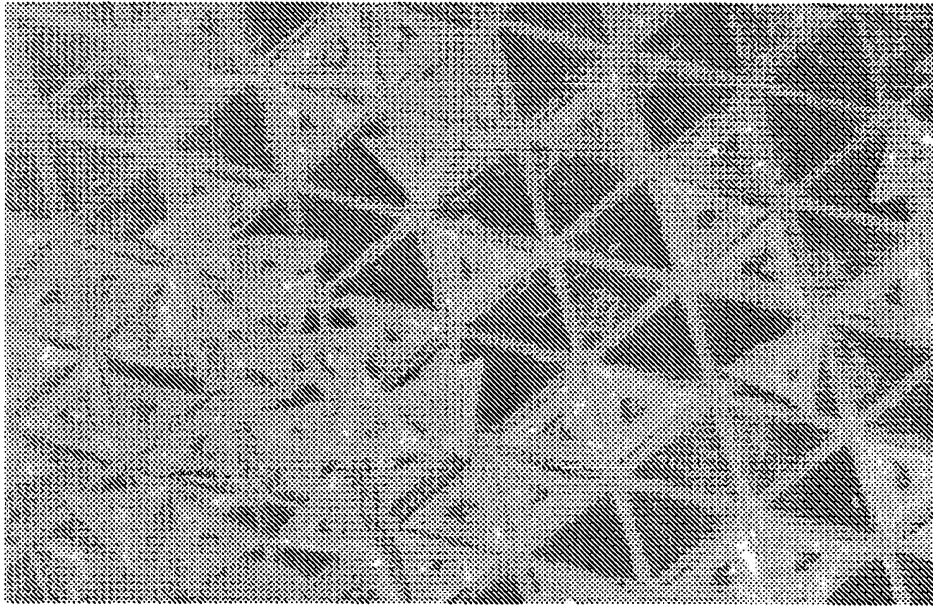


Fig. 8

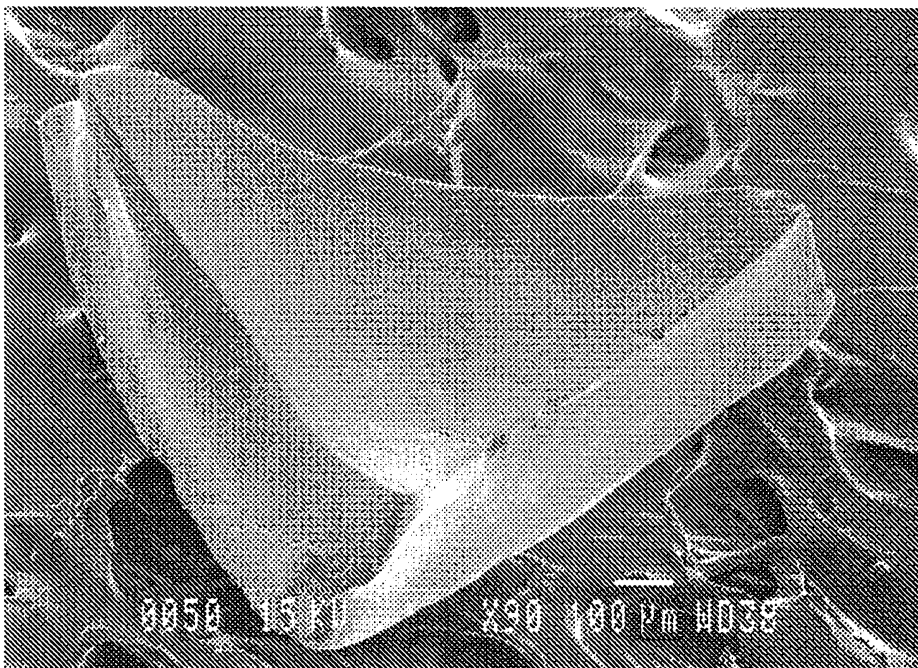
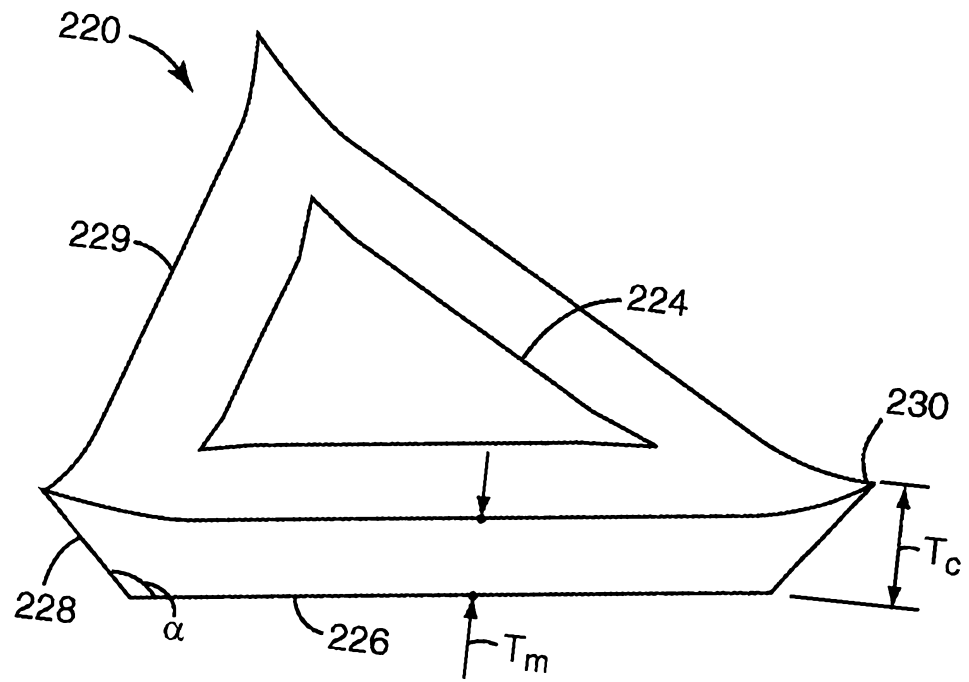
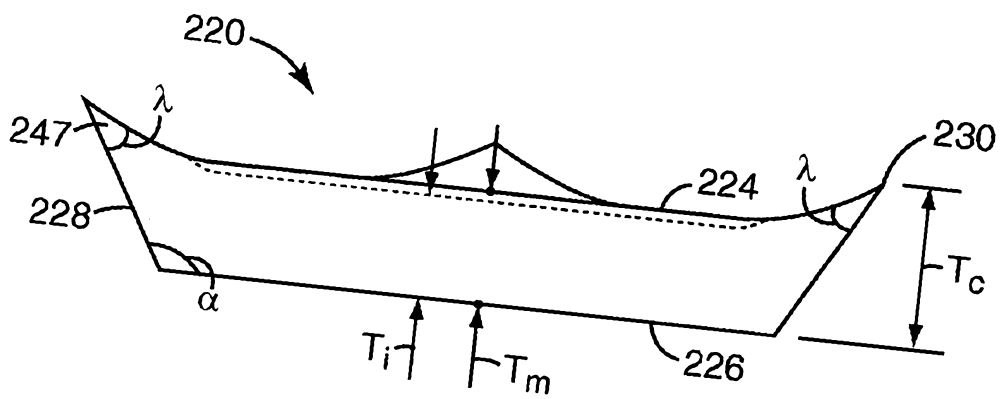


Fig. 11

*Fig. 9**Fig. 10*