(11) Número de Publicação: **PT 2523906 E**

(51) Classificação Internacional:
C01F 7/02 (2015.01) ***C09K 3/14*** (2015.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2011.08.15**

(30) Prioridade(s): **2010.10.01 DE 102010047095**

(43) Data de publicação do pedido: **2012.11.21**

(45) Data e BPI da concessão: **2015.06.24 200/2015**

(73) Titular(es):
CENTER FOR ABRASIVES AND REFRACTORIES RESEARCH & DEVELOPMENT C.A.R.R.D. GMBH SEEBACHER ALLEE 64 9524 VILLACH AT

(72) Inventor(es):
SEBASTIAN SACHSE AT

(74) Mandatário:
ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **CORPOS DE AL2O3 POLICRISTALINOS À BASE DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO FUNDIDO**

(57) Resumo:
A PRESENTE INVENÇÃO REFERE-SE A CORPOS DE AL2O3 POLICRISTALINOS À BASE DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO FUNDIDO COM UM TAMANHO MÉDIO DE CRISTALITE DOS CRISTAIS PRIMÁRIOS ENTRE 20 ΜM E 100 ΜM E UMA MACROPOROSIDADE FECHADA ENTRE 10% EM VOLUME E 30% EM VOLUME. OS CORPOS DE AL2O3 POLICRISTALINOS SÃO OBTIDOS PELO VAZAMENTO E TÊMPERA DE UM FUNDIDO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO LÍQUIDO E INOCULAÇÃO SIMULTÂNEA DO FLUXO DE VAZAMENTO COM CRISTAIS DE INOCULAÇÃO, E PODEM SER EMPREGUES DE UM MODO VANTAJOSO PARA A PREPARAÇÃO DE AGENTES ABRASIVOS E PRODUTOS À PROVA DE FOGO.

RESUMO

"CORPOS DE Al_2O_3 POLICRISTALINOS À BASE DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO FUNDIDO"

A presente invenção refere-se a corpos de Al_2O_3 policristalinos à base de óxido de alumínio fundido com um tamanho médio de cristalite dos cristais primários entre 20 µm e 100 µm e uma macroporosidade fechada entre 10% em volume e 30% em volume. Os corpos de Al_2O_3 policristalinos são obtidos pelo vazamento e têmpera de um fundido de óxido de alumínio líquido e inoculação simultânea do fluxo de vazamento com cristais de inoculação, e podem ser empregues de um modo vantajoso para a preparação de agentes abrasivos e produtos à prova de fogo.

DESCRIÇÃO

"CORPOS DE Al_2O_3 POLICRISTALINOS À BASE DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO FUNDIDO"

A presente invenção refere-se a corpos de Al_2O_3 policristalinos à base de óxido de alumínio fundido com as características do conceito genérico da reivindicação 1, a um processo para a sua preparação bem como à sua utilização.

Os corpos de Al_2O_3 à base de óxido de alumínio fundido são conhecidos pela sua utilização como grãos abrasivos para a preparação de agentes abrasivos e como materiais de partida para produtos à prova de fogo. A obtenção dos corpos de Al_2O_3 efetua-se por fundição de óxido de alumínio em forno a arco elétrico e subsequente processamento do produto obtido pela fundição, por cominuição e classificação numa granulação, que depois pode ser empregue para a utilização desejada.

A preparação de corpos de Al_2O_3 por fundição de óxido de alumínio em forno a arco elétrico pode efetuar-se de acordo com processos distintos. No caso do assim designado processo em bloco, o material de partida contendo óxido de alumínio é sucessivamente fundido, até o recipiente do forno estar preenchido com fundido líquido. Depois o processo de fundição é interrompido e deixa-se arrefecer lentamente o material fundido, em que se produzem blocos de corindo com um peso de até 20 t, que após arrefecimento completo, o que demora vários dias, são cominuídos e processados a grãos. Devido ao arrefecimento lento ocorre neste processo um forte crescimento dos cristais de óxido

de alumínio até um diâmetro de alguns centímetros, de modo que, após a cominuição, os corpos de Al_2O_3 processados, cujo diâmetro se encontra de um modo preferido na gama dos micrómetros e milímetros, estão presentes como fragmentos de cristais primários.

No entanto, atualmente, o corindo é maioritariamente preparado por um processo de vazamento e moldagem, em que após a fundição do material de partida o corindo líquido é vazado a partir do recipiente do forno, em que, dependendo da velocidade de vazamento, da quantidade vazada e do recipiente em que é vazado, o fundido líquido pode ser arrefecido com rapidez distinta, pelo que é influenciada a estrutura cristalina do produto. Deste modo, pelo arrefecimento muito rápido do fundido líquido podem obter-se corpos de Al_2O_3 de estrutura microcristalina, que apresentam propriedades mecânicas e técnicas, em termos abrasivos, particulares.

No documento US 1.192.709 A é descrito óxido de alumínio fundido por meios elétricos que é constituído por cristais de óxido de alumínio com um diâmetro médio entre 10 µm e 300 µm e é obtido por vazamento em coquilhas estreitas. Neste caso o material solidifica na forma de placas finas compactas, que depois podem ser processadas para formar grãos abrasivos.

No documento US 1.524.134 A é descrita a preparação de um corindo de cristais finos com porosidade elevada, em que o feixe do corindo líquido, aquando do vazamento, é temperado com um feixe de água ou é vazado numa bacia de água. Neste caso forma-se um material com porosidade elevada, cujos cristais de óxido de alumínio apresentam um diâmetro de cerca de 130 µm. O produto possui uma porosidade de mais de 35% com um diâmetro de poro

entre 250 µm e 6 mm. Este material não é adequado como grão abrasivo para a gama grossa e média, no entanto pode ser empregue como grão fino após um processamento correspondente ou como aditivo por exemplo para coberturas de pavimento.

No documento US 3.646.713 A é descrito um processo de preparação de material cristalino fino por exemplo à base de óxido de alumínio, em que o óxido metálico fundido é vazado sobre um rolo rotativo, arrefecido com água, que forma uma fenda estreita com um segundo rolo, na qual o material é recuperado e, neste caso, subsequentemente arrefecido e solidificado. O produto é denso e possui uma estrutura cristalina com um diâmetro dos cristais de óxido de alumínio entre 1 µm e 30 µm.

O documento US 6.613.114 B1 descreve grãos abrasivos de óxido de alumínio policristalino que são constituídos por cristais com um diâmetro abaixo de 100 µm, cuja densidade é maior do que 97% da densidade teórica do óxido de alumínio, e que apresentam uma dureza Knoop superior a 2000. Na preparação deste material, o óxido de alumínio fundido é vazado com uma velocidade de vazamento definida e é promovida a dispersão do feixe de vazamento em gotículas finas, rapidamente solidificadas, pela utilização de ultrassons. Com este processo é possível obter grãos abrasivos densos de óxido de alumínio com uma estrutura microcristalina.

Em resumo, pode afirmar-se que por vazamento e têmpera rápida de óxido de alumínio líquido de acordo com os processos descritos do estado da técnica podem obter-se corpos de Al_2O_3 microcristalinos compactos e densos, que são adequados para a utilização como grãos abrasivos. Para o efeito, o fundido líquido é vazado sobre rolos de arrefecimento, entre placas de

arrefecimento ou em coquilhas, para alcançar um arrefecimento rápido e a solidificação do material fundido líquido e assim prevenir o crescimento dos cristais.

Paralelamente também sempre se procurou otimizar a têmpera do óxido de alumínio fundido líquido, por insuflação do feixe de vazamento por meio de ar comprimido ou vapor, em que no entanto se formam em regra esferas ocas com um diâmetro até cerca de 5 mm e mais, que devido à sua elevada porosidade e baixa resistência não são adequadas, ou são apenas adequados de forma muito limitada, para a utilização como grãos abrasivos.

Os materiais abrasivos são usualmente utilizados para o tratamento de superfícies de metal, madeira ou cerâmica. Dependendo do tipo de material a ser tratado e de qual o resultado que deve ser obtido, o agente abrasivo deve satisfazer requisitos muito diferentes, o que é conseguido através da variação dos grãos abrasivos empregues bem como da estrutura do agente abrasivo. Assim, por exemplo no caso de um disco abrasivo, o tamanho de grão e o tipo dos grãos abrasivos bem como do ligante, e a composição e a estrutura do disco abrasivo são ajustados e concertados entre si de acordo com a respetiva finalidade de utilização. Neste caso, os grãos abrasivos são usualmente utilizados como corpos sólidos compactos e densos, cujo comportamento abrasivo é otimizado através de um ajuste correspondente do disco abrasivo, em que não só a quantidade e o tipo do ligante mas também os materiais aditivos, como por exemplo materiais abrasivos auxiliares ou indutores de poros, são variados em conformidade.

Como indutores de poros são utilizadas substâncias que a um determinado momento se consomem pelo fogo durante a queima dos

discos, quando o disco abrasivo alcança uma resistência suficiente, e neste caso deixam para trás um poro correspondente ao seu tamanho. Os indutores de poros são substâncias que se adequam para introduzir, de forma orientada, poros num disco abrasivo, em que os espaços ocos resultantes têm a função de receber aparas e de facilitar o fornecimento de lubrificante de arrefecimento na zona de contacto da abrasão. O volume dos poros de um disco abrasivo é determinado pelo teor de grãos e de ligante e é concertado para a respetiva aplicação através da adição de indutores de poros. No caso ideal, o lubrificante de arrefecimento deverá poder ser utilizado na proximidade direta dos grãos abrasivos durante o processo de abrasão, o que nem sempre pode ser conseguido de forma ideal pela adição de indutores de poros no sistema ligante.

Devido à multiplicidade das diferentes áreas de aplicação para agentes abrasivos, a indústria de agentes abrasivos está constantemente à procura de novos tipos de grãos abrasivos, otimizados para áreas de aplicação determinadas, pela utilização dos quais possam ser melhorados os processos correspondentes bem como os produtos resultantes.

O objetivo da presente invenção consiste em disponibilizar um novo tipo de grão abrasivo que apresenta vantagens face ao estado da técnica para determinadas aplicações de abrasão.

Este objetivo é alcançado através dos corpos de Al_2O_3 policristalinos à base de óxido de alumínio fundido com as características da reivindicação 1.

Também é objetivo da presente invenção disponibilizar um processo correspondente para a preparação de corpos de Al_2O_3 deste tipo.

Este objetivo é alcançado através de um processo com as características da reivindicação 5.

Aperfeicoamentos e formas de concretização da ideia da invenção são objeto das respetivas reivindicações dependentes.

No âmbito do presente trabalho foi descobrerto que os corpos de Al_2O_3 policristalinos à base de óxido de alumínio fundido com uma porosidade fechada, definida entre 10% em volume e 30% em volume, um teor em óxido de alumínio α de mais de 98% em peso e uma estrutura composta por uma multiplicidade de cristais primários de Al_2O_3, com um tamanho de cristal entre 20 µm e 100 µm, podem ser obtidos por fundição de óxido de alumínio em forno a arco elétrico, vazamento do fundido líquido de óxido de alumínio com uma taxa constante de vazamento menor do que 80 kg/min, inoculação da corrente de vazamento do fundido líquido com cristais de inoculação de óxido de alumínio α e/ou γ com um tamanho de grão médio de 50 µm até 90 µm, arrefecimento rápido do fundido, para obter um corpo sólido de óxido de alumínio, e subsequente cominuição e classificação do corpo sólido de óxido de alumínio. Os corpos de Al_2O_3 policristalinos assim produzidos caracterizam-se por uma macroporosidade fechada com um volume de poros entre 10 e 30% em volume, em que o diâmetro médio do poro se encontra entre 10 µm e 100 µm e o diâmetro máximo encontra-se em cerca de 120 µm.

Numa forma de realização preferida dos corpos de Al_2O_3, os cristais primários apresentam um tamanho entre 30 µm e 60 µm e o

teor em óxido de alumínio perfaz de um modo preferido mais de 99,5% em peso.

A forma dos poros corresponde ao espaço oco da estrutura entre os cristais individuais adjacentes e firmemente ligados entre si, que de um modo preferido apresentam uma forma pseudo-cúbica.

Numa forma de concretização vantajosa do processo, o vazamento do fundido efetua-se com uma taxa constante de vazamento de menos do que 40 kg/min. A inoculação da corrente de vazamento pode ser efetuada por insuflação direta dos cristais de inoculação de óxido de alumínio na corrente de vazamento, em que a quantidade dos cristais de inoculação perfaz de um modo preferido entre 5 e 20% em peso, em relação à quantidade de óxido de alumínio vazado.

O arrefecimento do fundido pode efetuar-se de diferentes maneiras. Assim, as presentes experiências mostraram que podem ser utilizados com sucesso os processos conhecidos para a têmpera de fundidos de óxidos metálicos, como por exemplo o arrefecimento do fundido através de rolos arrefecidos, por vazamento entre placas de arrefecimento de metal, ou por vazamento sobre placas de arrefecimento.

Desta maneira podem ser obtidos grãos abrasivos com uma porosidade definida e uma estrutura cristalina definida.

Em particular, no caso da utilização de discos abrasivos, que devem apresentar uma porosidade definida, a utilização dos grãos abrasivos de acordo com a invenção conduz a melhorias face ao estado da técnica, uma vez que agora pode ser suprimida pelo

menos parcialmente a introdução adicional de indutores de poros. No caso da utilização dos grãos abrasivos de acordo com a invenção, a porosidade do disco abrasivo é agora formada pelo menos parcialmente pelo próprio grão abrasivo, o que traz consigo a vantagem adicional de o lubrificante de arrefecimento ser introduzido diretamente na zona de contacto da abrasão. Assim, pela introdução de porosidade adicional no caso da utilização do grão abrasivo de acordo com a invenção é melhorada, por um lado, a capacidade de corte do disco abrasivo e é promovida a retificação fina durante o processo de trabalho, por outro lado, além disso, é melhorada a ligação dos grãos abrasivos no disco abrasivo devido à estrutura microcristalina com uma grande superfície, fissurada, pelo que podem ser aumentados os desempenhos abrasivos.

Apesar da elevada macroporosidade, o grão abrasivo é extremamente estável e também pode ser utilizado para aplicações de abrasão em que ocorrem pressões de contacto elevadas.

Também quando, devido à sua estrutura, os corpos de Al_2O_3 policristalinos são predestinados em particular para a utilização em discos abrasivos, eles também são adequados para a utilização como agente abrasivo solto, em agentes abrasivos sobre suportes, ou para a preparação de materiais à prova de fogo.

Em seguida a presente invenção é explicada em detalhe com base em exemplos selecionados e figuras. Neste caso mostram

Figura 1 uma imagem de contraste de uma secção polida de um grão grosseiro,

Figura 2 uma fotografia de microscopia eletrónica de varrimento de grãos abrasivos de acordo com a invenção numa ampliação de 150 vezes,

Figura 3 uma fotografia de microscopia eletrónica de varrimento de um grão abrasivo de acordo com o estado da técnica igualmente numa ampliação de 150 vezes,

Figura 4 uma fotografia de microscopia eletrónica de varrimento de uma secção de um corpo sólido de óxido de alumínio vazado e solidificado entre rolos de arrefecimento, numa ampliação de 200 vezes,

Figura 5 um diagrama para um processo abrasivo, em que a força normal F_n está representada em função do volume de remoção de material V'_w,

Figura 6 um diagrama para um processo abrasivo, em que a força normal F_n está representada em função da taxa volumétrica de remoção de material Q'_w,

Figura 7 um diagrama para um processo abrasivo, em que a potência do fuso P_c está representada em função da taxa volumétrica de remoção de material Q'_w, e

Figura 8 um diagrama para um processo abrasivo, em que o quociente da força tangencial F_T e da força

normal F_n está representado em função do volume de remoção de material V'_w.

A figura 1 mostra uma imagem de contraste de uma secção polida de um corpo de Al_2O_3 policristalino relativamente grosseiro com um diâmetro de cerca de 900 µm. Neste caso as áreas escuras representam os poros, enquanto as áreas claras representam os cristais primários individuais de óxido de alumínio. Com base em imagens de contraste deste tipo pode ser determinada a porosidade do grão abrasivo por uma análise de imagem, em que é determinada a razão das áreas escuras em relação às áreas claras. Para o exemplo presente foi determinada uma macroporosidade de 15 até 20% em volume.

A figura 2 mostra uma fotografia de microscopia eletrónica de varrimento de grãos abrasivos policristalinos à base de óxido de alumínio fundido com uma ampliação de 150 vezes. Na figura pode reconhecer-se que os cristais primários de óxido de alumínio apresentam um tamanho de cristal abaixo de 100 µm, em que a liga de cristais é formada como um tipo de aglomerado de grãos abrasivos com macroporos dispostos entre os cristais primários. A forma dos macroporos é caracterizada pelos planos dos cristais dos cristais primários. Apesar dos macroporos, os cristais primários formam uma liga relativamente compacta entre si, que mostra uma resistência de grão elevada.

A título de comparação, na figura 3 está representado um grão abrasivo de corindo de acordo com o estado da técnica, em que o corindo líquido não foi temperado, mas em vez disso foi deixado solidificar lentamente. No caso deste grão abrasivo trata-se de um fragmento de um cristal primário grande que foi formado no processamento do bloco de corindo solidificado para

formar grãos abrasivos. Quando se comparam as figuras 2 e 3 entre si, que mostram respetivamente grãos abrasivos com tamanho comparável, é de esperar apenas devido às diferentes estruturas também um comportamento abrasivo distinto. Enquanto o grão abrasivo compacto de acordo com o estado da técnica suporta uma pressão determinada numa operação de abrasão e depois entra em colapso descontrolado logo que este limite é ultrapassado, no caso do grão abrasivo microcristalino de acordo com a invenção a fratura ocorre ao longo dos limites do cristal, pelo que depois não só são formadas novas arestas de corte, mas também os poros são expostas, pelo que o processo abrasivo é favorecido no seu todo.

A figura 4 mostra uma fotografia de microscopia eletrónica de varrimento de uma secção de um floco de corindo temperado que é formado pelo vazamento de um fundido de óxido de alumínio líquido entre rolos de metal arrefecido com água. Nesta representação pode reconhecer-se a forma cristalina pseudo-cúbica dos cristais primários de óxido de alumínio, típica dos corpos de Al_2O_3 de acordo com a invenção, em que o tamanho médio do cristal primário se encontra entre 30 µm e 60 µm.

As figuras 5 a 8 referem-se ao teste de abrasão descrito a seguir e são explicadas individualmente em pormenor neste contexto. Os testes de abrasão foram realizados a pedido da requerente no Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, (IWF) da Universidade Técnica de Braunschweig.

Exemplo 1

Preparação de um grão abrasivo F60

Para a preparação de um grão abrasivo F60 foi fundida alumina em forno a arco elétrico a uma tensão de 100 V. O fundido líquido foi vazado com uma velocidade de vazamento de 30 kg/min sobre dois rolos em contra-rotação arrefecidos com água, em que o fundido foi vertido sobre a superfície externa de um rolo arrefecido a partir do seu lado interno e foi recuperado com o rolo rotativo numa fenda formada entre ambos os rolos de arrefecimento com uma largura de fenda de cerca de 1 mm. Durante o processo de vazamento foram introduzidos por insuflação cerca de 10% em peso, em relação à quantidade vazada, de germes de cristalização de α-Al_2O_3 com um diâmetro médio de partícula de 50 µm na corrente de vazamento. O material em forma de placas policristalinas temperadas assim obtido foi cominuido, para obter corpos de Al_2O_3 policristalinos, que foram depois classificados por peneiração para obter um grão abrasivo F60 de acordo com a FEPA, com um tamanho médio de partícula de cerca de 260 µm.

Para as pesquisas de técnica de abrasão do grão abrasivo descritas em seguida, o grão abrasivo assim obtido será referido com a designação de tipo WFAMX.

Exemplo 2

Teste de abrasão (abrasão superficial / abrasão profunda)

Um grão abrasivo F60 obtido de acordo com o exemplo 1 foi utilizado para a preparação de discos abrasivos ligados com cerâmica, que foram depois utilizados para a abrasão superficial/abrasão profunda com alta profundidade e baixa velocidade de corte no material Inconel 718. Foi arrefecido com 5% de HYSOL RD (firma Castrol), em que foram utilizados 200 L de agente lubrificante de arrefecimento por minuto. Foi comparado um disco padrão com um corindo fundido convencional (Alodur® WSK F60, Treibacher Schleifmittel GmbH), com um disco em que 50% do material padrão tinha sido substituído por WFAMX F60 (grão abrasivo de acordo com a invenção) bem como com um disco em que 100% do material padrão tinha sido substituído por WFAMX. Foram medidas as forças normais F_n [N] em função do volume de remoção de material V'_w [mm^3/mm].

Os parâmetros do processo bem como as diferentes composições dos discos estão registados em seguida:

Processo de abrasão:	Abrasão superficial (abrasão profunda)
Disco abrasivo:	Ligado com cerâmica (dureza H) Amostra 1: 100% de WSK F60 Amostra 2: 100% de WFAMX F60 Amostra 3: 50% de WSK F60 / 50% WFAMX F60
Material:	Inconel 718

Agente lubrificante de arrefecimento:	200 L/min 5% de HYSOL RD (Castrol)
Profundidade (a_e):	2,0 mm
Profundidade total (a_p):	15 mm
Taxa volumétrica de remoção de material (Q'_w):	20 $mm^3/mm \cdot s$
Velocidade de corte (V_c):	25 m/s
Profundidade de dressagem (a_{ed}):	0,015 mm
Grau de recobrimento (U_d):	3
Número de ciclos de dressagem (n):	10

O diagrama reproduzido na figura 5 mostra o desenvolvimento da força normal F_n com o volume crescente de remoção de material V'_w para os três discos diferentes, em comparação direta. Enquanto no caso da amostra 1 (de comparação), em que foi empregue 100% de grão abrasivo padrão WSK, é observado um aumento contínuo da força normal, no caso da amostra 2, em que o grão padrão WSK foi substituído por 100% de WFAMX, pode reconhecer-se um ligeiro declínio da força normal com o volume crescente de remoção de material V'_w, em que a força normal F_n no caso de um volume de remoção de material V'_w de 600 [mm^3/mm] cai para um valor abaixo do valor crítico de 1000 [N]. Em geral, as forças abrasivas inferiores estão associadas a uma capacidade de corte mais elevada e a um corte mais frio, pelo que, devido às baixas temperaturas que se desenvolvem no processo de abrasão, é diminuído o perigo de um dano na peça de trabalho por descolorações condicionadas pela temperatura, o que é de grande importância para o operador na abrasão de precisão, uma vez que as peças danificadas pela temperatura têm que ser irreparavelmente eliminadas como rejeitadas.

A amostra 3, em que foi empregue uma mistura de 50% do material padrão WSK com 50% do grão abrasivo WFAMX de acordo com a invenção, mostra um comportamento de força da força normal F_n particularmente favorável. As forças que se desenvolvem no processo encontram-se claramente abaixo daquelas das amostras 1 e 2, em que a força normal F_n, mesmo a um volume de remoção de material V'_w de 600 [mm^3/mm], ainda se encontra abaixo de 900 [N]. Neste caso, o perigo de uma queimadura de abrasão é fortemente diminuído a uma taxa de remoção mantida constante, o que traz enormes vantagens para o operador.

Exemplo 3

Teste de abrasão abrasão superficial/abrasão profunda (limite de carga)

Tal como no exemplo 2, foi utilizado um grão abrasivo F60 obtido de acordo com o exemplo 1 para a preparação de discos abrasivos ligados com cerâmica, que depois foram utilizados para a abrasão superficial / abrasão profunda no material Inconel 718. Um disco padrão com um corindo fundido convencional (Alodur® WSK F60, Treibacher Schleifmittel GmbH) foi comparado com um disco em que 100% do material padrão tinha sido substituído por WFAMX F60. Foram medidas as forças normais F_n [N] no caso do volume de remoção de material V'_w anteriormente especificado de 100 [mm^3/mm] na dependência da taxa volumétrica de remoção de material Q'_w [$mm^3/mm \cdot s$]. Neste caso, o ensaio foi realizado até ao limite de carga dos respectivos discos abrasivos. O limite de carga é alcançado pela ocorrência de

queimadura de abrasão e é sinalizado pelo aumento no ruído de abrasão esperado (o chamado "trepidar").

Os parâmetros do processo bem como as diferentes composições dos discos estão registados em seguida:

Processo de abrasão:	Abrasão superficial (abrasão profunda)
Disco abrasivo:	Ligado com cerâmica (dureza H) Amostra 1: 100% de WSK F60 Amostra 2: 100% de WFAMX F60
Material:	Inconel 718
Agente lubrificante de arrefecimento:	200 L/min 5% de HYSOL RD (Castrol)
Profundidade (a_e):	1,0 mm
Profundidade total (a_p):	15 mm
Volume de remoção de material (V'_w):	100 mm^3/mm
Velocidade de corte (V_c):	25 m/s
Profundidade de dressagem (a_{ed}):	0,015 mm
Grau de recobrimento (U_d):	3
Número de ciclos de dressagem (n):	10

Os resultados medidos no teste de abrasão estão reproduzidos graficamente na figura 5. Em oposição ao teste anterior (exemplo 2), neste caso os discos abrasivos (amostra 1, amostra 2) foram testados até ao seu limite de carga, em que a um volume previamente definido de remoção de material V'_w de 100 [mm^3/mm] foi registado o decurso da força normal F_n com taxa volumétrica de remoção de material Q'_w crescente. Enquanto o disco de comparação com 100% de grãos padrão WSK (amostra 1) já desenvolve forças normais elevadas, que se encontram acima de 1000 [N], a uma taxa volumétrica de remoção de material Q'_w de 30 [$mm^3/mm \cdot s$], o disco com 100% de WFAMX (amostra 2) mostra um valor relativamente elevado para a força normal F_n já a uma taxa volumétrica de remoção de material Q'_w diminuta, que depois no entanto - quase após uma curta fase de arranque - decai com uma taxa volumétrica de remoção de material Q'_w crescente e se encontra mesmo abaixo de 900 [N] a uma taxa volumétrica de remoção de material Q'_w de 42,5 [$mm^3/mm \cdot s$], de modo que com um disco abrasivo deste tipo, mesmo no caso de uma carga elevada, o risco de uma queimadura de abrasão é diminuto.

Exemplo 4

Teste de abrasão abrasão superficial/abrasão profunda (limite de carga)

Para discos idênticos aos do exemplo 3 com, respetivamente, 100% de WSK F60 ou WFAMX F60, sob as mesmas condições, foi determinada a potência do fuso P_c [kW] no caso de um volume previamente definido de remoção de material V'_w de 100 [mm^3/mm], na dependência da taxa volumétrica de remoção de material Q'_w [$mm^3/mm \cdot s$].

Os parâmetros do processo bem como as diferentes composições dos discos estão registados em seguida:

Processo de abrasão:	Abrasão superficial (abrasão profunda)
Disco abrasivo:	Ligado com cerâmica (dureza H) Amostra 1: 100% de WSK F60 Amostra 2: 100% de WFAMX F60
Material:	Inconel 718
Agente lubrificante de arrefecimento:	200 L/min 5% de HYSOL RD (Castrol)
Profundidade (a_e):	1,0 mm
Profundidade total (a_p):	15 mm
Volume de remoção de material (V'_w):	100 mm^3/mm
Velocidade de corte (V_c):	25 m/s
Profundidade de dressagem (a_{ed}):	0,015 mm
Grau de recobrimento (U_d):	3
Número de ciclos de dressagem (n):	10

O diagrama reproduzido na figura 7, em que o consumo de potência do fuso P_c com taxa volumétrica de remoção de material Q'_w crescente para os discos de acordo com a amostra 1 e a amostra 2, confirmam a tendência já mostrada no exemplo 4. Deste

modo, a potência do fuso P_c para o disco padrão com 100% de WSK aumenta continuamente, e atinge um valor acima de 13 [kW] a uma taxa volumétrica de remoção de material Q'_w de 42,5 [mm^3/mm·s], enquanto no caso do disco com 100% de WFAMX (grão abrasivo de acordo com a invenção), sob as mesmas condições, a uma taxa volumétrica de remoção de material Q'_w de 42,5 [mm^3/mm·s], o fuso mostra um consumo de potência inferior a 11 [kW].

Um consumo de potência baixo do fuso indicia uma alta capacidade de corte do disco e um corte frio, e com isso uma baixa predisposição do processo para queimadura de abrasão.

Exemplo 5

Teste de abrasão abrasão superficial/abrasão profunda

Tal como no exemplo 2, foi utilizado um grão abrasivo F60 obtido de acordo com o exemplo 1 para a preparação de discos abrasivos ligados com cerâmica, que depois foram utilizados para a abrasão superficial / abrasão profunda no material Inconel 718. Um disco padrão com 100% de corindo fundido convencional (Alodur® WSK F60, Treibacher Schleifmittel GmbH) foi comparado com um disco em que 50% do material padrão tinha sido substituído por WFAMX F60. Foram medidos os quocientes μ a partir das forças tangenciais F_T e das forças normais F_n [N] na dependência do volume de remoção de material N'_w [mm^3/mm].

Os parâmetros do processo bem como as diferentes composições dos discos estão registados em seguida:

Processo de abrasão:	Abrasão superficial (abrasão profunda)
Disco abrasivo:	Ligado com cerâmica (dureza H) Amostra 1: 100% de WSK F60 Amostra 2: 100% de WFAMX F60
Material:	Inconel 718
Agente lubrificante de arrefecimento:	200 L/min 5% de HYSOL RD (Castrol)
Profundidade (a_e):	1,0 mm
Profundidade total (a_p):	15 mm
Taxa volumétrica de remoção de material (Q'_w):	20 $mm^3/mm \cdot s$
Velocidade de corte (V_c):	25 m/s
Profundidade de dressagem (a_{ed}):	0,015 mm
Grau de recobrimento (U_d):	3
Número de ciclos de dressagem (n):	10

No diagrama mostrado na figura 8 foi representado o quociente μ da força tangencial F_T e da força normal F_n com um volume de remoção de material V'_w crescente. Quanto mais elevado é este valor, tanto melhor será avaliado, em regra, o comportamento abrasivo dos discos, uma vez que um quociente μ mais elevado aponta para uma força normal F_n diminuta. No presente caso pode afirmar-se que para a amostra 3 (50% de WSK +

50% de WFAMX) é alcançado um valor elevado constante, que é adicionalmente positivamente influenciado por uma força tangencial F_T relativamente elevada, o que, a par da elevada capacidade de corte e do corte frio, deixa antever uma boa capacidade de manutenção do perfil do disco de abrasão.

Mesmo quando os exemplos 1 a 5 se referem exclusivamente à abrasão superficial/abrasão profunda (abrasão de precisão) de Inconel 718, isto não deve de modo algum ser visto como limitativo. Esta série de pesquisas foi selecionada porque aqui podem ser mostradas particularmente bem as vantagens dos corpos de Al_2O_3 à base de óxido de alumínio fundido de acordo com a invenção como grãos abrasivos. O Inconel é um material de turbinas altamente sensível, que foi processado com altas taxas de remoção, de modo que as séries de teste têm uma significância muito elevada no que diz respeito à utilidade geral dos corpos de Al_2O_3 de acordo com a invenção como grãos abrasivos.

Devido à sua base e à sua estrutura cristalina e simultaneamente com de resistência elevada, os corpos de Al_2O_3 policristalinos de acordo com a invenção podem ser vantajosamente utilizados também para outras operações de abrasão como abrasivos ligados ou soltos, bem como em agentes abrasivos sobre suportes. Eles são igualmente bem adequados para a utilização em produtos à prova de fogo.

Lisboa, 9 de setembro de 2015

REIVINDICAÇÕES

1. Corpos de Al_2O_3 policristalinos à base de óxido de alumínio fundido com um teor em óxido de alumínio α de mais de 98% em peso, constituídos por uma multiplicidade de cristais primários de Al_2O_3 com um tamanho de cristalite entre 20 µm e 100 µm, caracterizados por os corpos de Al_2O_3 apresentarem uma macroporosidade fechada com um volume de poro entre 10% em volume e 30% em volume, em que o diâmetro médio dos poros se encontra entre 10 µm e 100 µm e o diâmetro máximo de poro se encontra na gama de cerca de 120 µm.

2. Corpos de Al_2O_3 de acordo com a reivindicação 1, caracterizados por os cristais primários apresentarem um tamanho entre 30 µm e 60 µm.

3. Corpos de Al_2O_3 de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizados por o teor em óxido de alumínio α perfazer mais do que 99,5% em peso.

4. Corpos de Al_2O_3 de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizados por os cristais primários apresentarem uma forma de cristais pseudo-cúbica.

5. Processo para a preparação de corpos de Al_2O_3 policristalinos à base de óxido de alumínio fundido por meios elétricos com os passos

   a) fundição de óxido de alumínio em forno a arco elétrico,

b) vazamento do fundido de óxido de alumínio líquido com uma taxa de vazamento constante de menos do que 80 kg/min,

c) inoculação do caudal de vazamento do fundido líquido com cristais de inoculação de óxido de alumínio α e/ou γ com um diâmetro médio de partícula d_{50} de 50 µm até 90 µm,

d) arrefecimento do fundido líquido, para obter um corpo sólido de óxido de alumínio, e

e) cominuição do corpo sólido de óxido de alumínio, para obter corpos de Al_2O_3 policristalinos de acordo com umas das reivindicações 1 a 4.

6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o vazamento do fundido se efetuar com uma taxa de vazamento constante de menos do que 40 kg/min.

7. Processo de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado por a inoculação da corrente de vazamento se efetuar por insuflação direta dos cristais de inoculação de óxido de alumínio na corrente de vazamento.

8. Processo de acordo com uma das reivindicações 5 a 7, caracterizado por a quantidade dos cristais de inoculação perfazer entre 5% em peso e 20% em peso, em relação à quantidade de óxido de alumínio fundido.

9. Processo de acordo com uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado por o arrefecimento do fundido se efetuar através de rolos arrefecidos com água, pelo vazamento do fundido entre placas de arrefecimento de metal ou pelo vazamento do fundido sobre placas de arrefecimento.

10. Utilização dos corpos de Al_2O_3 policristalinos de acordo com uma das reivindicações 1 a 4 para a preparação de agentes abrasivos e/ou materiais à prova de fogo.

Lisboa, 9 de setembro de 2015

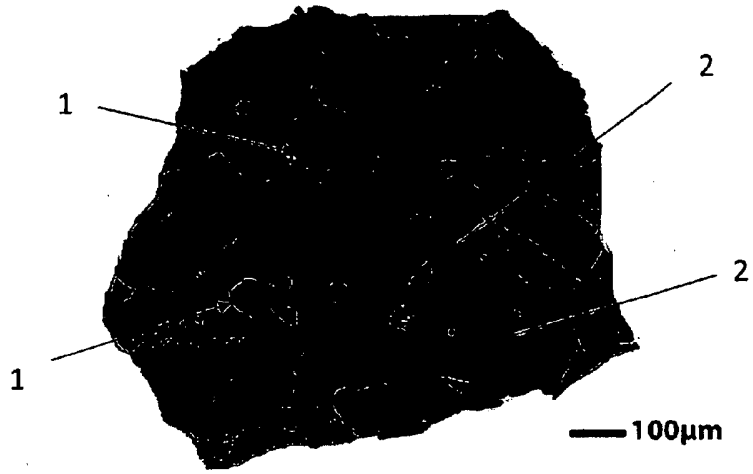

FIG. 1

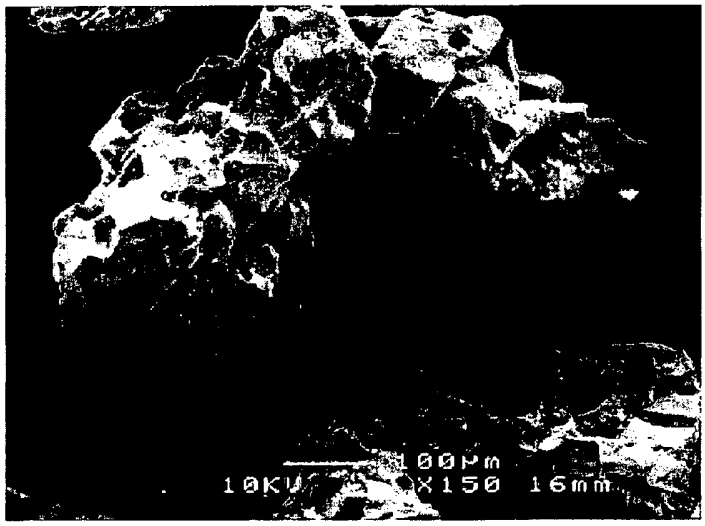

FIG. 2

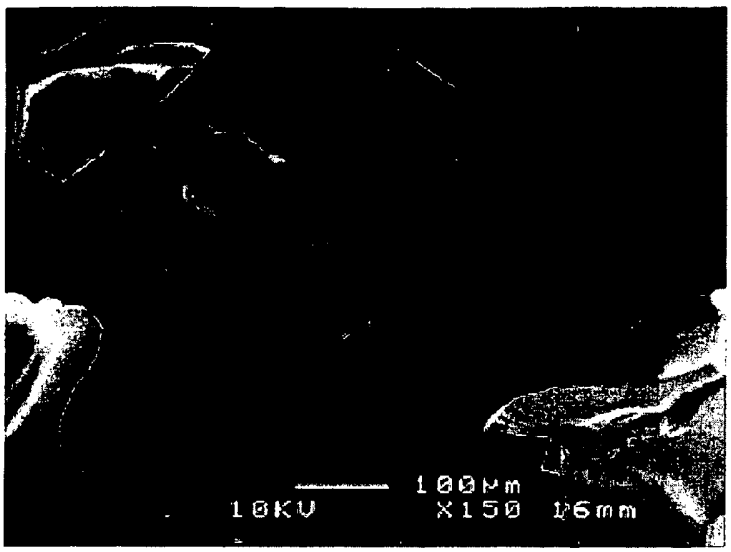

FIG. 3

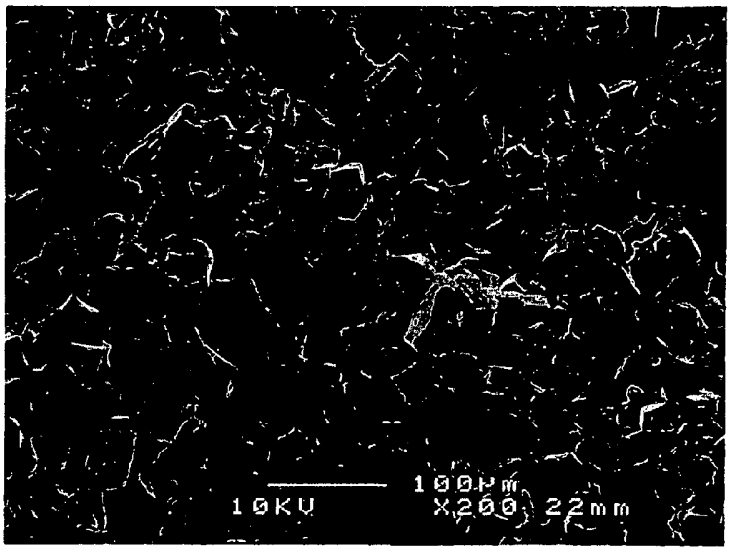

FIG. 4

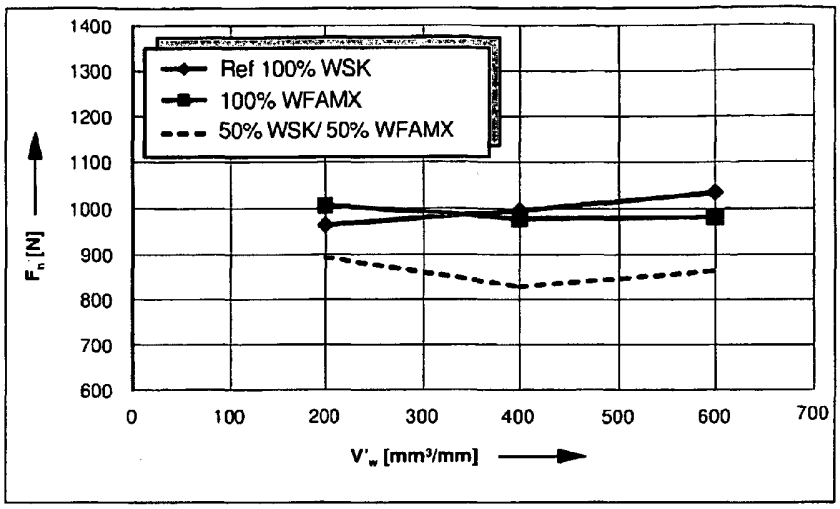
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
0
100
200
300
400
500
600
700
Ref 100% WSK
100% WFAMX
50% WSK/ 50% WFAMX
F'n [N]
V'w [mm³/mm]

FIG. 5

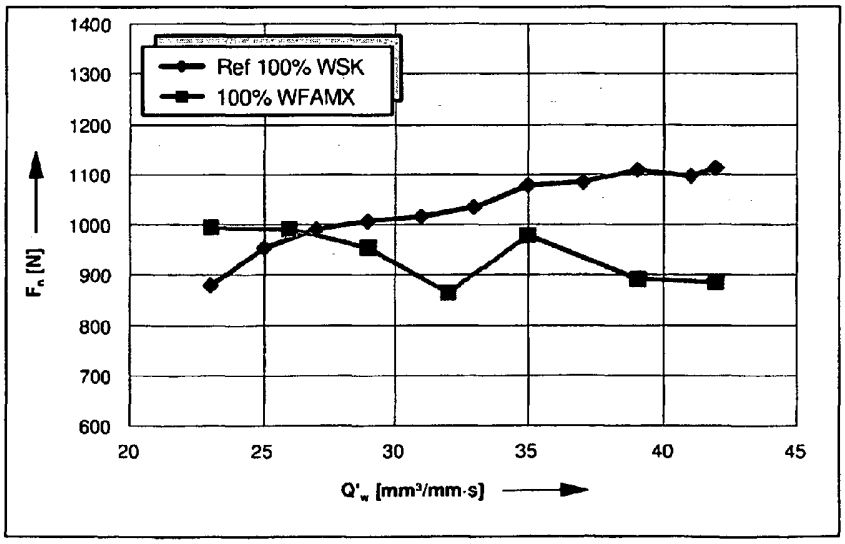
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
20
25
30
35
40
45
Ref 100% WSK
100% WFAMX
F'n [N]
Q'w [mm³/mm·s]

FIG. 6

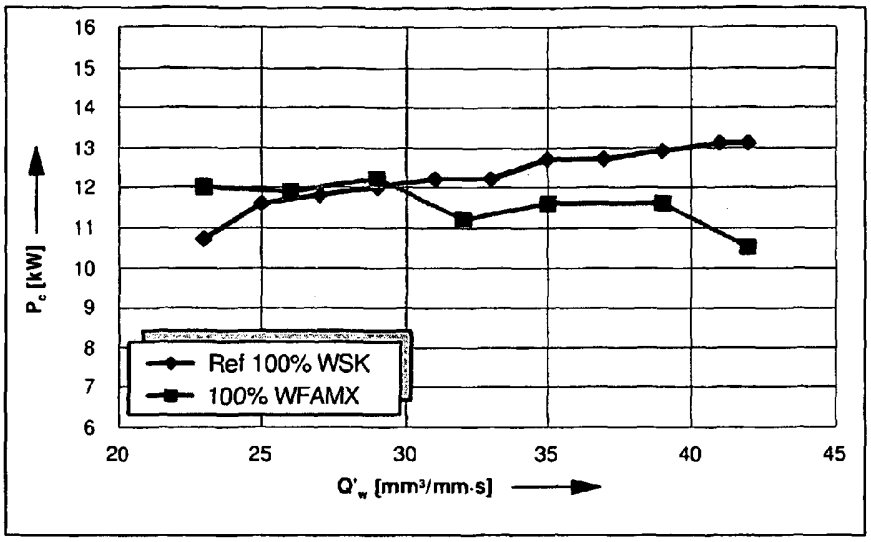
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
P_c [kW]
Ref 100% WSK
100% WFAMX
20
25
30
35
40
45
Q'_w [mm³/mm·s]

FIG. 7

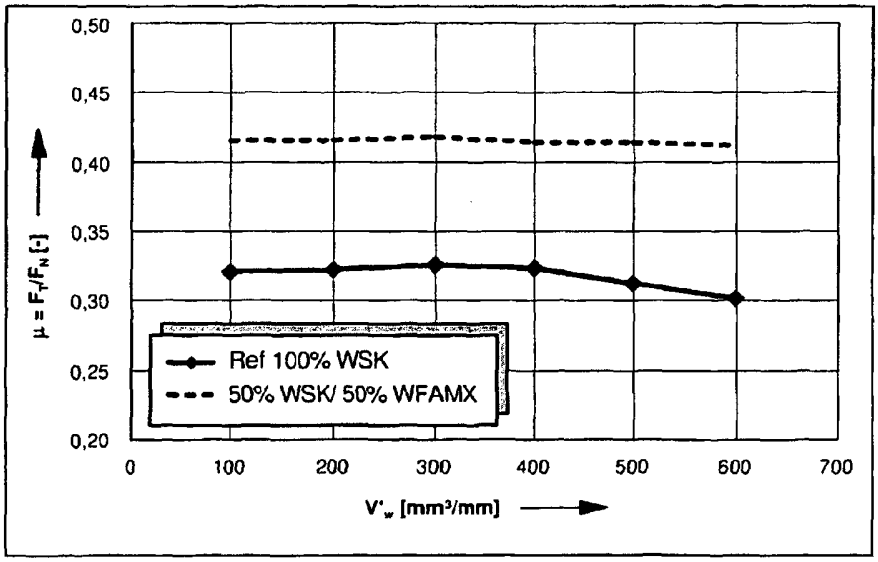
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
$\mu = F_T/F_N$ [-]
Ref 100% WSK
50% WSK/ 50% WFAMX
0
100
200
300
400
500
600
700
V'_w [mm³/mm]

FIG. 8