

## BREVET D'INVENTION



SPF ECONOMIE, P.M.E.,  
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

NUMERO DE PUBLICATION : 1015215A3

NUMERO DE DEPOT : 2002/0665

Classif. Internat. : B24D C09K

Date de délivrance le : 09 Novembre 2004

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété intellectuelle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 21 Novembre 2002 à 14H05 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

## ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : SAINT-GOBAIN ABRASIVES, INC.  
1 New Bond Street, WORCESTER MA 01615-0138(ETATS-UNIS D'AMERIQUE)

représenté(e)(s) par : ADYNS Gilbert, OFFICE KIRKPATRICK S.A., Avenue Wolfers 32 - B 1310 LA HULPE.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : OUTIL ABRASIF PORCEUX ET PROCÉDÉ POUR LE FABRIQUER.

PRIORITE(S) 21.11.01 US USA09990647

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Pour expédition certifiée conforme

Bruxelles, le 09 Novembre 2004  
PAR DELEGATION SPECIALE :

L. WUYTS  
CONSEILLER

L. WUYTS  
CONSEILLER

Outil abrasif poreux et procédé pour le fabriquer.Domaine de l'invention.

La présente invention concerne en général des abrasifs et des outils abrasifs convenant au meulage et 5 au polissage en surface de matériaux durs et/ou fragiles. La présente invention vise plus particulièrement des articles abrasifs liés très poreux ayant une structure de pores interconnectés et des procédés pour les fabriquer. Les abrasifs de l'invention 10 sont utiles dans des opérations de meulage de hautes performances, telles que le remeulage de tranches de silicium, d'alumine-carbure de titane et de carbure de silicium, qui sont typiquement utilisées dans la fabrication de composants électroniques.

15 Informations d'arrière-plan.

L'utilisation d'abrasifs poreux pour améliorer les procédés de meulage mécaniques est généralement bien connue. Les pores offrent typiquement un accès à des fluides de meulage, tels que des réfrigérants et des 20 lubrifiants, qui ont tendance à promouvoir une coupe plus efficace, à minimiser tout dommage métallurgique (par exemple une érosion de surface) et à maximiser la durée de vie des outils. Les pores permettent également le dégagement de matériau (par exemple des copeaux ou 25 des rognures) retiré d'un objet en cours de meulage, ce qui est important en particulier lorsque l'objet à meuler est relativement tendre ou que les exigences de finition de surface sont strictes (par exemple lors du remeulage de tranches de silicium).

Des essais antérieurs pour fabriquer des articles et/ou des outils abrasifs comprenant une certaine porosité peuvent généralement être classés en une de deux catégories. Dans la première catégorie, une structure poreuse est créée par l'addition de corps inducteurs de pores organiques (tels que des coquilles de noix broyées) dans l'article abrasif. Ces corps se décomposent thermiquement par calcination en laissant des vides ou pores dans l'outil abrasif durci. Des exemples de cette catégorie sont décrits dans les brevets U.S. n° 5 221 294 délivré à Carmen et coll. et n° 5 429 648 délivré à Wu ainsi que dans les brevets japonais A-91-161273 délivré à Grotoh et coll. et A-91-281174 délivré à Satoh et coll. Dans la seconde catégorie, une structure poreuse peut être créée par l'addition de matériaux à cellules fermées, tels que de l'alumine mousse, à un article abrasif. Se référer, par exemple, au brevet U.S. n° 5 203 886 délivré à Sheldon et coll.

Dans une autre approche, Wu et coll., dans les brevets U.S. n° 5 738 696 et n° 5 738 697, dont chacun est incorporé en totalité à la présente demande à titre de référence, divulguent un article abrasif et un procédé pour fabriquer celui-ci, l'article comprenant des grains abrasifs de type fibres ayant un rapport de forme de la longueur au diamètre d'au moins 5:1. Les médiocres caractéristiques de compactage des grains abrasifs allongés ont entraîné l'obtention d'un article abrasif comprenant une plus grande porosité et une plus grande perméabilité et convenant à un meulage de performances relativement élevées.

Comme la demande du marché a augmenté pour des composants de précision dans des produits tels que des moteurs, des équipements réfractaires et des dispositifs électroniques (par exemple des tranches de silicium et 5 de carbure de silicium, des têtes magnétiques et des fenêtres d'affichage), il s'est produit un accroissement des besoins en outils abrasifs améliorés pour le meulage et le polissage de fine précision de céramiques et d'autres matériaux relativement durs et/ou fragiles. Les 10 outils abrasifs connus dans la technique ne se sont pas révélés entièrement satisfaisants pour répondre à ces besoins. En conséquence, il existe un besoin d'articles abrasifs et d'outils abrasifs améliorés et, en particulier, ceux comprenant un degré relativement élevé 15 de porosité.

Un aspect de la présente invention vise un procédé pour fabriquer un article abrasif. Le procédé comprend un mélange d'un mélange de grain abrasif, de matériau liant et de particules dispersées, le mélange 20 comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 19,5 à environ 49,5% en volume de matériau liant et environ 50 à environ 80% en volume de particules dispersées. Le procédé comprend en outre la compression du mélange en un composite chargé d'abrasif, 25 le traitement thermique du composite et l'immersion du composite dans un solvant pendant une période de temps appropriée pour dissoudre sensiblement la totalité du matériau dispersé, le matériau dispersé étant soluble dans le solvant. En outre, le grain abrasif et le 30 matériau liant sont sensiblement insolubles dans le solvant. Dans une variante de cet aspect, le matériau

liant comprend environ 35 à environ 85% en poids de cuivre, environ 15 à environ 65% en poids d'étain et environ 0,2 à environ 1,0% en poids de phosphore. Dans une autre variante de cet aspect, le matériau dispersé 5 comprend du chlorure de sodium granulaire et le solvant comprend de l'eau bouillante.

Dans un autre aspect, l'invention comprend un segment abrasif pour une meule segmentée. Le segment abrasif comprend un composite ayant une pluralité de 10 grains superabrasifs et une matrice de liant métallique frittés conjointement à une température allant d'environ 370 à environ 795°C, le composite présentant une pluralité de pores interconnectés, le composite comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain 15 abrasif, environ 19,5 à environ 49,5% de liant métallique et environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés. La matrice de liant métallique comprend environ 35 à environ 70% en poids de cuivre, environ 30 à environ 65% en poids d'étain et environ 0,2 20 à environ 1,0% en poids de phosphore. La pluralité des grains superabrasifs est choisie dans le groupe constitué de diamant et de nitrule de bore cubique, les grains superabrasifs ayant une taille de particule moyenne inférieure à environ 300 micromètres.

25 Dans un autre aspect, l'invention comprend une meule segmentée. La meule comprend un noyau ayant une résistance spécifique minimale de 2,4 MPa-cm<sup>3</sup>/g, une masse volumique de 0,5 à 8,0 g/cm<sup>3</sup> et un périmètre circulaire. La meule comprend en outre un rebord abrasif 30 comprenant une pluralité de segments, chacun des segments comprenant un composite ayant une pluralité de

grains abrasifs et une matrice de liant métallique frittés conjointement à une température allant d'environ 370 à environ 795°C, le composite présentant une pluralité de pores interconnectés, le composite 5 comprenant environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés. La meule comprend en outre un liant thermiquement stable entre ledit noyau et chacun de ladite pluralité de segments.

Dans un autre aspect encore, l'invention 10 comprend un procédé pour fabriquer un article abrasif ayant environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés. Le procédé comprend le malaxage d'un mélange de grain abrasif, de matériau liant organique ou autre non métallique et des particules dispersées, le 15 mélange comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 19,5 à environ 65% en volume de matériau liant organique et environ 40 à environ 80% en volume de particules dispersées. Le procédé comprend en outre la compression du mélange en un composite 20 chargé d'abrasif, le traitement thermique du composite, l'immersion du composite dans un solvant pendant une période de temps appropriée pour dissoudre sensiblement tout le matériau dispersé, le matériau dispersé étant soluble dans le solvant. Dans une variante de cet 25 aspect, le matériau dispersé comprend du sucre granulaire et le solvant comprend de l'eau bouillante.

Dans un autre aspect encore, l'invention comprend un segment abrasif pour une meule segmentée. Le segment abrasif comprend un composite comprenant une 30 pluralité de grains superabrasifs et une matrice de liant non métallique durcis ensemble, le composite

présentant une pluralité de pores interconnectés et comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 19,5 à environ 65% de liant non métallique et environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés. La pluralité de grains superabrasifs est choisie dans le groupe constitué du diamant et du nitrure de bore cubique, la pluralité des grains superabrasifs ayant une taille de particule moyenne inférieure à environ 300 micromètres.

10 Dans un autre aspect encore, l'invention comprend une meule segmentée. La meule comprend un noyau ayant une résistance spécifique minimale de 2,4 MPa-cm<sup>3</sup>/g, une masse volumique de 0,5 à 8,0 g/cm<sup>3</sup> et un périmètre circulaire. La meule comprend par ailleurs 15 un rebord abrasif comprenant une pluralité de segments, chacun des segments comprenant un composite de grains abrasifs et une matrice de liant non métallique durcis conjointement, le composite présentant une pluralité de pores interconnectés et comprenant environ 40 à environ 20 80% en volume de pores interconnectés. La meule comprend en outre un liant thermiquement stable entre le noyau et chacun de la pluralité de segments.

La Fig. 1 est une représentation schématique d'une forme de réalisation d'un segment abrasif selon 25 l'invention;

la Fig. 2A est une représentation schématique partielle d'une forme de réalisation d'une meule comprenant seize des segments abrasifs de la Fig. 1;

la Fig. 2B est une vue en coupe transversale 30 selon la ligne "A-A" de la Fig. 2A; et

la Fig. 2C est une vue partiellement à plus grande échelle montrant la partie entourée en pointillés (110) de la Fig. 2B.

La présente invention comprend un article 5 abrasif poreux qui peut être utile pour des applications de meulage, de polissage ou de coupe de précision. Un exemple de la meule abrasive de l'invention est un segment abrasif (10) pour une meule segmentée (100) (se référer aux Fig. 1, 2A, 2B et 2C qui sont décrites plus 10 en détail ci-dessous par rapport à l'exemple 1). Une forme de réalisation d'un article abrasif de l'invention comprend environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés. Une autre forme de réalisation d'un article abrasif selon l'invention comprend un liant non 15 métallique, tel qu'un matériau liant organique (par exemple, une résine phénolique) et comprend environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés. L'invention comprend également un procédé pour fabriquer des articles abrasifs poreux. Les meules (par exemple, 20 la meule (100)) comprenant un ou plusieurs des articles abrasifs (par exemple, le segment (10)) de l'invention sont potentiellement avantageuses pour le meulage de finition miroir de matériaux durs et/ou fragiles, tels que des tranches de silicium, du carbure de silicium, de 25 l'alumine-carbure de titane, etc. Ces meules peuvent encore être avantageuses dans la mesure où elles peuvent éliminer la nécessité de dresser (ou autrement conditionner) la face de meulage de la meule au cours d'un meulage de finition miroir des matériaux précités. 30 D'autres avantages potentiels de l'invention

apparaîtront dans la description et dans les exemples qui suivent.

Un aspect de l'invention a été de réaliser, contrairement à la sagesse traditionnelle (se référer, 5 par exemple, au brevet japonais 60-118.469 délivré à Ishihara), que les articles abrasifs comprenant plus de 50% en volume de pores interconnectés et, en particulier, comprenant environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés, pouvaient offrir des 10 performances de meulage supérieures lors du meulage de matériaux durs et/ou fragiles, sans sacrifier sensiblement l'intégrité mécanique de l'article abrasif. Les formes de réalisation des articles abrasifs de l'invention comprennent donc au moins 50% en volume de 15 pores interconnectés et des quantités efficaces d'au moins un grain abrasif et un matériau liant. Les articles abrasifs peuvent encore comprendre facultativement des charges, des lubrifiants et d'autres composants connus des experts en la technique. Ces 20 articles abrasifs comprennent de préférence environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés et, mieux encore, environ 50 à environ 70% en volume de pores interconnectés.

Sensiblement n'importe quel grain abrasif peut 25 être utilisé dans les articles abrasifs de l'invention. Les abrasifs classiques peuvent comprendre, mais sans limitation, de l'alumine, de la silice, du carbure de silicium, du zircone-alumine, du grenat et de l'émeri en tailles granulaires d'environ 0,5 à environ 30 5000 micromètres, de préférence d'environ 2 à environ 300 micromètres. Des grains superabrasifs, comprenant

notamment, mais sans limitation, le diamant et le nitrure de bore cubique (CBN), avec ou sans revêtement métallique, ayant des tailles granulaires sensiblement similaires à celles des grains classiques, peuvent 5 également être utilisés. La taille et la sélection des types de grains abrasifs varieront typiquement en fonction de la nature de la pièce et du type de procédé de meulage. Pour un meulage de finition fine (c'est-à-dire avec un "fini miroir"), des grains superabrasifs 10 ayant une taille particulière plus petite, telle qu'une taille allant d'environ 0,5 à environ 120 micromètres ou même d'environ 0,5 à environ 75 micromètres, peuvent être souhaitables. En général, des tailles de grains plus petites (c'est-à-dire des grains plus fins) sont 15 préférées pour les opérations de meulage fin et de finition/polissage en surface, tandis que des tailles de grain plus grandes (c'est-à-dire des grains plus grossiers) sont préférées pour le façonnage, l'amincissement et d'autres opérations dans lesquelles 20 une quantité relativement importante de matériau doit être éliminée.

Sensiblement n'importe quel type de matériau liant couramment utilisé dans la fabrication d'articles abrasifs liés peut être utilisé comme matériau de 25 matrice dans l'article abrasif de l'invention. Par exemple, des agents liants métalliques, organiques, résineux ou vitrifiés (conjointement avec des agents durcissants appropriés, si nécessaire) peuvent être utilisés, un liant métallique étant généralement 30 souhaitable. Un liant métallique ayant une ténacité à la rupture allant d'environ 1,0 à environ 6,0 MPa·m<sup>1/2</sup> est

généralement souhaitable, mais on préfère une ténacité à la rupture allant d'environ 1,0 à environ 3,0 MPa·m<sup>1/2</sup>. D'autres détails concernant la ténacité à la rupture sont donnés dans les brevets U.S. n° 6 093 092 et 5 n° 6 102 789 délivrés à Ramanath et coll., qui sont totalement incorporés à la présente demande à titre de référence et seront dénommés par la suite les brevets de Ramanath.

Les matériaux utilisables dans une matrice de liant métallique comprennent, mais sans limitation, le bronze, le cuivre et les alliages de zinc (par exemple le laiton), le cobalt, le fer, le nickel, l'argent, l'aluminium, l'indium, l'antimoine, le titane, le zirconium, leurs alliages et leurs mélanges. Un mélange 10 de cuivre et d'étain s'est révélé généralement une composition de matrice de liant métallique souhaitable. Des compositions comprenant environ 35 à environ 85% en poids de cuivre et environ 15 à environ 65% en poids d'étain peuvent convenir pour les articles abrasifs de 15 l'invention. Des compositions comprenant environ 35 à environ 70% en poids de cuivre, environ 30 à environ 65% en poids d'étain et, éventuellement, environ 0,2 à environ 1,0% en poids de phosphore (comme dans un alliage de cuivre et de phosphore) sont préférables. Ces 20 matériaux liants peuvent éventuellement être utilisés avec du titane ou un hydrure de titane, du chrome ou d'autres matériaux réactifs superabrasifs connus capables de former une liaison chimique de carbure ou de nitrure entre le grain et le liant à la surface du grain 25 superabrasif dans des conditions de frittage sélectionnées pour renforcer les piliers grain/liant.

Des interactions grain/liant plus fortes réduisent généralement le "décrochage" du grain qui a tendance à endommager la pièce et à raccourcir la durée de vie de l'outil.

5           Un exemple d'un liant organique approprié est une résine thermodurcissable, mais d'autres types de résines peuvent être également utilisés. De préférence, la résine est une résine époxy ou une résine phénolique et elle peut être utilisée sous forme liquide ou  
10 pulvérulente. Des exemples spécifiques de résines thermodurcissables appropriées comprennent les résines phénoliques (par exemple, une novolaque et un résol), ainsi que les résines époxy, les polyesters insaturés, le bismaléimide, les polyimides, les esters cyanates, 15 les mélamines, etc.

Des formes de réalisation de l'article abrasif de l'invention comprennent environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés dont la taille moyenne se situe dans une plage d'environ 25 à environ 20 500 micromètres. Les pores interconnectés sont formés au cours de la fabrication par addition d'une quantité suffisante de particules dispersées au mélange de grain abrasif et de liant pour s'assurer qu'un pourcentage relativement élevé de particules dispersées soit en 25 contact avec d'autres particules dispersées dans l'article abrasif moulé (avant et après frittage).

Une forme de réalisation poreuse souhaitable comprend environ 0,5 à environ 25% en volume de superabrasif et environ 30,5 à environ 49,5% en volume 30 de matrice de liant métallique frittés ensemble à une température d'environ 370 à environ 795°C et à une

pression d'environ 20 à environ 33 MPa. La matrice de liant métallique comprend environ 35 à environ 70% en poids de cuivre, environ 30 à environ 65% en poids d'étain et environ 0,2 à environ 1,0% en poids de phosphore. Le superabrasif comprend du diamant ayant une taille particulière d'environ 0,5 à environ 300 micromètres (et, dans des formes de réalisation particulières, d'environ 0,5 à environ 75 micromètres).

D'autres formes de réalisation poreuses 10 souhaitables comprennent environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés, dont la taille moyenne se situe dans une plage d'environ 150 à environ 500 micromètres. Ces formes de réalisation comprennent en outre environ 0,5 à environ 25% en volume de 15 superabrasif et environ 19,5 à environ 65% en volume de liant organique durcis ensemble à des températures d'environ 100 à environ 200°C (ou de 400 à environ 450°C pour des résines polyimides) et à des pressions d'environ 20 à environ 33 MPa. (Des matériaux dispersés 20 ayant une forme aciculaire, par exemple ayant un rapport de forme supérieur ou égal à 2:1, peuvent être utilisés de manière souhaitable pour obtenir des pores interconnectés à raison d'environ 40 à 50% en volume). Les articles abrasifs de l'invention peuvent être 25 fabriqués en utilisant des procédés classiques de métallurgie des poudres et de fabrication des polymères. Les poudres d'abrasif, de liant et de matériau dispersé de taille et de composition appropriées sont bien mélangées, moulées dans une forme appropriée et 30 frittées/durcies à une température et une pression relativement élevées pour donner un composite

relativement dense (de préférence ayant une densité d'au moins 95% de la densité théorique et typiquement d'environ 98 à 99% de la densité théorique). Pour les articles abrasifs comprenant une matrice de liant métallique, les poudres sont typiquement frittées dans la plage d'environ 370 à environ 795°C à des pressions dans la plage d'environ 20 à environ 33 MPa. Par exemple, dans une forme de réalisation, le mélange pulvérulent est tout d'abord chauffé à 401°C pendant 20 minutes. Les poudres sont ensuite frittées à une température de 401°C et une pression de 22,1 MPa pendant 10 minutes. Après refroidissement, les composites chargés d'abrasif, comprenant des matériaux dispersés qui sont sensiblement en contact l'un avec l'autre, sont immersés dans un solvant pour éliminer (c'est-à-dire dissoudre) sélectivement les matériaux dispersés. L'article abrasif obtenu a une structure alvéolaire comprenant un mélange d'abrasif et de matrice de liant et ayant un réseau de pores interconnectés distribués efficacement de manière aléatoire (c'est-à-dire des vides d'où les matériaux dispersés ont été dissous).

Sensiblement n'importe quel matériau dispersé, qui peut être aisément dissous dans un solvant, tel que de l'eau, un alcool, de l'acétone, etc., peut être utilisé. En général, les matériaux dispersés qui sont solubles dans l'eau, tels que le chlorure de sodium, le chlorure de potassium, le chlorure de magnésium, le chlorure de calcium, le silicate de sodium, le carbonate de sodium, le sulfate de sodium, le sulfate de potassium, le sulfate de magnésium, etc. et leurs mélanges sont préférés. Pour un usage dans certaines

applications de meulage (telles que des tranches de silicium et d'autres composants électroniques), l'utilisation d'un matériau dispersé non ionique (c'est-à-dire autre qu'un sel), tel que le sucre, la dextrine, 5 les oligomères de polysaccharide, peut être souhaitable. On préfère de loin les matériaux dispersés ayant une solubilité relativement élevée dans l'eau et une cinétique de dissolution relativement rapide, notamment le chlorure de sodium ou le sucre. Les matériaux 10 dispersés préférables peuvent également présenter un point de fusion (PF) relativement élevé pour résister au processus de frittage. Par exemple, le chlorure de sodium a un point de fusion d'environ 800°C. Pour les articles abrasifs requérant des températures de frittage 15 très élevées, on peut utiliser des matériaux dispersés, tels que le silicate de sodium aluminium (PF 1650°C), le sulfate de magnésium (PF 1124°C), le phosphate de potassium (PF 1340°C), le silicate de potassium (PF 976°C), le mésasilicate de sodium (PF 1088°C) et 20 leurs mélanges.

La taille particulaire des matériaux dispersés se situe typiquement dans la plage d'environ 25 à environ 500 micromètres. Dans une forme de réalisation souhaitable, les matériaux dispersés comprennent une 25 distribution granulométrique d'environ 74 à environ 210 micromètres (c'est-à-dire, y compris des particules dispersées plus fines que celles du U.S. Mesh (Standard Sieve) 70 et plus grossières que le U.S. Mesh 200). Dans une autre forme de réalisation souhaitable, les 30 matériaux dispersés comprennent une distribution granulométrique d'environ 210 à environ 300 micromètres

(c'est-à-dire, y compris des particules dispersées plus fines que la taille U.S. Mesh 50 et plus grossières que la taille U.S. Mesh 70). Dans une autre forme de réalisation souhaitable, dans laquelle le sucre est

5 utilisé comme matériau dispersé, des distributions de taille particulaire d'environ 150 à environ 500 micromètres peuvent être utilisées (c'est-à-dire comprenant des particules dispersées plus fines que le U.S. Mesh 35 et plus grossières que le U.S. Mesh 100).

10 Les articles abrasifs décrits ci-dessus peuvent être utilisés pour fabriquer sensiblement n'importe quel type d'outil de meulage. Les outils de meulage souhaitables comprennent en général des meules de meulage en surface (par exemple des meules ANSI type

15 2A2T ou type 2A2TS et des meules de types 1A et 1A1) ainsi que des meules à boisseau (par exemple des meules ANSI type 2 ou type 6, ou des meules à boisseau en forme de cloche de type 119V). Les meules abrasives peuvent comprendre un noyau (par exemple le noyau 20 des

20 Fig. 2A-2C) ayant un orifice central pour monter la meule sur une machine de meulage, le noyau étant conçu pour supporter un rebord abrasif poreux disposé le long de sa périphérie (se référer par exemple à la meule (100) de la Fig. 2A qui est discutée plus en détail ci-dessous en se référant à l'exemple 1). Ces deux parties de la meule sont typiquement maintenues ensemble par un liant adhésif qui est thermiquement stable dans les conditions de meulage et la meule et ses composants sont conçus pour tolérer les contraintes générées à des

25 vitesses périphériques de la meule allant jusqu'à au

moins 80 m/s, de manière souhaitable jusqu'à 160 m/s ou plus.

Dans une forme de réalisation, le noyau a une forme sensiblement circulaire. Le noyau peut comprendre 5 sensiblement tout matériau ayant une résistance spécifique minimale de 2,4 MPa-cm<sup>3</sup>/g, mieux encore, d'environ 40 à environ 185 MPa-cm<sup>3</sup>/g. Le matériau du noyau a une masse volumique de 0,5 à 8,0 g/cm<sup>3</sup>, de préférence d'environ 2,0 à environ 8,0 g/cm<sup>3</sup>. Comme 10 exemples de matériaux appropriés, on peut citer l'acier, l'aluminium, le titane, le bronze, leurs composites, leurs alliages et leurs combinaisons. Des matériaux plastiques renforcés ayant la résistance spécifique minimale mentionnée peuvent également être utilisés pour 15 construire le noyau. Des composites et des matériaux de noyau renforcés comprennent typiquement une phase continue d'une matrice métallique ou plastique, souvent initialement fournie sous forme pulvérulente, à laquelle des fibres ou des grains ou des particules de matériau 20 plus dur, plus élastique et/ou moins dense sont ajoutés sous la forme d'une phase discontinue. Comme exemples de matériaux de renforcement convenant à un usage pour le noyau des outils de l'invention, on peut citer les fibres de verre, les fibres de carbone, les fibres 25 d'aramide, les fibres céramiques, les particules céramiques et les grains céramiques ainsi que des matériaux de charge creux, tels que le verre, la mullite, l'alumine et des sphères Z-Light. Les matériaux de noyau métalliques généralement souhaitables 30 comprennent l'acier ANSI 4140 et les alliages d'aluminium 2024, 6065 et 7178. D'autres détails

concernant les matériaux, les propriétés etc. appropriés du noyau sont fournis dans les brevets de Ramanath.

Une meule (par exemple la meule (100) représentée dans la Fig. 2A) peut être fabriquée en 5 formant tout d'abord des segments individuels d'une dimension, d'une composition et d'une porosité présélectionnées, comme décrit ci-dessus (se référer, par exemple, au segment (10) représenté dans la Fig. 1, qui est discuté plus en détail ci-dessous en se référant 10 à l'exemple 1). Les meules peuvent être moulées et frittées, calcinées ou durcies par une variété de procédés connus dans la technique. Parmi ces procédés, on peut citer la compression à chaud (à des pressions d'environ 14-28 MPa), la compression à froid (à des 15 pressions d'environ 400-500 MPa ou plus) et le matriçage à chaud dans un moule d'acier (à des pressions d'environ 90-110 MPa). L'expert en la technique reconnaîtra aisément que la compression à froid (et, dans une moindre mesure, le matriçage à chaud) n'est utile que 20 pour des particules dispersées ayant une résistance à la compression élevée (par exemple, une résistance au broyage). Pour les articles abrasifs à liant métallique, la compression à chaud (à environ 350-500°C et 22 MPa) est préférée. Pour les articles abrasifs à liant 25 organique, dans lesquels un matériau dispersé contenant du sucre est utilisé, la compression à froid ou "à chaud" (à des températures inférieures à environ 160°C) peut être souhaitable. Des détails supplémentaires concernant les techniques de compression et de 30 traitement thermique sont fournis dans le brevet U.S.

n° 5 827 337 qui est incorporé dans sa totalité à la présente demande à titre de référence.

Après compression, traitement thermique et immersion dans un solvant, les segments sont typiquement 5 finis par des techniques classiques, telles qu'un meulage ou une découpe en utilisant des meules vitrifiées ou des disques de coupe en carbure, pour obtenir un segment de rebord abrasif ayant les dimensions et les tolérances souhaitées. Les segments 10 peuvent ensuite être fixés à la périphérie du noyau par un adhésif approprié (se référer, par exemple, aux Fig. 2A-2C qui sont également discutées ci-dessous). Comme adhésifs souhaitables, on peut citer la résine époxy 353-NDT (EPO-TEK, Billerica, MA) dans un rapport 15 pondéral de la résine au durcisseur de 10:1 et la résine époxy Technodyne® HT-18 (qui peut être obtenue chez Taoka Chemicals, Japon) et son durcisseur d'amine modifié mélangés dans un rapport d'environ 100 parties en poids de résine à environ 19 parties en poids de 20 durcisseur. D'autres détails concernant les adhésifs, leurs propriétés et leur application à des meules à liant métallique sont fournis dans les brevets de Ramanath.

Un autre procédé de fabrication de meule 25 comprend la formation d'unités de précurseurs de segments formées d'un mélange pulvérulent d'abrasif, de liant et de matériau dispersé, le moulage des unités de segments autour de la circonférence du noyau et l'application de chaleur et de pression pour créer et 30 fixer les segments in situ (c'est-à-dire par co-frittage du noyau et du rebord). Après co-frittage, la meule est

immergée dans un solvant sélectionné pour dissoudre les matériaux dispersés du rebord, ce qui entraîne l'obtention d'un rebord abrasif très poreux (comme décrit précédemment). Pour cet autre procédé, il peut 5 être souhaitable d'utiliser des matériaux dispersés qui ne contiennent pas d'ions chlorure (par exemple, du chlorure de sodium) dans le cas où le matériau du noyau comprend de l'aluminium ou un alliage d'aluminium (par exemple l'alliage 7075), car les alliages d'aluminium 10 peuvent s'éroder en présence d'ions chlorure.

Les articles et les outils abrasifs de l'invention (par exemple, la meule (100) illustrée dans la Fig. 2A et discutée plus en détail ci-dessous) sont souhaitables pour meuler des matériaux céramiques 15 comprenant divers oxydes, carbures, nitrures et siliciures, tels que le nitrure de silicium, le dioxyde de silicium et l'oxynitrure de silicium, l'oxyde de zirconium stabilisé, l'oxyde d'aluminium (par exemple, le saphir), le carbure de bore, le nitrure de bore, le 20 diborure de titane et le nitrure d'aluminium ainsi que des composites de ces céramiques, et certains composites à matrice métallique, tels que les carbures cémentés, le diamant polycristallin et le nitrure de bore cubique polycristallin. Les céramiques monocristallines ou 25 polycristallines peuvent être meulées avec ces outils abrasifs. En outre, les articles et outils abrasifs de l'invention conviennent particulièrement bien pour meuler les matériaux utilisés dans des applications électroniques, tels que des tranches de silicium 30 (utilisées dans la fabrication de semi-conducteurs), l'alumine-carbure de titane (utilisé dans la fabrication

de têtes magnétiques) et d'autres matériaux pour substrats.

Les modifications aux divers aspects de l'invention décrite ci-dessus ne sont qu'illustratives.

5 Il est bien entendu que d'autres modifications aux formes de réalisation illustratives apparaîtront aisément aux experts en la technique. Ces modifications et variantes sont censées être couvertes par le cadre et la portée de la présente invention tels que définis par

10 les revendications ci-annexées.

Les exemples suivants illustrent simplement diverses formes de réalisation des articles et procédés de l'invention. Le but de l'invention n'est pas censé être limité par les formes de réalisation spécifiques

15 décrites ici, mais plutôt tel que défini dans les revendications qui suivent. Sauf indication contraire, toutes les parties et pourcentages des exemples sont en poids.

20 EXEMPLES.-

EXEMPLE 1.

Des meules abrasives (100) selon les principes de l'invention sont préparées sous la forme de meules en diamant à liant métallique du type 2A2TS en utilisant

25 les matériaux et les procédés décrits ci-dessous.

Un alliage métallique pulvérulent (défini ci-dessous) est mélangé à du sel de table non iodisé (obtenu auprès de Shaw's, Inc., Worcester, MA) dans un rapport pondéral de l'alliage métallique au sel de table

30 de 65:35, ce qui correspond à un rapport volumique de 31,56:68,44 de l'alliage métallique au sel de table. Le

sel de table (principalement du chlorure de sodium) est broyé dans un broyeur Spex™ (fabriqué par SPEX Company, Metuchen, NJ) et tamisé pour obtenir une distribution granulométrique d'environ 74 à environ 210 micromètres 5 (c'est-à-dire des particules plus grossières que le tamis U.S. Mesh 200 et plus fines que le tamis U.S. Mesh 70).

L'alliage métallique pulvérulent comprend un mélange de 43,74% en poids d'une poudre de cuivre 10 (qualité Dentritic FS, taille particulaire -325 mesh, obtenue auprès de la Sintertech International Marketing Corp., Ghent, NY), de 6,24% en poids d'une poudre de phosphore et de cuivre (qualité 1501, taille particulaire -325 mesh, obtenue auprès de la New Jersey 15 Zinc Company, Palmerton, PA), et de 50,02% en poids d'une poudre d'étain (qualité MD115, taille particulaire -100/+325 mesh, 0,5% au maximum, obtenue auprès de l'Alcan Metal Powders, Inc., Elizabeth, NJ).

Une fine poudre abrasive de diamant d'une 20 distribution granulométrique d'environ 3 à environ 6 micromètres est ajoutée au mélange d'alliage métallique et de sel de table (2,67 g de diamant sont ajoutés à 61,29 g du mélange d'alliage métallique et de sel de table) et la combinaison est vigoureusement 25 mélangée en utilisant un mélangeur Turbula™ (fabriqué par Glen Mills, Inc. Clifton NJ) jusqu'à ce qu'elle soit uniformément mélangée. Le mélange obtenu comprend environ 5% en volume de diamant, environ 30% en volume de matrice de liant métallique et environ 65% en volume 30 de sel de table. Trois gouttes de white spirit DL 42™ (obtenu auprès de la Worcester Chemical, Worcester, MA)

sont ajoutées au mélange avant de le mélanger pour contribuer à empêcher la séparation des ingrédients. Le mélange est ensuite séparé en 16 parties égales (chacune correspondant à l'un des 16 segments abrasifs (10)) 5 utilisés sur la meule abrasive (100)). Chaque partie est placée dans un moule de graphite et est comprimée à chaud à 407°C pendant 10 minutes à 22,1 MPa (3200 psi) jusqu'à ce qu'une matrice ayant une densité cible de plus de 95% de la densité théorique soit formée. Après 10 refroidissement, les segments (10) sont immergés dans une quantité relativement importante (par exemple de 0,5 litre) d'eau bouillante pendant 45 minutes pour en éliminer le sel. Les segments (10) sont ensuite vigoureusement rincés à l'eau désionisée (DI). Ce 15 procédé est répété pour assurer une élimination complète du sel. Des mesures aux rayons X ultérieures de perte de poids et de dispersion énergétique (EDX) confirment que sensiblement tout le sel de table a été éliminé des segments.

20 En se référant à la Fig. 1, on a représenté une représentation schématique d'un segment (10). Chacun des segments (10) est meulé aux dimensions et aux tolérances requises pour s'adapter à la périphérie d'un noyau d'aluminium usiné (20) (meule du type 2A2TS 25 illustrée dans les Fig. 2A-2C). Les segments (10) ont un profil arqué ayant un rayon de courbure externe (11) de 127 mm (5 pouces) et un rayon de courbure interne (12) de 124 mm (4,9 pouces). Lorsqu'on les observe de l'avant (ou de l'arrière), les segments (10) ont une dimension 30 en longueur (13) de 47 mm (1,8 pouce) et une dimension en largeur (14) de 6,3 mm (0,25 pouce).

Les segments (10) sont utilisés pour construire une meule (100) du type à meulage de surfaces 2A2TS, comme montré dans la Fig. 2A. La meule (100) comprend seize segments (10) espacés symétriquement et liés à un noyau d'aluminium (20), pour obtenir une meule (100) ayant un diamètre externe (102) d'environ 282 mm (11,1 pouces) et un rebord rainuré (104). Comme montré en (110), le rebord segmenté fait saillie d'une distance (112) de la face du noyau d'aluminium (20) d'environ 3,9 mm (0,16 pouce). Les segments abrasifs (10) et le noyau d'aluminium (20) sont assemblés avec un système de résine époxy et de ciment durcisseur d'amine (adhésif Technodyne HT-18 obtenu auprès de Taoka Chemicals, Japon) pour produire des meules ayant un rebord rainuré (104) constitué de seize segments abrasifs (10). Les surfaces de contact du noyau (20) et des segments (10) sont dégraissées et sablées pour assurer une adhérence adéquate.

EXEMPLE 2.-

20 Evaluation des performances de meulage.

Une meule segmentée à liant métallique (meule 2-A), fabriquée selon le procédé de l'exemple 1 ci-dessus, est testée pour déterminer les performances de remeulage de finition de tranches de silicium. Une meule 25 disponible dans le commerce de la même taille granulaire et de la même concentration dans un liant de résine (spécification de la meule D3/6MIC-IN.656-BX623, obtenue auprès de Saint Gobain Abrasives, Inc. Worcester, MA) recommandée pour le remeulage de finition d'une tranche 30 de silicium, sert de meule comparative et est testée conjointement avec la meule de l'invention. Cette meule

comparative comprend environ 5% en volume d'abrasif de diamant, environ 62% en volume de sphères de verre creuses, environ 12% en volume de résine et environ 21% en volume de pores. Les sphères de verre comprennent 5 environ 15% en volume de coques de verre. En conséquence, la meule comparative peut être considérée comme ayant environ 9,3% en volume de coques de verre et environ 73,7% en volume de pores non interconnectés (c'est-à-dire environ 21% en volume de pores plus 10 environ 52,7% en volume d'intérieur creux des sphères de verre creuses).

Les conditions d'essai de meulage sont les suivantes.

Conditions d'essai de meulage.

15 Machine : Modèle Strasbaugh 7AF

Spécifications de la meule :

broche grossière : Norton n° 3-R1B69

broche fine : D3/6MIC-IN.656-BX623 (comparatif)

Meule 2-A

20 Taille de la meule : type 2A2TSSA :

280 x 29 x 229 mm

(11 x 1 1/8 x 9 pouces)

Mode de meulage : double meulage : meulage grossier suivi d'un meulage fin

25 Procédé de meulage fin.

Vitesse de la meule : 4350 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

Matériau à traiter : tranches de silicium à orientation

30 N type 100, diamètre de 150 mm (6 pouces), épaisseur de

départ de 0,66 mm (0,026 pouce) (obtenues auprès de la Silicon Quest, CA).

Matériaux éliminés : étape 1 : 10  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 5  $\mu\text{m}$ , étape 3 : 5  $\mu\text{m}$ , levée : 2  $\mu\text{m}$ .

5 Vitesse d'alimentation : étape 1 : 1  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,7  $\mu\text{m/s}$ , étape 3 : 0,5  $\mu\text{m/s}$ , levée : 0,5  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 699 tours/minute, constante

Durée de séjour : 100 tours

Procédé de meulage grossier.

10 Vitesse de la meule : 3400 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

Matériaux à traiter : tranches de silicium à orientation N type 100, diamètre de 150 mm (6 pouces), épaisseur de

15 départ de 0,66 mm (0,026 pouce) (obtenues auprès de la Silicon Quest, CA)

Matériaux éliminés : étape 1 : 10  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 5  $\mu\text{m}$ , étape 3 : 5  $\mu\text{m}$ , levée : 10  $\mu\text{m}$ .

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 3  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 :

20 2  $\mu\text{m/s}$ , étape 3 : 1  $\mu\text{m/s}$ , levée : 5  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 590 tours/minute, constante

Durée de séjour : 50 tours

Lorsque les outils abrasifs nécessitent un centrage et un dressage, les conditions établies pour 25 cet essai sont les suivantes.

Opération de centrage et de dressage.

Meule grossière : néant

Meule fine : en utilisant une plaquette de dressage grossier de Strasbaugh de 150 mm (6 pouces) de diamètre

30 Vitesse de la roue : 1200 tours/minutess

Durée de séjour : 25 tours

Matériaux éliminés : étape 1 : 150 µm, étape 2 : 10 µm, levée : 20 µm

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 5 µm/s, étape 2 : 0,2 µm/s, levée : 2 µm/s

5 Vitesse de travail : 50 tours/minute, constante

Les résultats de l'essai de meulage de l'exemple 2 sont montrés ci-dessous dans le tableau I. Cinquante tranches sont finement meulées en utilisant la meule comparative à liant de résine et la meule poreuse 10 de l'invention (meule 2-A). Comme montré dans le tableau I, la meule comparative et la meule selon l'invention présentent toutes deux un pic de force normale relativement stable sur au moins cinquante tranches. Chaque meule exige également environ le même pic de 15 force normale. Ce type de performances de meulage est hautement souhaitable dans le remeulage de tranches de silicium, du fait que ces conditions de force relativement basse en régime régulier minimisent les endommagements thermiques et mécaniques à la pièce.

20 En outre, la meule poreuse de l'invention permet d'obtenir les performances de meulage hautement souhaitables décrites ci-dessus sur au moins cinquante tranches sans devoir dresser la meule.

En résumé, l'exemple 2 montre que la meule 25 selon l'invention permet des performances de remeulage hautement souhaitables sur des tranches de silicium, tout en utilisant de manière inattendue (pour une meule à liant métallique) moins d'énergie que pour une meule comparable à liant de résine.

Tableau I

| Nombre de tranches | Meule comparative         |                        | Meule d'essai             |                        |
|--------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
|                    | Pic de courant en ampères | Pic de force normale N | Pic de courant en ampères | Pic de force normale N |
| 5                  | 10,7                      | 66,9                   | 8,0                       | 62,4                   |
| 10                 | 10,5                      | 66,9                   | 8,3                       | 66,9                   |
| 15                 | 10,6                      | 66,9                   | 8,4                       | 62,4                   |
| 20                 | 10,9                      | 66,9                   | 9,0                       | 66,9                   |
| 25                 | 11,3                      | 66,9                   | 8,1                       | 62,4                   |
| 30                 | 10,7                      | 66,9                   | 8,4                       | 60,0                   |
| 35                 | 10,8                      | 66,9                   | 8,3                       | 62,4                   |
| 40                 | 10,5                      | 62,4                   | 8,4                       | 60,0                   |
| 45                 | 10,5                      | 62,4                   | 8,4                       | 66,9                   |
| 50                 | 10,1                      | 66,9                   | 8,8                       | 60,0                   |

EXEMPLE 3.-Evaluation des performances de meulage.

5                   Une meule segmentée à liant métallique (meule 3-A) fabriquée selon le procédé de l'exemple 1 ci-dessus est testée pour déterminer les performances de remeulage en finition fine sur des tranches de silicium gravées. Une meule disponible dans le commerce, qui est décrite plus en détail à l'exemple 2 ci-dessus, recommandée pour le remeulage de finition d'une tranche de silicium, sert de meule comparative et est testée conjointement avec la meule de l'invention.

10                  15                   Les conditions d'essai de meulage sont les suivantes.

Conditions d'essai de meulage.

Machine : modèle Strasbaugh 7AF

Spécifications de la meule :

broche grossière : néant

broche fine : D3/6MIC-20BX623C (comparatif)

Meule 3-A

5 Taille de la meule : type 2A2TSSA :

280 x 29 x 229 mm

(11 x 1 1/8 x 9 pouces)

Mode de meulage : meulage unique : en n'utilisant qu'une fine broche

10 Procédé de meulage fin.

Vitesse de la meule : 4350 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

Matériau à traiter : tranches de silicium à orientation

15 N type 100, diamètre de 150 mm (6 pouces), épaisseur de départ de 0,66 mm (0,026 pouce) (obtenues auprès de la Silicon Quest, CA).

Matériau éliminé : étape 1 : 10  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 5  $\mu\text{m}$ , étape 3 : 5  $\mu\text{m}$ , levée : 2  $\mu\text{m}$ .

20 Vitesse d'alimentation : étape 1 : 1  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,7  $\mu\text{m/s}$ , étape 3 : 0,5  $\mu\text{m/s}$ , levée : 0,5  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 699 tours/minute, constante

Durée de séjour : 100 tours

25 Lorsque des outils abrasifs nécessitent un centrage et un dressage, les conditions établies pour cet essai sont les suivantes.

Opération de centrage et de dressage.

Meule fine : en utilisant une plaquette de dressage grossier de 150 mm (6 pouces) de diamètre de type

30 Strasbaugh

Vitesse de la meule : 1200 tours/minute

Durée de séjour : 25 tours

Matériaux éliminés : étape 1 : 150  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 10  $\mu\text{m}$ , levée : 20  $\mu\text{m}$ .

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 5  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 5 0,2  $\mu\text{m/s}$ , levée : 2  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 50 tours/minute, constante

Les résultats de l'essai de meulage de l'exemple 3 sont illustrés ci-dessous dans le tableau II. Cinquante-cinq tranches de silicium gravées sont 10 soumises à un remeulage de finition fine en utilisant la meule comparative à liant de résine. Lors du remeulage de tranches de silicium gravées, on n'utilise pas une étape de meulage grossier, car la surface du silicium gravé est relativement lisse. Comme montré dans le 15 tableau II, le pic de force normale augmente de manière relativement continue au fur et à mesure qu'une plus grande partie de pièces est meulée, augmentant finalement à une valeur à laquelle la machine de meulage s'arrête. Soixante-quinze tranches de silicium gravées 20 sont meulées en utilisant la meule poreuse de l'invention. Comme montré également dans le tableau II, les pics de force normaux restent bas et stables au cours de tout l'essai. Ces résultats montrent clairement la nature d'auto-dressage de la meule selon l'invention.

25 Ce type de performances de meulage est très souhaitable dans le remeulage de tranches de silicium du fait que ces conditions de force relativement basses en régime régulier minimisent les endommagements thermiques et mécaniques à la pièce. Par ailleurs, la nature 30 d'auto-dressage de la meule peut permettre une opération de remeulage dans laquelle il n'est pas nécessaire de

dresser (ou de conditionner autrement) la meule. Par suite, les meules de l'invention permettent une plus grande capacité, des coûts réduits et des résultats de meulage plus consistants que ceux obtenus en utilisant 5 les meules classiques.

En résumé, l'exemple 3 montre que la meule selon l'invention permet des performances de remeulage hautement souhaitables sur des tranches de silicium gravées, tout en éliminant sensiblement la nécessité de 10 dresser la meule. Les performances de la meule selon l'invention sont sensiblement supérieures à celles des meules classiques à liant de résine dans cette application.

15

Tableau II

| Nombre de tranches | Meule comparative         |                        | Meule d'essai             |                        |
|--------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
|                    | Pic de courant en ampères | Pic de force normale N | Pic de courant en ampères | Pic de force normale N |
| 5                  | 8,9                       | 75,8                   | 8,2                       | 62,4                   |
| 10                 | 9,0                       | 84,7                   | 8,1                       | 62,4                   |
| 15                 | 9,0                       | 98,1                   | 8,0                       | 62,4                   |
| 20                 | 9,2                       | 107,0                  | 8,3                       | 66,9                   |
| 25                 | 9,4                       | 115,9                  | 8,1                       | 62,4                   |
| 30                 | 9,6                       | 124,9                  | 8,5                       | 62,4                   |
| 35                 | 9,9                       | 156,1                  | 8,3                       | 66,9                   |
| 40                 | 10,3                      | 182,8                  | 8,1                       | 66,9                   |
| 45                 | 10,8                      | 214,0                  | 8,1                       | 66,9                   |
| 50                 | 11,5                      | 231,9                  | 7,9                       | 66,24                  |
| 55                 | 11,5                      | 245,3                  | 8,1                       | 66,9                   |
| 60                 | *                         | *                      | 7,8                       | 62,4                   |
| 65                 | *                         | *                      | 8,0                       | 66,9                   |
| 70                 | *                         | *                      | 8,0                       | 62,4                   |
| 75                 | *                         | *                      | 8,1                       | 66,9                   |

\* La machine de meulage a été arrêtée, car la force normale dépassait les limites de la machine.

EXEMPLE 4.-Evaluation des performances de meulage.

Deux meules segmentées à liant métallique fabriquées de la même manière que dans le procédé de l'exemple 1 ci-dessus sont testées pour déterminer leurs performances de meulage. Les deux meules comprennent environ 14% en volume d'abrasif de diamant ayant une distribution granulométrique d'environ 63 à environ 74 micromètres (c'est-à-dire des particules plus fines que le U.S. Mesh 200 et plus grossières que le U.S. Mesh 230). Les meules comprennent en outre environ 21% en volume de liant métallique (ayant la composition décrite dans l'exemple 1) et environ 65% en volume de pores interconnectés. La première meule (meule 4-A) est fabriquée en utilisant un matériau dispersé de sel de table de -70/+200 U.S. Mesh comme décrit à l'exemple 1, ce qui entraîne vraisemblablement une taille de pore d'environ 74 à environ 210 micromètres (la taille des pores est censée être approximativement la même que celle du matériau dispersé de sel éliminé). La seconde meule (meule 4-B) est fabriquée en utilisant du sel de table de -50/+70 U.S. Mesh, ce qui entraîne vraisemblablement une taille de pore d'environ 210 à environ 300 micromètres. Bien que cela ne soit pas mesuré, on s'attend à ce que la meule ayant une taille de pore plus grande comprenne également une taille de filaments de liant métallique plus grande. Le terme "filament" est utilisé de manière compatible avec un usage normal familier à l'expert en la technique pour se référer au matériau de la matrice de liant (c'est-à-dire

à l'ossature de la structure poreuse) disposé entre les pores interconnectés.

Les deux meules décrites ci-dessus sont utilisées pour meuler de manière grossière des tranches de AlTiC de  $11,43 \text{ cm}^2$  (4,5 pouces carrés). Les conditions d'essai de meulage sont les suivantes.

### Conditions d'essai de meulage.

Machine : modèle Strasbaugh 7AF

### Spécifications des meules.

10 broche grossière : meule 4-A  
meule 4-B

broche fine : néant

Taille des meules : type 2A2TSSA :

280,16 x 28,90 x 228,65 mm

15 (11 x 1 1/8 x 9 pouces)

Mode de meulage : meulage unique : meulage grossier seulement

## Procédé de meulage grossier.

Vitesse des meules : 2506 tours/minute

## 20 Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

Matériaux à traiter : tranches d'alumine et de carbure de titane 3M-310, carrés de 114,3 mm (4,5 pouces),

épaisseur de départ de 2,0 mm (0,8 pouce) (obtenues  
25 auprès de la Minnesota Mining and Manufacturing  
Corporation, Minneapolis, MN).

atériau éliminé : étape 1 : 100  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 100  $\mu\text{m}$ ,  
étape 3 : 100  $\mu\text{m}$  levée : 20  $\mu\text{m}$

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 0.7  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0.1  $\mu\text{m/s}$

30 0.7  $\mu\text{m/s}$ , étape 3 : 0.7  $\mu\text{m/s}$ , levée : 0.5  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 350 tours/minute, constante

Durée de séjour : 0 tour

Lorsque des outils abrasifs nécessitent un centrage et un dressage, les conditions établies pour cet essai sont les suivantes.

5 Opération de centrage et de dressage.

Meule grossière : en utilisant une plaquette de dressage grossier d'un diamètre de 150 mm (6 pouces) de type Strasbaugh

Vitesse de la meule : 1200 tours/minute

10 Durée de séjour : 25 tours

Matériau éliminé : étape 1 : 150  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 10  $\mu\text{m}$ , levée : 20  $\mu\text{m}$

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 5  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,2  $\mu\text{m/s}$ , levée : 2  $\mu\text{m/s}$

15 Vitesse de travail : 50 tours/minute, constante

Les résultats de l'essai de meulage de l'exemple 4 sont illustrés ci-dessous dans le tableau III. On observe que les deux meules meulent avec succès la tranche de AlTiC, présentant des pics de force normaux relativement stables en fonction du temps et une élimination suffisante du matériau. La première meule, ayant une taille de pore relativement fine (et vraisemblablement une taille de filament du liant métallique relativement fine) est utilisée pour meuler la tranche de AlTiC pendant environ 25 minutes (1500 secondes). Un pic de force normale relativement stable d'environ 35 N est observé et environ 1150 micromètres de AlTiC sont éliminés de la tranche (taux d'élimination de matériau d'environ 46 micromètres/minute). On observe que la meule s'use d'environ 488 micromètres (un rapport de l'élimination

du matériau à l'usure de la meule d'environ 2,4). La seconde meule, ayant une taille de pore relativement grossière (et vraisemblablement une taille de filament de liant métallique relativement grossière) est utilisée 5 pour meuler la tranche de AlTiC pendant environ 7 minutes (420 secondes). Un pic de force normale relativement stable d'environ 94 N est observé et environ 2900 micromètres de AlTiC sont éliminés de la tranche (un taux d'élimination de matériau d'environ 10 414 micromètres/minute). On observe que la meule s'use d'environ 18 micromètres (un rapport de l'élimination de matériau à l'usure de la meule d'environ 160).

En résumé, l'exemple 4 montre que les meules très poreuses de l'invention conviennent bien au meulage 15 de tranches de AlTiC. Par ailleurs, cet exemple montre que les propriétés de résistance à l'usure et d'auto-dressage des meules de l'invention peuvent être ajustées sur mesure en ajustant la taille de pore relative des articles abrasifs. Bien que l'on ne souhaite pas se lier 20 par une théorie particulière quelconque, on pense que l'usure accrue de la meule comprenant les pores relativement fins se rapporte à un affaiblissement de la liaison métallique lorsque la taille des filaments de liant métallique est réduite. Néanmoins, cet exemple 25 indique que les propriétés de la meule peuvent être calculées pour des applications spécifiques en ajustant la taille relative des pores qui s'y trouvent.

Tableau III

| Spécification des meules (taille du sel) | Pic de force normale N | Usure des meules en micromètres |
|--|------------------------|---------------------------------|
| Meule 4-B (-50/+70)                      | 93,6                   | 17,8                            |
| Meule 4-A (-70/+200)                     | 35,7                   | 487,6                           |

EXEMPLE 5.-Evaluation des performances de meulage.

5               Une meule segmentée à liant métallique (meule 5-A), fabriquée selon le procédé de l'exemple 1 ci-dessus, est testée pour déterminer ses performances de remeulage de finition sur une tranche de carbure de silicium monocristallin de 50 mm (2 pouces). Une meule 10 disponible dans le commerce, qui est décrite plus en détail dans l'exemple 2 ci-dessus, recommandée pour le remeulage de finition d'une tranche de silicium, sert de meule comparative et est testée conjointement avec la meule de l'invention.

15               Les conditions d'essai de meulage sont les suivantes.

Conditions d'essai de meulage.

Machine : modèle Strasbaugh 7AF

Spécifications de la meule :

20               broche grossière : ASDC320-7.5MXL2040 (S.P.)

                  broche fine : D3/6MIC-20BX623C (comparatif)

                  Meule 5-A

Taille de la meule :       type 2ATSSA :

                          280,16x28,90x228,65 mm

25               (11 x 1 1/8 x 9 pouces)

Mode de meulage : double meulage : meulage grossier suivi d'un meulage fin

Procédé de meulage fin.

Vitesse de la meule : 4350 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

5 Matériau à traiter : tranches de carbure de silicium monocristallin, diamètre de 50 mm (2 pouces), 300 micromètres (0,0075 pouce) d'épaisseur de départ (obtenues auprès de CREE Research, Inc.)

Matériau éliminé : étape 1 : 15  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 15  $\mu\text{m}$ ,  
10 levée : 5  $\mu\text{m}$

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 0,5  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,2  $\mu\text{m/s}$ , levée : 1,0  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 350 tours/minute, constante

Durée de séjour : 150 tours

15 Procédé de meulage grossier.

Vitesse de la meule : 3400 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

Matériau à traiter : tranches de carbure de silicium 20 monocristallin, diamètre de 50 mm (2 pouces), 300 micromètres (0,0075 pouce) d'épaisseur de départ (obtenues auprès de la CREE Research, Inc.)

Matériau éliminé : étape 1 : 10  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 10  $\mu\text{m}$ , levée : 5  $\mu\text{m}$

25 Vitesse d'alimentation : étape 1 : 0,7  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,3  $\mu\text{m/s}$ , levée : 1,0  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 350 tours/minute, constante

Durée de séjour : 0 tour

Opération de centrage.

30 Meule grossière : néant

Meule fine : en utilisant une plaquette de dressage grossier de 150 mm de diamètre (6 pouces) de type Strasbaugh

Vitesse de la meule : 1200 tours/minute

5 Durée de séjour : 25 tours

Matériaux éliminés : étape 1 : 150  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 10  $\mu\text{m}$ , levée : 20  $\mu\text{m}$

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 5  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,2  $\mu\text{m/s}$ , levée : 2  $\mu\text{m/s}$

10 Vitesse de travail : 50 tours/minute, constante

Les résultats de l'essai de meulage de l'exemple 5 sont illustrés ci-dessous dans le tableau IV. La meule abrasive à liant de résine du commerce est virtuellement incapable de meuler la tranche de carbure de silicium, comme indiqué par les taux d'élimination extrêmement bas. Par ailleurs, la meule très poreuse de l'invention meule avec succès des tranches de carbure de silicium extrêmement dures et fragiles. Au cours de chaque essai de 48 minutes, environ 15 micromètres sont éliminés pour un taux d'élimination moyen de 0,31 micromètre/minute. Par ailleurs, la meule poreuse de l'invention se révèle réduire notablement la rugosité de surface (comme mesuré par un interféromètre à lumière blanche Zigo® de Zigo Corporation, Middlefield, CT). Comme montré dans le tableau IV, le meulage avec la meule selon l'invention réduit de manière consistante la rugosité de surface moyenne ( $\text{Ra}$ ) d'une valeur de départ de plus de 100 angströms à moins d'environ 40 angströms (à une exception près).

30 En résumé, l'exemple 5 montre que la meule selon l'invention offre des performances de meulage

souhaitables sur des tranches de carbure de silicium dures et fragiles. Les performances de la meule selon l'invention sont sensiblement supérieures à celles d'une meule classique à liant de résine dans cette 5 application.

Tableau IV

| Essai n° | Spécification de la meule | Elimination de matériau en micromètres | Rugosité de surface en angströms |
|----------|---------------------------|--|----------------------------------|
| 8.299    |                           |  |                                  |
| 6        | Meule comparative         | 3                                      |                                  |
| 7        | "                         | 0                                      | 98                               |
| 19       | Meule 5-A                 | 17                                     | 34                               |
| 20       | Meule 5-A                 | 13                                     | 32                               |
| 21       | Meule 5-A                 | 15                                     | 54,5                             |
| 22       | Meule 5-A                 | 15                                     | 37,5                             |

EXEMPLE 6.-

- 10 Une mesure quantitative de l'ouverture des corps poreux par un essai de perméabilité sur la base de la loi D'Arcy régissant la relation entre le débit et la pression sur les corps poreux, est utilisée pour évaluer les meules de l'invention. L'appareil et le procédé de 15 mesure de perméabilité utilisés sont sensiblement identiques à ceux décrits par Wu et coll. dans le brevet U.S. n° 5 738 697, exemple 6, à savoir par application d'air sous pression sur une surface plate d'échantillons d'essai poreux.
- 20 Les échantillons poreux sont préparés de manière sensiblement similaire au procédé de l'exemple

1, comprenant 5% en volume d'un abrasif de diamant de 3/6 micromètre. Les quantités relatives de sel de table et de liant métallique sont modifiées, ce qui permet d'obtenir des échantillons comprenant environ 0 à 5 environ 80% en volume de pores interconnectés. Des échantillons mesurant 37,5 mm (1,5 pouce) de diamètre et 12,7 mm (0,5 pouce) d'épaisseur sont comprimés à chaud à 405°C à une pression de 3200 psi. Lors du refroidissement, les échantillons sont rodés à la main 10 en utilisant une suspension abrasive de carbure de silicium (taille de grain de 180) afin d'ouvrir les pores sur leurs surfaces. Les échantillons sont ensuite 15 immersés dans de l'eau bouillante comme décrit à l'exemple 1. Quatre échantillons sont préparés pour chaque valeur de porosité. Les résultats de perméabilité moyenne sont illustrés ci-dessous dans le tableau V.

Les valeurs de perméabilité sont rapportées en unités de volume d'air par unité de temps ( $Q$  en  $\text{cm}^3/\text{s}$ ) par unité de pression ( $P$ , en pouce (2,54 cm) d'eau) et 20 sont mesurées à travers l'épaisseur d'échantillons ayant un diamètre de 37,5 mm (1,5 pouce) et une épaisseur de 12,7 mm (0,5 pouce). Comme on s'y attend, les valeurs de perméabilité sont basses pour les échantillons n'ayant effectivement pas de pores interconnectés. On observe 25 que la perméabilité augmente notablement lorsque la porosité augmente. En particulier, des échantillons ayant plus d'environ 50% de pores interconnectés sont caractérisés par des valeurs de perméabilité de plus d'environ  $0,2 \text{ cm}^3$  par seconde par pouce d'eau lorsque la 30 porosité augmente au-dessus d'environ 50% en volume.

Tableau V

| Liant métallique, % en poids | Sel de table, % en poids | Porosité théorique, % en volume | Perméabilité, Q/P (cm <sup>3</sup> /s/pouce H <sub>2</sub> O/0,5 pouce) |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| 100                          | 0                        | 0                               | 0,030   |
| 91,85                        | 8,15                     | 25                              | 0,034   |
| 84,7                         | 15,3                     | 40                              | 0,085   |
| 74,55                        | 25,45                    | 55                              | 0,287   |
| 65,0                         | 35,0                     | 65                              | 0,338   |
| 58,99                        | 41,01                    | 70                              | 0,562   |
| 43,02                        | 56,98                    | 80                              | N/a   |

EXEMPLE 7.-

Des meules segmentées, chacune comprenant 5 seize segments, sont assemblées de manière sensiblement similaire à celles décrites à l'exemple 1 (ci-dessus). Les segments, cependant, comprennent un liant organique (par opposition au liant métallique décrit à l'exemple 1) et sont fabriqués comme décrit ci-dessous.

10 Du sucre granulaire (obtenu auprès de Shaw's Inc., Worcester, MA) est secoué dans un flacon de peinture de 3,78 l (1 gallon) pendant environ 2 heures en utilisant un agitateur de peinture (fabriqué par Red Devil® Inc., Union, NJ) pour casser les coins et les 15 bords, en "arrondissant" ainsi efficacement les granulés de sucre. Le sucre granulaire est ensuite tamisé pour obtenir une distribution granulométrique d'environ 250 à environ 500 micromètres (c'est-à-dire, -35/+60 U.S. Mesh).

20 Le liant de résine pulvérulent est pré-tamisé à travers un tamis U.S. Mesh 200 pour éliminer les agglomérats. Une fine poudre abrasive de diamant d'une distribution granulométrique d'environ 3 à environ

6 micromètres obtenue auprès de l'Amplex® Corporation (Olyphant, Pennsylvanie) sous le nom de RB3/6 est ajoutée à la résine pulvérulente et mélangée jusqu'à ce que le tout soit sensiblement homogène. Le mélange, 5 comprenant environ 80% en volume de résine et environ 20% en volume d'abrasif, est tamisé à trois reprises à travers un tamis U.S. Mesh 165 et est ensuite ajouté au sucre granulaire (préparé comme décrit ci-dessus). Le mélange de résine/abrasif/sucre est ensuite mélangé 10 jusqu'à ce que l'on obtienne un mélange sensiblement homogène et tamisé à deux reprises à travers un tamis U.S. Mesh 24.

Trois mélanges composites sont fabriqués. Le premier mélange (utilisé dans la fabrication de la meule 15 7-A) comprend environ 4% en volume d'abrasif de diamant, environ 20% en volume de liant de résine 33-344 (une résine de résol phénolique modifiée par du bisphénol-A obtenue auprès de la Durez® Corporation de Dallas, TX) et environ 76% en volume de sucre granulaire. Le 20 deuxième mélange (utilisé dans la fabrication de la meule 7-B) comprend environ 6% en volume d'abrasif de diamant, environ 30% en volume de liant de résine 29-346 (une résine novolaque phénolique à grande fluidité obtenue auprès de la Durez® Corporation de Dallas, TX) 25 et environ 64% en volume de sucre granulaire. Le troisième mélange (utilisé dans la fabrication de la meule 7-C) comprend environ 6% en volume d'abrasif de diamant, environ 30% en volume d'un liant de résine 29-108 (un résol modifié par du bisphénol-A de très grande 30 fluidité obtenu auprès de la Durez® Corporation de

Dallas, TX) et environ 64% en volume de sucre granulaire.

Les mélanges de résine/abrasif/sucre sont introduits par paires dans des moules d'acier en forme de disque, nivélés et comprimés à une température d'environ 135°C et une pression d'environ 28 MPa (4100 psi) pendant environ 30 minutes jusqu'à ce que l'on obtienne une matrice ayant une densité d'environ 99% de la densité théorique. Après refroidissement, les disques sont légèrement sablés avec du papier de verre n° 180 pour éliminer la peau de moulage et le sucre dispersé éliminé par immersion dans de l'eau bouillante pendant environ 2 heures. Après élimination du sucre, les disques sont séchés et cuits pour terminer le durcissement de la résine. Le cycle de séchage et de cuisson est le suivant. Les disques sont tout d'abord progressivement chauffés jusqu'à 60°C avec une période de progression d'environ 5 minutes, puis maintenus à cette température pendant environ 25 minutes. Les disques sont ensuite soumis à l'application progressive d'une température allant jusqu'à 90°C avec une période de progression d'environ 30 minutes, puis maintenus à cette température pendant 5 heures. Enfin, les disques sont soumis à une température progressive allant jusqu'à 160°C avec un temps de progression d'environ 4 heures et maintenus à cette température pendant environ 5 heures. Après cuisson, les disques sont refroidis à température ambiante et meulés en segments destinés à un usage dans l'assemblage de meules.

Trois meules segmentées à liant organique sont testées pour obtenir leurs performances de remeulage fin

sur des tranches de silicium. Les conditions d'essai de meulage sont les suivantes.

Conditions d'essai de meulage.

Machine : modèle Strasbaugh 7AF

5 Spécifications de la meule :

broche grossière : Norton n° 3-R7B69

broche fine : Meule 7-A

Meule 7-B

Meule 7-C

10 Taille de la meule : type 2ATSSA :

280x29x229 mm

(11 x 1 1/8 x 9 pouces)

Mode de meulage : double meulage : meulage grossier suivi d'un meulage fin

15 Procédé de meulage fin.

Vitesse de la meule : 4350 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)

Matériau à traiter : tranches de silicium d'orientation

20 N de type 100, diamètre de 150 mm (6 pouces), 0,66 mm (0,026 pouce) d'épaisseur de départ (obtenues auprès de la Silicon Quest, CA)

Matériau éliminé : étape 1 : 10  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 5  $\mu\text{m}$ , étape 3 : 5  $\mu\text{m}$ , levée : 2  $\mu\text{m}$

25 Vitesse d'alimentation : étape 1 : 1  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,7  $\mu\text{m/s}$ , étape 3 : 0,5  $\mu\text{m/s}$ , levée : 0,5  $\mu\text{m/s}$

Vitesse de travail : 590 tours/minute, constante

Durée de séjour : 100 tours

Procédé de meulage grossier.

30 Vitesse de la meule : 3400 tours/minute

Réfrigérant : eau désionisée

- Débit de réfrigérant : 11 litres/minute (3 gallons/min)
- Matériau à traiter : tranches de silicium, orientation N de type 100, diamètre de 150 mm (6 pouces), 0,66 mm (0,026 pouce) d'épaisseur de départ (obtenues auprès de 5 Silicon Quest, CA)
- Matériau éliminé : étape 1 : 10  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 5  $\mu\text{m}$ , étape 3 : 5  $\mu\text{m}$ , levée : 10  $\mu\text{m}$
- Vitesse d'alimentation : étape 1 : 3  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 2  $\mu\text{m/s}$ , étape 3 : 1  $\mu\text{m/s}$ , levée : 5  $\mu\text{m/s}$
- 10 Vitesse de travail : 590 tours/minute, constante
- Durée de séjour : 50 tours
- Lorsque des outils abrasifs nécessitent un centrage et un dressage, les conditions établies pour cet essai sont les suivantes.
- 15 Opération de centrage et de dressage.
- Meule grossière : en utilisant une plaquette de dressage grossier de 150 mm (6 pouces) de diamètre de type Strasbaugh
- Vitesse de la meule : 1200 tours/minute
- 20 Durée de séjour : 25 tours
- Matériau éliminé : étape 1 : 190  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 10  $\mu\text{m}$ , levée : 20  $\mu\text{m}$
- Vitesse d'alimentation : étape 1 : 5  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,2  $\mu\text{m/s}$ , levée : 2  $\mu\text{m/s}$
- 25 Vitesse de travail : 50 tours/minute, constante
- Meule fine : en utilisant une plaquette de dressage extra fin de Strasbaugh d'un diamètre de 150 mm (6 pouces)
- 30 Vitesse de la meule : 1200 tours/minute
- Durée de séjour : 25 tours

Matériaux éliminés : étape 1 : 150  $\mu\text{m}$ , étape 2 : 10  $\mu\text{m}$ , levée : 20  $\mu\text{m}$

Vitesse d'alimentation : étape 1 : 5  $\mu\text{m/s}$ , étape 2 : 0,2  $\mu\text{m/s}$ , levée : 2  $\mu\text{m/s}$

5 Vitesse de travail : 50 tours/minute, constante

Les résultats pour le test de meulage de l'exemple 7 sont présentés ci-dessous dans le tableau VI. Deux cents tranches sont finement meulées en utilisant les meules poreuses à liant de résine de 10 l'invention (meules 7-A, 7-B et 7-C). Chacune des meules selon l'invention présente un pic de force normale relativement stable d'environ 90 N (c'est-à-dire environ 20 livres) sur au moins deux cents tranches. Ce type de performances de meulage est très souhaitable pour le 15 remeulage de tranches de silicium du fait que ces conditions de force relativement basses en régime régulier minimisent l'endommagement thermique et mécanique de la pièce. Par ailleurs, la meule poreuse de l'invention offre les performances de meulage très 20 souhaitables décrites ci-dessus pour au moins deux cents tranches sans la nécessité de dresser la meule.

En outre, on observe que le type de résine affecte le taux d'usure de la meule. Les meules 7-A et 7-C présentent des taux d'usure relativement élevés de 25 2,2 et 1,7 micromètres par tranche, respectivement, tandis que la meule 7-B (comprenant la résine novolaque phénolique à grande fluidité) présente un taux d'usure relativement bas (et souhaitable) de 0,5 micromètre par tranche.

30 En résumé, l'exemple 7 montre que les meules selon l'invention comprenant un liant organique

permettent d'obtenir des performances de remeulage hautement souhaitables sur les tranches de silicium.

Tableau VI

| Spécification des meules | Pic de force normale (N) | Taux d'usure (micromètres/tranche) |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Meule 7-A<br>(DZ 33-344) | 90                       | 2,2                                |
| Meule 7-B<br>(IZ 29-346) | 90                       | 0,5                                |
| Meule 7-C<br>(IZ 19-108) | 90                       | 1,7                                |

REVENDICATIONS.

- 1.- Procédé de fabrication d'un article abrasif ayant au moins 50% en volume de pores interconnectés, ledit procédé comprenant :
- a) le malaxage d'un mélange de grain abrasif, de matériau liant et de particules dispersées, ledit mélange comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 19,5 à environ 49,5% en volume de matériau liant et environ 50 à environ 80% en volume de particules dispersées,
  - b) la compression dudit mélange en un composite chargé d'abrasif,
  - c) le traitement thermique du composite, et
  - d) l'immersion dudit composite dans un solvant pendant une période de temps appropriée pour dissoudre sensiblement tout ledit matériau dispersé, ledit matériau dispersé étant soluble dans ledit solvant,
- le grain abrasif et ledit matériau liant étant sensiblement insolubles dans ledit solvant.
- 2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite compression (b) et ledit traitement thermique (c) sont effectués sensiblement simultanément.
- 3.- Procédé selon la revendication 2, dans lequel le mélange est comprimé pendant au moins 5 minutes à une température d'environ 370 à environ 795°C à des pressions dans une plage d'environ 20 à environ 33 mégapascals.

4.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel le pourcentage en volume des particules dispersées dans ledit mélange se situe dans une plage supérieure ou égale à environ 50% en volume;

5 et

inférieure ou égale à environ 70% en volume.

5.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau liant est un liant métallique.

10 6.- Procédé selon la revendication 5, dans lequel ledit liant métallique comprend environ 35 à environ 85% en poids de cuivre et environ 15 à environ 65% en poids d'étain.

15 7.- Procédé selon la revendication 5, dans lequel ledit liant métallique comprend en outre environ 0,2 à environ 1,0% en poids de phosphore.

8.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau liant est un liant organique.

20 9.- Procédé selon la revendication 8, dans lequel ledit liant organique comprend une résine phénolique.

10.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit grain abrasif comprend un grain superabrasif du groupe constitué du diamant et du nitrure de bore cubique.

25 11.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit grain abrasif comprend le diamant.

12.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit grain abrasif comprend une taille particulière moyenne dans une plage

30 supérieure ou égale à environ 0,5 micromètre; et

inférieure ou égale à environ 300 micromètres.

13.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit grain abrasif comprend une taille particulière moyenne dans une plage

5 supérieure ou égale à environ 0,5 micromètre; et

inférieure ou égale à environ 75 micromètres.

14.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé est un sel soluble dans 10 l'eau.

15. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé est un élément du groupe constitué du sucre, de la dextrine, des oligomères de polysaccharides, du chlorure de sodium, du chlorure de potassium, du chlorure de magnésium, du chlorure de calcium, du silicate de sodium, du mésasilicate de sodium, du phosphate de potassium, du silicate de potassium, du carbonate de sodium, du sulfate de sodium, du sulfate de potassium, du sulfate de magnésium et 20 leurs mélanges.

16.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé comprend le chlorure de sodium.

17.- Procédé selon la revendication 1, dans 25 lequel ledit matériau dispersé comprend le sucre.

18.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé a une taille particulière dans une plage

supérieure ou égale à environ 25 micromètres; 30 et

inférieure ou égale à environ 500 micromètres.

19.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé a une distribution granulométrique dans une plage supérieure ou égale à environ 74 micromètres;

5 et

inférieure ou égale à environ 210 micromètres.

20.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé a une distribution granulométrique dans une plage

10 supérieure ou égale à environ 210 micromètres;

et

inférieure ou égale à environ 300 micromètres.

21.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau dispersé comprend le sucre et a 15 une distribution granulométrique dans une plage

supérieure ou égale à environ 150 micromètres;

et

inférieure ou égale à environ 500 micromètres.

22.- Procédé selon la revendication 1, dans 20 lequel ledit solvant comprend l'eau.

23.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit solvant comprend l'eau bouillante.

24.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel au moins une surface du composite est abrasée 25 après ledit traitement thermique (c) et avant ladite immersion (d).

25.- Procédé selon la revendication 1, produisant un article abrasif ayant une perméabilité supérieure ou égale à environ 0,2 centimètre cube par 30 seconde par pouce d'eau.

26.- Article abrasif fabriqué selon le procédé de la revendication 1.

27.- Segment abrasif (10) pour une meule segmentée (100), ledit segment abrasif (10) comprenant :

5 un composite comprenant une pluralité de grains superabrasifs et une matrice de liant métallique frittés ensemble, ledit composite ayant une pluralité de pores interconnectés, ledit composite comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 10 19,5 à environ 49,5% de liant métallique et environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés,

15 ladite matrice de liant métallique comprenant environ 35 à environ 70% en poids de cuivre, environ 30 à environ 65% en poids d'étain et environ 0,2 à environ 1,0% en poids de phosphore,

20 dans lequel ladite pluralité de grains superabrasifs est choisie dans le groupe constitué du diamant et du nitrure de bore cubique, lesdits grains superabrasifs ayant une taille particulaire moyenne inférieure à environ 300 micromètres.

28.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel le composite peut être fritté à une température d'environ 370 à environ 795°C.

29.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel ledit composite comprend :

des pores interconnectés supérieurs ou égaux à environ 50% en volume; et

des pores interconnectés inférieurs ou égaux à environ 70% en volume.

30 30.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel ladite pluralité de pores

interconnectés a une taille de pore moyenne dans une plage

supérieure ou égale à environ 25 micromètres;  
et

5 inférieure ou égale à environ 500 micromètres.

31.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel ladite pluralité de pores interconnectés a une distribution de tailles de pores moyenne dans une plage

10 supérieure ou égale à environ 74 micromètres;  
et

inférieure ou égale à environ 210 micromètres.

32.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel ladite pluralité de pores 15 interconnectés a une distribution de tailles de pores moyenne dans une plage

supérieure ou égale à environ 210 micromètres;  
et

inférieure ou égale à environ 300 micromètres.

20 33.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel ladite pluralité de grains superabrasifs a une taille particulière moyenne dans une plage

supérieure ou égale à environ 0,5 micromètre;  
25 et

inférieure ou égale à environ 75 micromètres.

34.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27, dans lequel lesdits pores interconnectés sont formés :

30 a) en ajoutant un matériau dispersé aux grains et au liant métallique avant frittage du composite; et

b) en immergeant ledit composite fritté dans un solvant et en dissolvant le matériau dispersé; ledit segment abrasif (10) étant sensiblement dépourvu de particules dispersées.

5 35.- Segment abrasif (10) selon la revendication 27 ayant une perméabilité supérieure ou égale à environ 0,2 centimètre cube par seconde par pouce d'eau.

36.- Meule segmentée (100) comprenant :

10 un noyau (20);  
un rebord abrasif (104) comprenant une pluralité des segments (10) selon la revendication 27; et

15 un liant thermiquement stable entre ledit noyau (20) et chacun de ladite pluralité de segments (10).

37.- Meule segmentée (100) comprenant :

20 un noyau (20) ayant une résistance spécifique minimale de 2,4 MPa-cm<sup>3</sup>/g, une masse volumique de 0,5 à 8,0 g/cm<sup>3</sup> et un périmètre circulaire;  
un rebord abrasif (104) comprenant une pluralité de segments (10), chacun desdits segments (10) comprenant un composite comprenant une pluralité de grains abrasifs et une matrice de liant métallique frittés ensemble, ledit composite présentant une pluralité de pores interconnectés, ledit composite comprenant environ 50 à environ 80% en volume de pores interconnectés; et  
30 un liant thermiquement stable entre ledit noyau (20) et chacun de ladite pluralité de segments (10).

38.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle le composite peut être fritté à une température d'environ 370 à environ 795°C.

5 39.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ledit liant métallique comprend environ 35 à environ 85% en poids de cuivre et environ 15 à environ 65% en poids d'étain.

10 40.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ledit liant métallique comprend en outre environ 0,2 à environ 1,0% en poids de phosphore.

15 41.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle lesdits grains abrasifs comprennent des grains superabrasifs choisis dans le groupe constitué du diamant et du nitrure de bore cubique.

42.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ledit grain abrasif comprend le diamant.

20 43.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ledit grain abrasif a une taille particulière moyenne dans une plage

supérieure ou égale à environ 0,5 micromètre; et

25 inférieure ou égale à environ 300 micromètres.

44.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ladite pluralité de pores interconnectés a une taille de pore moyenne dans une plage

30 supérieure ou égale à environ 25 micromètres; et

inférieure ou égale à environ 500 micromètres.

45.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ladite pluralité de pores interconnectés a une distribution de tailles de 5 pores dans une plage

supérieure ou égale à environ 74 micromètres; et

inférieure ou égale à environ 210 micromètres.

46.- Meule segmentée (100) selon la 10 revendication 37, dans laquelle ladite pluralité de pores interconnectés à une distribution de tailles de pores dans une plage

supérieure ou égale à environ 210 micromètres; et

15 inférieure ou égale à environ 300 micromètres.

47.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle lesdits pores interconnectés sont formés

20 a) en ajoutant un matériau dispersé aux grains et au liant métallique de chacun de ladite pluralité de segments (10) avant frittage; et

b) en immergeant chacun de ladite pluralité de segments (10) dans un solvant et en dissolvant le matériau dispersé;

25 dans laquelle ladite pluralité de segments (10) est sensiblement dépourvue de particules dispersées.

48.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle chacun desdits segments (10) a une perméabilité supérieure ou égale à environ 30 0,2 centimètre cube par seconde par pouce d'eau.

49.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ledit liant thermiquement stable est choisi dans le groupe constitué d'un liant adhésif époxy, d'un liant métallurgique, d'un liant mécanique, d'un liant de diffusion et de leurs combinaisons.

50.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle ledit liant thermiquement stable est un liant d'adhésif époxy.

10 51.- Meule segmentée (100) selon la revendication 37, dans laquelle :

ledit liant métallique comprend environ 35 à environ 85% en poids de cuivre, environ 15 à environ 65% en poids d'étain et environ 0,2 à environ 1,0% en poids 15 de phosphore;

ledit grain abrasif comprend du diamant ayant une taille particulière d'environ 0,5 à environ 300 micromètres; et

20 ladite pluralité de pores interconnectés a une taille de pore moyenne dans une plage d'environ 25 à environ 500 micromètres.

52.- Procédé de fabrication d'un article abrasif ayant environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés, ledit procédé comprenant :

25 a) le malaxage d'un mélange de grain abrasif, de matériau liant non métallique et de particules dispersées, ledit mélange comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 19,5 à environ 65% en volume de matériau liant non métallique et environ 40 à environ 80% en 30 volume de particules dispersées;

b) la compression dudit mélange en un composite chargé d'abrasif;

c) le traitement thermique du composite; et

5 d) l'immersion du composite dans un solvant pendant une période de temps appropriée pour dissoudre sensiblement tout le matériau dispersé, le matériau dispersé étant soluble dans le solvant, le grain abrasif et le matériau liant non métallique étant sensiblement insolubles dans le solvant.

10 53.- Procédé selon la revendication 52, dans lequel le matériau liant non métallique comprend un matériau liant organique.

15 54.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel le matériau liant organique comprend une résine choisie dans le groupe constitué des résines phénoliques, des résines époxy, des résines de polyesters insaturés, des résines de bismaléimide, des résines de polyimides, des résines de cyanates, de polymères de mélamines et de leurs mélanges.

20 55.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel le matériau liant organique comprend une résine phénolique.

25 56.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel le matériau liant organique comprend une résine novolaque phénolique.

57.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel le matériau liant organique comprend une résine résol phénolique.

30 58.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel ledit grain abrasif comprend du diamant ayant une taille particulière moyenne dans une plage

supérieure ou égale à environ 0,5 micromètre;  
et

inférieure ou égale à environ 300 micromètres.

5 59.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel les particules dispersées sont sensiblement non ioniques.

60.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel les particules dispersées comprennent du sucre.

10 61.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel ladite compression (b) comprend une compression pendant au moins cinq minutes à une température d'environ 100 à environ 200°C à des pressions dans une plage d'environ 20 à environ 33 mégapascals.

15 62.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel ledit traitement thermique (c) est effectué après ladite immersion (d) et comprend une cuisson pendant au moins une heure à une température dans une plage d'environ 100 à environ 200°C.

20 63.- Procédé selon la revendication 53, dans lequel au moins une surface du composite est abrasée avant ladite immersion (d).

25 64.- Segment abrasif (10) pour une meule segmentée (100), ledit segment abrasif (10) comprenant : un composite comprenant une pluralité de grains superabrasifs et une matrice de liant non métallique durcis ensemble, ledit composite présentant une pluralité de pores interconnectés, ledit composite comprenant environ 0,5 à environ 25% en volume de grain abrasif, environ 19,5 à environ 65% de liant non métallique et environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés; et

dans lequel ladite pluralité de grains superabrasifs est choisie dans le groupe constitué du diamant et du nitrure de bore cubique, lesdits grains abrasifs ayant une taille particulière moyenne inférieure à environ 5 300 micromètres.

65.- Segment abrasif (10) selon la revendication 64, dans lequel le composite peut être durci à une température dans une plage d'environ 100 à environ 200°C.

10 66.- Segment abrasif (10) selon la revendication 64, dans lequel ladite pluralité de grains superabrasifs comprend du diamant et a une taille particulière moyenne dans une plage supérieure ou égale à environ 0,5 micromètre;

15 et

inférieure ou égale à environ 75 micromètres.

67.- Segment abrasif (10) selon la revendication 64, dans lequel lesdits pores interconnectés sont formés :

20 a) en ajoutant un matériau dispersé aux grains et au liant non métallique avant durcissement du composite; et

b) en immergeant ledit composite durci dans un solvant et en dissolvant le matériau dispersé,  
25 ledit segment abrasif (10) étant sensiblement dépourvu de particules dispersées.

68.- Segment abrasif (10) selon la revendication 67, dans lequel ledit matériau dispersé comprend le sucre, ledit solvant comprend l'eau et ledit 30 liant non métallique comprend une résine phénolique.

69.- Meule segmentée (100) comprenant :

un noyau (20) ayant une résistance spécifique minimale de 2,4 MPa-cm<sup>3</sup>/g, une masse volumique de 0,5 à 8,0 g/cm<sup>3</sup> et un périmètre circulaire;

5 un rebord abrasif (104) comprenant une pluralité de segments (10), chacun desdits segments (10) comprenant un composite de grains abrasifs et une matrice de liant non métallique durcis ensemble, ledit composite présentant une pluralité de pores interconnectés, ledit composite comprenant environ 40 à 10 environ 80% en volume de pores interconnectés; et

un adhésif thermiquement stable entre ledit noyau (20) et chacun de ladite pluralité de segments (10).

70.- Meule segmentée (100) selon la 15 revendication 69, dans laquelle le composite peut être durci à une température d'environ 100 à environ 200°C.

71.- Meule segmentée (100) selon la revendication 69, dans laquelle la matrice de liant non métallique comprend un matrice de liant organique.

20 72.- Meule segmentée (100) selon la revendication 71, dans laquelle ladite matrice de liant organique comprend une matrice de résine phénolique.

73.- Meule segmentée (100) selon la 25 revendication 71, dans laquelle lesdits pores interconnectés sont formés :

a) en ajoutant un matériau dispersé aux grains et au liant organique avant durcissement du composite; et

b) en immergeant ledit composite durci dans un 30 solvant et en dissolvant le matériau dispersé,

ledit segment abrasif (10) étant sensiblement dépourvu de particules dispersées.

74.- Meule segmentée (100) selon la revendication 73, dans laquelle ledit matériau dispersé 5 comprend le sucre, ledit solvant comprend l'eau et ladite matrice de liant organique comprend une résine phénolique.

75.- Meule segmentée (100) selon la revendication 71, dans laquelle :

10 ladite matrice de liant organique comprend une résine phénolique;

ledit grain abrasif comprend du diamant ayant une taille particulaire moyenne dans une plage d'environ 0,5 à environ 300 micromètres;

15 ledit liant adhésif thermiquement stable comprend un liant adhésif époxy; et

lesdits pores interconnectés sont formés en ajoutant un matériau dispersé de sucre granulaire aux grains abrasifs et au liant organique avant durcissement 20 du composite et en immergeant le composite durci dans un solvant aqueux et en dissolvant le matériau dispersé.

2002/0665

<sup>62</sup>  
1/2

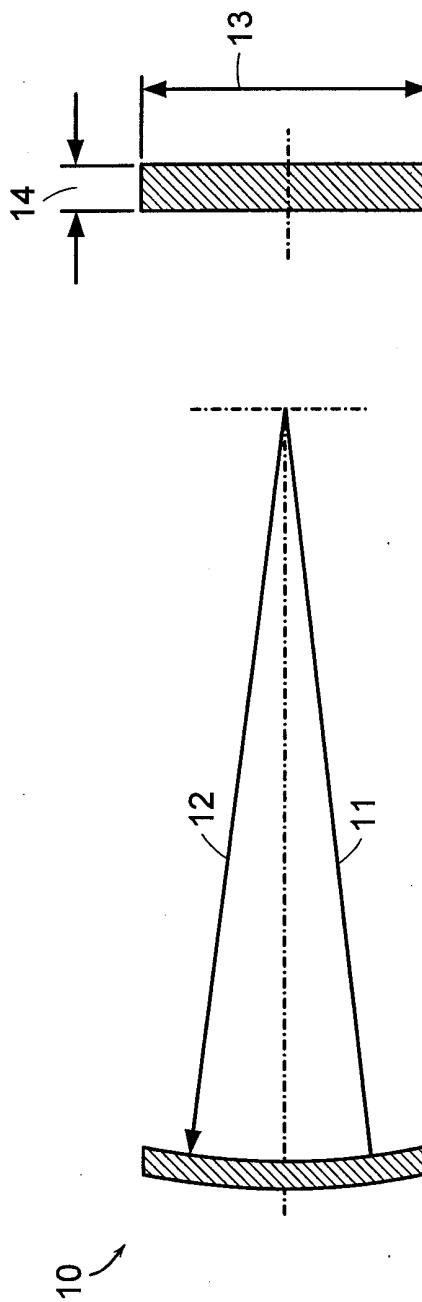


FIG. 1

63  
2/2

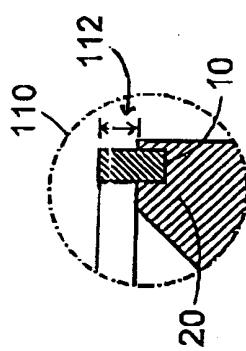


FIG. 2C

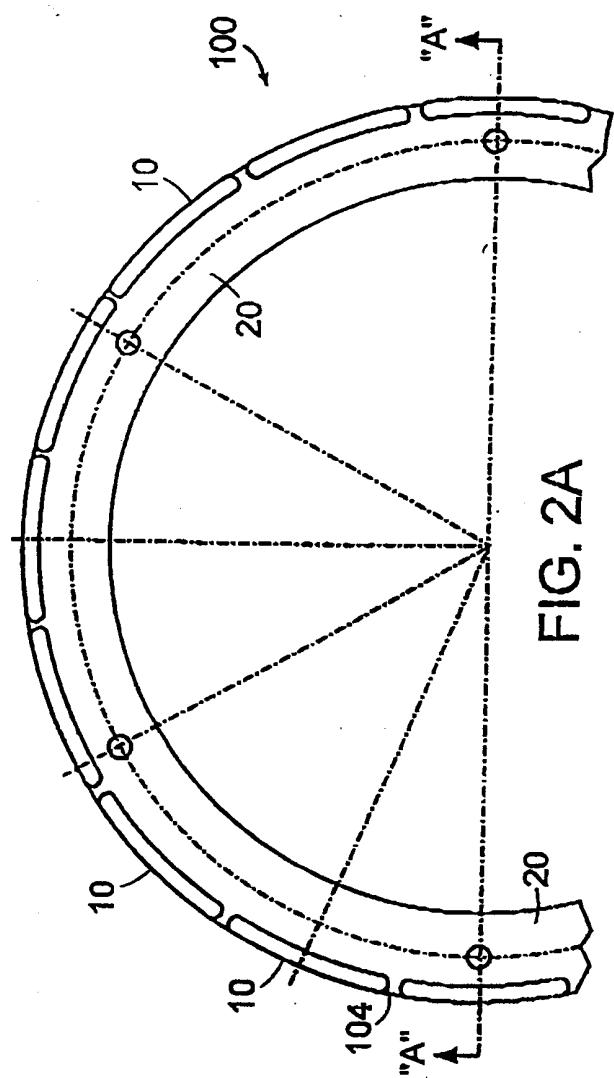


FIG. 2A

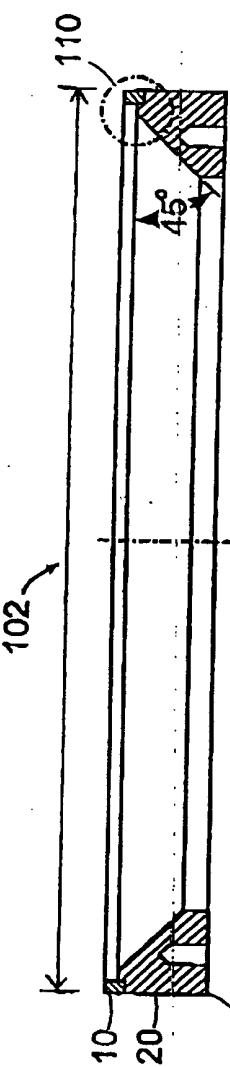


FIG. 2B

SECTION "A"- "A"

FOND  
D'ALUMINIUM

A B R E G E .Outil abrasif poreux et procédé pour le fabriquer.

L'invention concerne un article abrasif contenant environ 40 à environ 80% en volume de pores interconnectés, l'article étant utile comme segment (10) pour une meule segmentée (100), et un procédé de fabrication de cet article. Le procédé comprend le malaxage d'un mélange de grain abrasif, du matériau liant et de particules dispersées, le mélange comprenant environ 40 à environ 80% en volume de particules dispersées. Le mélange de poudres est ensuite comprimé en un composite chargé d'abrasif et traité thermiquement. Après refroidissement, le composite est immergé dans un solvant, qui dissout sensiblement toutes les particules dispersées, en laissant un article abrasif lié fortement poreux.

Fig. 2A



**RAPPORT DE RECHERCHE**

établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numéro de la demande  
nationale

BO 8668  
BE 200200665

**DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

| Catégorie  | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes  | Revendication concernée             | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)          |  |  |
|--|--|-------------------------------------|--|--|--|
| X  | US 3 203 775 A (JOHN CANTRELL)<br>31 août 1965 (1965-08-31)  | 1-6,<br>10-12                       | B24D3/10<br>B24D5/06                         |  |  |
| Y  | * le document en entier *  | 7-9,<br>13-75                       | C09K3/14<br>B24D3/10<br>B24D5/06             |  |  |
| Y  | -----<br>US 4 010 583 A (HIGHBERG CARLE W)<br>8 mars 1977 (1977-03-08)<br>* le document en entier *  | 7-9,<br>13-75                       | C09K3/14                                     |  |  |
| A  | -----<br>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 0154, no. 47 (M-1179),<br>14 novembre 1991 (1991-11-14)<br>& JP 3 190670 A (FSK CORP),<br>20 août 1991 (1991-08-20)<br>* abrégé *       | 1, 26, 27,<br>36, 37,<br>52, 64, 69 |  |  |  |
| A  | -----<br>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 0134, no. 58 (M-880),<br>17 octobre 1989 (1989-10-17)<br>& JP 1 177975 A (KAWADA ENG:KK),<br>14 juillet 1989 (1989-07-14)<br>* abrégé * | 1, 26, 27,<br>36, 37,<br>52, 64, 69 | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int.Cl.7) |  |  |
| A  | -----<br>DE 609 989 C (DEGUSSA)<br>4 mars 1935 (1935-03-04)<br>* le document en entier *   | 1, 26, 27,<br>36, 37,<br>52, 64, 69 | B24D<br>C09K                                 |  |  |
| 1  |  |                                     |  |  |  |
| Date d'achèvement de la recherche  |  | Examinateur                         |  |  |  |
| 7 avril 2004   |  | Eschbach, D                         |  |  |  |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES  |  |                                     |  |  |  |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire                                      |  |                                     |  |  |  |
| T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>.....<br>& : membre de la même famille, document correspondant |  |                                     |  |  |  |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BO 8668  
BE 200200665

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

07-04-2004

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |   | Date de<br>publication |  | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s)   | Date de<br>publication   |
|---|---|------------------------|--|---|--|
| US 3203775                                      | A | 31-08-1965             | GB<br>DE                               | 1010506 A<br>1427572 B  | 17-11-1965<br>23-12-1970   |
| US 4010583                                      | A | 08-03-1977             | AU<br>CA<br>DE<br>FR<br>GB<br>IT<br>JP | 8155975 A<br>1024349 A1<br>2523501 A1<br>2272794 A1<br>1511346 A<br>1035882 B<br>51000094 A | 02-12-1976<br>17-01-1978<br>11-12-1975<br>26-12-1975<br>17-05-1978<br>20-10-1979<br>05-01-1976 |
| JP 3190670                                      | A | 20-08-1991             |  | AUCUN   |  |
| JP 1177975                                      | A | 14-07-1989             |  | AUCUN   |  |
| DE 609989                                       | C | 04-03-1935             |  | AUCUN   |  |