

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 693 983 A5

⑤ Int. Cl.⁷: B 24 B 013/02

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑲ Numéro de la demande: 01991/02

⑳ Date de dépôt: 26.11.2002

㉑ Brevet délivré le: 28.05.2004

㉒ Fascicule du brevet
publié le: 28.05.2004

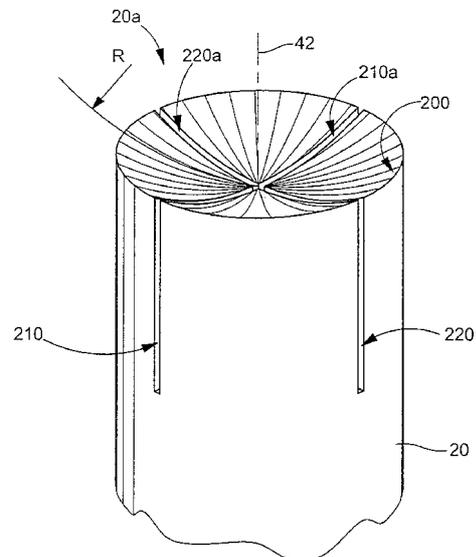
㉓ Titulaire(s):
Comadur S.A., Girardet 55
2400 Le Locle (CH)

㉔ Inventeur(s):
Ruy Blas Ménart, 5, rue Clair-Soleil
25210 Le Russey (FR)

㉕ Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Rue des Sors 7
2074 Marin (CH)

⑤④ **Outil rotatif pour le façonnage d'une forme dans un matériau minéral, tel le saphir, notamment pour le façonnage d'une surface optique dans une glace de montre.**

⑤⑦ Il est décrit un outil rotatif (20) pour le façonnage d'une forme dans un matériau minéral, notamment un matériau minéral dur, comportant un corps terminé par une tête (20a) comprenant une surface active (200) destinée à venir en contact avec une zone du matériau minéral où l'on désire façonner la forme. La tête de l'outil présente au moins une première fente (210, 220) débouchant sur la surface active pour former sur cette surface active une ouverture (210a, 220a) permettant à des particules abrasives acheminées sur la zone de se loger sur la surface active et former, le long de cette ouverture sur la surface active, une arête de coupe contribuant au façonnage de la forme désirée. Cet outil est en particulier adapté pour permettre le façonnage d'une surface optique déformante (par ex. une lentille) dans un matériau minéral dur et transparent tel le saphir, le corindon ou le spinelle, par exemple dans une glace de montre. Il est également décrit un procédé de façonnage d'une forme dans un matériau minéral au moyen de cet outil, ainsi qu'une installation d'usinage comportant un tel outil.



Description

La présente invention concerne de manière générale l'usinage de formes dans des matériaux minéraux, notamment des matériaux durs tel le saphir, le corindon ou le spinelle. Plus particulièrement, la présente invention concerne un outil rotatif pour l'usinage de tels matériaux minéraux notamment adapté pour le façonnage d'une surface optique dans une glace de montre.

Un procédé pour former une surface optique se présentant sous la forme d'une lentille convergente comprise dans l'épaisseur d'une plaque d'un matériau minéral transparent est connu du document EP 0 123 891, au nom du présent. Déposant et qui est incorporé ici par référence dans sa totalité. Ce procédé consiste essentiellement à mettre en rotation la plaque autour d'un premier axe perpendiculaire à la zone où doit être formée la lentille et à usiner la zone désirée au moyen d'une meule abrasive entraînée en rotation autour d'un second axe distinct du premier axe et coupant ce premier axe au centre de courbure de la lentille désirée. Un mouvement oscillant de l'outil ou de la plaque autour d'un troisième axe perpendiculaire au plan contenant les premier et second axes de rotation et distant de la zone d'une valeur égale au rayon de courbure désiré de la lentille est préférablement mis en œuvre, ce mouvement oscillant assurant un auto-affûtage de la meule.

Selon le procédé résumé ci-dessus, on notera que l'outil rotatif utilisé pour le façonnage de la lentille est une meule essentiellement cylindrique (voire tronconique) portant, à son extrémité active, de la matière abrasive constituée de préférence par de la poudre de diamant. On comprendra aisément que le coût de cet outil est relativement élevé compte tenu de la matière à usiner (notamment dans le cas d'un matériau minéral dur tel le saphir), du matériau abrasif correspondant devant nécessairement être incorporé sur la tête de l'outil (typiquement une poudre de diamant ou un composé à base de carbures pour l'usinage du saphir), et de la complexité de la fabrication de cet outil. On notera encore que la durée de vie d'un tel outil est relativement courte et que son remplacement doit être effectué périodiquement. Les points susmentionnés pèsent en conséquence de manière sensible sur les coûts de fabrication de l'objet façonné.

Une solution plus simple à mettre en œuvre et plus rentable doit donc être recherchée. La présente invention a pour but de proposer une telle solution, à savoir un outil rotatif pour l'usinage de matériaux durs, en particulier adapté au façonnage d'une lentille, ou autre surface optique, dans une glace de montre en matériau minéral dur (saphir, corindon, spinelle ou analogue). La présente invention a également pour but de proposer une solution présentant à la fois un coût de revient faible et une grande simplicité de mise en œuvre.

La présente invention a ainsi pour objet un outil rotatif pour le façonnage d'une forme dans un matériau minéral, notamment un matériau minéral dur, dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 1.

La présente invention a également pour objet un procédé pour le façonnage d'une surface optique dé-

formante dans un matériau minéral transparent, notamment le saphir, le corindon ou le spinelle, employant un outil rotatif du type susmentionné et dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 9.

La présente invention a encore pour autre objet une installation d'usinage d'un matériau minéral, notamment un matériau minéral dur, comportant notamment un tel outil et dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 13.

On notera ainsi que l'outil comporte un corps terminé par une tête comprenant une surface active destinée à venir en contact avec une zone du matériau minéral où l'on désire façonner la forme souhaitée, la tête de l'outil présentant au moins une première fente, préférablement plusieurs, débouchant sur la surface active pour y former une ouverture permettant à des particules abrasives acheminées sur la zone où doit être façonnée la forme souhaitée de se loger sur la surface active et former, tout au long de la ou des ouvertures formées sur cette surface active, une ou plusieurs arêtes de coupe contribuant au façonnage de la forme désirée.

On comprendra ainsi que l'outil rotatif ne constitue pas à proprement parler un outil abrasif pour le matériau minéral considéré. Au contraire, le pouvoir abrasif de l'outil est créé conjointement par l'outil (en particulier par la ou les fentes ménagées sur la tête de l'outil et les ouvertures correspondantes sur la surface active de la tête) et les particules abrasives acheminées sur la zone d'usinage. Chaque ouverture sur la surface active formée par la fente correspondante permet aux particules abrasives de s'y loger et s'y accumuler pour former, sur la surface active de la tête de l'outil, une excroissance à fort pouvoir abrasif ayant la fonction d'une arête de coupe. L'outil rotatif lui-même constitue ainsi une matrice permettant de fixer ou figer les particules abrasives dans une configuration adéquate permettant l'abrasion du matériau minéral à façonner.

La tête de l'outil peut ainsi être formée d'un matériau non abrasif pour le matériau minéral considéré et présentant un compromis entre dureté et mollesse afin de maintenir et garantir la forme de la tête et, respectivement, permettre aux particules abrasives de s'y implanter. Ce matériau peut par exemple être un métal sélectionné dans le groupe comprenant le cuivre Cu, le zinc Zn, l'étain Sn et le fer Fe (ou un alliage de métaux comprenant au moins l'un des ces métaux).

La disposition des ouvertures des fentes sur la surface active de la tête de l'outil peut suivre tout agencement géométrique adéquat, le plus simple étant un agencement d'une ou plusieurs fentes de géométrie essentiellement rectiligne. Des fentes formant des ouvertures diamétrales ou parallèles sur la surface active de la tête de l'outil peuvent être ménagées en nombre adéquat sur la tête de l'outil.

Pour obtenir de meilleurs résultats en termes de qualité de surface, il est préférable de ménager chaque fente de sorte que, lors d'une rotation de l'outil, l'arête de coupe ainsi formée couvre une surface de révolution délimitée uniquement par un contour externe, c'est-à-dire une surface pleine ne comportant pas d'évidement central.

Un avantage considérable de la présente invention réside dans le fait que l'outil rotatif est d'une grande simplicité et très peu coûteux à fabriquer, notamment en raison du type de matériau pouvant être utilisé pour la fabrication de l'outil et en raison de l'absence d'un quelconque abrasif incorporé sur la tête de l'outil, cet abrasif étant acheminé directement sur la zone d'usinage sous forme de particules abrasives véhiculées par un fluide ou un liquide. A ce titre, une variante avantageuse consiste à ménager au moins une fente de sorte qu'elle joue en outre le rôle de canal d'acheminement des particules abrasives.

Grâce à l'invention, les coûts liés au façonnage de la forme désirée dans le matériau minéral considéré peuvent ainsi être réduits de manière très substantielle. Cet avantage est particulièrement déterminant dans le cadre du façonnage de matériaux minéraux durs, tel le saphir, le corindon ou le spinelle, utilisés notamment dans l'industrie horlogère pour la fabrication de glaces de montre. La présente invention est donc particulièrement adaptée pour le façonnage de surfaces optiques, ou dioptries (notamment des surfaces optiques déformantes telles des lentilles grossissantes) dans des matériaux minéraux transparents présentant une grande dureté, dont le saphir.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit d'un mode de réalisation préféré de l'invention, donné uniquement à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins annexés où:

la fig. 1 représente une installation d'usinage adaptée spécifiquement au façonnage d'une surface optique déformante (par exemple une lentille à surface sphérique convexe) dans un matériau minéral dur et transparent, en particulier dans une glace de montre, cette installation utilisant un outil rotatif selon la présente invention;

la fig. 2 est une vue en perspective de la partie terminale, ou tête, d'un outil rotatif selon un mode de réalisation de la présente invention;

la fig. 3 est une vue de face de la surface active de la tête de l'outil rotatif de la fig. 2;

la fig. 4 est une vue en coupe de l'outil rotatif, prise selon la ligne A-A dans la fig. 3; et

la fig. 5 est un exemple de mise en œuvre de l'outil rotatif selon l'invention pour l'usinage d'une lentille sphérique convexe à pourtour circulaire dans une plaque de matériau minéral transparent.

L'installation d'usinage illustrée dans la fig. 1 est essentiellement similaire à l'installation présentée dans le document EP 0 123 891 mentionné plus haut, Elle comprend un bâti-support 10 sur lequel sont montées une potence 12 et une poupée 14. La potence 12 porte une broche 16 à l'extrémité de laquelle se trouve un outil rotatif 20, de même axe, désigné 42, que la broche, comportant un corps essentiellement cylindrique terminé par une tête 20a destinée à venir en contact avec une zone du matériau minéral à usiner. Une poulie 18, montée sur la broche 16, permet d'entraîner celle-ci en rotation autour de l'axe 42 au moyen d'un moteur non représenté. La potence 12 comporte en outre des coulis-

ses 22, 24 et 26 permettant, d'une manière tout à fait classique, le déplacement de l'outil 20 selon trois axes orthogonaux. De manière plus précise, la coulisse 22 permet, à l'aide d'une vis micrométrique 23, de déplacer l'outil verticalement selon son axe de rotation, tandis que les coulisses 24 et 26 permettent, à l'aide des vis micrométriques 25 et 27, respectivement, de déplacer l'outil 20 dans un plan horizontal selon deux directions perpendiculaires.

La poupée 14 porte une broche 28 dont l'extrémité 28a voisine de la potence 12 est, grâce à un coude 28b, décalée vers le bas par rapport à l'axe de rotation, désigné 44, de la broche 28. Une table 30 est montée sur un arbre 32 qui est perpendiculaire à l'axe 44 de la broche 28 et qui pivote dans l'extrémité 28a. Cet arbre porte une poulie 34 qui permet de l'entraîner en rotation autour d'un axe de rotation, désigné 40, grâce à un moteur non représenté dans la figure. Un posage 36, solidaire de la table 30, permet de fixer une plaque 38 en matériau minéral. Cette plaque 38 peut par exemple être constituée d'un matériau minéral dur et transparent du type saphir, corindon ou spinelle, telle une plaque formant glace de montre que l'on désire munir d'une lentille ou de toute autre surface optique déformante.

On notera que l'outil 20 ainsi que le posage 36 sont tous deux entraînés en rotation selon des sens de rotation opposés. De plus, le posage 36 a ici une épaisseur telle que la distance entre l'axe de la broche 28 et le point extrême de la surface sphérique que l'on désire façonner (situé sur l'axe de rotation 40 de l'arbre 32) soit égale au rayon de courbure, désigné R, que doit présenter cette surface sphérique. Enfin, la broche 28 peut être associée à des moyens d'entraînement non représentés permettant de lui imprimer un mouvement oscillant de faible amplitude ou tout du moins régler son inclinaison par rapport au plan horizontal.

De ce qui précède, on aura compris que l'installation présente plusieurs possibilités d'entraînement et de positionnement de l'outil 20 et de la plaque 38. On verra par la suite que divers modes opératoires de l'installation peuvent être envisagés, ces divers modes opératoires ayant tous pour point commun au moins la mise en rotation de l'outil 20 autour de son axe de rotation 42. Cette rotation peut, le cas échéant, s'accompagner d'une rotation ou d'un mouvement oscillant de la plaque 38 autour de son axe de rotation 40 et/ou d'un mouvement oscillant de la plaque 38 autour de l'axe de la broche 28 (ce mouvement oscillant pouvant alternativement être imprimé à l'outil 20 si l'on équipait la potence 12 de moyens adéquats). En ce qui concerne des détails touchant au mode de mise en œuvre particulier consistant à simultanément entraîner en rotation l'outil 20 et la plaque 38, et à imprimer un mouvement oscillant à cette plaque, on pourra se référer au procédé décrit dans le document EP 0 123 891 déjà mentionné.

Outre les moyens d'entraînement et de positionnement susmentionnés, on notera encore que l'installation d'usinage comporte des moyens d'acheminement de particules abrasives sur la zone du matériau minéral où doit être façonnée la forme désirée. Ces moyens d'acheminement sont illustrés schématiquement

quement sur la fig. 1 et comprennent essentiellement un réservoir 50 contenant un fluide porteur de particules abrasives (par exemple une poudre de diamant en suspension dans une huile) et un conduit d'amenée 52 pour acheminer ce fluide sur la zone d'usinage. Des moyens non représentés permettent de régler la quantité de particules abrasives acheminées sur la zone d'usinage. On comprendra, dans ce qui va suivre, que l'acheminement de particules abrasives sur la zone d'usinage ainsi que l'outil rotatif selon l'invention contribuent ensemble au façonnage de la forme désirée dans la plaque de matériau minéral.

Les fig. 2 à 4 montrent respectivement une vue en perspective, une vue de face et une vue en coupe de la partie terminale d'un outil rotatif 20 constituant un exemple de réalisation particulier de la présente invention. Comme on peut le voir dans les fig. 2 à 4, le corps de l'outil rotatif 20 est terminé par une tête 20a comprenant une surface active 200 destinée à venir en contact avec la zone du matériau minéral où l'on désire façonner la forme souhaitée. Dans cet exemple particulier, la surface active 200 de l'outil présente la forme d'une calotte sphérique concave dont le rayon de courbure correspond au rayon de courbure R de la forme à façonner, dans cet exemple une surface optique sphérique convexe. Dans ce cas, la mise en œuvre de l'outil dans l'installation illustrée dans la fig. 1 implique que l'axe 40 de l'arbre 32, l'axe 42 de la broche 16 et l'axe 44 de la broche 28 se coupent en un point C correspondant au centre de courbure de la surface sphérique convexe à façonner dans la plaque 38 de matériau minéral (comme illustré plus en détail dans la fig. 5).

On notera que la surface active 200 de l'outil 20 pourrait présenter une forme autre que strictement sphérique. Ainsi, la surface active 200 de la tête 20a pourrait prendre la forme d'une partie de tore, par analogie à la forme de la meule envisagée au titre de deuxième variante dans le document EP 0 123 891 (cette forme particulière nécessitant alors un réglage spécifique de l'installation). De manière générale, la surface active de l'outil peut prendre toute forme adéquate. On comprendra en tout état de cause que la forme façonnée dans le matériau minéral dépendra non seulement de la forme de la surface active de l'outil mais également du ou des mouvements imprimés à l'outil et/ou à la plaque. La forme de la surface active de la tête de l'outil n'est donc pas nécessairement conformée à la forme de la surface à façonner.

Selon l'invention, la tête 20a de l'outil présente au moins une première fente débouchant sur la surface active 200 pour y former une ouverture. Dans l'exemple illustré dans les fig. 2 à 4, la tête 20a de l'outil présente ici une paire de fentes diamétrales 210, 220, c'est-à-dire deux fentes sensiblement rectilignes ménagées selon deux plans diamétraux passant par l'axe de rotation 42 de l'outil 20. Ces fentes diamétrales 210, 220 qui parcourent l'extrémité de la tête 20a sont ici agencées de manière sensiblement perpendiculaires et forment en conséquence une paire d'ouvertures perpendiculaires correspondantes 210a, 220a sur la surface active 200 de l'outil. On

aura noté que la surface active 200 de l'outil rotatif 20 est subdivisée, dans cet exemple, en quatre parties distinctes présentant, ici, des superficies sensiblement égales.

5 On insistera sur le fait que la disposition ainsi que la géométrie des fentes 210, 220 illustrées dans cet exemple de réalisation ne sont nullement limitatives. Une seule fente ou plus de deux fentes pourraient ainsi être ménagées sur la tête. De plus, ces fentes, au lieu de se couper, pourraient être parallèles. Enfin, les fentes et les ouvertures correspondantes sur la surface active de la tête de l'outil pourraient ne pas être rectilignes, cette géométrie particulièrement simple étant néanmoins la plus aisée à réaliser.

10 A titre d'exemple, la tête de l'outil ne pourrait être munie que d'une unique fente, cette fente ne parcourant pas nécessairement toute la largeur de la surface active. On notera qu'il est préférable que la fente soit configurée de sorte que, lors d'une rotation de l'outil, l'arête de coupe formée par l'ouverture correspondante de cette fente couvre une surface de révolution délimitée uniquement par un contour externe, c'est-à-dire une surface pleine sans évidement central, cette configuration étant préférable du point de vue de la qualité de surface de la forme façonnée. On aura compris qu'une configuration de fente diamétrale, comme cela est illustré dans les fig. 2 à 4, répond à cette définition.

15 On notera également que la manière avec laquelle les fentes se prolongent dans la tête de l'outil n'a que relativement peu d'importance. En effet, l'essentiel réside surtout dans la manière avec laquelle ces fentes débouchent sur la surface active de la tête de l'outil. C'est en effet par le biais de la surface active de l'outil, et de l'apport de particules abrasives sur cette surface active lors de l'usinage, que le matériau minéral peut être façonné.

20 Comme déjà mentionné plus haut, chaque ouverture sur la surface active formée par la fente correspondante permet aux particules abrasives de s'y loger et s'y accumuler pour former, sur la surface active de la tête de l'outil, une excroissance à fort pouvoir abrasif ayant la fonction d'une arête de coupe, l'outil rotatif constituant ainsi une matrice permettant de fixer ou figer les particules abrasives dans une configuration adéquate permettant l'abrasion du matériau minéral à façonner.

25 L'outil 20 peut avantageusement être réalisé dans un matériau non abrasif pour le matériau minéral considéré, préférablement en un matériau présentant un compromis entre dureté et mollesse afin de maintenir et garantir la forme de la tête et, respectivement, permettre aux particules abrasives de s'y implanter. Ce matériau peut ainsi être un métal ou un alliage de métaux comprenant au moins un métal sélectionné dans le groupe comprenant le cuivre Cu, le zinc Zn, l'étain Sn et le fer Fe.

30 Au titre de variante avantageuse, on notera encore que l'on peut configurer une fente de l'outil de sorte qu'elle joue en outre le rôle de canal d'acheminement des particules abrasives sur la zone d'usinage. Cette fente conformée en canal d'acheminement ferait, dans ce cas, partie intégrante des moyens d'acheminement des particules abrasives et pourrait remplacer ou compléter le conduit d'amenée 52 de la fig. 1.

Un mode de mise en œuvre de l'invention, pour l'usinage d'une lentille convergente (c'est-à-dire une surface sphérique convexe à pourtour circulaire) va maintenant brièvement être présenté en référence à la fig. 5.

L'outil illustré dans les fig. 2 à 4 peut être mis en œuvre de manière très aisée pour façonner une lentille convergente dans l'épaisseur d'une plaque de matériau minéral transparent. Pour ce faire, il convient par exemple d'incliner la plaque 38 au moyen de la broche 28 de la fig. 1 d'un angle déterminé, désigné α , correspondant également à l'angle que forme l'axe 42 de l'outil 20 par rapport à l'axe de rotation 40 de la plaque 38 (c'est-à-dire la perpendiculaire à la zone où doit être formée la lentille et qui passe par le centre de cette zone), les axes 40, 42 passant tous deux par le centre de courbure C de la surface sphérique à façonner, désignée 380 dans la fig. 5. Il convient ensuite de mettre en rotation l'outil 20 et la plaque 38 autour de leurs axes respectifs 42 et 40 (au moyen de la broche 16, de l'arbre 32 et des moyens d'entraînement associés) et d'amener la surface active 200 de la tête de l'outil 20 au contact de la plaque 38. Dans la fig. 5, on notera que la référence numérique 500 désigne globalement un mélange acheminé sur la zone d'usinage contenant des particules abrasives.

Comme schématisé dans la fig. 5, la mise en rotation simultanée de l'outil 20 et de la plaque 38 autour de leurs axes de rotation respectifs et le réglage de l'angle α entre ces axes de rotation assure que la surface active 200 de l'outil façonne une portion de surface sphérique convexe de rayon de courbure R présentant un pourtour circulaire (en d'autres termes une calotte sphérique convexe). Dans la mesure où aucun mouvement oscillant n'est imprimé à l'outil ou à la plaque, on comprendra que le diamètre de la tête de l'outil, désigné d, doit présenter une valeur minimale qui est supérieure à la moitié du diamètre, désigné D, de la lentille à façonner. Plus précisément, le diamètre d de l'outil 20, dans ce mode de mise en œuvre particulier, doit au moins être égal au diamètre D de la lentille désirée divisé par le cosinus de l'angle α . On notera que l'angle α est en pratique inférieur à 20°, préférablement inférieure à 10°.

Comme mentionné dans le document EP 0 123 891, plutôt que de fixer une inclinaison déterminée de la plaque par rapport à l'outil, un mouvement oscillant autour d'un axe perpendiculaire aux axes de rotation 42, 40 et passant par le centre de courbure C de la lentille à façonner (à savoir un mouvement oscillant autour de l'axe 44 de la broche 28 dans la fig. 1) peut être imprimé à la plaque 38 (voire à l'outil). Dans ce cas, l'angle maximal d'inclinaison de la plaque 38 par rapport à l'outil 20, désigné α_{\max} , peut être exprimé par la formule suivante, qui est valable pour des mouvements de faible amplitude (angles α faibles):

$$\tan \alpha_{\max} \approx [2R(D-d)]/[4R^2 + Dd] \quad (1)$$

Cette relation (1) est également valable pour le mode de mise en œuvre précédent à inclinaison fixe.

Au moyen de l'outil représenté dans les fig. 2 à 4, on notera qu'il est possible de façonner des surfaces sphériques convexes ne présentant pas nécessairement un pourtour circulaire.

5 Ainsi, en se référant à la fig. 5, il est parfaitement envisageable de soumettre la plaque 38 à un mouvement répété oscillant autour de l'axe 40, plutôt qu'à une rotation complète autour de cet axe. En limitant l'amplitude maximale de ce mouvement oscillant autour de l'axe 40, par exemple en soumettant la plaque à un mouvement angulaire oscillant de 180° environ, on peut façonner une portion d'une calotte sphérique présentant une forme générale en «C» dans le plan de la plaque.

10 De même, il est parfaitement envisageable de ne pas mettre la plaque 38 en rotation autour de l'axe 40 et de soumettre uniquement cette plaque 38 à un mouvement oscillant autour d'un axe perpendiculaire à l'axe 42 de l'outil et passant par le centre de courbure C de la surface sphérique (par exemple un mouvement oscillant autour de l'axe 44 de la broche 28). De la sorte, on obtient une surface sphérique convexe de forme allongée ou oblongue.

15 Concernant ce dernier exemple, il est envisageable d'incliner en outre l'outil rotatif 20 dans un plan contenant l'axe 44 autour duquel oscille la plaque 38 et de sorte que l'axe de rotation 42 de l'outil 20 coupe l'axe 44 au centre de courbure C de la surface sphérique à façonner. Ceci revient à incliner l'outil 20 dans le plan de la fig. 1 et nécessite donc des moyens de positionnement non représentés dans la figure pour permettre ce réglage angulaire. De la sorte, on obtient une surface sphérique convexe également de forme allongée mais qui est toutefois inclinée dans le sens de la largeur par rapport au plan moyen de la plaque 38, au lieu d'une surface totalement symétrique comme dans l'exemple précédent.

20 Dans les trois exemples susmentionnés, on aura donc compris que le mouvement de rotation de l'outil 20 autour de son axe 42 s'accompagne d'un mouvement relatif répété (ou oscillant) entre l'outil 20 et la plaque 38 pour façonner une surface optique sphérique présentant un pourtour non circulaire. Des formes plus compliquées pourraient être obtenues en synchronisant plusieurs mouvements oscillants autour de divers axes passant tous par le centre de courbure de la surface sphérique, ou des axes non concourants si l'on désiret façonner une surface torique, par exemple.

25 On comprendra de manière générale que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour l'homme du métier peuvent être apportées au mode de réalisation décrit dans la présente description sans sortir du cadre de l'invention défini par les revendications annexées. En particulier, la surface active de la tête de l'outil peut présenter une forme autre que sphérique dans la mesure où l'on ne désire pas soumettre l'outil à un mouvement relatif par rapport à la plaque de matériau minéral à usiner. Il est ainsi possible de donner à la surface active de l'outil une forme de révolution non sphérique et de façonner une forme correspondante dans le matériau minéral en ne mettant en rotation que l'outil (voire en mettant également en rotation la plaque de matériau minéral autour d'un axe confondu à l'axe de rotation

de l'outil). La forme sphérique particulièrement simple de la surface active de la tête de l'outil, telle qu'elle a été présentée plus haut, constitue toutefois une solution particulièrement simple à mettre en œuvre, flexible d'utilisation et qui permet de façonner de évidements de formes variées dans le matériau.

On insistera enfin à nouveau sur le fait que la disposition de la ou des fentes sur la surface active de la tête de l'outil peut suivre tout agencement géométrique adéquat, le plus simple de ces agencements géométriques étant constitué par une ou plusieurs fentes essentiellement rectilignes.

Revendications

1. Outil rotatif (20) pour le façonnage d'une forme dans un matériau minéral, notamment un matériau minéral dur, comportant un corps terminé par une tête (20a) comprenant une surface active (200) destinée à venir en contact avec une zone du matériau minéral où l'on désire façonner ladite forme, caractérisé en ce que ladite tête (20a) de l'outil présente au moins une première fente (210, 220) débouchant sur ladite surface active (200) pour y former une ouverture (210a, 220a) permettant à des particules abrasives (500) acheminées sur ladite zone de se loger sur la surface active (200) et former, le long de ladite ouverture (210a, 220a) sur la surface active, une arête de coupe contribuant au façonnage de la forme désirée.

2. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ou les fentes (210, 220) sont configurées de sorte que, lors d'une rotation de l'outil, l'arête ou les arêtes de coupe ainsi formées couvrent une surface de révolution délimitée uniquement par un contour externe.

3. Outil selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite surface active (200) est subdivisée en au moins deux parties.

4. Outil selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite tête (20a) de l'outil présente au moins une paire de fentes (210, 220) formant des ouvertures (210a, 220a) diamétrales ou parallèles sur ladite surface active (200).

5. Outil selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite tête (20a) est formée d'un matériau non abrasif pour le matériau minéral considéré et présentant un compromis entre dureté et mollesse afin de maintenir et garantir la forme de la tête et, respectivement, permettre aux dites particules abrasives de s'y implanter.

6. Outil selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit matériau formant la tête (20a) est un métal ou un alliage de métaux comprenant au moins un métal sélectionné dans le groupe comprenant le Cu, le Zn, le Sn et le Fe.

7. Outil selon l'une des revendications précédentes pour le façonnage d'une surface optique sphérique convexe dans une plaque (38) d'un matériau minéral transparent, notamment le saphir, le corindon ou le spinelle, caractérisé en ce que la surface active (200) de l'extrémité de ladite tête présente essentiellement la forme d'une calotte sphérique concave dont le rayon de courbure (R) correspond au rayon de courbure de la surface optique à façonner.

Outil selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins une fente joue en outre le rôle de canal d'acheminement desdites particules abrasives au niveau de ladite zone.

9. Procédé pour le façonnage d'une surface optique dans une plaque (38) d'un matériau minéral transparent, notamment le saphir, le corindon ou le spinelle, à l'aide d'un outil (20) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations simultanées suivantes: mettre en rotation ledit outil (20) autour d'un premier axe de rotation (42); mettre en contact la surface active (200) de la tête de l'outil avec la plaque (38) dans une zone du matériau minéral où l'on désire façonner ladite surface optique; acheminer des particules abrasives (500) au niveau de ladite zone; et déplacer l'outil (20) et/ou la plaque (38) l'un par rapport à l'autre.

10. Procédé selon la revendication 9 pour le façonnage d'une surface optique sphérique convexe à l'aide d'un outil selon la revendication 7, caractérisé en ce que le procédé comprend en outre une opération simultanée consistant à effectuer un mouvement relatif répété dudit outil (20) par rapport à ladite plaque (38) pour façonner une surface optique sphérique présentant un pourtour non circulaire.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit mouvement relatif répété est un mouvement oscillant de ladite plaque (38) ou dudit outil (20) autour d'un axe (40; 44) distinct dudit premier axe (42) et coupant ce premier axe au centre de courbure (C) de la surface sphérique convexe à façonner.

12. Procédé selon la revendication 9 pour le façonnage d'une surface optique sphérique convexe à l'aide d'un outil selon la revendication 7, caractérisé en ce que le procédé comprend en outre une opération simultanée consistant à mettre en rotation ladite plaque (38) autour d'un second axe de rotation (40) qui est perpendiculaire à la zone où l'on désire façonner ladite surface optique et qui passe par le centre de cette zone, lesdits premier et second axes de rotation (42, 40) passant par le centre de courbure (C) de la surface sphérique convexe à façonner.

13. Installation d'usinage d'un matériau minéral, notamment un matériau minéral dur, comprenant un outil rotatif (20) selon l'une des revendications 1 à 8, cette installation comprenant en outre: des moyens d'entraînement (16, 18) pour entraîner en rotation ledit outil rotatif (20) autour d'un premier axe de rotation (42); des moyens (12, 14, 28a, 28b, 30, 36) pour positionner ledit matériau minéral en regard dudit outil rotatif; et des moyens (28, 32, 34) pour produire un déplacement relatif entre ledit outil rotatif et ledit matériau minéral, caractérisée en ce que l'installation d'usinage comporte en outre des moyens d'acheminement (50, 52) de particules abrasives (500) sur ladite zone où l'on désire façonner ladite forme.

14. Installation selon la revendication 13, caractérisée en ce qu'au moins une fente dudit outil joue en outre le rôle de canal d'acheminement desdites particules abrasives au niveau de ladite zone et fait partie intégrante desdits moyens d'acheminement.

Fig.2

