

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **720 627 A2**

(51) Int. Cl.: **C23D** **5/00** (2006.01)
G04B **19/12** (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 000311/2023

(71) Requérant:
MD'Art SA, Rue des Noyes 10
2610 St-Imier (CH)

(22) Date de dépôt: 21.03.2023

(72) Inventeur(s):
Serge BERRUX, 2314 La Sagne (CH)

(43) Demande publiée: 30.09.2024

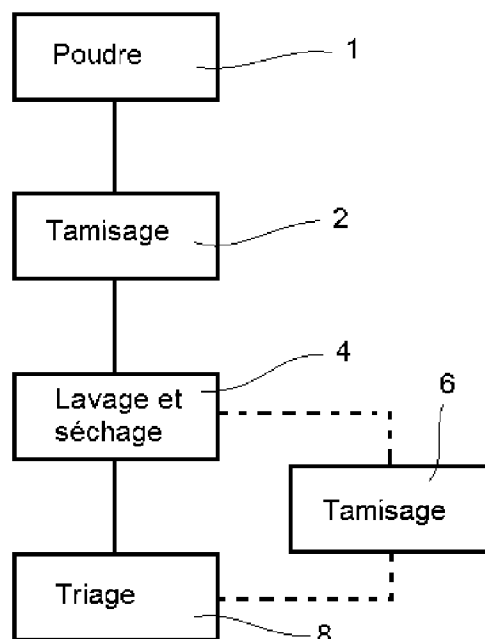
(74) Mandataire:
e-Patent SA, Rue Saint-Maurice 12 Case postale
2001 Neuchâtel 1 (CH)

(54) **Procédé de préparation d'une poudre d'émail pour la fabrication d'une galette en émail et procédé de fabrication d'une telle galette en émail**

(57) La présente invention concerne un procédé de préparation d'une poudre propre d'émail pour la fabrication d'une galette en émail, le procédé de préparation comportant les étapes consistant à:

- se munir d'une poudre commerciale d'émail de 80 Mesh ou plus,
- tamiser la poudre commerciale, pour préparer une poudre tamisée, au moins avec un tamis dont les mailles sont comprises entre 80 et 160 μ m,
- laver préférentiellement la poudre tamisée, avant de la sécher et de la déshydrater, pour obtenir une poudre lavée,
- mettre en œuvre une opération de triage pour retirer des impuretés et obtenir la poudre propre.

La présente invention concerne encore un procédé de fabrication utilisant la poudre propre ainsi obtenue pour la fabrication d'une galette en émail, notamment d'un cadran pour une pièce d'horlogerie.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé de préparation d'une poudre propre d'émail pour la fabrication d'une galette en émail, notamment d'un cadran pour une pièce d'horlogerie. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une telle galette en émail, notamment d'un cadran pour une pièce d'horlogerie, à partir de la poudre propre d'émail ainsi obtenue.

Etat de la technique

[0002] Des procédés de fabrication de composants émaillés pour l'horlogerie, notamment des cadrans émaillés, sont connus depuis très longtemps. Bien entendu, d'autres composants que le cadran peuvent être recouverts d'émail sans pour autant sortir du cadre de la présente invention tel que défini par le jeu de revendications annexé, notamment tout autre composant de la boîte de montre, par exemple une lunette, voire un composant du mouvement tel qu'un pont. On peut également trouver des composants émaillés de haute qualité dans les domaines de la bijouterie, de la coutellerie, voire de la maroquinerie.

[0003] Les cadrans émaillés sont typiquement réalisés de manière artisanale et sont généralement réservés à des pièces d'horlogerie du haut de gamme du fait de leur coût de fabrication relativement élevé. En effet, les composants émaillés pour l'horlogerie doivent présenter une qualité esthétique irréprochable, ce qui exige la mise en œuvre de conditions de fabrication relativement pointues. En particulier, on notera que les procédés de fabrication de composants émaillés sont généralement très sensibles aussi bien à des facteurs internes, notamment la composition de la poudre d'émail utilisée, qu'à des facteurs externes, notamment les conditions de travail comme la température ambiante (plus particulièrement ses variations éventuelles) ou l'hygrométrie.

[0004] Les poudres d'émail disponibles dans le commerce présentent une certaine variabilité dans leur composition et dans les dimensions des particules qui les composent. Ces poudres peuvent généralement contenir de la silice, de l'argile et des feldspaths, des oxydes métalliques, de la craie, de la chaux, etc..., ainsi que des impuretés, comme par exemple des particules de fonte, ou d'autres métaux, issues du broyage dans des moulins à billes ou à boulets du matériau de base utilisé pour préparer les poudres. Ainsi, en ce qui concerne les poudres commerciales pour réaliser plus spécifiquement des composants en émail blanc, elles peuvent contenir des particules composées d'un mélange de grains incolores, de grains opaques ou blancs, de grains opalins et d'impuretés, dont certaines des particules présentent des dimensions importantes.

[0005] Depuis longtemps, des manufactures horlogères ont effectué de multiples recherches pour tenter de définir des procédés de fabrication de composants émaillés qui seraient reproductibles. Pour atteindre un tel but, il semble important de pouvoir définir non seulement une qualité spécifique d'une poudre d'émail propre à être utilisée pour réaliser de tels composants, mais également les conditions du procédé de fabrication de ces composants appliquées à une telle poudre d'émail.

[0006] A titre d'exemple, la demande de brevet EP 1413649 A1 décrit un procédé de fabrication d'un cadran de forme, c'est-à-dire présentant une forme autre qu'un disque, en émail blanc recouvert d'une peinture de décoration. La forme du cadran à fabriquer étant différente d'un disque, elle implique la mise en œuvre de conditions de fabrication bien spécifiques différant des conditions usuelles dans le domaine. Ainsi, outre des étapes spécifiques de préparation du substrat destiné à recevoir l'émail blanc, ce document prévoit des étapes de traitement de poudres commerciales d'émail blanc, dans le but d'obtenir une poudre d'émail propre à la mise en œuvre du procédé de fabrication décrit (voir notamment le paragraphe [0018]). En particulier, les poudres commerciales doivent être broyées, pour conduire à une poudre utilisable dont les particules présentent une granulométrie moyenne de l'ordre de 10 µm à 15 µm, puis acidifiées pour augmenter la dureté de l'émail finalement obtenu, c'est-à-dire leur température de cuisson. Les étapes de fabrication du cadran sont ensuite présentées en détail.

[0007] De manière plus générale, on constate que les fabricants de composants émaillés n'attachent pas une importance particulière à la poudre d'émail utilisée. Ainsi, par exemple, la demande de brevet EP 3406157 A1, déposée en 2017, relative à la fabrication de cadrans émaillés cloisonnés, et comprenant des émaux différents à l'intérieur de différentes cloisons, précise dans son paragraphe [0027] que „la nature chimique et la composition des émaux utilisés sont bien connues de l'homme du métier“.

[0008] Finalement, on trouve ici un résumé pertinent de l'état de l'art en matière de cadrans réalisés en émail grand feu, publié le 29 juillet 2021: <https://lepetitpoussoir.fr/chroniques/quest-ce-que-lemail-grand-feu>, et dont on retiendra que leur „production est impossible à industrialiser“, cette idée étant largement admise dans le domaine. Cette présentation mentionne une autre idée généralement admise dans le domaine, relative au taux de rebut élevé en matière de fabrication de cadrans émaillés, estimé à environ 60%.

[0009] Par conséquent, il semble toujours nécessaire de définir des conditions de fabrication de composants émaillés pour l'horlogerie qui permettent d'améliorer la reproductibilité des procédés de fabrication correspondants et, ainsi, d'abaisser leurs coûts de production.

Divulgaration de l'invention

[0010] Comme déjà mentionné, il semble important de pouvoir définir non seulement une qualité spécifique d'une poudre d'émail propre à être utilisée pour réaliser de tels composants, mais également les conditions du procédé de fabrication de ces composants appliquées à une telle poudre d'émail.

[0011] Aussi, un premier but de la présente invention est de proposer un procédé de préparation d'une poudre d'émail alternatif aux procédés connus de l'art antérieur, la poudre d'émail ainsi obtenue permettant, lorsqu'elle est ensuite utilisée lors de la mise en œuvre de procédés de fabrication de composants émaillés pour l'horlogerie, d'en améliorer la reproductibilité.

[0012] A cet effet, la présente invention concerne plus particulièrement un procédé de préparation d'une poudre d'émail du type mentionné plus haut, caractérisé par le fait qu'il comporte les étapes consistant à:

- a) se munir d'une poudre commerciale d'émail de 80 Mesh ou plus,
- b) tamiser la poudre commerciale pour préparer une poudre tamisée dont la granulométrie est essentiellement comprise dans une plage prédéfinie,
- c) laver préférablement la poudre tamisée, avant de la sécher et de la déshydrater, pour obtenir une poudre lavée,
- d) mettre en œuvre une opération de triage pour retirer des impuretés et obtenir la poudre propre,

et dans lequel l'étape b) est mise en œuvre en tamisant la poudre commerciale d'émail au moins avec un tamis dont les mailles sont comprises entre 80 et 160 μm .

[0013] Grâce à ces caractéristiques, on obtient une poudre d'émail conduisant à une excellente homogénéité de surface du composant émaillé finalement obtenu, après mise en œuvre du procédé de fabrication correspondant. En effet, au cours de ses recherches, la Demanderesse a pu constater que la granulométrie de la poudre d'émail utilisée pouvait avoir un impact décisif sur le résultat obtenu. Il est important de disposer d'une poudre d'émail contenant une répartition de particules relativement large, du point de vue de leur granulométrie, sans toutefois qu'elle ne contienne beaucoup de particules dont la plus grande dimension serait supérieure à 160 μm . Plus particulièrement, lorsque la poudre d'émail est passée au four, elle doit contenir un mélange de particules de faibles dimensions et de particules de dimensions plus importantes pour assurer que leur fusion se fasse de manière à donner lieu à un état de surface final, après refroidissement, parfaitement homogène.

[0014] De manière générale, on notera que les poudres d'émail commerciales sont obtenues par des opérations de broyage visant à obtenir une distribution de particules de taille moyenne prédéfinie. Typiquement, les fournisseurs de poudre d'émail identifient leurs poudres d'émail par une valeur, exprimée en Mesh, correspondant sensiblement à la taille des particules présentes de manière majoritaire dans une poudre donnée. Des tables de conversion existent pour connaître la correspondance entre les Mesh et les microns, par exemple ici: <https://www.ecologixsystems.com/resources-calculators-mesh-micron/>. En réalité, une poudre de X Mesh présente généralement une distribution de la taille des particules qu'elle contient qui est relativement large la plupart du temps, et répond à une courbe du type courbe de Gauss sensiblement centrée sur la valeur X. Ainsi, on trouve dans ces poudres une proportion majoritaire de particules dont la taille est voisine de la taille prédéfinie souhaitée, mais on y trouve également beaucoup de particules de tailles éloignées de la taille prédéfinie souhaitée, aussi bien plus petites que plus grandes. La Demanderesse a pu constater au cours de ses recherches que la présence d'une quantité trop importante de particules dont la taille est éloignée de la taille prédéfinie souhaitée est nuisible pour la mise en œuvre ultérieure d'un procédé de fabrication de composants émaillés. En pratique, il convient de relever que le tamisage d'une poudre d'émail commerciale avec un tamis correspondant à la granulométrie annoncée par le fournisseur conduit à l'élimination de 30 à 50% en masse de la poudre d'émail initiale, ce qui permet déjà d'améliorer nettement la reproductibilité lors de la fabrication de composants émaillés. Dans la mesure où il est préférable de limiter la quantité de particules plus grandes que 160 μm , l'utilisation d'une poudre commerciale d'émail de moins de 80 Mesh conduirait à l'élimination d'une part encore plus importante de la poudre initiale pour répondre aux besoins de la présente invention, c'est pourquoi il est préférable de choisir une poudre de départ d'au moins 80 Mesh.

[0015] Le fait de tamiser la poudre commerciale d'émail permet de supprimer un grand nombre de particules dont les dimensions sont supérieures aux dimensions souhaitées. On peut ainsi considérer que la proportion de particules résiduelles présentant au moins une dimension supérieure à la taille des mailles d'un tamis, après une opération de tamisage avec ce tamis, ne devrait pas dépasser 5% (du fait essentiellement du passage de particules allongées ou en forme d'aiguilles au travers des mailles du tamis suivant leur direction longitudinale).

[0016] De manière complémentaire, l'étape c) de lavage de la poudre d'émail tamisée permet de supprimer un grand nombre de particules fines, soit de petites dimensions. Toutefois, certains fournisseurs de poudres d'émail proposent de faire subir un dépoussiérage à leurs poudres pour retirer directement ces particules fines. Dans ce cas, l'étape c) de lavage peut être optionnelle dans la mesure où son efficacité ou son utilité serait nettement amoindrie.

[0017] Selon un mode de réalisation préféré, notamment lorsque la poudre commerciale d'émail utilisée n'a pas subi de dépoussiérage préalable, on peut prévoir que l'étape c) comprenne entre trois et dix opérations de lavage successives, dont chacune comprend

- une étape d'immersion totale de la poudre tamisée dans de l'eau distillée, avec mise en œuvre d'un brassage pendant au moins trente secondes,
- une étape de décantation, de durée préférentiellement comprise entre trente secondes et trois minutes,
- une étape de débordement visant à retirer l'eau de lavage, c'est-à-dire à séparer la poudre lavée de l'eau de lavage.

[0018] Grâce à ces caractéristiques supplémentaires, une proportion maximale des particules les plus fines, initialement présentes dans la poudre d'émail commerciale, est retirée de la poudre d'émail qui sera finalement utilisée pour la fabrication de composants horlogers, ce qui permet encore d'améliorer la reproductibilité de l'obtention d'un état de surface final du composant émaillé parfaitement homogène.

[0019] De manière avantageuse, on peut également prévoir que l'étape c) comprenne une opération de séchage de la poudre après lavage, à une température supérieure à 60°C, pendant une durée qui dépendra de la température retenue. On s'assure ainsi de l'absence d'eau dans la poudre d'émail qui sera finalement utilisée pour fabriquer des composants émaillés, la présence éventuelle d'eau constituant ici un facteur défavorable pour l'amélioration de la reproductibilité du procédé de fabrication correspondant.

[0020] Selon une variante de réalisation préférée, on peut prévoir que le procédé de préparation comporte une étape supplémentaire de tamisage de la poudre lavée, mise en œuvre entre les étapes c) et d), conduisant à l'extraction, hors de la poudre lavée, de sensiblement toutes les particules dont la plus grande dimension excède une valeur prédéfinie, cette valeur prédéfinie étant comprise entre 80 et 120 µm, plus préférentiellement entre 90 et 110 µm.

[0021] Par ailleurs, on peut avantageusement prévoir que l'étape d) comprenne une opération consistant à distribuer la poudre lavée sur un support incliné pour y créer un écoulement de la poudre lavée, le support incliné comprenant un organe de restriction de l'épaisseur d'écoulement agencé pour limiter l'épaisseur de la poudre lavée s'écoulant sur le support. Une telle disposition permet d'améliorer les conditions d'examen de la poudre lavée lors de l'opération de triage.

[0022] Dans ce cas, on peut en outre prévoir, dans cette étape d), une opération de triage manuel des impuretés par un opérateur, consistant à mettre en œuvre un dispositif optique grossissant pour observer l'écoulement de la poudre lavée et un système d'aspiration pour aspirer les impuretés détectées.

[0023] De plus, on peut encore prévoir que l'organe de restriction comporte au moins une portion produisant un champ magnétique susceptible de retenir des impuretés présentant des propriétés ferromagnétiques, ce qui procure un triage automatique d'une partie des impuretés soulageant l'opérateur.

[0024] Selon un mode de réalisation préféré, le procédé de préparation est appliqué à la préparation d'une poudre d'émail blanc, destinée à permettre la fabrication de composants émaillés blancs.

[0025] Un but supplémentaire de la présente invention est d'utiliser la poudre propre d'émail obtenue par la mise en œuvre du procédé de préparation qui vient d'être décrit pour mettre en œuvre un procédé de fabrication d'une galette en émail, notamment pour un composant horloger comme un cadran, ce procédé comprenant les étapes consistant à:

- i) se munir d'une telle poudre propre d'émail,
- ii) se munir d'une plaquette métallique, en saphir, ou en céramique présentant des dimensions transversales sensiblement égales ou légèrement supérieures à celle de la galette à fabriquer,
- iii) appliquer de la poudre propre sur la plaquette, de manière sensiblement homogène,
- iv) appliquer un traitement thermique à la plaquette recouverte de la poudre propre, en la passant dans un four suivant un profil en température prédéfini, dont une partie sous pression inférieure à la pression atmosphérique.

[0026] On notera que, de manière générale, la poudre propre d'émail peut être appliquée sur la plaquette de plusieurs manières différentes, notamment par saupoudrage ou, après une humidification plus ou moins importante, au pinceau ou à la spatule.

[0027] De manière préférée, on peut prévoir que, dans l'étape iii), la poudre propre soit appliquée sur la plaquette par saupoudrage, en saupoudrant la poudre propre, depuis une hauteur d'au moins 5 cm, préférentiellement au moins 30 cm, plus préférentiellement au moins 50 cm, sur un premier tamis parmi au moins deux tamis superposés vibrants et/ou rotatifs,

situés à au moins 3 cm l'un de l'autre et dont chacun présente des dimensions transversales légèrement supérieures à celles de la plaquette.

[0028] Dans le cas où la poudre propre d'émail est appliquée au pinceau ou à la spatule, il est ensuite préférable de faire passer la plaquette recouverte dans une étuve, pour sécher la poudre d'émail, en la soumettant à une température préférablement comprise entre 60°C et 90°C, pendant une durée de l'ordre de 1h à 2h en fonction de la température appliquée.

[0029] De manière générale, on peut également prévoir que l'opération iv) de traitement thermique, conduisant à la fusion de la poudre d'émail, comprend les étapes consistant à:

- préchauffer l'enceinte du four à une température initiale comprise entre 400°C et 600°C,
- introduire la plaquette recouverte de poudre propre dans l'enceinte du four,
- fermer le four,
- au cours d'une durée comprise entre 2 et 10 minutes, faire décroître la pression dans l'enceinte du four, jusqu'à une pression finale comprise entre 20 hPa et 100 hPa, préférablement environ 60 hPa, et faire croître la température dans l'enceinte du four jusqu'à une température finale comprise entre 500°C et 1'400°C,
- maintenir la température de l'enceinte du four à la température finale pendant une durée comprise entre 0 et 5 minutes avant de faire croître la pression dans l'enceinte du four jusqu'à la valeur de la pression atmosphérique,
- maintenir encore la température dans l'enceinte du four à la température finale pendant une durée comprise entre 30 secondes et 10 minutes,
- faire décroître la température dans l'enceinte du four jusqu'à atteindre sensiblement la température initiale.

[0030] Dans ce cas, on peut également prévoir que l'opération iv) comprenne une étape supplémentaire de préséchage, avant la fermeture du four, consistant à disposer la plaquette recouverte de la poudre propre dans l'enceinte du four en y maintenant la température initiale pendant une durée comprise entre 0 et 3 minutes, préférablement d'environ 1 minute.

[0031] Par ailleurs, on peut encore avantageusement prévoir que le procédé de fabrication comporte des étapes supplémentaires consistant à:

- v) meuler et/ou lapider la surface supérieure de la galette obtenue après le traitement thermique de l'opération iv) pour l'aplanir et/ou réduire l'épaisseur de la galette jusqu'à une valeur souhaitée prédéfinie,
- vi) procéder à un lissage de la surface de la galette meulée soit par un polissage mécanique, soit par un polissage au feu comprenant un nouveau passage dans un four à une température comprise entre 600°C et 900°C, pendant une durée comprise entre 30 secondes et 5 minutes.

[0032] Dans ce cas, lors de la mise en œuvre de l'étape vi), il est préférable d'utiliser un four qui ne soit pas utilisé pour la cuisson de l'émail, dans la mesure où des particules issues de l'isolation en céramique de l'enceinte seraient susceptibles de se détacher et de se déposer sur la galette lors du polissage au feu. De plus, il est préférable de prévoir que le four de polissage soit muni d'un tube d'introduction en quartz, au travers duquel la galette est introduite dans le four, afin d'éviter la présence de poussières éventuelles à l'intérieur du four, de telles poussières étant sinon susceptibles de polluer les galettes polies ultérieurement. Le tube en quartz pourra ainsi être nettoyé, facilement et régulièrement, pour en retirer les éventuels dépôts polluants.

[0033] La présente invention concerne également une poudre d'émail obtenue par la mise en œuvre du procédé de préparation exposé plus haut, ainsi qu'une galette d'émail obtenue par la mise en œuvre du procédé de fabrication qui vient d'être exposé, et un composant horloger comportant une telle galette en émail.

Brève description des dessins

[0034] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation préféré qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemple non limitatif et dans lesquels:

- la figure 1 représente un schéma de principe simplifié d'un exemple de procédé de préparation d'une poudre d'émail selon un mode de réalisation préféré de la présente invention;

- la figure 2 représente un schéma de principe simplifié d'un exemple de procédé de fabrication d'une galette d'émail selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, et
- la figure 3 représente un diagramme simplifié illustrant certaines conditions préférées de mise en œuvre du procédé de fabrication de la figure 2.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0035] Comme exposé précédemment, la Demanderesse a constaté au cours de ses recherches que pour améliorer la reproductibilité des procédés de fabrication de composants émaillés, en particulier pour l'horlogerie où la qualité esthétique obtenue est primordiale, il est non seulement nécessaire de définir des conditions opératoires bien spécifiques et strictes pour le procédé de fabrication en tant que tel, mais il est également important de sélectionner préalablement une qualité de poudre d'émail particulière, sans laquelle un haut niveau de reproductibilité du procédé de fabrication ne pourrait pas être atteint.

[0036] Aussi, dans un premier temps, la présente invention concerne un procédé de préparation d'une poudre d'émail, à partir d'une poudre disponible dans le commerce, présentant les qualités requises pour permettre d'atteindre un haut de niveau de reproductibilité lors de la fabrication ultérieure de composants émaillés.

[0037] La figure 1 représente un schéma de principe simplifié d'un exemple de procédé de préparation d'une poudre d'émail blanc selon un mode de réalisation préféré de la présente invention.

[0038] Plus précisément, le procédé de préparation d'une poudre d'émail selon la présente invention privilégie l'utilisation, comme base, d'une poudre d'émail disponible dans le commerce, comme illustré par l'étape a), référence numérique 1 sur le schéma de la figure 1. Pour ce qui concerne plus spécifiquement des poudres d'émail blanc commerciales, à titre illustratif non limitatif, on pourra par exemple s'en procurer auprès des Emaux Soyer (<https://www.emaux-soyer.com/fr/>) ou de Thompson Enamel (<https://thompsonenamel.com/shop/>). On constate en particulier que Thompson Enamel propose différentes poudres d'émail blanc de 80 Mesh, soit 177 μm d'après la table de conversion mentionnée plus haut. Autrement dit, une telle poudre d'émail présente une distribution assez large de particules, plus ou moins centrée sur une taille médiane des particules de l'ordre de 180 μm .

[0039] Comme déjà mentionné plus haut, ces poudres d'émail blanc comprennent généralement plusieurs types de particules contenant essentiellement de la silice, mais aussi de l'argile et des feldspaths, des oxydes métalliques, de la craie, de la chaux, etc..., ainsi que des impuretés de diverses natures. Il est possible de trouver, par exemple, des particules de fer, d'acier ou de fonte issues d'une opération de broyage mise en œuvre pour préparer les poudres.

[0040] Dans le cas d'une poudre d'émail blanc, les différentes particules de la poudre de base qui ne constituent pas des impuretés peuvent être distribuées sous trois formes de grains: des grains incolores, des grains opaques (plutôt blancs) et des grains opalins.

[0041] Si la présence d'impuretés n'est pas souhaitable de toute façon, la Demanderesse a constaté qu'un paramètre important dans la qualité de la poudre d'émail à utiliser pour fabriquer des composants horlogers avec une bonne reproductibilité est la taille des particules constituant cette poudre d'émail.

[0042] Ainsi, comme schématisé par la référence numérique 2, sur la figure 1, la première étape de traitement de la poudre commerciale d'émail, ou deuxième étape b) du procédé de préparation, consiste à la tamiser pour limiter la taille des particules présentes.

[0043] Plus précisément, on prévoit avantageusement de tamiser cette poudre commerciale en la faisant passer au travers d'un tamis dont les mailles présentent des dimensions comprises entre 80 et 160 μm , de telle manière que la proportion de particules de dimensions supérieures aux mailles du tamis retenu, contenues dans la poudre tamisée, soit la plus limitée possible. En effet, la poudre tamisée pourra toujours contenir quelques particules présentant une longueur supérieure à la valeur limite retenue, par un passage au travers des mailles de tamis suivant leur direction longitudinale. Toutefois, la proportion de telles particules ne devrait pas dépasser environ 5% en masse de la masse totale de la poudre tamisée, soit beaucoup moins que dans les poudres commerciales comme relevé plus haut.

[0044] De manière avantageuse, on peut prévoir l'utilisation de différents tamis superposés, présentant des mailles dont les dimensions diminuent en passant d'un tamis au suivant dans le sens de l'écoulement de la poudre à tamiser, notamment pour favoriser un écoulement plus rapide et éviter un engorgement d'un tamis unique, sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications annexées. Ainsi, par exemple, si l'on souhaite extraire toutes les particules présentant une dimension supérieure à 100 μm d'une poudre commerciale contenant des particules dont les dimensions vont jusqu'à 300 μm , on peut utiliser un premier tamis avec des mailles entre 180 μm et 220 μm , un deuxième tamis avec des mailles d'environ 140 μm à 150 μm et un troisième tamis avec des mailles de 100 μm .

[0045] Le tamisage peut aussi être effectué en plusieurs fois sans pour autant sortir du cadre de la présente invention tel que défini par les revendications annexées. Par ailleurs, le tamisage pourra être un tamisage sec ou un tamisage humide sans impact sur la mise en œuvre de la présente invention.

[0046] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour mettre en œuvre l'opération de tamisage en ayant recours à tout dispositif adapté disponible dans le commerce. Il est par exemple possible d'utiliser une tamiseuse commercialisée par la société Retsch (<https://www.retsch.fr/fr/produits/tamiser/tamiseuses/>).

[0047] Le tamisage de la poudre d'email commerciale permet d'obtenir une qualité optimale pour le traitement thermique ultérieur. En particulier, il est important de préparer une poudre d'email contenant des particules de dimensions différentes pour assurer sa fusion homogène et une bonne finesse de la surface finalement obtenue. Des particules trop grandes conduiraient à un état de surface grossier. A l'inverse, des particules trop petites peuvent donner lieu à des problèmes d'écoulement lors des manipulations ultérieures, et ne permettent pas l'obtention d'une fusion homogène puisqu'elles risquent de donner lieu à l'apparition de bulles dans l'email cuit.

[0048] Comme signalé précédemment, l'utilisation d'une poudre commerciale d'email de moins de 80 Mesh conduirait à l'élimination d'une proportion importante de la poudre de départ (généralement au moins 50%), pour limiter la quantité de particules de plus de 160 µm dans la poudre tamisée, c'est pourquoi il est préférable de se servir d'une poudre commerciale d'email de 80 Mesh, ou de plus de 80 Mesh, pour mettre en œuvre le procédé selon la présente invention en limitant la quantité de déchets.

[0049] Ainsi, le procédé de préparation selon la présente invention prévoit ensuite une opération de lavage de la poudre tamisée, visant entre autres à extraire les particules trop petites, comme schématisé par une étape c) repéré par la référence numérique 4 sur la figure 1. Comme déjà signalé plus haut, si la poudre d'email utilisée a déjà subi une opération préalable de dépoussiérage, par exemple en passant dans un système de type séparateur cyclonique, il est probable qu'elle ne contienne plus ou que très peu de particules fines. Dans ce cas, le lavage d'une telle poudre peut être optionnel.

[0050] Lorsqu'un lavage est souhaité ou nécessaire, le procédé selon l'invention prévoit avantageusement que l'étape c) correspondante comprenne entre trois et dix opérations de lavage successives, dont chacune comprend

- une étape d'immersion totale de la poudre tamisée dans de l'eau distillée, avec mise en œuvre d'un brassage pendant au moins trente secondes,
- une étape de décantation, de durée préférablement comprise entre trente secondes et trois minutes, et
- une étape de débordement visant à retirer l'eau de lavage (contenant essentiellement de l'eau distillée et des particules fines).

[0051] Grâce à ces caractéristiques, les particules les plus lourdes retombent au fond du récipient pendant la décantation, tandis que les particules les plus légères sont encore en suspension dans l'eau distillée, la rendant trouble. Ainsi, le débordement visant à retirer l'eau de lavage permet également d'extraire les particules les plus légères, donc les plus petites.

[0052] De manière optionnelle, il est bien entendu possible de prévoir une étape de passage dans un bain acide, par exemple de l'acide nitrique, notamment pour dissoudre certaines particules métalliques et pouvoir les extraire lors du débordement.

[0053] Une fois que la poudre d'email est lavée, elle doit être séchée et déshydratée, la présence d'humidité pendant la phase de cuisson ultérieure risquant ici de compromettre la vitrification de l'email, notamment par l'apparition de bulles.

[0054] On peut alors avantageusement prévoir un séchage de la poudre d'email lavée à une température d'au moins 60°C dans le but de la sécher. A titre d'exemple non limitatif, pour éviter un temps de séchage trop long, on peut prévoir un passage de la poudre d'email lavée dans un four, à une température qui serait comprise entre 100°C et 150°C, pendant une durée dépendant de la température retenue.

[0055] De manière optionnelle, on peut prévoir au moins une étape ultérieure 6 de tamisage, afin de retirer tout agglomérat éventuel qui se serait formé pendant le séchage de la poudre d'email et qui présenterait des dimensions trop importantes. Dans ce cas, on peut préférablement prévoir d'utiliser un tamis présentant des mailles de dimension similaire à la dimension des mailles du dernier tamis utilisé lors du tamisage préalable, par exemple 100 µm. De manière générale, on pourra utiliser un tamis présentant des mailles entre 80 et 120 µm, plus préférablement entre 90 et 110 µm.

[0056] On comprendra, d'après les explications qui précèdent, qu'on pourra avantageusement privilégier une poudre commerciale d'email de 240 Mesh au maximum (ce qui correspond à une valeur médiane de taille de particules de l'ordre de 60 µm) pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. En effet, l'utilisation d'une poudre de base de plus de 240 Mesh conduirait à des pertes plus importantes lors du lavage, du fait d'une plus grande présence de particules fines dans la poudre de base que dans les poudres de moins de 240 Mesh.

[0057] Le procédé de préparation selon la présente invention comporte avantageusement une étape d) ultérieure, référence numérique 8 sur la figure 1, consistant à trier la poudre d'émail lavée, pour en extraire un maximum d'impuretés comme par exemple des particules métalliques résiduelles, des poils ou des fibres textiles. De telles impuretés présentent typiquement une apparence et/ou une coloration nettement différentes de celles des grains composant la poudre d'émail.

[0058] A cet effet, il peut être souhaitable de répartir la poudre d'émail lavée suivant une fine couche disposée sur un support permettant de créer un contraste visuel important avec les impuretés, par exemple de couleur blanche lorsque l'émail à préparer est blanc.

[0059] Avec une telle configuration, il devient possible pour un opérateur d'observer la fine couche de poudre d'émail pour en retirer manuellement les impuretés détectées.

[0060] De manière avantageuse, l'opérateur peut utiliser un dispositif optique grossissant pour observer la poudre lavée et un système d'aspiration pour aspirer les impuretés détectées.

[0061] De manière encore plus avantageuse, on peut prévoir une distribution contrôlée de la poudre lavée sur un support incliné pour y créer un écoulement de la poudre lavée, le support incliné comprenant un organe de restriction de l'épaisseur d'écoulement agencé pour limiter l'épaisseur de la poudre lavée s'écoulant sur le support.

[0062] De manière préférée, on prévoit que le support incliné puisse vibrer, par exemple à une fréquence de quelques dizaines de Hertz, pour créer et maintenir un écoulement régulier de la poudre lavée. Le dispositif optique grossissant peut alors avantageusement comporter un binoculaire dont le plan focal est ajusté sur une portion du support incliné, par exemple avec un grossissement de l'ordre de dix fois pour assurer un champ d'observation suffisamment grand. On peut préféablement prévoir la possibilité d'augmenter le grossissement du binoculaire, par exemple jusqu'à vingt fois, en cas de doute sur la nature d'une particule observée. Dans ce cas, le support peut avantageusement comprendre une plaque en céramique (blanche pour de l'émail blanc) pour limiter les frottements lors de l'écoulement de la poudre d'émail à trier.

[0063] L'organe de restriction de l'épaisseur d'écoulement peut être une plaquette située à une distance du support comprise entre 0.15 mm et 0.4 mm, cette distance devant être suffisante pour permettre la mise en place d'un écoulement fluide, sans pour autant donner lieu à l'écoulement d'une couche de poudre lavée trop épaisse qui rendrait l'observation difficile.

[0064] En outre, il peut être particulièrement avantageux de prévoir qu'au moins une portion de l'organe de restriction de l'épaisseur d'écoulement soit apte à produire un champ magnétique susceptible de retenir des impuretés présentant des propriétés ferromagnétiques. En effet, même si la poudre d'émail commerciale de base a pu subir le passage d'un aimant ou d'un électroaimant lors de sa fabrication, pour en retirer des impuretés ferromagnétiques, une telle opération permet généralement d'extraire les particules les plus grosses, mais les particules les plus fines restent dans la poudre d'émail traitée. Ainsi, par exemple, dans le cas de l'utilisation d'une plaquette jouant le rôle de cet organe de restriction, on peut préféablement prévoir qu'elle soit constituée directement par un aimant permanent. L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour choisir un matériau adapté pour remplir un tel rôle en fonction de ses propres besoins. A titre d'exemple illustratif non limitatif, il est possible d'utiliser un aimant de type néodyme ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) disponible dans le commerce, dont le produit énergétique maximum serait de l'ordre de 20 MGOe à 60 MGOe (avec 1 MGOe = 1 MégaGauss Oersted = 7.958 kJ/m³).

[0065] Grâce aux caractéristiques qui viennent d'être exposées, il est possible de préparer une poudre d'émail propre, présentant des qualités spécifiques qui permettront de réaliser des composants horlogers émaillés de grande qualité de surface finale et avec une grande reproductibilité. En attendant qu'elle ne soit utilisée dans ce but, il est préférable de stocker cette poudre d'émail propre dans un récipient hermétique pour en limiter les risques de contamination, notamment par l'humidité.

[0066] A présent, des conditions préférées de mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'une galette en émail, notamment pour réaliser un composant horloger émaillé, vont être exposées en relation avec le schéma de principe simplifié de la figure 2.

[0067] De manière générale, le procédé de fabrication comporte les étapes consistant à:

- i) se munir d'une poudre d'émail,
- ii) se munir d'une plaquette métallique, en saphir, ou en céramique présentant des dimensions transversales sensiblement égales ou légèrement supérieures à celle de la galette à fabriquer, référence numérique 22 sur la figure 2,
- iii) appliquer la poudre d'émail sur la plaquette, de manière sensiblement homogène, référence numérique 24,
- iv) appliquer un traitement thermique à la plaquette recouverte de la poudre d'émail, en la passant dans un four pendant une certaine durée, dont une partie sous pression inférieure à la pression atmosphérique, suivant un profil en température prédéfini, référence numérique 26.

[0068] Le procédé de fabrication selon la présente invention se distingue des procédés de fabrication connus par le fait que la poudre d'émail utilisée est celle obtenue par la mise en œuvre du procédé de préparation qui vient d'être présenté, ce qui permet de garantir une galette d'émail d'excellente qualité avec une reproductibilité améliorée en référence aux procédés de fabrication de l'état de la technique.

[0069] Par ailleurs, des conditions préférées supplémentaires de mise en œuvre du procédé de fabrication selon l'invention vont maintenant être présentées.

[0070] Pour ce qui concerne la mise en œuvre de l'étape ii), l'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour choisir un matériau adapté à ses propres besoins. Les plaquettes généralement utilisées comme support pour le dépôt de la poudre d'émail peuvent être métalliques, par exemple en cuivre, en argent, en or, ou en saphir ou en céramique.

[0071] La plaquette est typiquement préparée, de manière connue, en subissant notamment un nettoyage et/ou une désoxydation et/ou un recuit et/ou une texturation de sa surface destinée à recevoir la poudre d'émail pour améliorer l'adhérence de l'émail lors de la vitrification ultérieure.

[0072] On pourra également prévoir un certain nombre d'opérations propres à la nature du composant horloger à fabriquer qui n'ont pas d'impact direct sur la mise en œuvre du procédé de fabrication selon la présente invention.

[0073] Ainsi, par exemple, dans le cas de la fabrication d'un cadran de montre, des pieds de cadran sont préférablement ménagés sur la plaquette, qu'un horloger pourra ultérieurement exploiter pour rendre le cadran solidaire d'une platine d'un calibre horloger. Ces pieds de cadran peuvent être soit réalisés d'une pièce avec le cadran, soit rapportés.

[0074] On prévoit également l'assemblage de pieds de travail, généralement plus robustes que les pieds de cadran, permettant de manipuler la plaquette pendant la mise en œuvre du procédé de fabrication. Ces pieds de travail peuvent notamment être agencés sur un rayon supérieur à ceux des pieds de cadran, pour permettre leur élimination en fin de procédé de fabrication, par découpage de la galette aux dimensions finales du cadran, la trajectoire du découpage passant typiquement entre les pieds de cadran et les pieds de travail. Ces pieds de travail permettent en particulier de positionner la plaquette sur un trivet, par l'intermédiaire duquel la plaquette sera manipulée pendant la mise en œuvre du procédé de fabrication.

[0075] Par ailleurs, différentes techniques sont connues pour éviter une déformation du cadran en fin de traitement thermique, du fait de l'apparition de tensions potentielles importantes entre la matière vitrifiée et la plaquette. Ainsi, on peut prévoir l'application d'un contre-email au verso de la plaquette, d'épaisseur plus ou moins similaire à celle de l'émail à réaliser au recto, afin d'équilibrer les tensions apparaissant alors de part et d'autre de la plaquette et de maintenir une bonne planéité de la plaquette lors du refroidissement intervenant après le traitement thermique.

[0076] Une fois que la plaquette est prête à être émaillée, on peut préférablement prévoir que l'étape iii) comprenne un saupoudrage de la poudre propre sur la plaquette depuis une hauteur d'au moins 5 cm, à travers un tamis. Typiquement, le saupoudrage peut être réalisé en disposant de la poudre d'émail propre dans un tamis disposé au-dessus de la plaquette, et sur lequel des chocs sont appliqués pour faire traverser la poudre d'émail et la faire tomber sur la plaquette. Il est généralement avantageux de déplacer le tamis suivant une trajectoire plus ou moins circulaire au-dessus de la plaquette pour améliorer l'homogénéité du dépôt de la poudre d'émail sur la plaquette.

[0077] Selon une variante de mise en œuvre préférée, visant à améliorer l'homogénéité du saupoudrage, on peut prévoir des conditions spécifiques pour cette opération visant à obtenir une distribution plus homogène de la poudre d'émail préalablement au passage au travers d'un, préférablement de plusieurs tamis successifs.

[0078] A cet effet, on peut avantageusement prévoir la mise en place d'un écoulement contrôlé de la poudre d'émail, par exemple au travers d'un entonnoir, avant de la faire tomber en chute libre suivant une hauteur prédéfinie minimale jusqu'à atteindre un premier tamis parmi au moins deux tamis. De manière préférée, la hauteur de la chute libre devrait être d'au moins 30 cm, plus préférablement d'au moins 50 cm. On peut avantageusement prévoir que la chute libre soit réalisée à l'intérieur d'un tube, par exemple en métal dont la paroi interne peut être polie, voire en verre ou en quartz.

[0079] La Demanderesse a par ailleurs pu constater que l'homogénéité du saupoudrage de la poudre d'émail sur la plaquette peut être notablement améliorée en utilisant une succession de tamis superposés animés de mouvements vibrants et/ou rotatifs, et situés à au moins 3 cm les uns des autres, dont chacun présente des dimensions transversales légèrement supérieures à celles de la plaquette. Les tamis peuvent présenter des mailles de quelques centaines de microns, leur rôle ici n'étant plus de tamiser la poudre mais de la distribuer de façon régulière.

[0080] A titre d'exemple illustratif non limitatif, pour un diamètre standard de plaquette de 44 mm pour la réalisation d'un cadran de montre, on pourra prévoir que le diamètre interne du tube et des tamis soit de l'ordre de 45 mm, afin de garantir que toute la plaquette soit bien recouverte lors du saupoudrage.

[0081] De manière préférée, on peut prévoir de deux à huit tamis superposés, plus préférablement de cinq à huit, qui peuvent par exemple être entraînés en rotation dans un premier sens de rotation. On peut également prévoir dans ce cas que le trivet portant la plaquette soit lui-même aussi entraîné en rotation, mais en sens inverse par rapport aux tamis, pour améliorer davantage l'homogénéité du saupoudrage.

[0082] Comme déjà mentionné précédemment, il est possible de prévoir, en alternative au saupoudrage, qu'une couche prédéfinie d'émail soit appliquée sur la plaquette sous forme plus ou moins humide, au moyen d'un pinceau ou d'une spatule. Dans ce cas, il est ensuite préférable de faire passer la plaquette recouverte dans une étuve, pour sécher la poudre d'émail, en la soumettant à une température préférablement comprise entre 60°C et 90°C, pendant une durée de l'ordre de 1h à 2h en fonction de la température appliquée.

[0083] Après l'étape d'application iii), une étape de traitement thermique iv) en four est appliquée à la plaquette recouverte de la poudre d'émail, en 26 sur la figure 2. L'étape de traitement thermique iv) peut être appliquée plusieurs fois, en alternance avec des étapes d'application d'émail iii) supplémentaires, en fonction de l'épaisseur finale d'émail à réaliser, de manière connue.

[0084] Au cours de ses recherches, la Demanderesse a pu définir des conditions optimales préférées pour l'opération de traitement thermique. Ainsi, de manière préférée, l'opération iv) de traitement thermique comprend les étapes illustrées sur le diagramme schématique de la figure 3 et consistant à:

- préchauffer l'enceinte du four à une température initiale comprise entre 400°C et 600°C, domaine 100 sur la figure 3,
- introduire la plaquette recouverte de poudre propre dans l'enceinte du four, flèche 102,
- fermer le four, ligne 104,
- au cours d'une durée comprise entre 2 et 10 minutes, faire décroître la pression dans l'enceinte du four, jusqu'à une pression finale comprise entre 20 hPa et 100 hPa, préférablement environ 60 hPa, et faire croître la température dans l'enceinte du four jusqu'à une température finale comprise entre 500°C et 1'400°C, domaine 106,
- maintenir la température de l'enceinte du four à la température finale pendant une durée comprise entre 0 et 5 minutes, domaine 108, avant de faire croître la pression dans l'enceinte du four jusqu'à la valeur de la pression atmosphérique,
- maintenir encore la température dans l'enceinte du four à la température finale pendant une durée comprise entre 30 secondes et 10 minutes, domaine 110,
- faire décroître la température dans l'enceinte du four jusqu'à atteindre sensiblement la température initiale, domaine 112.

[0085] On notera que les opérations visant à faire baisser la pression dans l'enceinte du four et à en augmenter la température peuvent être mises en œuvre de manière séquentielle ou de manière sensiblement simultanée, en fonction des spécifications du four utilisé. Il conviendra de noter toutefois que, dans le cas d'une mise en œuvre simultanée, il faut veiller à ce que la baisse de pression intervienne suffisamment rapidement par rapport à l'élévation de température, afin d'éviter le piégeage éventuel de bulles dans l'émail. En effet, à partir d'une certaine température, une peau se forme au niveau de la couche supérieure de la poudre d'émail, et celle-ci pourrait empêcher l'air qui se trouverait sous la peau d'en sortir, formant ainsi des bulles dans l'émail, alors que c'est justement là le but de l'application d'une pression négative dans l'enceinte du four.

[0086] Selon une variante de mise en œuvre préférée, on peut prévoir que l'opération iv) comprenne une étape supplémentaire de préséchage, avant la fermeture du four, consistant à disposer la plaquette recouverte de la poudre propre dans l'enceinte du four en y maintenant la température initiale pendant une durée comprise entre 0 et 3 minutes, préférablement d'environ 1 minute, domaine 103.

[0087] A titre d'exemple illustratif non limitatif, des conditions de traitement thermique préférées, pour la fabrication d'une galette en émail blanc sur une plaquette métallique, peuvent être les suivantes:

- l'enceinte du four peut être préchauffée à une température initiale de sensiblement 500°C,
- la plaquette recouverte de poudre propre est introduite dans l'enceinte du four,
- on attend environ 1min avant de fermer le four pour sécher/déshydrater la poudre propre d'émail, puis on attend environ 2 min,
- la pression est ensuite abaissée dans l'enceinte du four jusqu'à une pression de l'ordre de 60 hPa, puis la température y est augmentée, avec une vitesse de l'ordre de 60°C/min, jusqu'à atteindre une température finale de l'ordre de 750°C, ceci au cours d'une durée totale de l'ordre de 2 à 10 min,
-

la température finale est maintenue dans l'enceinte du four pendant environ 1 min avant de laisser la pression dans l'enceinte du four remonter jusqu'à la valeur de la pression atmosphérique,

- la température finale est encore maintenue dans l'enceinte du four pendant environ 5 min,
- on fait décroître la température dans l'enceinte du four jusqu'à atteindre sensiblement la température initiale.

[0088] De manière générale, on peut prévoir un deuxième palier de température optionnel, en faisant par exemple croître la température après le palier à la température finale, avec une vitesse de l'ordre de 60°C/min, jusqu'à atteindre une deuxième température finale de l'ordre de 830°C.

[0089] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour mettre en œuvre l'opération de traitement thermique. Un four de type four dentaire pourra avantageusement être utilisé (par exemple de marque Dentsply, comme proposé à la vente ici: <https://www.dt-shop.com/index.php?id=22&L=3&artnr=22012&aw=074&pg=1>), les fours traditionnellement utilisés pour la fabrication d'émaux ne présentant généralement pas de fonction de mise sous vide. Comme exposé plus haut, l'application d'une pression négative dans l'enceinte du four permet de réduire de manière importante le risque d'apparition de bulles dans l'émail pendant sa vitrification.

[0090] Comme déjà mentionné plus haut, on peut prévoir une ou plusieurs répétitions des étapes d'application de la poudre propre d'émail et de traitement thermique, en fonction de l'épaisseur d'émail à obtenir finalement pour la galette.

[0091] On peut avantageusement prévoir que l'épaisseur d'émail finale soit supérieure à celle souhaitée, en particulier lorsque l'épaisseur souhaitée correspond à une valeur bien précise.

[0092] Dans ce cas, le procédé de fabrication selon l'invention peut comporter des étapes supplémentaires consistant à:

- v) meuler et/ou lapider la surface supérieure de la galette obtenue après le traitement thermique de l'opération iv) pour l'aplanir et/ou réduire l'épaisseur de la galette jusqu'à une valeur souhaitée prédéfinie, référence numérique 28 sur la figure 2, et
- vi) procéder à un lissage de la surface de la galette meulée soit par un polissage mécanique, soit par un polissage au feu comprenant un nouveau passage dans un four à une température comprise entre 600°C et 900°C, pendant une durée comprise entre 30 secondes et 5 minutes, référence numérique 30.

[0093] L'opération de meulage peut par exemple être réalisée au moyen d'une meule diamantée, préférablement avec refroidissement liquide, essentiellement à base d'eau distillée, avec un grain de diamant ni trop fin, ni trop gros, par exemple de l'ordre de 50 µm, pour obtenir un bon compromis entre vitesse d'exécution et finesse du grain de la surface finale de l'émail. L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour mettre en œuvre les conditions adaptées à ses besoins et contraintes, sans pour autant sortir du cadre de l'invention tel que défini par le jeu de revendications.

[0094] Pour ce qui concerne la mise en œuvre de l'étape vi), comme signalé plus haut, il est préférable d'utiliser un four qui ne soit pas utilisé pour la cuisson de l'émail, dans la mesure où des particules issues de l'isolation en céramique de l'enceinte seraient susceptibles de se détacher et de se déposer sur la galette lors du polissage au feu. De plus, il est préférable de prévoir que le four de polissage soit muni d'un tube d'introduction en quartz, au travers duquel la galette est introduite dans le four, afin d'éviter la présence de poussières éventuelles à l'intérieur du four, de telles poussières étant sinon susceptibles de polluer les galettes polies ultérieurement.

[0095] Comme mentionné précédemment, dans le cas d'une galette destinée à la réalisation d'un cadran et présentant un diamètre supérieur au diamètre final souhaité pour le cadran, on peut procéder à une étape ultérieure de découpe de la galette pour lui donner les dimensions requises, et éventuellement retirer les pieds de travail positionnés à l'extérieur du diamètre requis. Ceci permet également de garantir une épaisseur sensiblement uniforme de l'émail sur tout le cadran, étant donné que l'épaisseur d'émail en périphérie de la galette est généralement légèrement plus faible que dans sa région centrale.

[0096] D'autres étapes ultérieures pourront encore être mises en œuvre en fonction des besoins, notamment une opération de décalque pour déposer des graduations et/ou des index ou autres indications sur la surface de l'émail, voire une opération de peinture pour réaliser des indications ou une décoration.

[0097] Grâce aux conditions de mise en œuvre du procédé de fabrication qui viennent d'être exposées, en relation avec l'utilisation d'une poudre d'émail préparée conformément au procédé de préparation présenté préalablement, il est possible non seulement de réaliser des galettes d'émail de très haut niveau qualitatif et d'une grande finesse de texture de surface, mais également d'obtenir un haut niveau de reproductibilité qui était impossible à atteindre avec les procédés connus jusqu'ici.

[0098] La mise en œuvre de la présente invention peut permettre la réalisation de tout type de composant horloger, de bijouterie, de coutellerie ou encore de maroquinerie, par exemple un cadran, une lunette de boîte de montre, un fond de boîte, au moins une portion d'un bracelet, des boutons de manchette, une broche, un ceinturon, un fermoir de sac

à main, etc.... L'homme du métier ne rencontrera aucune difficulté particulière pour adapter le présent enseignement à la fabrication d'autres composants répondant à ses propres besoins, en particulier lorsqu'un haut niveau esthétique est requis. Par ailleurs, il sera toujours possible de prévoir une étape de séparation de la galette en émail de la plaquette, en fin de procédé de fabrication, dans le cadre de certaines applications particulières, sans pour autant sortir du cadre de la présente invention tel que défini par les revendications.

[0099] La description qui précède s'attache à décrire un mode de réalisation particulier à titre d'illustration non limitative et, l'invention n'est pas limitée à la mise en œuvre de certaines caractéristiques particulières qui ont été décrites à titre illustratif, comme par exemple la composition initiale exacte de la poudre d'émail commerciale ou encore les différents produits et outils pour lesquels des alternatives sont déjà connues sur le marché.

Revendications

1. Procédé de préparation d'une poudre propre d'émail pour la fabrication d'une galette en émail, notamment d'un cadran pour une pièce d'horlogerie, le procédé de préparation comportant les étapes consistant à:
 - a) se munir d'une poudre commerciale d'émail de 80 Mesh ou plus,
 - b) tamiser ladite poudre commerciale d'émail pour préparer une poudre tamisée dont la granulométrie est essentiellement comprise dans une plage prédéfinie,
 - c) laver préféablement ladite poudre tamisée, avant de la sécher et de la déshydrater, pour obtenir une poudre lavée,
 - d) mettre en œuvre une opération de triage pour retirer des impuretés et obtenir ladite poudre propre, caractérisé en ce que ladite étape b) est mise en œuvre en tamisant ladite poudre commerciale d'émail au moins avec un tamis dont les mailles sont comprises entre 80 et 160 μm .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape c) comprend entre trois et dix opérations de lavage successives, dont chacune comprend
 - une étape d'immersion totale de ladite poudre tamisée dans de l'eau distillée, avec mise en œuvre d'un brassage pendant au moins trente secondes,
 - une étape de décantation, de durée préféablement comprise entre trente secondes et trois minutes,
 - une étape de débordement visant à retirer l'eau de lavage.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite étape c) comprend une opération de séchage de ladite poudre lavée à une température supérieure à 60°C.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une étape supplémentaire de tamisage de ladite poudre lavée, mise en œuvre entre lesdites étapes c) et d), avec au moins un tamis dont les mailles sont comprises entre 80 et 120 μm , plus préféablement entre 90 et 110 μm .
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite étape d) comprend une opération consistant à distribuer ladite poudre lavée sur un support incliné pour y créer un écoulement de ladite poudre lavée, ledit support incliné comprenant un organe de restriction de l'épaisseur d'écoulement agencé pour limiter l'épaisseur de ladite poudre lavée s'écoulant sur ledit support.
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite étape d) comprend en outre une opération de triage manuel des impuretés par un opérateur, consistant à mettre en œuvre un dispositif optique grossissant pour observer ledit écoulement et un système d'aspiration pour aspirer les impuretés détectées.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que ledit organe de restriction comporte au moins une portion produisant un champ magnétique susceptible de retenir des impuretés présentant des propriétés ferromagnétiques.
8. Procédé de fabrication d'une galette en émail, notamment d'un cadran pour une pièce d'horlogerie, le procédé comportant les étapes consistant à:
 - i) se munir d'une poudre propre d'émail obtenue par la mise en œuvre du procédé de préparation selon l'une des revendications 1 à 7,
 - ii) se munir d'une plaquette métallique, en saphir, ou en céramique présentant des dimensions transversales sensiblement égales ou légèrement supérieures à celle de la galette à fabriquer,
 - iii) appliquer de ladite poudre propre sur ladite plaquette, de manière sensiblement homogène,
 - iv) appliquer un traitement thermique à ladite plaquette recouverte de ladite poudre propre, en la passant dans un four suivant un profil en température prédéfini, dont une partie sous pression inférieure à la pression atmosphérique.
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que, dans ladite étape iii), ladite poudre propre est appliquée sur ladite plaquette par un saupoudrage depuis une hauteur d'au moins 5 cm, préféablement au moins 30 cm, plus préféablement au moins 50 cm, sur un premier tamis parmi au moins deux tamis superposés vibrants et/ou rotatifs, situés à au moins 3 cm l'un de l'autre et dont chacun présente des dimensions transversales légèrement supérieures à celles de ladite plaquette.
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite étape iii) comprend un saupoudrage de ladite poudre propre sur ladite plaquette au travers de cinq à huit tamis superposés, vibrants et/ou rotatifs.

11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que ladite opération iv) de traitement thermique comprend les étapes consistant à:
 - préchauffer l'enceinte du four à une température initiale comprise entre 400°C et 600°C,
 - introduire ladite plaquette recouverte de poudre propre dans l'enceinte du four,
 - fermer le four,
 - au cours d'une durée comprise entre 2 et 10 minutes, faire décroître la pression dans l'enceinte du four, jusqu'à une pression finale comprise entre 20 hPa et 100 hPa, préférablement environ 60 hPa, et faire croître la température dans l'enceinte du four jusqu'à une température finale comprise entre 500°C et 1'400°C,
 - maintenir la température de l'enceinte du four à la température finale pendant une durée comprise entre 0 et 5 minutes avant de faire croître la pression dans l'enceinte du four jusqu'à la valeur de la pression atmosphérique,
 - maintenir encore la température dans l'enceinte du four à la température finale pendant une durée comprise entre 30 secondes et 10 minutes,
 - faire décroître la température dans l'enceinte du four jusqu'à atteindre sensiblement la température initiale.
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite opération iv) comprend une étape supplémentaire de préséchage, avant la fermeture du four, consistant à disposer ladite plaquette recouverte de ladite poudre propre dans l'enceinte du four en y maintenant ladite température initiale pendant une durée comprise entre 0 et 3 minutes, préférablement d'environ 1 minute.
13. Procédé selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte des étapes supplémentaires consistant à:
 - v) meuler et/ou lapider la surface supérieure de la galette obtenue après le traitement thermique de l'opération iv) pour l'aplanir et/ou réduire l'épaisseur de la galette jusqu'à une valeur souhaitée prédéfinie,
 - vi) procéder à un lissage de la surface de la galette meulée soit par un polissage mécanique, soit par un polissage au feu comprenant un nouveau passage dans un four à une température comprise entre 600°C et 900°C, pendant une durée comprise entre 30 secondes et 5 minutes.
14. Poudre d'émail obtenue par la mise en œuvre du procédé de préparation selon l'une des revendications 1 à 7.
15. Galette d'émail obtenue par la mise en œuvre du procédé de fabrication selon l'une des revendications 8 à 13.
16. Composant horloger comprenant une galette d'émail selon la revendication 15.

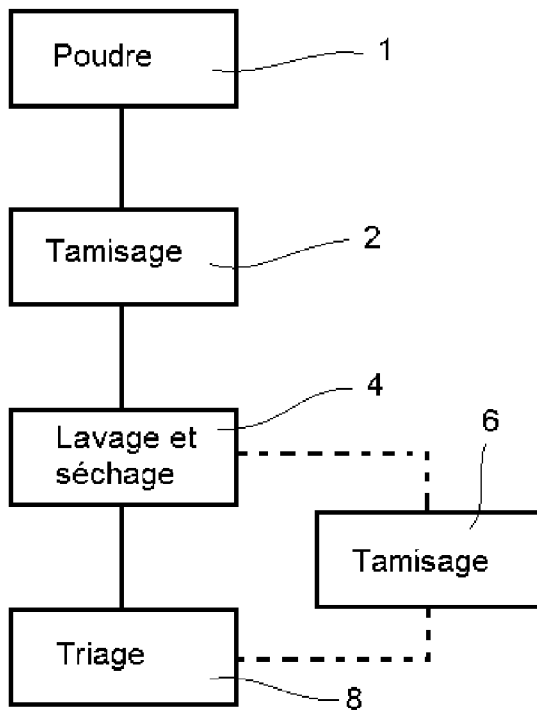


Fig. 1

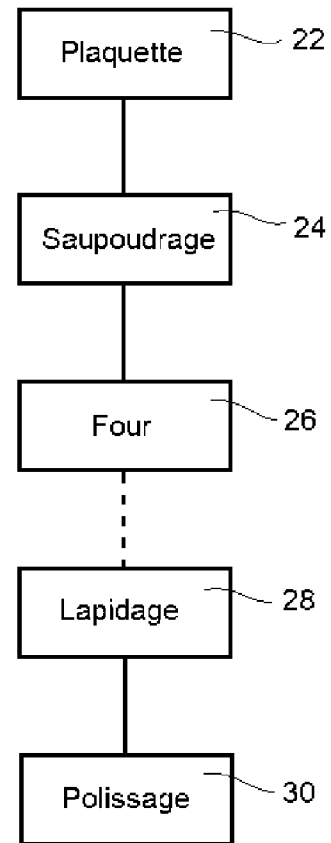


Fig. 2

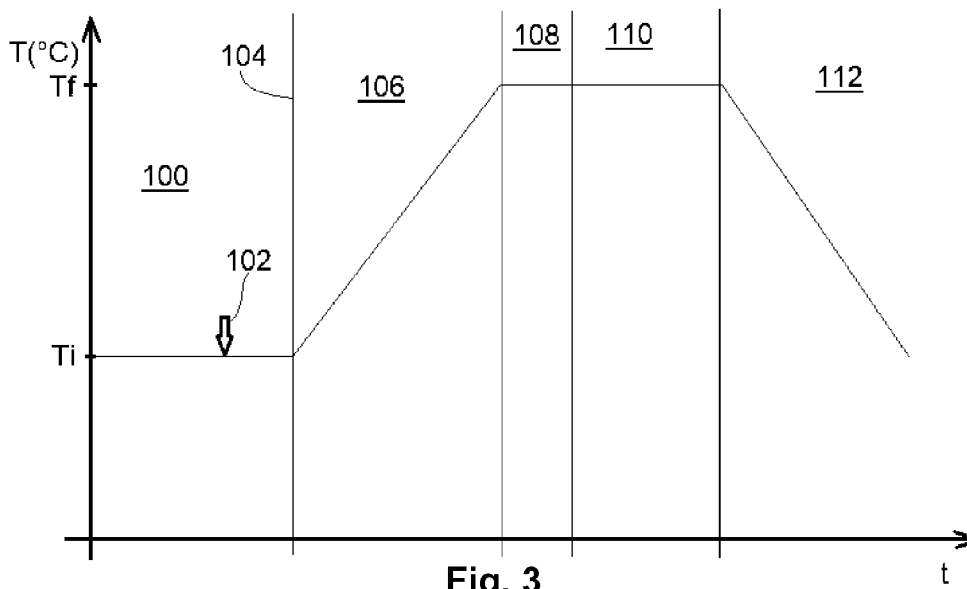


Fig. 3