(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 086 565***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **18 71115**

(51) Int Cl[8] : ***B 22 D 27/02*** *(2019.01), B 29 C 59/12*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) PROCEDE DE TRAITEMENT D'UNE PIECE POREUSE.

(22) **Date de dépôt :** 02.10.18.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 03.04.20 Bulletin 20/14.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 07.01.22 Bulletin 22/01.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *ADM28 S.AR.L Société à responsabilité limitée* — LU.

(72) **Inventeur(s) :** AVRILLAUD GILLES.

(73) **Titulaire(s) :** ADM28 S.AR.L Société à responsabilité limitée.

(74) **Mandataire(s) :** IPSIDE.

FR 3 086 565 - B1

Description

Titre de l'invention : PROCÉDÉ DE TRAITEMENT D'UNE PIÈCE POREUSE

Domaine technique

[0001] La présente invention est relative à un procédé de traitement d'une pièce, notamment obtenue par un procédé de fonderie, pour en réduire sa porosité.

Technique antérieure

[0002] La fonderie est un procédé connu permettant de former des pièces métalliques. Ce procédé consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule pour obtenir, après refroidissement, une pièce donnée, en limitant au maximum les travaux ultérieurs de finition.

[0003] Les techniques employées dépendent de l'alliage fondu, des dimensions, des caractéristiques et des quantités de pièces à produire.

[0004] Les procédés de fonderie présentent cependant l'inconvénient de créer des défauts dans la pièce. Certains défauts peuvent mener au rebut de la pièce. Parmi les défauts, on peut citer la porosité.

[0005] La porosité correspond à la formation de bulles de gaz dans le métal pendant sa solidification. Ce phénomène est dû au fait que la plupart des matériaux peuvent contenir une plus grande quantité de gaz dissous à l'état liquide qu'à l'état solide. Le gaz dissous est donc rejeté au moment de la solidification, jusqu'à former des bulles, ou pores. Ce défaut de fabrication est rarement détectable à l'œil nu.

[0006] Il existe 3 types de pores :

- pore interne ou fermé : le pore est situé dans l'épaisseur de la pièce,
- pore de surface : le pore débouche uniquement au niveau d'une surface de la pièce,
- pore débouchant : le pore traverse l'épaisseur de la pièce.

[0007] La porosité rend la pièce peu étanche aux gaz et aux liquides.

[0008] Pour réduire la porosité d'une pièce, il existe le procédé d'imprégnation. Dans ce procédé, les pores sont rebouchés à partir de résines anaérobies. Le procédé d'imprégnation permet d'obtenir une étanchéité pouvant aller jusqu'à 10^{-6} bars à l'hélium et de résister à de fortes pressions (800 bars). Un tel procédé permet d'obtenir une bonne étanchéité. Cependant, cette étanchéité n'est pas totale et s'avère insuffisante pour certaines applications.

Exposé de l'invention

[0009] La présente invention vise à remédier aux inconvénients précités.

[0010] La présente invention a notamment pour but d'apporter une solution efficace permettant de réduire la porosité d'une pièce métallique.

[0011] A cet effet, il est proposé par la présente invention un procédé de traitement d'une pièce pour réduire sa porosité. La pièce est notamment une pièce issue d'un procédé de fonderie.

[0012] Ledit procédé comporte les étapes de :

- remplissage d'une cuve d'un liquide,
- positionnement de la pièce dans la cuve de sorte à l'immerger dans ledit liquide.

[0013] L'ordre de mise en œuvre de ces étapes n'est pas imposé et peut être modifié, inversé ou réalisé simultanément.

[0014] Le procédé comporte en outre une étape de positionnement, dans le liquide, d'une électrode en vis-à-vis d'une surface de ladite pièce, à une distance d prédéfinie, ladite électrode étant reliée à un générateur d'impulsions électriques.

[0015] Le procédé comporte une étape de génération, par le générateur d'impulsions électriques, d'une décharge électrique dans le liquide, entre l'électrode et la pièce, créant une onde de choc depuis la surface de la pièce et qui se propage dans l'épaisseur de ladite pièce.

[0016] En fonction de la tension de sortie du générateur d'impulsions électriques, la distance d est définie de sorte que l'onde de choc commence au niveau de la surface de la pièce.

[0017] Un tel procédé permet ainsi avantageusement de venir comprimer les pores, réduisant leur volume.

[0018] Un tel procédé permet avantageusement un traitement surfacique et volumique de la pièce.

[0019] Selon des modes de mise en œuvre particuliers, le procédé selon l'invention répond en outre aux caractéristiques suivantes, mises en œuvre séparément ou en chacune de leurs combinaisons techniquement opérantes.

[0020] Dans des modes de mise en œuvre particuliers de l'invention, le procédé comporte une étape supplémentaire dans laquelle l'électrode est déplacée relativement à la pièce, en maintenant la distance d entre elles. Une nouvelle étape de génération d'une décharge électrique est réalisée ultérieurement pour traiter une nouvelle zone de la pièce.

[0021] Un tel mode de mise en œuvre est avantageux, lorsque la pièce est de grande dimension, relativement à l'électrode, pour permettre de couvrir et traiter l'ensemble de la pièce.

[0022] Le déplacement de l'électrode est par exemple réalisé par un premier organe de déplacement, du type actionneur.

[0023] Dans une variante de mise en œuvre de l'invention, combinable avec le mode de mise en œuvre décrit précédemment, le procédé comporte une étape supplémentaire dans laquelle la pièce est déplacée relativement à l'électrode, en maintenant la distance d entre elles. Une nouvelle étape de génération d'une décharge électrique est ensuite

réalisée.

Brève description des dessins

[0024] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description ci-après faite en référence aux dessins annexés :

[0025] [fig.1]

La figure 1 représente schématiquement un dispositif adapté au procédé de traitement d'une pièce comportant des porosités, selon l'invention, avant traitement,

[0026] [fig.2]

La figure 2 représente schématiquement le dispositif de la figure 1, illustrant la propagation d'une onde de choc dans la pièce, onde de choc générée pendant une étape de décharge.

[0027] **Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention**

[0028] Les figures 1 et 2 illustrent les éléments constitutifs d'un exemple de dispositif apte à réaliser le procédé de traitement d'une pièce 1 pour en réduire sa porosité.

[0029] La pièce 1 à traiter est une pièce préférentiellement formée par un procédé de fonderie. Il peut également s'agir d'une pièce formée par un procédé de plasturgie.

[0030] La pièce 1 est une pièce réalisée en matériau métallique. Elle est électriquement conductrice.

[0031] A titre d'exemple non limitatif de l'invention, le matériau de la pièce peut être de l'acier ou de l'aluminium.

[0032] La pièce 1 comporte une surface 11. Elle présente une épaisseur e, constante ou non.

[0033] Dans l'exemple non limitatif de la figure 1, la pièce est sensiblement de forme parallélépipédique. Elle présente une épaisseur e constante.

[0034] La pièce 1 présente des pores 2. Ces pores 2 sont liés aux défauts connus du procédé de fonderie lors de la formation de la pièce. Ces pores sont répartis sur l'ensemble de la pièce. Il peut s'agir soit de pores débouchants, de pores de surface ou de pores internes.

[0035] Dans l'exemple non limitatif de la figure 1, seuls des pores internes sont représentés.

[0036] Le dispositif comporte une cuve 3.

[0037] La cuve 3 présente une dimension, notamment un volume, supérieure à la pièce 1 à traiter.

[0038] La cuve est destinée à recevoir un liquide, par exemple un liquide diélectrique.

[0039] Dans un exemple préféré de réalisation, le liquide est de l'eau.

[0040] Lorsque la pièce 1 est en place dans la cuve 3, elle est recouverte entièrement par le liquide.

[0041] La pièce peut être disposée à même un fond de la cuve. Alternativement, la pièce est placée sur un support, par exemple posé sur le fond de la cuve.

[0042] Le dispositif comporte un générateur d'impulsions électriques 5.

[0043] Dans un exemple de réalisation, le générateur d'impulsions électriques 5 comporte une unité de stockage 6 et un ou plusieurs commutateurs 7.

[0044] Dans l'exemple de la figure 1, seul un commutateur 7 est représenté. L'unité de stockage 6 est reliée au(x) commutateur(s) 7. L'unité de stockage 6 est configurée pour emmagasiner une forte énergie, par exemple de l'ordre de quelques kilojoules (kJ).

[0045] Dans un exemple préféré de réalisation, l'unité de stockage 6 est une batterie de condensateurs de décharge.

[0046] Dans un autre exemple de réalisation, le générateur d'impulsions électriques 5 est un générateur de Marx.

[0047] Le générateur d'impulsions électriques est configuré pour générer une tension supérieure à 100 kV.

[0048] Le générateur d'impulsions électriques 5 est relié d'une part à une électrode 4.

[0049] L'électrode 4 est destinée à être placée en vis-à-vis de tout ou partie de la surface de la pièce.

[0050] L'électrode 4 est configurée pour être placée dans le liquide.

[0051] Dans une position initiale, c'est-à-dire avant la phase de génération d'une décharge électrique décrite ultérieurement, le dispositif est configuré de telle sorte que l'électrode est disposée, dans le liquide, en vis-à-vis de la surface 11 de la pièce 1, et à une distance d prédéfinie de ladite surface de la pièce 1.

[0052] Le générateur d'impulsions électriques 5 est relié d'autre part à la pièce 1.

[0053] Alternativement, lorsque la pièce 1 est posée à même le fond de la cuve, et lorsque la cuve est électriquement conductrice, le générateur d'impulsions électriques 5 peut être relié directement à la cuve.

[0054] Dans un mode de réalisation (non représenté), le dispositif comporte une pluralité d'électrodes 4.

[0055] Les électrodes sont disposées chacune, en vis-à-vis de la surface 11 de la pièce 1 et à une distance d de ladite surface de la pièce 1. Le recours à une pluralité d'électrodes est avantageux lorsque la pièce présente de grandes dimensions, par rapport à une électrode. Une telle configuration permet avantageusement le traitement d'une pluralité de zones de la pièce en une fois.

[0056] Dans un mode de réalisation (non représenté), le dispositif comporte un premier organe de déplacement. Ledit premier organe de déplacement est configuré pour déplacer l'électrode, relativement à la pièce, en maintenant la distance d entre elles. Un tel premier organe permet avantageusement, lorsque la pièce présente une grande dimension, de déplacer l'électrode le long de la pièce pour la traiter en diverses zones.

[0057] Dans un autre mode de réalisation (non représenté), le dispositif comporte un deuxième organe de déplacement configuré pour déplacer la pièce, relativement à

l'électrode, en maintenant la distance d entre elles. Un tel deuxième organe de déplacement permet avantageusement, lorsque la pièce présente une grande dimension, de déplacer la pièce pour être traitée en diverses zones.

[0058] Dans un autre mode de réalisation, le dispositif comporte les premier et deuxième organes de déplacement pour déplacer à la fois l'électrode et la pièce relativement entre elles. La pièce et l'électrode se déplacent parallèlement, par exemple dans un sens opposé.

[0059] Quelque soit le mode de réalisation, les premier et deuxième organes de déplacement sont actionnés manuellement ou de manière automatique.

[0060] Dans un exemple de réalisation, les premier et deuxième organes de déplacement sont chacun un actionneur linéaire.

[0061] Le procédé de traitement de la pièce pour en réduire sa porosité, objet de l'invention est à présent décrit.

[0062] Le procédé de traitement comporte une étape de remplissage de la cuve.

[0063] La cuve 3 est remplie d'un liquide diélectrique.

[0064] Le procédé de traitement comprend une étape de positionnement, dans la cuve 3, de la pièce 1 à traiter.

[0065] La pièce 1 est disposée au fond de la cuve 3 ou sur un support placé dans ladite cuve.

[0066] La pièce 1 est préférentiellement maintenue en position dans la cuve.

[0067] L'ordre de mise en œuvre des deux précédentes étapes n'est pas imposé et, suivant le procédé, peuvent être réalisées dans un autre ordre que celui décrit ou réalisées simultanément sans modifier le résultat desdites étapes.

[0068] A l'issue de ces deux étapes, la pièce 1 est entièrement immergée dans le liquide.

[0069] Le procédé comporte ensuite une étape de positionnement de l'électrode 4.

[0070] L'électrode 4 est disposée relativement à la pièce 1, dans le liquide de la cuve 3.

[0071] L'électrode 4 est positionnée de sorte à être en vis-à-vis de la surface 11 de la pièce 1.

[0072] Elle est placée à la distance d prédéfinie de la surface 11 de la pièce.

[0073] Cette distance d correspond à l'intervalle de décharge. Cette distance est fonction de la tension de sortie du générateur d'impulsions électriques.

[0074] La distance d est préférentiellement au moins égale à 10 mm.

[0075] Le procédé comporte ensuite une étape de décharge électrique dans le liquide contenu dans la cuve 3.

[0076] Un moyen pour réaliser cette étape consiste à décharger rapidement le au moins un condensateur de l'unité de stockage d'énergie électrique.

[0077] L'unité de stockage 6 emmagasine une forte énergie. Lors de la fermeture du(des) commutateur(s) 7, l'électrode est reliée à l'unité de stockage. L'énergie est déchargée très rapidement.

[0078] A titre d'exemple illustratif, l'énergie par impulsion est comprise entre 500 J et 10 kJ.

[0079] Un courant électrique circule alors dans le circuit et crée une décharge électrique dans le liquide, entre l'électrode 4 et la pièce 1.

[0080] La tension atteinte lors de la décharge est préférentiellement supérieure à 100kV.

[0081] La fréquence de décharge mise en œuvre dans le procédé est préférentiellement comprise entre 0,1 et 10 Hz.

[0082] Une onde de choc 8, ou onde de pression, illustrée sur la figure 2, est créée au niveau de la surface 11 de la pièce 1. L'onde de choc 8 commence au niveau de la surface de la pièce 1. L'onde de choc générée présente une forte énergie. L'onde de choc 8 se propage ainsi dans l'épaisseur e de la pièce 1, pas uniquement en surface. Les pores 2, situés dans le périmètre de l'onde de choc 8, sont comprimés, réduisant avantageusement leur volume.

[0083] Ainsi, la porosité de la pièce diminue.

[0084] Dans un mode particulier de mise en œuvre du procédé de traitement de la pièce, ledit procédé peut comporter une étape supplémentaire de déplacement de l'électrode relativement par rapport à la pièce.

[0085] Cette étape supplémentaire peut être réalisée lorsque la pièce 1 est de grandes dimensions.

[0086] Dans un exemple de mise en œuvre, l'électrode 4 est déplacée par le premier organe de déplacement jusqu'à une nouvelle zone de la pièce à traiter. L'électrode est maintenue à la même distance d de la pièce.

[0087] Dans un exemple de mise en œuvre, la pièce 1 est déplacée par le deuxième organe de déplacement jusqu'à ce que l'électrode soit positionnée en vis-à-vis d'une nouvelle zone de la pièce à traiter. La pièce est maintenue à la même distance d de l'électrode.

[0088] Suite au déplacement relatif de l'électrode 4 par rapport à la pièce 1, une nouvelle étape de génération d'une décharge électrique est réalisée.

[0089] Les étapes de déplacement et de génération d'une décharge électrique sont répétées jusqu'au traitement complet de la pièce 1.

[0090] Le nombre d'itérations desdites étapes dépend notamment de la dimension de la pièce à traiter.

[0091] La description ci-avant illustre clairement que par ses différentes caractéristiques et leurs avantages, la présente invention atteint les objectifs qu'elle s'était fixée. En particulier, elle fournit un procédé de traitement d'une pièce comportant des pores qui propose un traitement surfacique et volumique de la pièce. Elle permet ainsi d'améliorer l'étanchéité aux gaz et aux liquides de la pièce en réduisant la porosité.

REVENDICATIONS

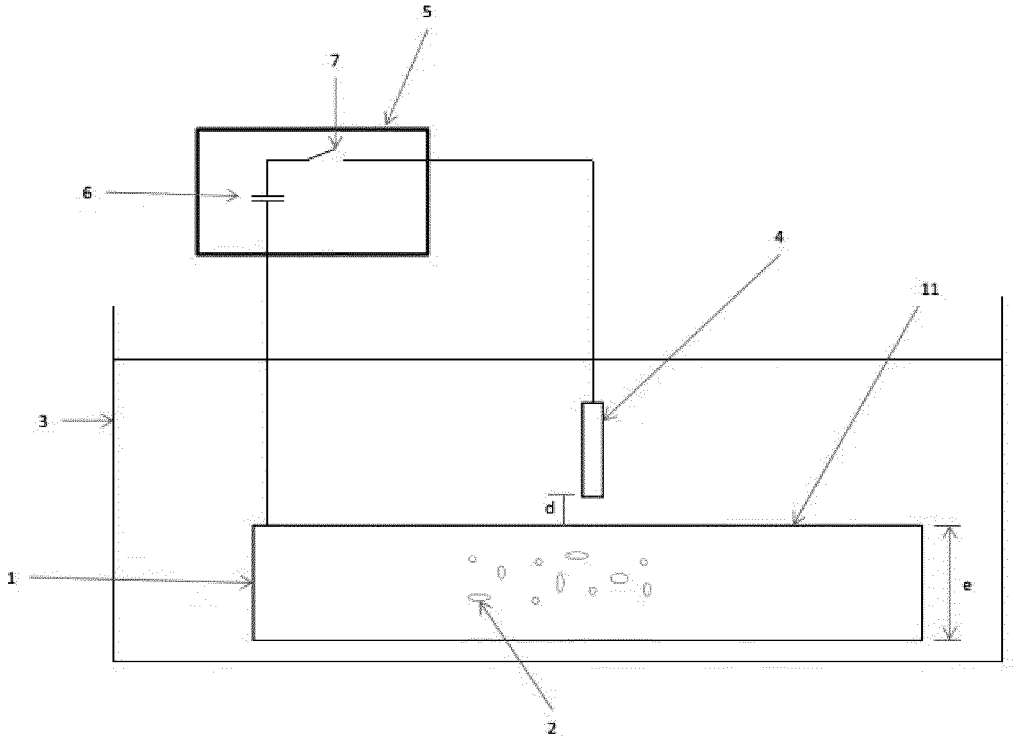
1. Procédé de traitement d'une pièce (1), métallique, pour réduire sa porosité, pièce obtenue notamment par un procédé de fonderie, ledit procédé comportant les étapes de :

- remplissage d'une cuve (3) d'un liquide diélectrique,
- positionnement de la pièce (1) dans la cuve (3) de sorte à l'immerger dans ledit liquide diélectrique,
- positionnement, dans le liquide diélectrique, d'une électrode (4) en vis-à-vis d'une surface (11) de ladite pièce, à une distance d prédéfinie, ladite électrode étant reliée à un générateur d'impulsions électriques (5),
- génération, par le générateur d'impulsions électriques (5), d'une décharge électrique dans le liquide diélectrique, entre l'électrode (4) et la pièce (1), créant une onde de choc (8) depuis la surface (11) de la pièce (1) et qui se propage dans l'épaisseur (e) de ladite pièce.

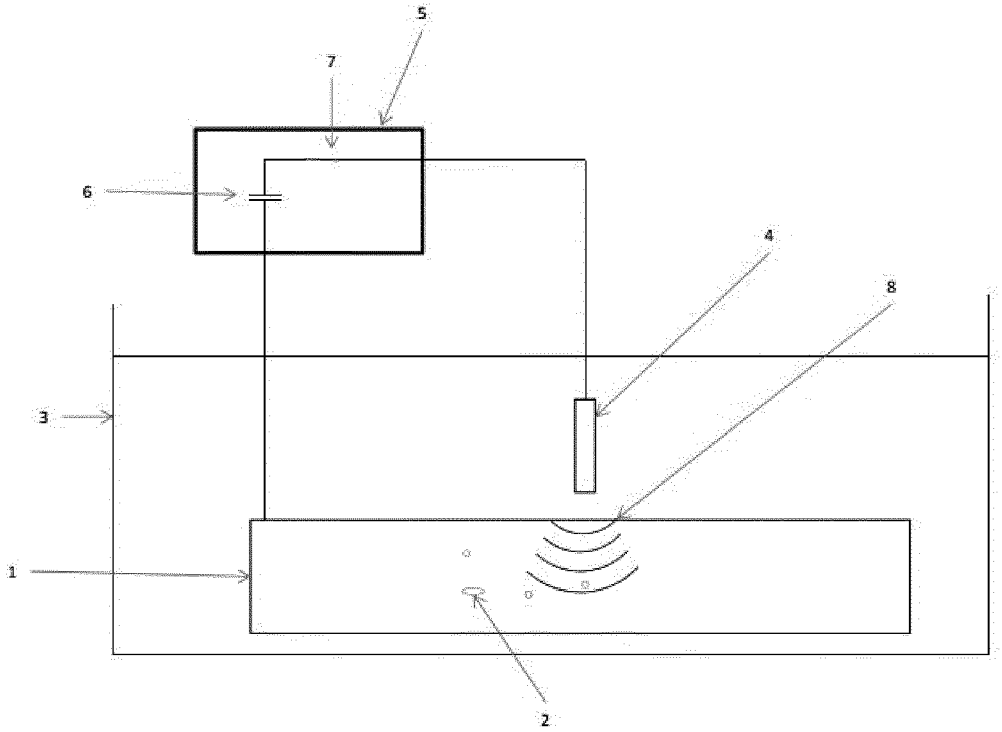
2. Procédé de traitement selon la revendication 1 comportant une étape supplémentaire dans laquelle l'électrode (4) est déplacée relativement à la pièce (1), en maintenant la distance d entre elles, puis une nouvelle étape de génération d'une décharge électrique.

3. Procédé de traitement selon l'une des revendications précédentes comportant une étape supplémentaire dans laquelle la pièce (1) est déplacée relativement à l'électrode (4), en maintenant la distance d entre elles, puis une nouvelle étape de génération d'une décharge électrique.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

R. R. BOADE: "Compression of Porous Copper by Shock Waves", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 39, no. 12, 1 novembre 1968 (1968-11-01), pages 5693-5702, XP055591172, US
ISSN: 0021-8979, DOI: 10.1063/1.1656034

EP 1 299 205 A1 (UTRON INC [US])
9 avril 2003 (2003-04-09)

US 3 267 710 A (KIYOSHI INOUE)
23 août 1966 (1966-08-23)

US 5 816 090 A (HODGE EDWIN S [US] ET AL)
6 octobre 1998 (1998-10-06)

US 3 234 429 A (SCHROM EDWARD C)
8 février 1966 (1966-02-08)

FR 2 457 728 A1 (PK BJURO)
26 décembre 1980 (1980-12-26)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT