

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 085 609

②1 N° d'enregistrement national :

19 09806

⑤1 Int Cl⁸ : B 23 K 26/22 (2019.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.09.19.

③0 Priorité : 10.09.18 JP 2018-168826.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.03.20 Bulletin 20/11.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SUZUKI MOTOR CORPORATION N/
A — JP.

⑦2 Inventeur(s) : HAGIHARA Tsukasa et SAWABE
Shuhei.

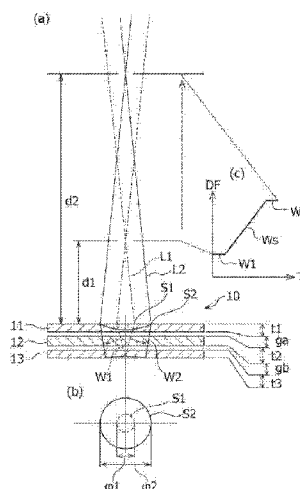
⑦3 Titulaire(s) : SUZUKI MOTOR CORPORATION N/A.

⑦4 Mandataire(s) : PLASSERAUD IP.

⑤4 PROCÉDE DE SOUDAGE PAR POINTS AU LASER.

⑤7 Un procédé de soudage par points au laser comprend une étape d'irradiation de plaques de métal superposées (11, 12, 13) avec un laser (L1, L2) avec un changement d'un diamètre d'irradiation du laser progressivement ou par paliers entre un premier diamètre d'irradiation ($\phi 1$) et un deuxième diamètre d'irradiation ($\phi 2$) dans un état dans lequel un axe optique du laser est fixé sur une surface prédéterminée des plaques de métal, dans lequel: l'un des premier et second diamètres d'irradiation est un diamètre d'irradiation le plus petit ($\phi 1$) au cours de l'étape et l'autre est un diamètre d'irradiation le plus grand ($\phi 2$), fournissant un diamètre de point (S2), au cours de l'étape; et le changement de diamètre d'irradiation est fourni en changeant une valeur de défocalisation (de d1 à d2) du laser.

Figure de l'abrégé : figure 1



FR 3 085 609 - A1



Description

Titre de l'invention : PROCEDE DE SOUDAGE PAR POINTS AU LASER

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne des procédés de soudage par points au laser.

Technique antérieure

[0002] Le soudage au laser, dans lequel l'énergie optique provoquée par une irradiation au laser sur une pièce à usiner chauffe et fait fondre le matériau au niveau de la partie irradiée, présente l'avantage d'un soudage à grande vitesse sans contact, et par conséquent, tend à remplacer le soudage à l'arc et le soudage par points par résistance. Dans le soudage par points au laser en tant qu'alternative au soudage par points par résistance, la résistance de jonction est obtenue en balayant par le faisceau laser circulairement ou en spirale dans la zone du point comme décrit, par exemple, dans le Document Brevet 1.

[0003] Malheureusement, un tel procédé de soudage pose des problèmes en ce que le soudage requiert une opération de balayage agile pour le balayage par le faisceau dans la zone du point, ce qui rend l'opération de contrôle compliquée et augmente le temps de cycle de la durée du balayage par le faisceau.

Problème technique

[0004] La présente invention a été réalisée compte tenu de la situation ci-dessus, et un objet de celle-ci est de fournir un procédé de soudage par points au laser qui fournisse une résistance de la jonction qui soit stable avec un fonctionnement simple et qui ne requière pas de complexité de contrôle ni d'augmentation de temps de cycle.

Solution technique

[0005] Pour résoudre les problèmes ci-dessus, un procédé de soudage par points au laser selon la présente invention comprend :

une étape d'irradiation de plaques de métal superposées avec un laser en changeant un diamètre d'irradiation du laser progressivement ou par paliers entre un premier diamètre d'irradiation et un deuxième diamètre d'irradiation dans un état dans lequel un axe optique du laser est fixé sur une zone prédéterminée des plaques de métal, dans lequel : l'un des premier et deuxième diamètres d'irradiation est un diamètre d'irradiation le plus petit au cours de l'étape et l'autre est un diamètre d'irradiation le plus grand, fournissant un diamètre de point, au cours de l'étape ; et le changement du diamètre d'irradiation est fourni en changeant une valeur de défocalisation du laser.

Avantages apportés

[0006] Dans le procédé de soudage par points au laser selon la présente invention, puisque le

diamètre d'irradiation au laser est modifié avec l'axe optique de laser fixé comme décrit ci-dessus, l'irradiation au laser avec le diamètre d'irradiation le plus petit fournit la profondeur de fusion, et l'irradiation au laser avec le diamètre d'irradiation le plus grand fournit le diamètre du point. Ainsi, le procédé de soudage par points au laser selon la présente invention, qui est une opération simple n'impliquant pas de balayage de l'axe optique du laser, fournit une résistance de jonction souhaitée et présente également l'avantage d'améliorer la productivité, car aucune complexité du contrôle et aucune augmentation du temps de cycle ne sont nécessaires. En outre, dans le cas dans lequel des plaques de métal sont disposées les unes sur les autres avec des écarts entre elles, le procédé de soudage par points au laser selon la présente invention présente l'avantage d'améliorer significativement les plages d'écarts admissibles.

[0007] Selon un aspect de la présente invention ci-dessus, dans lequel le premier diamètre d'irradiation est le diamètre d'irradiation le plus petit lors de l'étape ; le deuxième diamètre d'irradiation est le diamètre d'irradiation le plus grand au cours de l'étape ; et l'étape inclut une irradiation avec le laser avec une augmentation du diamètre d'irradiation progressive ou par étapes à partir du diamètre d'irradiation le plus petit jusqu'au diamètre d'irradiation le plus grand, l'irradiation au laser avec le premier diamètre d'irradiation fond et joint des plaques de métal superposées, et la partie fondue est étendue à un diamètre de point souhaité en augmentant le diamètre d'irradiation à partir du premier diamètre d'irradiation jusqu'au diamètre d'irradiation le plus grand, pendant que le laser irradie. Cette opération permet d'effectuer de manière stable un soudage par points présentant un degré élevé de tolérance aux écarts.

[0008] Selon un aspect de la présente invention ci-dessus, dans lequel le premier diamètre d'irradiation est le diamètre d'irradiation le plus grand au cours de l'étape, le deuxième diamètre d'irradiation est le diamètre d'irradiation le plus petit au cours de l'étape, et l'étape comprend une irradiation avec le laser avec une diminution du diamètre d'irradiation progressivement ou par paliers depuis le diamètre d'irradiation le plus grand jusqu'au diamètre d'irradiation le plus petit, l'irradiation au laser avec le premier diamètre d'irradiation formant une partie fondue correspondant à un diamètre de point souhaité à partir de la surface la plus haute, et l'irradiation au laser réalisée avec une diminution du diamètre d'irradiation depuis le premier diamètre d'irradiation jusqu'au diamètre d'irradiation le plus petit favorise le transfert de chaleur vers la surface la plus basse et fournit ainsi une profondeur de fusion souhaitée au centre de la partie fondue. En particulier, dans le cas où l'écart du côté de la surface la plus en haut est important, cet aspect de la présente invention présente l'avantage d'être capable de réaliser de manière stable un soudage par points ayant un degré élevé de tolérance parce que l'irradiation au laser avec le diamètre d'irradiation le plus grand est tout d'abord réalisé sur la plaque de métal sur la surface la plus en haut, de sorte que qu'une jonction par

déformation thermique dans la plage maximale progresse avant la pénétration, en favorisant le transfert de chaleur à la deuxième plaque ou plaque inférieure.

[0009] Selon un mode de réalisation, une puissance du laser est sensiblement constante au cours de l'étape

Brève description des dessins

[0010] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

Fig. 1

[0011] [fig.1] montre des vues en coupe transversale latérale (a) et de dessus (b) soudage par points au laser selon un premier mode de réalisation de la présente invention et un graphique (c) illustrant schématiquement une variation du diamètre d'irradiation ;

Fig. 2a

[0012] [fig.2a] montre un graphique (a) illustrant le changement du diamètre d'irradiation au cours du soudage par points au laser selon un exemple comparatif,

Fig. 2b

[0013] [fig.2b] montre un graphique (b) parmi des graphiques (b) à (d) illustrant le changement de diamètre d'irradiation au cours du soudage par points au laser selon des premier à troisième exemples du premier mode de réalisation de la présente invention,

Fig. 2c

[0014] [fig.2c] montre un graphique (c) parmi les graphiques (b) à (d) illustrant le changement de diamètre d'irradiation au cours du soudage par points au laser selon des premier à troisième exemples du premier mode de réalisation de la présente invention,

Fig. 2d

[0015] [fig.2d] montre un graphique (d) parmi les graphiques (b) à (d) illustrant le changement de diamètre d'irradiation au cours du soudage par points au laser selon des premier à troisième exemples du premier mode de réalisation de la présente invention,

Fig. 2e

[0016] [fig.2e] montre un graphique (e) illustrant les écarts supérieur et inférieur et la plage soudable au cours du soudage par points au laser de l'exemple comparatif (a),

Fig. 2f

[0017] [fig.2f] montre un graphique (f) parmi des graphiques (f) à (h) illustrant les écarts supérieur et inférieur et la plage soudable au cours du soudage par points au laser des premier à troisième exemples ;

Fig. 2g

[0018] [fig.2g] montre un graphique (g) parmi les graphiques (f) à (h) illustrant les écarts supérieur et inférieur et la plage soudable au cours du soudage par points au laser des premier à troisième exemples ;

Fig. 2h

[0019] [fig.2h] montre un graphique (h) parmi les graphiques (f) à (h) illustrant les écarts supérieur et inférieur et la plage soudable au cours du soudage par points au laser des premier à troisième exemples ;

Fig. 3a

[0020] [fig.3a] montre un graphique (a) parmi des graphiques (a) et (b) illustrant la variation du diamètre d'irradiation

Fig. 3b

[0021] [fig.3b] montre un graphique (b) parmi les graphiques (a) et (b) illustrant la variation du diamètre d'irradiation

Fig. 3c

[0022] [fig.3c] montre un graphique (c) parmi des graphiques (c) et (d) illustrant les écarts supérieurs et inférieurs et la plage soudable, au cours du soudage par points au laser selon les quatrième et cinquième modes de réalisation de la présente invention ;

Fig. 3d

[0023] [fig.3d] montre un graphique (d) parmi les graphiques (c) et (d) illustrant les écarts supérieurs et inférieurs et la plage soudable, au cours du soudage par points au laser selon les quatrième et cinquième modes de réalisation de la présente invention ;

Fig. 4

[0024] [fig.4] montre un graphique (a) illustrant le changement du diamètre d'irradiation et un graphique (b) illustrant les écarts supérieur et inférieur et la plage soudable, au cours du soudage par points au laser de l'Exemple 6 selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention ;

Fig. 5

[0025] [fig.5] est une vue en coupe transversale agrandie de la partie de soudure du soudage par points au laser selon le premier mode de réalisation de la présente invention ;

Fig. 6

[0026] [fig.6] montre des vues en coupe transversale latérale (a) et de dessus (b) soudage par points au laser selon le deuxième mode de réalisation de la présente invention et un graphique (c) illustrant schématiquement une variation du diamètre d'irradiation.

Description des modes de réalisation

[0027] Ci-après, des modes de réalisation de la présente invention sont décrits en détail en référence aux dessins.

[0028] Premier Mode de Réalisation

[0029] Les parties (a) à (c) de la Fig. 1 illustrent un soudage par points au laser 10 selon un premier mode de réalisation de la présente invention pour trois plaques de métal 11, 12 et 13. Dans la partie (a) de la Fig. 1, les plaques de métal 11, 12 et 13 ayant des

épaisseurs de t1, t2 et t3 sont placées l'une sur l'autre avec des écarts ga et gb entre elles.

- [0030] Les écarts ga et gb sont des écarts dont les intervalles sont ajustés en plaçant les plaques de métal 11, 12 et 13 les unes sur les autres avec des saillies (bossages non-illustrés) entre elles, les saillies étant formées à l'avance par travail de pressage sur certaines des plaques de métal 11, 12 et 13 (en général, les plaques de métal 12 et 13 situées sur le côté inférieur des écarts ga et gb), ou en plaçant les plaques de métal 11, 12 et 13 les unes sur les autres avec des entretoises non-illustrées insérées entre les plaques de métal et en les maintenant avec des pinces ou autres outils le cas échéant, et/ou des écarts dont les intervalles sont provoqués par le retour élastique au niveau de parties de brides ou similaires de pièces de travail de la presse et ne sont donc pas ajustés.
- [0031] Les plaques de métal 11, 12 et 13 ne sont pas limitées à des plaques en particulier, mais sont supposées être de minces plaques d'acier d'épaisseurs comprises entre 0,6 et 2,0 mm. Dans des expériences, décrites plus loin, les épaisseurs t1, t2 et t3 de plaques d'acier utilisées ont été de 0,6 mm, 0,8 mm et 1,2 mm, respectivement. Dans le cas où des plaques de métal ont des couches de traitement de surface en un métal à bas point de fusion, par exemple une couche galvanisée, sur des surfaces de jonction, les écarts à intervalles ajustés tels que décrits ci-dessus sont intentionnellement prévus pour évacuer la vapeur de métal. Dans le cas dans lequel des plaques de métal ne présentent pas de couche de traitement de surface en un métal à bas point de fusion, les plaques de métal peuvent être placées directement les unes sur les autres sans écarts ga et gb entre elles.
- [0032] Lors de la réalisation du soudage par points au laser 10, une tête de traitement au laser est tout d'abord positionnée au-dessus de la plaque de métal 11 située sur la surface la plus en haut, et une irradiation au laser L1 est réalisée, avec l'axe optique fixé, à une puissance constante avec une valeur de défocalisation d1 (le diamètre d'irradiation le plus faible ϕ_1) pour former une partie de soudure W1 (une partie fondue à ce stade) qui pénètre les trois plaques de métal 11, 12 et 13 en un point S1.
- [0033] Ce point S1 est une zone d'irradiation d'une aire qui est la plus petite (avec une densité d'énergie qui est la plus importante) au cours d'une opération de soudage. Le point S1 pénètre dans les plaques de métal 11 et 12, qui sont les deux plaques les plus proches de la surface la plus haute, parmi les trois plaques de métal 11, 12, et 13 à souder, à une puissance de laser requise minimale, et une profondeur de fusion suffisante peut également être obtenue dans la plaque de métal la plus basse 13.
- [0034] Ensuite, la focalisation est contrôlée par le système optique de la soudeuse laser avec l'axe optique maintenu fixé. La valeur de défocalisation est progressivement augmentée depuis d1 jusqu'à d2, tel qu'indiqué par le symbole Ws en partie (c) de la

Fig. 1 pour augmenter progressivement le diamètre d'irradiation au laser jusqu'à $\phi 2$ tout en effectuant l'irradiation au laser (L1 à L2) à la puissance constante. La partie fondue est étendue jusqu'à W2, et l'irradiation au laser L2 est terminée lorsque le point est S2.

- [0035] Ce point S2 est une zone d'irradiation avec une aire qui est la plus importante (avec une densité d'énergie qui est la plus faible) au cours d'une opération de soudage. Bien que la densité d'énergie de l'irradiation au laser diminue progressivement au cours de l'expansion du diamètre d'irradiation au laser depuis $\phi 1$ jusqu'à $\phi 2$ pour augmenter la zone d'irradiation depuis S1 jusqu'à S2, un transfert de chaleur accompagnant ce procédé depuis la partie centrale vers les parties avoisinantes favorise une fusion stable dans la zone d'irradiation S2, générant la partie de soudure finale W2 correspondant au diamètre d'irradiation au laser $\phi 2$.
- [0036] On notera que dans le cas dans lequel les plaques de métal 11, 12 et 13 ont des couches de traitement de surface d'un métal à bas point de fusion, la vapeur de métal provoquée au niveau de la partie en fusion et son voisinage est diffusée et évacuée à travers les écarts ga et gb en même temps que le transfert de chaleur depuis la partie centrale vers les parties avoisinantes décrites ci-dessus et que l'expansion du diamètre de l'irradiation au laser.
- [0037] Comme cela a été décrit ci-dessus, dans le soudage par points au laser 10, le diamètre d'irradiation au laser est modifié avec l'axe optique de laser fixé de sorte que l'irradiation au laser L1 avec le diamètre d'irradiation le plus petit $\phi 1$ offre la profondeur de fusion suffisante à la partie centrale (S1, W1), et l'irradiation au laser L2 avec le diamètre d'irradiation le plus grand $\phi 2$ offre le diamètre de point souhaité (S2, W2). En conséquence, le soudage par points au laser 10, qui est simple à opérer, n'impliquant pas de balayage de l'axe optique du laser, offre une résistance de jonction souhaitée et offre également l'avantage d'augmenter significativement les plages admissibles d'écarts ga et gb entre les plaques de métal 11, 12 et 13.
- [0038] Exemple selon le Premier Mode de Réalisation et Exemple Comparatif
- [0039] Ci-après, des expériences ont été réalisées pour vérifier l'effet avantageux du soudage par points au laser 10 selon le premier mode de réalisation. Au cours des expériences, le soudage par points au laser a été réalisé en modifiant les écarts ga et gb entre les plaques de métal 11, 12 et 13 et les combinaisons de ceux-ci pour chaque nouveau motif de changement de diamètre d'irradiation au laser, et les plages d'écarts admissibles ont été comparées. Au cours des expériences, des plaques d'acier ayant une épaisseur de $t1 = 0,6$ mm, $t2 = 1,2$ mm, et $t3 = 0,8$ mm ont été utilisées depuis le côté de la surface la plus haute (le côté d'irradiation au laser) en tant que plaques de métal 11, 12 et 13. Le laser a été irradié à une puissance de laser de 6 kW pendant 0,4 secondes, en changeant la valeur de défocalisation dans la plage comprise entre 30 et

90 mm et le diamètre d'irradiation au laser dans la plage comprise entre 1,8 et 5,0 mm.

[0040] Exemple Comparatif

[0041] Tout d'abord, à titre d'exemple comparatif, le soudage par points au laser a été effectué de telle sorte que le laser a été irradié pendant 0,2 seconde avec une valeur de défocalisation $d1 = 30$ mm, alors la valeur de défocalisation est augmentée jusqu'à $d2 = 90$ mm, et le laser a irradié pendant 0,15 secondes, tel qu'illustré en partie (a) de la Fig. 2. Les écarts ga et gb entre les plaques de métal et les combinaisons de ceux-ci ont été modifiés pour étudier les plages d'écarts admissibles.

[0042] La partie (e) de la Fig. 2 montre le résultat, dans lequel les combinaisons hachurées dans le schéma montrent les plages d'écarts admissibles dans lesquelles a été obtenu un bon résultat de soudage. Dans le cas où l'écart supérieur ga est égal à 0, l'écart inférieur est admis jusqu'à $1,0 \text{ mm} = gb$. Dans les combinaisons dans lesquelles ni l'écart ga ni l'écart gb n'est nul, la somme des écarts est d'environ 0,9 mm. Bien que dans certaines combinaisons, étendre la durée d'irradiation au laser ait démontré une certaine amélioration, on peut voir qu'il existe une différence entre la plage dans laquelle l'écart inférieur gb est important et la plage d'écarts admissible de l'Exemple 1 (décrit plus loin) désigné par les traits épais sur la figure.

[0043] Exemple 1

[0044] Ci-après, en tant qu'Exemple 1 selon le premier mode de réalisation de la présente invention, le soudage par points au laser a été réalisé de telle sorte que le laser a irradié pendant 0,4 secondes avec une augmentation de la valeur de défocalisation de $d1 = 30$ mm à $d2 = 90$ mm à une vitesse constante tel qu'illustré en partie (b) de la Fig. 2. Les écarts ga et gb entre les plaques de métal et les combinaisons de ceux-ci ont été modifiés pour étudier les plages d'écarts admissibles.

[0045] La partie (f) de la Fig. 2 montre le résultat de l'Exemple 1. Par rapport à l'Exemple Comparatif décrit ci-dessus, l'écart inférieur jusqu'à $1,0$ à $1,1$ mm est admis dans la plage dans laquelle l'écart inférieur gb est important, et la plage admissible est étendue jusqu'à la zone dans laquelle la somme des écarts supérieur et inférieur est de $1,2$ à $1,3$ mm.

[0046] Exemple 2

[0047] Ci-après, en tant qu'Exemple 2 selon le premier mode de réalisation de la présente invention, le soudage par points au laser a été réalisé de telle sorte que le laser a irradié pendant une durée totale de 0,4 secondes, pendant laquelle la valeur de défocalisation a été augmentée de $d1 = 30$ mm à 40 mm en 0,2 secondes à une vitesse relativement faible, puis la valeur de défocalisation a été augmentée à $d2 = 90$ mm dans les 0,2 secondes qui ont suivi à une vitesse relativement importante, tel qu'illustré en partie (c) de la Fig. 2. Les écarts ga et gb entre les plaques de métal et les combinaisons de ceux-ci ont été modifiés pour étudier les plages d'écarts admissibles.

- [0048] La partie (g) de la Fig. 2 montre le résultat de l'Exemple 2. Bien que la plage d'écart admissible soit élargie et plus grande que dans l'Exemple Comparatif précité, la plage admissible est inférieure à celle de l'Exemple 1 décrite ci-dessus d'environ 0,2 mm dans la plage dans laquelle l'écart inférieur gb est important.
- [0049] Exemple 3
- [0050] Ensuite, en tant qu'Exemple 3 selon le premier mode de réalisation de la présente invention, le soudage par points au laser a été réalisé de telle sorte que le laser a irradié pendant une durée totale de 0,4 secondes, pendant laquelle l'augmentation de la valeur de défocalisation a été augmentée de $d1 = 30$ mm à 50 mm en 0,1 secondes à une vitesse relativement importante, puis la valeur de défocalisation a été augmentée à $d2 = 90$ mm dans les 0,3 secondes qui ont suivi à une vitesse relativement faible, tel qu'illustré en partie (d) de la Fig. 2. Les écarts ga et gb entre les plaques de métal et les combinaisons de ceux-ci ont été modifiés pour étudier les plages d'écart admissibles.
- [0051] La partie (h) de la Fig. 2 montre le résultat de l'Exemple 3. Par contraste avec l'Exemple 2 ci-dessus, l'Exemple 3 a montré un résultat légèrement meilleur que l'Exemple 1 dans la zone dans laquelle la somme des écarts supérieur et inférieur est importante.
- [0052] Les résultats des Exemples 1 à 3 et de l'Exemple Comparatif décrits ci-dessus montrent qu'il est plus avantageux, au cours du soudage dans le cas où les deux écarts supérieur et inférieur sont présents, d'effectuer l'irradiation au laser L1 avec le diamètre d'irradiation le plus petit ($\phi 1$) pendant une période très courte puis d'augmenter le diamètre d'irradiation progressivement, afin d'obtenir une plus grande plage d'écart admissible et de former de manière stable un point de soudage avantageux. En particulier, la comparaison entre l'Exemple 2 et l'Exemple 3 donne à penser qu'augmenter le diamètre d'irradiation relativement rapidement pendant la première moitié du processus de soudage et augmenter le diamètre d'irradiation relativement lentement pendant la deuxième moitié du processus de soudage fournit un résultat plus favorable. Afin de vérifier cette tendance, d'autres expériences ont été réalisées pour comparer la plage d'écart admissible, dans lesquelles le soudage par points au laser a été réalisé en changeant seulement le motif de changement du diamètre d'irradiation au laser.
- [0053] Exemple 4
- [0054] Tout d'abord, en tant qu'Exemple 4 selon le premier mode de réalisation de la présente invention, le soudage par points au laser a été réalisé de telle sorte que le laser a irradié pendant une durée totale de 0,4 secondes, pendant laquelle la valeur de défocalisation a été augmentée de $d1 = 30$ mm à 60 mm en 0,1 secondes à une vitesse plus importante que dans l'Exemple 3, puis la valeur de défocalisation a été augmentée à $d2 = 90$ mm dans les 0,3 secondes qui ont suivi à une vitesse plus faible que dans

l'Exemple 3, tel qu'illustré en partie (a) de la Fig. 3. Les écarts g_a et g_b entre les plaques de métal et les combinaisons de ceux-ci ont été modifiés pour étudier les plages d'écarts admissibles.

[0055] La partie (c) de la Fig. 3 montre le résultat de l'Exemple 4. Par rapport à l'Exemple 3 ci-dessus, la combinaison d'un écart supérieur g_a de 0,3 mm et d'un écart inférieur g_b de 0,9 à 1,0 mm s'est avérée déficiente. Toutefois, dans le cas où l'écart supérieur g_a est inférieur ou égal à 0,2 mm, la plage admissible pour l'écart inférieur g_b a été étendue à 1,3 à 1,4 mm, ce qui montre que l'Exemple 4 est avantageux dans le cas où l'écart inférieur g_b est important.

[0056] Exemple 5

[0057] Ci-après, en tant qu'Exemple 5 selon le premier mode de réalisation de la présente invention, le soudage par points au laser a été réalisé de telle sorte que le laser a irradié pendant une durée totale de 0,4 secondes, pendant laquelle la valeur de défocalisation a été augmentée de $d_1 = 30$ mm à 70 mm en 0,1 secondes à une vitesse plus importante que dans l'Exemple 5, puis la valeur de défocalisation a été augmentée à $d_2 = 90$ mm dans les 0,3 secondes qui ont suivi à une vitesse plus faible que dans l'Exemple 5, tel qu'illustré en partie (b) de la Fig. 3. Les écarts g_a et g_b entre les plaques de métal et les combinaisons de ceux-ci ont été modifiés pour étudier les plages d'écarts admissibles.

[0058] La partie (d) de la Fig. 3 montre le résultat de l'Exemple 5. Bien que, comme dans l'Exemple 4 ci-dessus, la combinaison d'un écart supérieur g_a de 0,3 mm et un écart inférieur g_b de 0,9 à 0,6 mm ait été déficiente, il a été observé que, dans le cas où l'écart supérieur g_a est de 0,7 à 1,7 mm, la plage admissible a été élargie. En outre, il a été constaté que dans le cas où l'écart supérieur g_a est inférieur ou égal à 0,2 mm, la plage admissible pour l'écart inférieur g_b a été étendue à 1,3 à 1,5 mm, et ainsi, l'Exemple 5 est avantageux dans le cas où l'écart inférieur g_b est important.

[0059] Exemple de Portion de Soudure selon le Premier Mode de Réalisation

[0060] La Fig. 5 est une vue en coupe transversale d'une portion de soudure dans laquelle trois plaques de métal 51, 52 et 53 sont soudées par soudage par points au laser. Les plaques de métal 51, 52 et 53 ont des épaisseurs de 0,8 mm, 1,2 mm et 0,6 mm, respectivement, et l'écart supérieur était de 0,5 mm, et l'écart inférieur était de 1,6 mm. Le laser a été irradié avec une valeur de défocalisation $d_1 = 10$ mm pendant 0,2 secondes, 20 mm pendant 0,05 secondes, et 40 mm pendant 0,2 secondes, puis, le laser a irradié en continu pendant 0,8 secondes, avec une augmentation progressive de la valeur de défocalisation à $d_2 = 90$ mm. En conséquence, la portion de soudure 50W ayant un diamètre de point efficace a été obtenue. Bien que cet exemple soit un cas particulier dans lequel l'écart inférieur est plus important que les épaisseurs des plaques, il a été confirmé que le soudage est réalisable même dans le cas où il y a un tel écart.

[0061] On notera que dans cet exemple, puisque le paramètre de l'écart a été contraignant, le

contrôle a été effectué de telle sorte que la valeur de défocalisation (diamètre d'irradiation) a été augmentée par paliers. Cependant, dans un soudage par points au laser réel qui s'achève en 0,2 à 0,4 secondes comme dans les exemples ci-dessus, il n'y a pas de différence significative dans le résultat de soudage entre le contrôle selon lequel la valeur de défocalisation (diamètre d'irradiation) est augmentée par paliers via des valeurs de défocalisation intermédiaires fixées (diamètres d'irradiation) et le contrôle selon lequel la valeur de défocalisation (diamètre d'irradiation) est augmentée en continu. Il ne s'agit que d'une différence de réglage. En outre, bien que selon la spécification de la soudeuse au laser (machine de traitement), l'irradiation au laser puisse être arrêtée pendant une période très courte, lorsque la valeur de défocalisation est modifiée, il a été confirmé que, même dans ce cas, aucune différence significative de résultat de soudage n'est obtenue.

[0062] Deuxième Mode de Réalisation

[0063] Ci-après les parties (a) à (c) de la Fig. 6 illustrent un soudage par points au laser 20 selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention pour trois plaques de métal 11, 12 et 13. La différence avec le premier mode de réalisation tient seulement dans le motif de changement du diamètre d'irradiation au laser illustré en partie (c) de la Fig. 3, et la configuration de base, selon laquelle le matériau et les épaisseurs t_1 , t_2 , et t_3 des plaques de métal 11, 12 et 13 et les écarts ga et gb , est la même que celle du premier mode de réalisation.

[0064] Lors de la réalisation du soudage par points au laser 20, une tête de traitement au laser est tout d'abord positionnée au-dessus de la plaque de métal 11 située sur la surface la plus haute, et une irradiation au laser L1 est réalisée, avec l'axe optique fixé sur une zone prédéterminée, à une puissance constante avec une valeur de défocalisation d_1 (le diamètre d'irradiation le plus petit ϕ_1), de sorte que la plaque de métal 11 située sur la surface la plus haute est chauffée et fondue au point S1 correspondant au diamètre final du point, et la plaque de métal 11 pend vers le bas et est jointe à la plaque de métal 12 située en dessous. Le métal fondu dans la plaque de métal 11 est joint à la plaque de métal 12, favorisant le transfert de chaleur dans toute la zone du point S1. La plaque de métal 12 qui est en dessous de la plaque de métal 11 et a été jointe à la plaque de métal 11 se ramollit également, formant une partie fondue W1.

[0065] Ensuite, la focalisation est contrôlée par le système optique de la soudeuse laser avec l'axe optique maintenu fixé. La valeur de défocalisation est progressivement réduite de d_1 jusqu'à d_2 tel qu'indiqué par le symbole Ws dans la partie (c) de la Fig. 6 pour réduire progressivement le diamètre d'irradiation au laser jusqu'à ϕ_2 (point S2), tandis que l'irradiation au laser (de L1 à L2) est réalisée à puissance constante, de sorte que le centre de la partie fondue W1 est amené à se développer dans la plaque de métal 13 située en dessous avant que l'irradiation au laser L2 ne s'achève. Ceci forme la partie

fondue W2 qui pénètre les trois plaques de métal 11, 12 et 13.

[0066] Dans ce soudage par points au laser 20 du deuxième mode de réalisation, après que l'irradiation au laser L1 avec le diamètre d'irradiation le plus grand $\phi 1$ correspondant au diamètre de point final (S1, W1) ait été réalisée avec l'axe optique de laser fixé, le diamètre d'irradiation au laser est réduit jusqu'au diamètre d'irradiation le plus petit $\phi 2$ pour augmenter la densité d'énergie, fournissant une profondeur de fusion suffisante dans la partie centrale (S2, W2). En conséquence, comme dans le premier mode de réalisation, le soudage par points au laser 20, qui est une opération simple n'impliquant pas de balayage de l'axe optique du laser, offre une résistance de jonction souhaitée et offre également l'avantage d'augmenter les plages admissibles des écarts ga et gb entre les plaques de métal 11, 12 et 13.

[0067] Exemple selon le Deuxième Mode de Réalisation

[0068] Ci-après, les expériences ont été menées dans les mêmes conditions que dans le premier mode de réalisation pour vérifier l'effet avantageux du soudage par points au laser 20 selon le deuxième mode de réalisation. Le soudage par points au laser a été effectué de telle sorte que le laser a irradié pendant 0,1 seconde avec une valeur de défocalisation $d1 = 90$ mm, puis la valeur de défocalisation a été abaissée jusqu'à $d2 = 20$ mm en 0,2 secondes à une vitesse constante, et le laser a irradié pendant encore 0,1 seconde tel qu'illustré en partie (a) de la Fig. 4. Les écarts ga et gb entre les plaques de métal 11, 12 et 13 et les combinaisons de ceux-ci ont été changés pour comparer les plages d'écarts admissibles.

[0069] La partie (b) de la Fig. 4 montre le résultat de l'Exemple 6. Les plages d'écarts admissibles sont nettement élargies des deux côtés supérieur et inférieur par rapport à l'Exemple Comparatif ci-dessus (partie (e) de la Fig. 2). Par rapport aux exemples 1 à 5 (parties (f) à (h) de la Fig. 2, et parties (c) et (d) de la Fig. 3) du premier mode de réalisation, l'exemple du deuxième mode de réalisation est caractérisé en ce que l'écart inférieur est admis jusqu'à 0,7 mm dans la plage dans laquelle l'écart supérieur ga est important, et la plage d'écarts admissible de la somme des écarts supérieur et inférieur est étendue jusqu'à 1,4 à 1,5 mm.

[0070] On notera que suivant le changement du diamètre d'irradiation (valeur de défocalisation) dans le soudage par points au laser 20 selon le deuxième mode de réalisation ci-dessus, le changement du diamètre d'irradiation (valeur de défocalisation) du soudage par points au laser 10 selon le premier mode de réalisation ci-dessus peut être exécuté.

[0071] Plus précisément, après que la valeur de défocalisation est progressivement réduite, passant de $d1$ à $d2$ (après le diamètre du rayonnement laser est progressivement diminuée à $\phi 2$ (la tache S2)), la valeur de défocalisation peut être augmentée progressivement à $D1$ (ou plus / moins) (le rayonnement laser le diamètre peut être élargi pro-

gressivement à Ø1 (ou plus / moins)) avant l'achèvement de l'irradiation au laser.

[0072] À l'inverse, après que le diamètre d'irradiation (valeur de défocalisation) ait augmenté comme dans le soudage par points au laser 10 selon le premier mode de réalisation ci-dessus, le diamètre d'irradiation (valeur de défocalisation) peut être réduit comme dans le soudage par points au laser 20 selon le deuxième mode de réalisation ci-dessus avant l'achèvement de l'irradiation au laser.

[0073] De plus, bien que dans les modes de réalisation ci-dessus, la description ait été fournie pour le cas dans lequel la valeur de défocalisation d1 à d2 est modifiée en contrôlant le système optique de laser, la valeur de défocalisation peut être changée en déplaçant mécaniquement la position de la tête de traitement au laser de haut en bas (mouvement linéaire).

[0074] En outre, bien que les modes de réalisation ci-dessus aient illustré le cas dans lequel le soudage par points au laser est réalisé sur deux ou trois plaques de métal superposées, quatre ou plus plaques de métal superposées peuvent être utilisés pour le soudage par points au laser. Bien qu'il n'ait été confirmé expérimentalement que le présent soudage par points au laser puisse être appliqué à l'épaisseur totale de plaques allant jusqu'à 4,2 mm, le présent soudage par points au laser peut probablement être mis en œuvre sur une épaisseur supérieure à celle-ci, selon les conditions, telles que la puissance du laser.

[0075] En outre, bien que les modes de réalisation ci-dessus aient illustré le cas dans lequel le laser irradie à partir de la verticale au-dessus de la plaque de métal 11 à la surface la plus haute, le même niveau de propriétés de traitement peut être obtenu dans le cas d'un angle d'irradiation allant jusqu'à 40 degrés. En outre, le présent soudage par points au laser peut être appliqué pour le soudage non seulement de plaques de métal placées horizontalement, mais aussi pour celles placées pour être inclinées selon un angle quelconque.

[0076] Bien que la description ait été fournie pour certains modes de réalisation de la présente invention, la présente invention ne se limite pas aux modes de réalisation ci-dessus. Divers types d'autres modifications et changements peuvent être apportés sur le fondement de l'idée technique de la présente invention.

Liste des signes de référence

- [0077]
- 10, 20 soudage par points au laser
 - 11, 12, 13 plaque de métal
 - d1, d2 valeur de défocalisation
 - ga, gb écart
 - L1, L2 irradiation au laser
 - S1, S2 point

- $\phi 1$, $\phi 2$ diamètre d'irradiation au laser
- W1, W2 partie de soudure

Liste des documents cités

Documents brevets

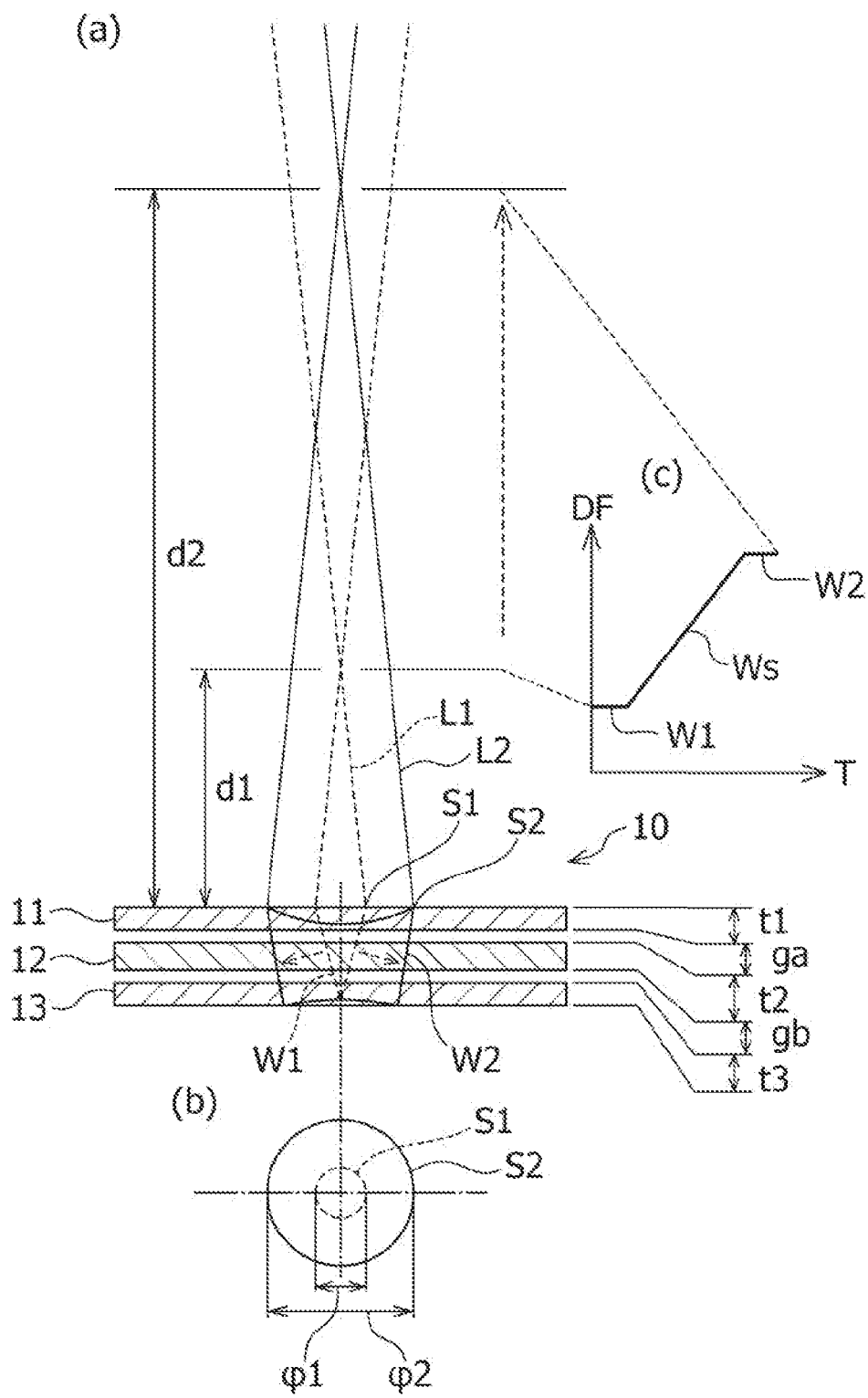
- [0078] À toute fin utile, le document brevet suivant est cité :
- [Document Brevet 1] JP 2012-115876 A.

Revendications

- [Revendication 1] Un procédé de soudage par points au laser (10, 20) comprenant une étape d'irradiation de plaques de métal (11, 12, 13) superposées avec un laser (L1, L2) avec un changement de diamètre d'irradiation du laser progressivement ou par paliers entre un premier diamètre d'irradiation ($\phi 1$) et un deuxième diamètre d'irradiation ($\phi 2$) dans un état dans lequel un axe optique du laser est fixé sur une zone prédéterminée des plaques de métal,
- dans lequel : l'un des premier et deuxième diamètres d'irradiation est un diamètre d'irradiation le plus petit au cours de l'étape et l'autre est un diamètre d'irradiation le plus grand, fournissant un diamètre de point (S2), au cours de l'étape ; et le changement du diamètre d'irradiation est fourni en changeant une valeur de défocalisation du laser (de d1 à d2).
- [Revendication 2] Le procédé de soudage par points au laser (10) selon la revendication 1, dans lequel : le premier diamètre d'irradiation ($\phi 1$) est le diamètre d'irradiation le plus petit au cours de l'étape ; le deuxième diamètre d'irradiation ($\phi 2$) est le diamètre d'irradiation le plus grand au cours de l'étape ; et l'étape comprend une irradiation avec le laser (L1, L2) avec une augmentation du diamètre d'irradiation progressivement ou par paliers depuis le diamètre d'irradiation le plus petit jusqu'au diamètre d'irradiation le plus grand.
- [Revendication 3] Le procédé de soudage par points au laser (20) selon la revendication 1, dans lequel : le premier diamètre d'irradiation ($\phi 1$) est le diamètre d'irradiation le plus grand au cours de l'étape ; le deuxième diamètre d'irradiation ($\phi 2$) est le diamètre d'irradiation le plus petit au cours de l'étape ; et l'étape comprend une irradiation avec le laser (L1, L2) avec une réduction du diamètre d'irradiation progressivement ou par paliers depuis le diamètre d'irradiation le plus grand jusqu'au diamètre d'irradiation le plus petit.
- [Revendication 4] Le procédé de soudage par points au laser (10, 20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel une puissance du laser (L1, L2) est sensiblement constante au cours de l'étape.

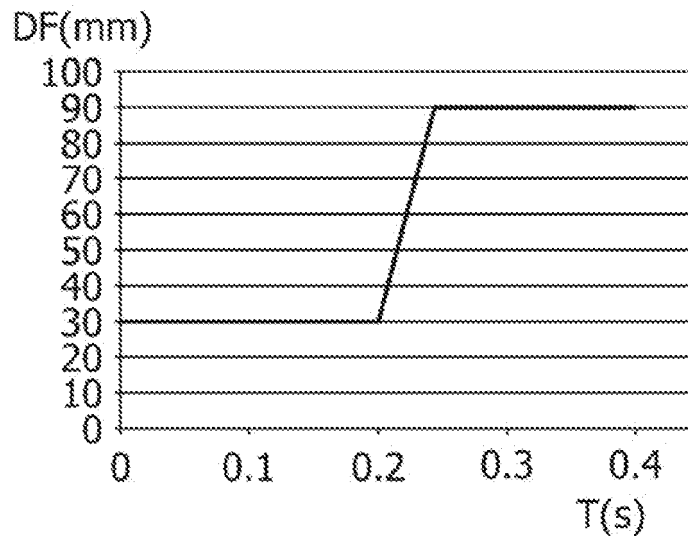
[Fig. 1]

FIG.1



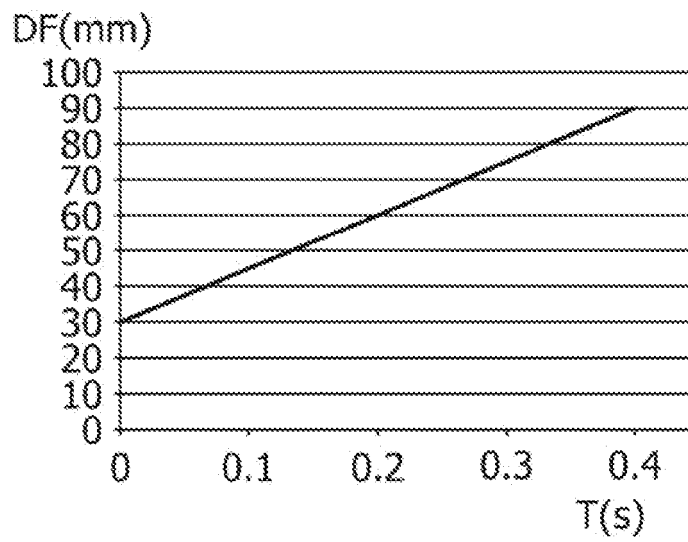
[Fig. 2a]

FIG.2A



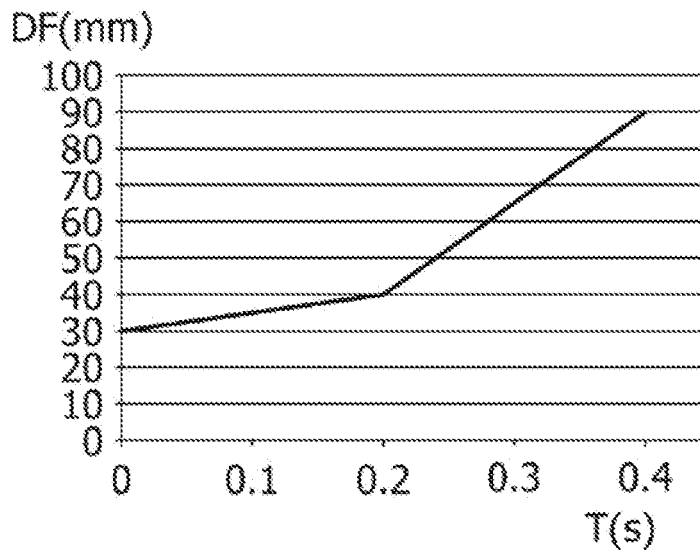
[Fig. 2b]

FIG.2B



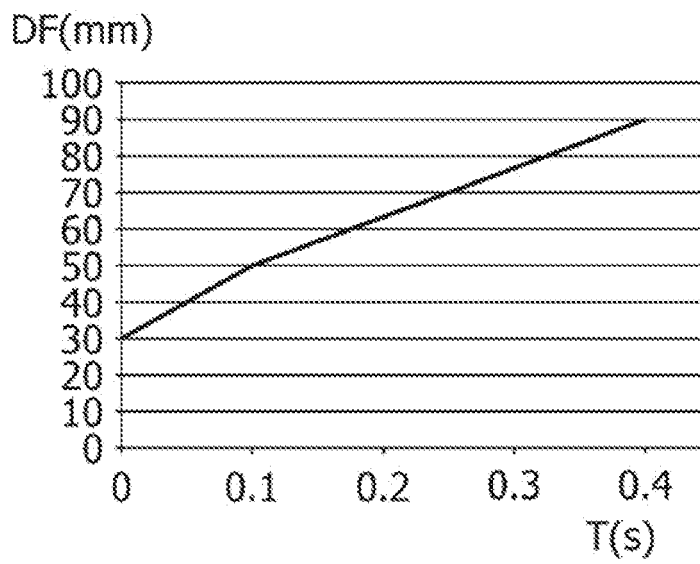
[Fig. 2c]

FIG.2C



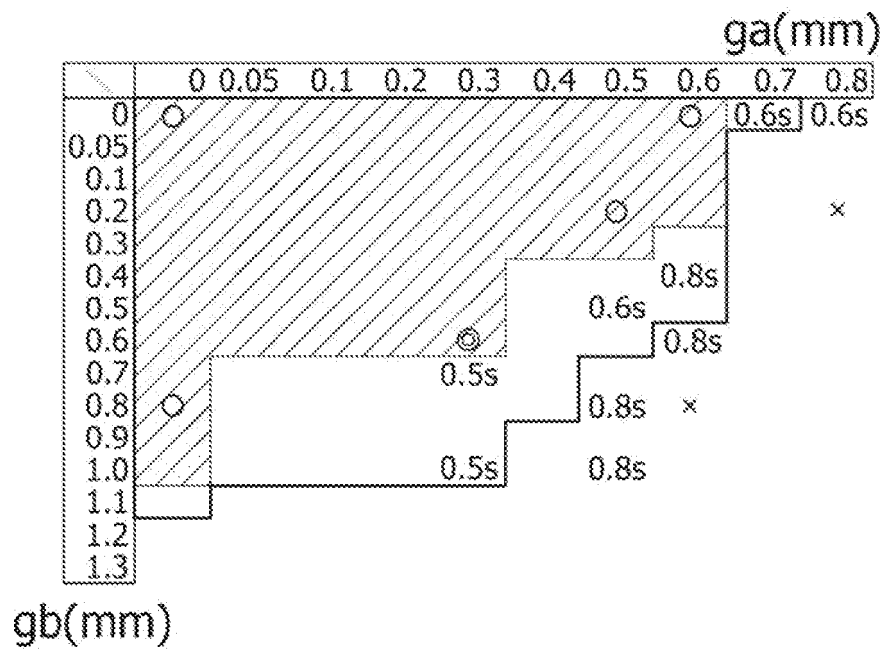
[Fig. 2d]

FIG.2D



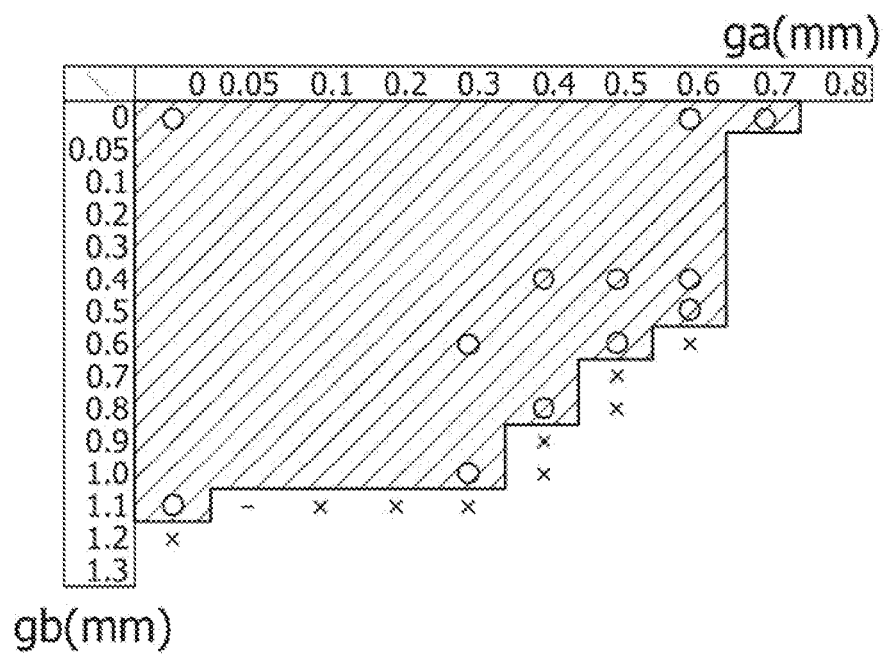
[Fig. 2e]

FIG.2E



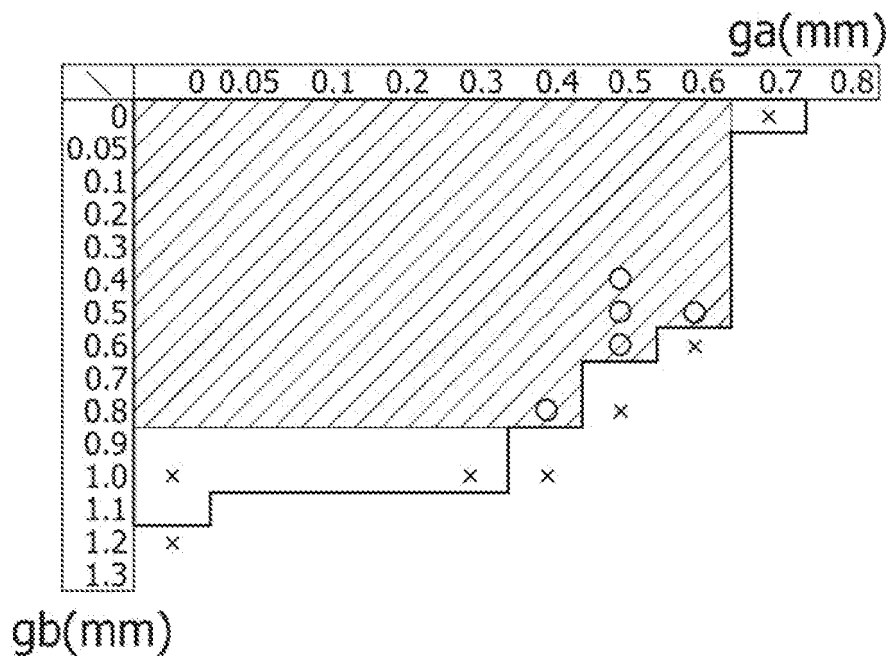
[Fig. 2f]

FIG.2F



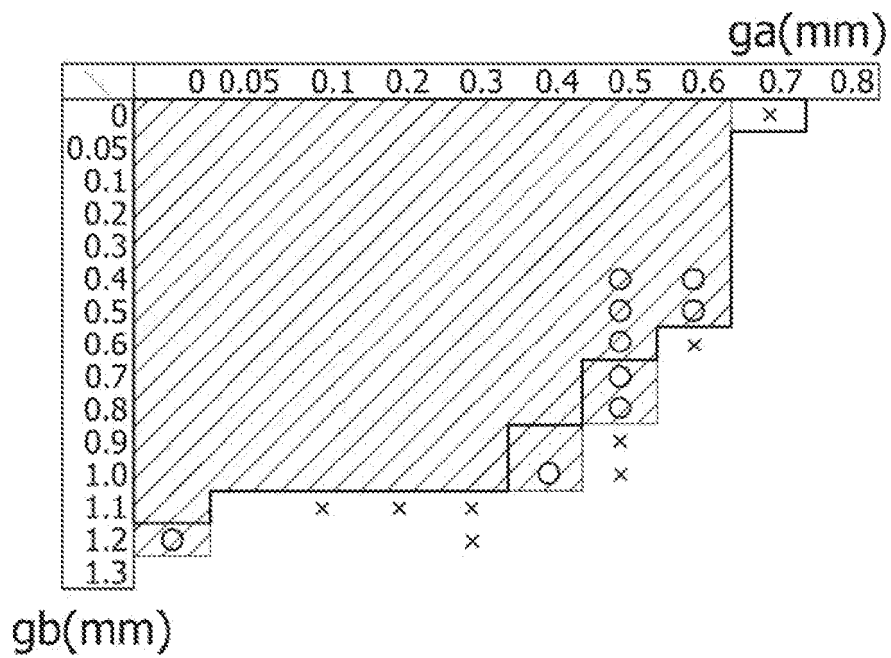
[Fig. 2g]

FIG.2G



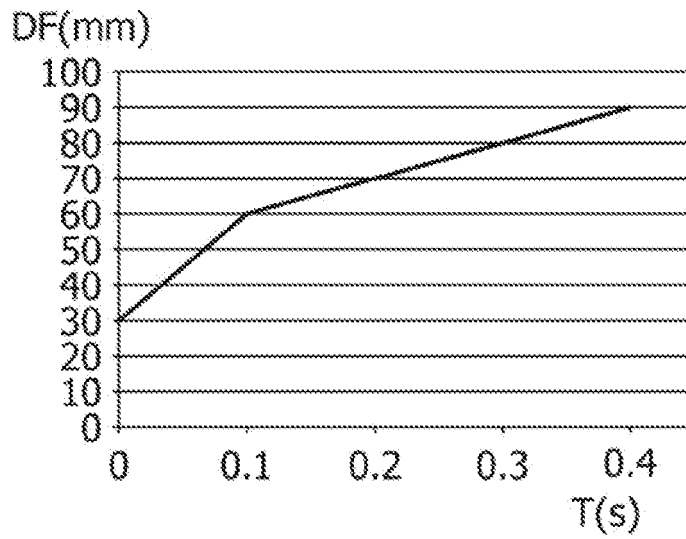
[Fig. 2h]

FIG.2H



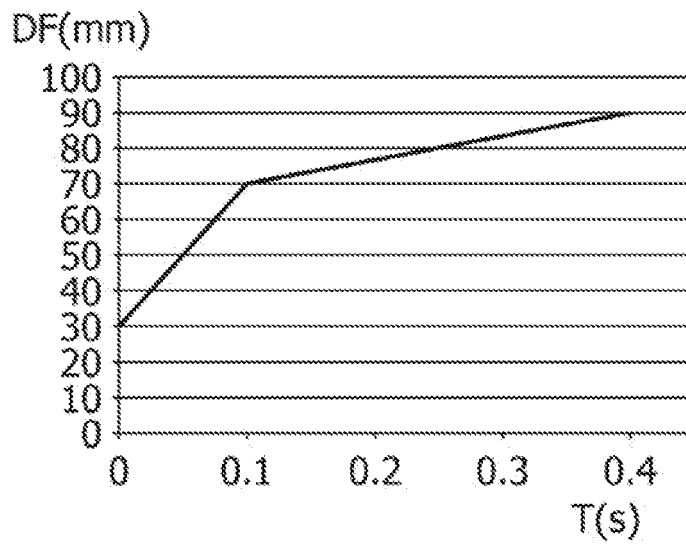
[Fig. 3a]

FIG.3A

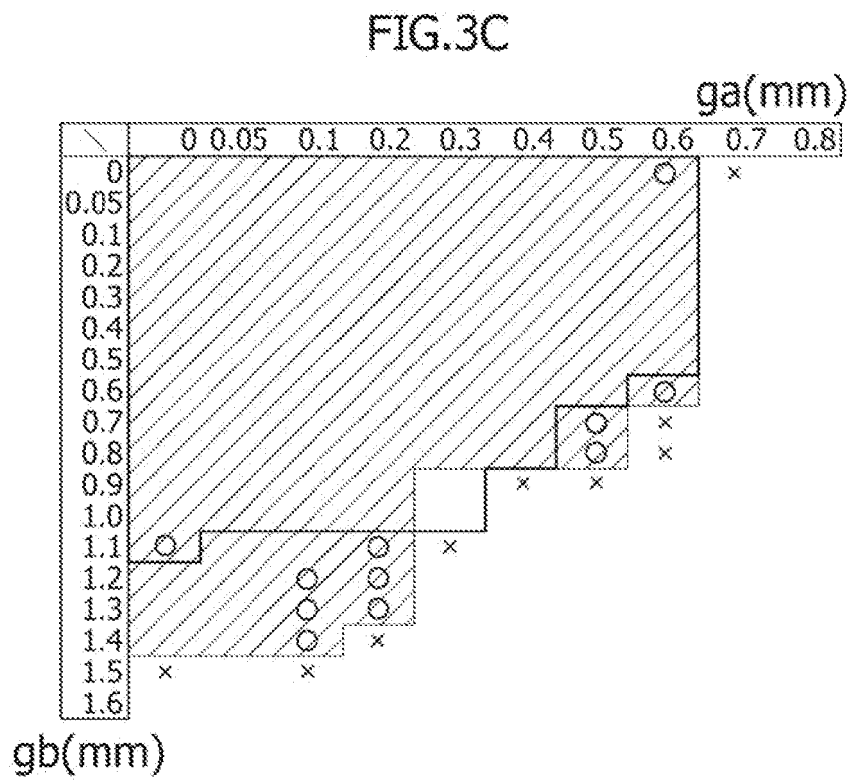


[Fig. 3b]

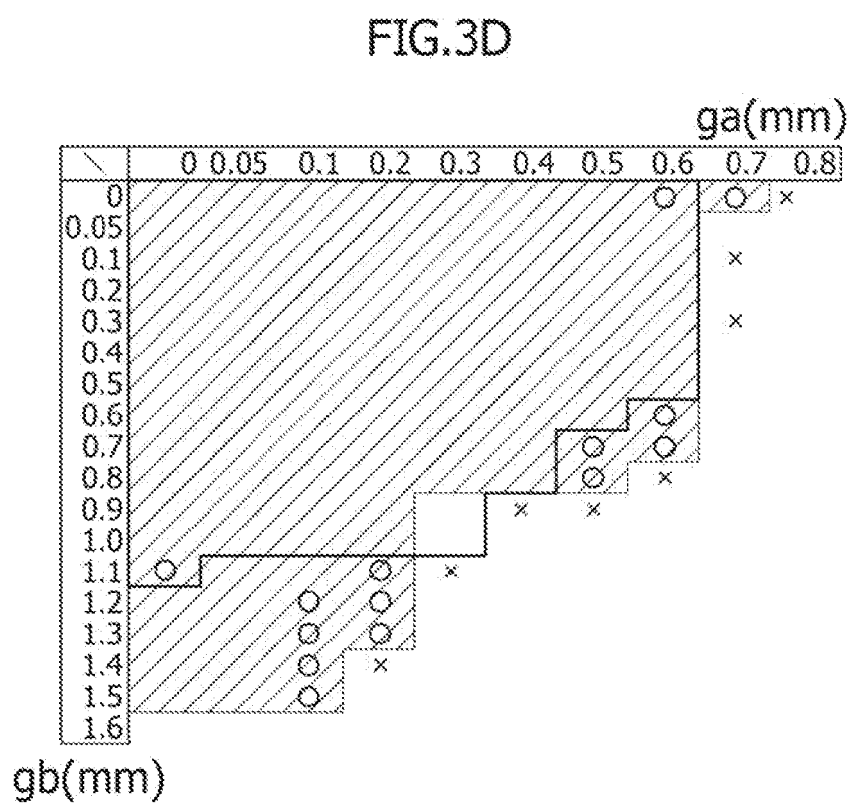
FIG.3B



[Fig. 3c]



[Fig. 3d]



[Fig. 4]

FIG.4A

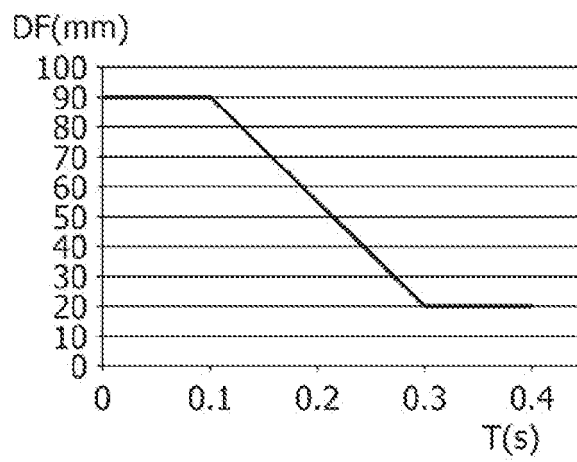
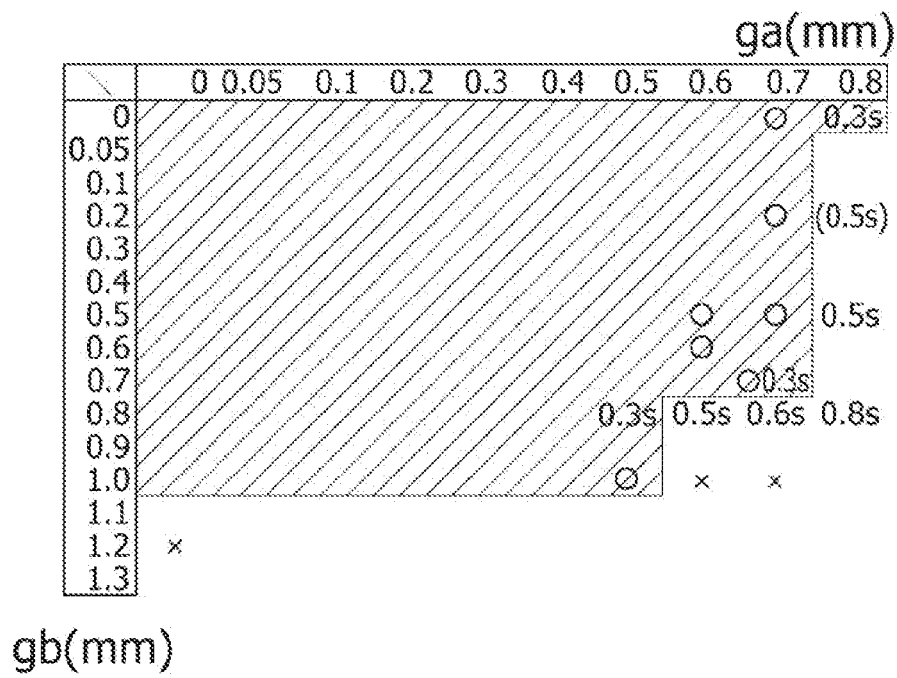
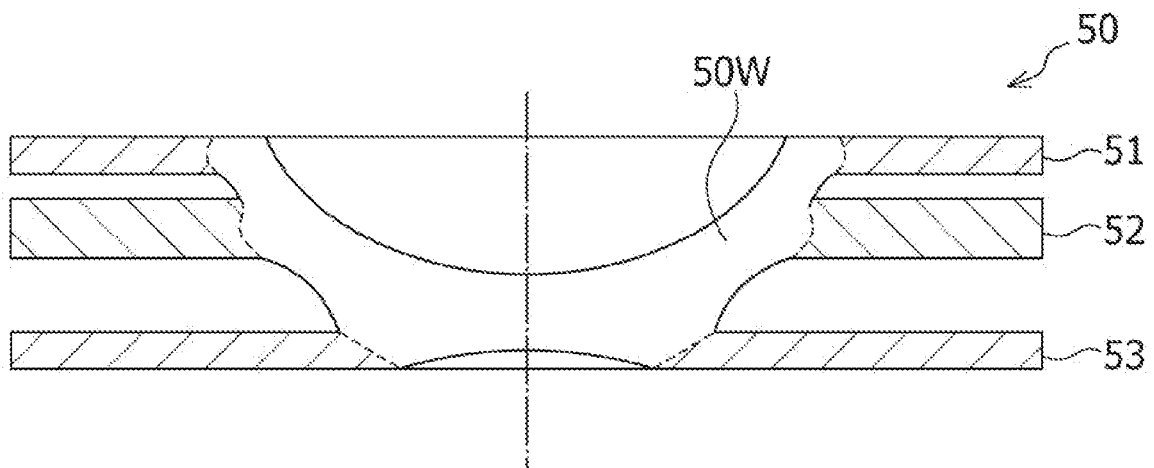


FIG.4B



[Fig. 5]

FIG.5



[Fig. 6]

FIG.6

