

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.04.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.10.23 Bulletin 23/42.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : LI HAI.

73 Titulaire(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS).

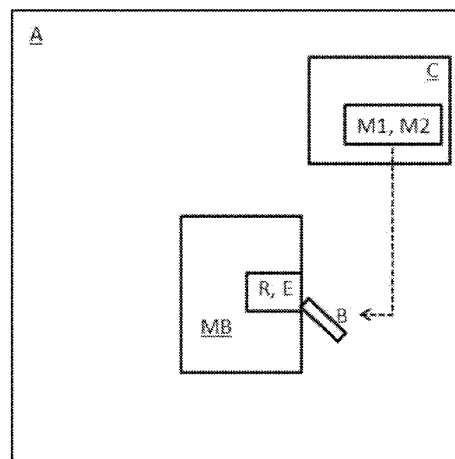
54 **SYSTÈME DE SOUDAGE D'ENTRETOISE DE
MODULE DE BATTERIE, PROCÉDE ET
PROGRAMME SUR LA BASE D'UN TEL SYSTÈME.**

57 L'invention concerne un système de soudage d'une entretoise (E) sur un refroidisseur (R) de module de batterie (MB) de véhicule automobile, au moyen d'une buse de soudage (B) comprenant une tête de soudage, le système de soudage comprenant :- des données d'un premier modèle d'apprentissage automatique (M1) de prédiction de tenue mécanique de

l'entretoise (E), sur la base de données d'entrées de pré-chauffage du refroidisseur (R), de courant, tension, temps de soudage, de vitesse d'alimentation du matériau d'apport, de position de la tête de soudage, de débit de gaz de protection, et/ou de position et direction de la buse du gaz (B), - un moyen pour déterminer un paramétrage optimisé de soudage pour avoir une bonne tenue mécanique sur la base desdites données de modèle, - un moyen pour réaliser ce paramétrage.

L'invention concerne également un procédé et un programme sur la base d'un tel système.

Figure 2



Description

Titre de l'invention : SYSTEME DE SOUDAGE D'ENTRETOISE DE MODULE DE BATTERIE, PROCEDE ET PROGRAMME SUR LA BASE D'UN TEL SYSTEME

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des batteries de traction de véhicule automobile. L'invention concerne en particulier le soudage d'entretoise sur un refroidisseur de module de batterie.
- [0002] Les modules de batterie sont généralement fixés sur des entretoises filetées, par vissage. Les entretoises filetées sont généralement fixées sur un refroidisseur de batterie par soudage MIG (pour « Metal Inert Gaz » en langue anglaise). Il est nécessaire d'assurer la qualité de soudage afin de garantir la performance mécanique (endurance vibratoire, tenue mécanique, etc.) des entretoises filetées.
- [0003] La solution actuelle pour l'assurance de la qualité de soudage est conception par expériences (« design of experiments » en langue anglaise) par expertise, c'est-à-dire une série des expériences est construite d'après l'expertise, et effectuée systématiquement en variant un ou plusieurs facteurs impactants.
- [0004] Il y a des recherches scientifiques sur l'amélioration du soudage par l'apprentissage automatique, l'une publiée : Rishikesh Mahadevan R, et al., Intelligent welding by using machine learning techniques, Materials Today: Proceedings, 29 December 2020.
- [0005] La solution actuelle industrialisée se base sur une expertise insuffisante. Le processus de soudage est un phénomène naturel très complexe avec de nombreux facteurs impactants qui sont souvent corrélés entre eux. Pour la conception par expériences, il est fastidieux de rechercher tous les facteurs impactants. Dans le cas de recherches par la simulation, il est impossible de préciser dans la simulation toutes les conditions rencontrées réellement dans un cas spécifique. Pour vérifier la concordance entre simulation et expérience, il faut des instruments pour observer la fusion et la solidification du matériau métallique, ce qui n'est pas accessible à cause de la haute température impliquée. Ainsi, le soudage reste un thème important dans la recherche scientifique dans le domaine de l'écoulement polyphasique.
- [0006] Bien qu'il y ait de la recherche scientifique sur l'amélioration par l'apprentissage automatique, il n'y a pas de guide pour cette application spécifique parce que les résultats existants de la recherche actuelle sont limités aux cas simples, et ne couvrent pas tous les facteurs pertinents du soudage de l'entretoise concernée ici. En effet, le soudage des entretoises est un cas très particulier et ainsi demande recherche dédiée.
- [0007] La conséquence actuelle est la rupture des entretoises pendant l'assemblage du module de batterie sur le refroidisseur, ou pendant des tests vibratoires. Dans le pire

des cas, elle apparait chez l'utilisateur après un certain temps d'usage.

[0008] C'est uniquement après ces incidents qu'un nouveau cycle de recherches est réalisé pour continuer l'amélioration de la qualité de soudage. Malgré plusieurs occurrences de recherches, le processus de soudage reste non optimisé, et le potentiel d'amélioration reste également inconnu.

[0009] Un objectif de la présente invention est de remédier aux inconvénients de l'art antérieur, et notamment d'améliorer la qualité du soudage des entretoises qui servent à fixer les modules batterie sur le refroidisseur, qui est instable dans l'art antérieur ; et d'avoir une recherche par expériences moins fastidieuse pour optimiser la qualité du soudage.

[0010] Pour atteindre cet objectif, l'invention propose un système de soudage d'une entretoise sur un refroidisseur de module de batterie de véhicule automobile, au moyen d'une buse de soudage comprenant une tête de soudage, le système de soudage comprenant :

- des données d'un premier modèle d'apprentissage automatique de prédiction de tenue mécanique de l'entretoise, sur la base de données d'entrées de préchauffage du refroidisseur, de courant de soudage, de tension de soudage, de temps de soudage, de vitesse d'alimentation du matériau d'apport, de position de la tête de soudage par rapport à une extrémité de l'entretoise, de débit de gaz de protection, et/ou de position et direction de la buse du gaz,
- un moyen pour déterminer un paramétrage optimisé de soudage pour avoir une bonne tenue mécanique sur la base desdites données de modèle,
- un moyen pour mettre en œuvre le soudage selon le paramétrage optimisé.

[0011] En particulier, l'invention ajoute un modèle de l'apprentissage automatique pour orienter la recherche de la qualité optimale de soudage.

[0012] Le paramétrage optimisé peut par exemple indiquer un ou plusieurs des paramètres listés comme données d'entrée, de sorte à avoir un soudage optimal. Le paramétrage optimisé peut aussi indiquer une correction de ceux-ci par rapport dans un soudage en cours, dans le même objectif.

[0013] Le modèle de l'apprentissage automatique aide à réduire la quantité des essais par la prédiction de la tenue mécanique du soudage. Ce modèle s'évolue avec de plus en plus de résultats d'expériences qui sont très fastidieux. Dès que le modèle peut prédire les résultats des nouvelles expériences, la série d'expériences peut s'arrêter sans terminer tous les points dans une matrice de paramètres à tester.

[0014] Avantagusement, l'invention permet de garantir une optimisation de la tenue mécanique du soudage des entretoises, de limiter la quantité d'expériences pour une recherche moins fastidieuse, et d'utiliser une modélisation évolutive de l'apprentissage pour orienter la recherche.

- [0015] Elle offre un moyen de recherche par expériences moins fastidieuse et elle garantit l'optimisation de la qualité de soudage.
- [0016] Selon une variante, le système de soudage comprend en outre des données d'un deuxième modèle d'apprentissage automatique de prédiction d'écart type de tenue mécanique de l'entretoise, sur la base desdites données d'entrée. Cela permet de mieux déterminer la prédiction de tenue mécanique avec une marge d'erreur.
- [0017] Selon une variante, les données dudit ou desdits modèles sont déterminées sur la base de toutes lesdites données d'entrée. Cela permet d'avoir une évaluation plus précise de la prédiction de tenue mécanique.
- [0018] Selon une variante, les données dudit ou desdits modèles sont déterminées grâce à un réseau neuronal déterminant des corrélations non-linéaires. Cela permet d'améliorer davantage la précision du modèle d'apprentissage automatique.
- [0019] L'invention concerne en outre un procédé de soudage d'une entretoise sur un refroidisseur de module de batterie de véhicule automobile, au moyen d'une buse de soudage comprenant une tête de soudage, le procédé de soudage comprenant les étapes suivantes :
- réaliser un premier modèle d'apprentissage automatique de prédiction de tenue mécanique de l'entretoise, sur la base de données d'entrées de préchauffage du refroidisseur, de courant de soudage, de tension de soudage, de temps de soudage, de vitesse d'alimentation du matériau d'apport M, de position de la tête de soudage par rapport à une extrémité de l'entretoise, de débit de gaz de protection, et/ou de position et la direction de la buse du gaz,
 - déterminer un paramétrage optimisé de soudage pour avoir une bonne tenue mécanique sur la base desdites données de modèle,
 - mettre en œuvre le soudage selon le paramétrage optimisé.
- [0020] Selon une variante, le procédé de soudage comprend en outre une étape de réalisation d'un deuxième modèle d'apprentissage automatique de prédiction d'écart type de tenue mécanique de l'entretoise, sur la base desdites données d'entrée.
- [0021] Selon une variante, les données dudit ou desdits modèles sont déterminées sur la base de toutes lesdites données d'entrée
- [0022] Selon une variante, ledit ou lesdits modèles d'apprentissage automatique sont basés sur un réseau neuronal déterminant des corrélations non-linéaires.
- [0023] Un autre objet de l'invention concerne un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes mises en œuvre par ordinateur d'un procédé de soudage selon l'invention, lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.
- [0024] L'invention porte en outre sur un appareillage de fabrication de batterie de véhicule automobile comprenant un système de soudage selon l'invention, et une buse de

soudage qui comprend une tête de soudage.

[0025] L'invention sera davantage détaillée par la description de modes de réalisation non limitatifs, et sur la base des figures annexées illustrant des variantes de l'invention, dans lesquelles :

- [Fig.1] illustre schématiquement le montage de l'entretoise sur un refroidisseur d'un module de batterie avec les outils de soudage ; et
- [Fig.2] illustre schématiquement la mise en œuvre des modèles d'apprentissage automatique dans le cadre de la variante préférée de l'invention.

[0026] Le soudage d'une entretoise E sur le refroidisseur R est représentée en [Fig.1]. Il permet le soudage d'une entretoise E sur un refroidisseur R de module de batterie MB de véhicule automobile, au moyen d'une buse de soudage B comprenant une tête de soudage T.

[0027] La qualité du soudage de l'entretoise E est indiquée par la tenue mécanique du soudage. La tenue mécanique du soudage est définie avec un essai de traction jusqu'à la rupture de l'entretoise E en tirant verticalement une vis installée dans un taraudage de l'entretoise E.

[0028] Plus la tenue mécanique est haute, mieux est la qualité du soudage, de même que l'endurance vibratoire de l'entretoise E. Ces mesures sont très fastidieuses et consommatrices de composants, car il s'agit de mesures destructives.

[0029] Plusieurs facteurs influent sur la qualité de soudage :

- 1. Le préchauffage du refroidisseur R (par exemple en degrés). Il facilite la fusion de la matière M dans la zone de soudage, mais une trop haute température avant le soudage fragilise la structure du refroidisseur R et introduit plus de difficultés pour positionner l'entretoise E dans un trou et sur le lamage L correctement.
- 2. Le courant de soudage (en ampères). Il sert à faire fondre le fil ajouté. Un haut courant facilite une vitesse de soudage plus haute, mais il fait fondre trop de matière dans l'entretoise E, ce qui risque d'impacter la qualité du taraudage intérieur de l'entretoise E.
- 3. La tension de soudage (en volts) : une haute tension est meilleure pour la vitesse de soudage, mais elle crée en même temps plus d'arcs électriques locaux qui fragilisent le soudage en créant une porosité mineure.
- 4. Le temps de soudage (en secondes) : plus le soudage met de temps, plus la quantité de matière est fondue, mais cela risque de fragiliser le taraudage et ainsi risque de faire déformer la surface du refroidisseur R.
- 5. La vitesse d'alimentation en fil (en mm/s) : davantage d'alimentation en fil ajoute de la matière déposée, mais cela limite la fonte de la matière locale du refroidisseur R qui est également nécessaire pour assurer la qualité du soudage.
- 6. La position de la tête de soudage T dans le sens vertical par rapport au pied de

l'entretoise E sur le refroidisseur R : elle ne peut pas être trop haute, parce que le fond du lamage L doit être fondu ; elle ne peut pas non plus être trop basse parce que la matière ajoutée doit être déposée sur la surface cylindrique de l'entretoise E de manière suffisante.

- 7. Le débit de gaz de protection G : il faut avoir un débit du gaz inerte suffisant pour protéger la matière d'oxydation, mais ce flux de gaz fait dissiper la chaleur de la zone de soudage, ce qui n'est pas souhaitable.

- 8. La position et la direction de la buse du gaz B : la buse B est fixée à la tête de soudage T. Après l'installation, elle ne peut pas être changée pendant le soudage. Il faut assurer un environnement inerte mais la partie derrière la tête de soudage T présente toujours une zone moins protégée.

[0030] Ces facteurs ne sont pas indépendants entre eux, parce qu'ils sont liés thermiquement et mécaniquement : Le préchauffage peut être compensé par plus de courant ou plus de temps de soudage, mais les dernières sont plus difficiles à contrôler pour réaliser la fonte localisée.

[0031] En outre, la même puissance de soudage peut être utilisée avec différentes combinaisons de courant et de tension.

[0032] De plus, la position de la tête de soudage T est liée à la vitesse d'alimentation du fil, parce que la quantité de matière baisse sous la gravitation, et ces deux facteurs influent sur la distribution de la matière ajoutée.

[0033] Par ailleurs, le temps de soudage est lié au préchauffage ainsi qu'à la vitesse d'alimentation du fil pour assurer la fonte localisée.

[0034] Il faut compter qu'il y a encore d'autres facteurs non contrôlés qui influent sur la qualité de soudage, comme la tolérance des dimensions : hauteur et largeur du lamage L, planéité des surfaces de contact entre le lamage L et l'entretoise E, ainsi que la non homogénéité de la constitution de la matière (aluminium par exemple), le flux du gaz en écoulement turbulent, etc.

[0035] De tous ces facteurs résulte la variété de tenue mécanique de soudage pour les mêmes 8 paramètres contrôlés. Pour cette raison, il est nécessaire de décrire la tenue mécanique de soudage avec une valeur moyenne et un écart-type. Par conséquent, il faut répéter les mesures plusieurs fois pour une configuration des paramètres.

[0036] Une exploitation basique de chaque paramètre nécessite au moins 5 points dans sa plage de valeur faisable, et ainsi la matrice de mesurage se comprend de $5^8 = 390625$ points à réaliser. C'est un mesurage destructif énormément fastidieux et consommateur de matière. En réalité cela n'est pas réalisable pour ces raisons.

[0037] En se basant sur l'analyse des facteurs influants et contrôlables, cette invention propose de développer un modèle de l'apprentissage automatique pour assister la recherche des paramètres optimisés comme suit :

- 1. En cas de début d'analyse sans données préalables, le mesurage commence avec un paramétrage expertisé, et le mesurage est à répéter 5 fois pour en dériver la tenue mécanique moyenne et son écart-type.
- 2. Un autre paramétrage est à choisir en variant les valeurs de tous les paramètres. Théoriquement après 5 paramétrages, ou un peu de plus selon l'expertise humaine, tous les facteurs sont balayés pour toute leurs plages de valeur applicable.
- 3. Ensuite deux modèles d'apprentissage automatique M1, M2 sont à développer pour pouvoir prédire la valeur moyenne de tenue mécanique et l'écart-type respectivement en prenant les paramètres contrôlés comme les données d'entrée.
- 4. En cas de début d'analyse avec des données préalables, c'est-à-dire pour une amélioration continue, la modélisation peut prendre les données disponibles pour commencer la prédiction.
- 5. Il est important d'éviter le phénomène de surdimensionnement (« over-fitting » en langue anglaise) pendant la modélisation, c'est-à-dire le modèle reproduit très bien les données de d'entraînement (« training » en langue anglaise) lorsque la prédiction pour des données de « test » jamais vues auparavant, est significativement moins bonne, parce que la matrice de mesurage n'est pas complétée.
- 6. Les modèles d'apprentissage automatique avec réseau neuronal disposant de la capacité de retrouver la corrélation non linéaire entre les facteurs impactants, aident à choisir plus de points de mesurage : on fait une simulation en balayant toutes les plages des paramètres et observe la valeur maximale de la tenue mécanique ; le paramétrage qui donne cette valeur maximale est à réaliser dans le mesurage réel.
- 7. Il n'est pas possible de trouver la concordance entre la prédiction et le nouveau mesurage tout de suite, parce que la modélisation commence avec une quantité de donnée très limitée. Cependant cette prédiction donne une assistance à la compréhension de la configuration des paramètres, et oriente la recherche vers un paramétrage optimisé en répétant le cycle de « prédiction – mesurage » jusqu'au moment où la prédiction rencontre converge avec le mesurage de manière reproductible.

[0038] En absence d'une simulation physique fiable et en absence d'une théorie claire pour ce cas spécifique de soudage, cette modélisation de données aide à mieux orienter la recherche du paramétrage optimisé sans devoir balayer toutes les plages des paramètres contrôlés. Le mesurage est donc beaucoup moins fastidieux et consommateur de matière et de temps.

[0039] L'invention concerne en outre un programme d'ordinateur correspondant, chargé dans un ordinateur C et permettant d'évaluer le paramétrage optimisé.

[0040] L'invention a en outre trait à un appareillage de fabrication A de batterie de véhicule automobile correspondant. L'appareillage A comprend un système de soudage tel que décrit précédemment, ainsi qu'une buse de soudage B qui comprend une tête de

soudage T.

Revendications

- [Revendication 1] Système de soudage d'une entretoise (E) sur un refroidisseur (R) de module de batterie (MB) de véhicule automobile, au moyen d'une buse de soudage (B) comprenant une tête de soudage (T), le système de soudage comprenant :
- des données d'un premier modèle d'apprentissage automatique (M1) de prédiction de tenue mécanique de l'entretoise (E), sur la base de données d'entrées de préchauffage du refroidisseur (R), de courant de soudage, de tension de soudage, de temps de soudage, de vitesse d'alimentation du matériau d'apport (M), de position de la tête de soudage (T) par rapport à une extrémité de l'entretoise (E), de débit de gaz de protection (G), et/ou de position et direction de la buse du gaz (B),
 - un moyen pour déterminer un paramétrage optimisé de soudage pour avoir une bonne tenue mécanique sur la base desdites données de modèle,
 - un moyen pour mettre en œuvre le soudage selon le paramétrage optimisé.
- [Revendication 2] Système de soudage selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des données d'un deuxième modèle d'apprentissage automatique (M2) de prédiction d'écart type de tenue mécanique de l'entretoise (E), sur la base desdites données d'entrée.
- [Revendication 3] Système de soudage selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les données dudit ou desdits modèles (M1, M2) sont déterminées sur la base de toutes lesdites données d'entrée.
- [Revendication 4] Système de soudage selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les données dudit ou desdits modèles (M1, M2) sont déterminées grâce à un réseau neuronal déterminant des corrélations non-linéaires.
- [Revendication 5] Procédé de soudage d'une entretoise (E) sur un refroidisseur (R) de module de batterie (MB) de véhicule automobile, au moyen d'une buse de soudage (B) comprenant une tête de soudage, le procédé de soudage comprenant les étapes suivantes :
- réaliser un premier modèle d'apprentissage automatique (M1) de prédiction de tenue mécanique de l'entretoise (E), sur la base de données d'entrées de préchauffage du refroidisseur (R), de courant de

soudage, de tension de soudage, de temps de soudage, de vitesse d'alimentation du matériau d'apport (M), de position de la tête de soudage (T) par rapport à une extrémité de l'entretoise (E), de débit de gaz de protection (G), et/ou de position et la direction de la buse du gaz (B),

- déterminer un paramétrage optimisé de soudage pour avoir une bonne tenue mécanique sur la base desdites données de modèle,

- mettre en œuvre le soudage selon le paramétrage optimisé.

[Revendication 6] Procédé de soudage selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de réalisation d'un deuxième modèle d'apprentissage automatique (M2) de prédiction d'écart type de tenue mécanique de l'entretoise (E), sur la base desdites données d'entrée.

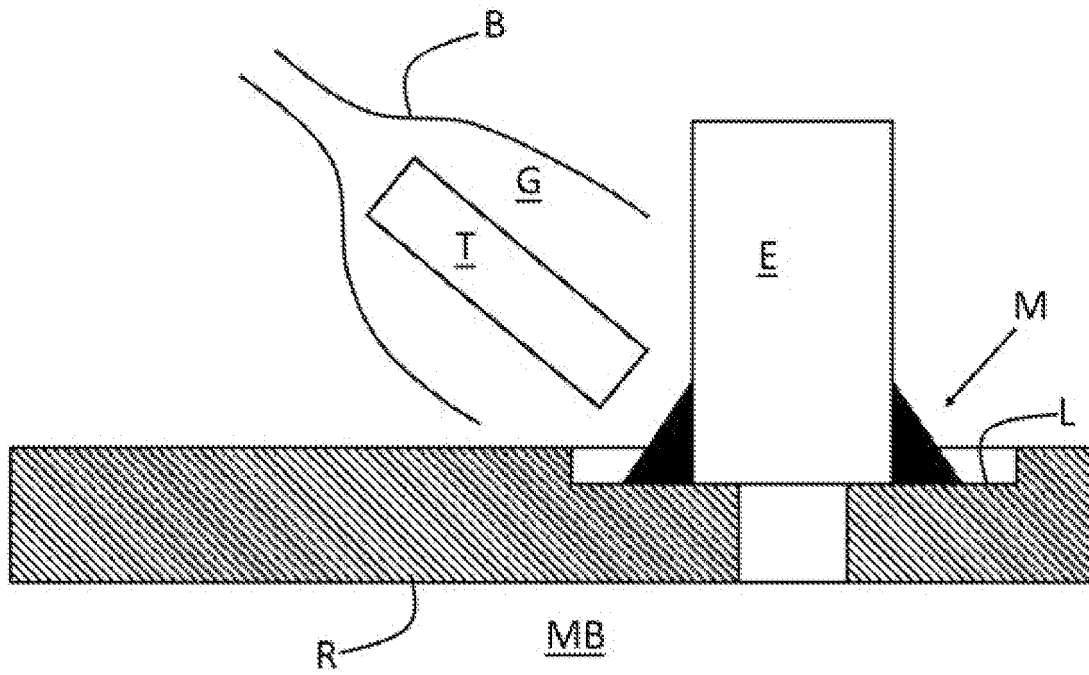
[Revendication 7] Procédé de soudage selon l'une quelconque des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que les données dudit ou desdits modèles (M1, M2) sont déterminées sur la base de toutes lesdites données d'entrée.

[Revendication 8] Procédé de soudage selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que ledit ou lesdits modèles d'apprentissage automatique (M1, M2) sont basés sur un réseau neuronal déterminant des corrélations non-linéaires.

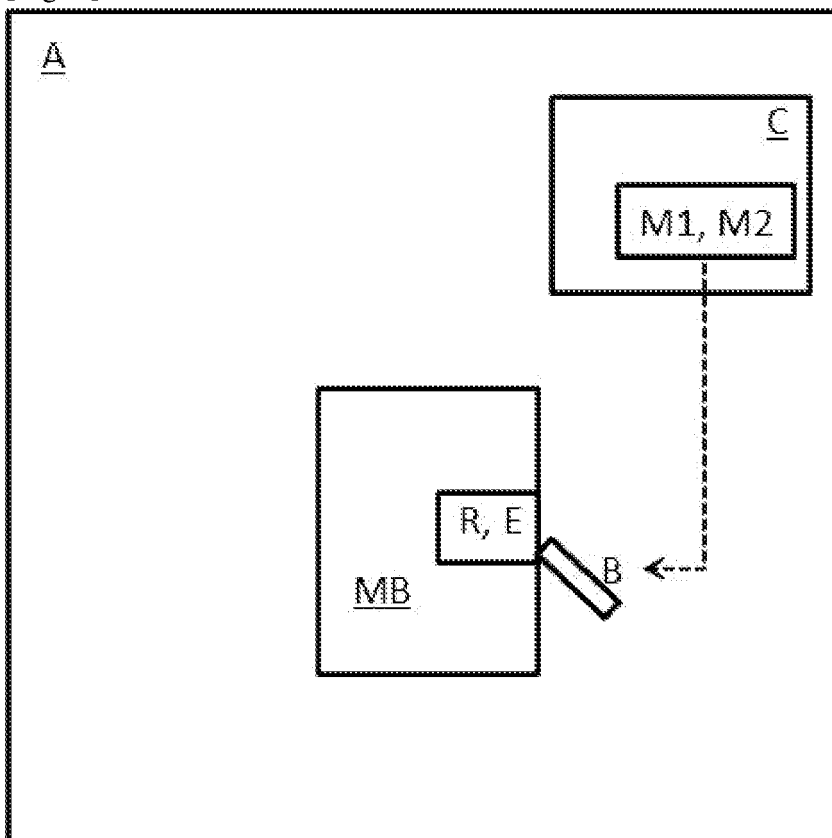
[Revendication 9] Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes mises en œuvre par ordinateur d'un procédé de soudage selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.

[Revendication 10] Appareillage de fabrication (A) de batterie de véhicule automobile comprenant un système de soudage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, et une buse de soudage (B) qui comprend une tête de soudage (T).

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 905962
FR 2203506

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	CN 113 609 679 A (FIRST CONSTR ENG CO LTD OF CHINA CONSTR 3RD ENG BUREAU) 5 novembre 2021 (2021-11-05)	1-4, 9, 10	B23K31/02 B23K9/167
Y	* abrégé *	5-8	
	* alinéas [0036] - [0045]; figures * -----		
A	CN 111 177 976 A (GUANGDONG WELDING INST ET AL.) 19 mai 2020 (2020-05-19)	1-4, 9, 10	
	* abrégé * * alinéas [0037] - [0053]; figures * -----		
Y	GB 502 935 A (ROSENBLADS PATENTER AB) 28 mars 1939 (1939-03-28)	5-8	
	* page 2, lignes 83-100; figures * -----		
A	CN 101 908 083 A (SHANGHAI SPECIAL EQUIPMENT INSPECTION INST) 8 décembre 2010 (2010-12-08)	1, 5, 9, 10	
	* abrégé; revendications; figures * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 décembre 2022		Jeggy, Thierry	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2203506 FA 905962**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-12-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 113609679 A	05-11-2021	AUCUN	
CN 111177976 A	19-05-2020	AUCUN	
GB 502935 A	28-03-1939	CH 208825 A	29-02-1940
		DE 894998 C	29-10-1953
		FR 839665 A	07-04-1939
		GB 502935 A	28-03-1939
CN 101908083 A	08-12-2010	AUCUN	