

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 143 029 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**24.05.2006 Bulletin 2006/21**

(51) Int Cl.:  
**C23C 2/26<sup>(2006.01)</sup>**      **C23C 2/28<sup>(2006.01)</sup>**  
**B21D 22/20<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **01400861.9**

(22) Date de dépôt: **04.04.2001**

(54) **Procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécanique, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée et notamment laminée à chaud et revêtue**

Verfahren zum Herstellen eines Bauteils mit sehr guten mechanischen Eigenschaften, Umformung durch Tiefziehen, aus gewalztem insbesondere warmgewalztem und beschichtetem Stahlblech

Method for manufacturing a body featuring very high mechanical properties, forming by drawing from a rolled steel sheet, in particular hot rolled and coated sheet

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **07.04.2000 FR 0004427**

(43) Date de publication de la demande:  
**10.10.2001 Bulletin 2001/41**

(60) Demande divisionnaire:  
**06002618.4**

(73) Titulaire: **USINOR  
92800 Puteaux (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Kefferstein, Ronald  
13730 Saint Victoret (FR)**

• **Jartoux, Xavier  
13270 Fos Sur Mer (FR)**

(74) Mandataire: **Kraus, Jürgen Helmut  
Leinweber & Zimmermann  
Rosental 7  
80331 München (DE)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 438 607**      **FR-A- 537 122**  
**FR-A- 857 779**      **FR-A- 1 107 112**  
**FR-A- 2 534 161**      **US-A- 3 248 251**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 259  
(C-441), 21 août 1987 (1987-08-21) & JP 62 060854  
A (KOWA KOGYOSHO:KK), 17 mars 1987  
(1987-03-17)**

**EP 1 143 029 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**Description**

**[0001]** L'invention concerne un procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage à chaud, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée et notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique assurant une protection de la surface et de l'acier.

**[0002]** Les tôles en acier devant subir un formage à haute température et ou un traitement thermique ne sont pas livrées revêtues pour des considérations de tenue du revêtement lors du traitement thermique, le traitement thermique des aciers se faisant généralement à des températures relativement élevées bien supérieures à 700°C. En effet, un revêtement de zinc déposé sur une surface métallique a été considéré jusqu'à présent comme pouvant fondre, s'écouler, encrasser les outils de formage à chaud, lors de chauffage, à des températures supérieures à la température de fusion du zinc, et se dégrader lors d'un refroidissement rapide.

Le revêtement est donc effectué sur pièce finie ce qui nécessite un nettoyage soigné des surfaces et des parties creuses. Ce nettoyage requiert l'utilisation d'acides et ou de bases dont le recyclage et le stockage sont une charge financière importante et présentent des risques pour les opérateurs et pour l'environnement. De plus, le traitement thermique doit être effectué sous atmosphère contrôlée afin d'éviter toute décarburation et oxydation de l'acier. Ensuite, dans le cas du formage à chaud, la calamine, de par son pouvoir abrasif, endommage les outils de mise en forme, ce qui diminue la qualité des pièces obtenues du point de vue dimensionnel et esthétique ou oblige à de fréquentes et coûteuses réparations d'outils. Enfin, pour augmenter leur résistance à la corrosion, les pièces ainsi obtenues doivent recevoir un post traitement coûteux dont l'application est difficile, voire impossible, en particulier dans le cas de pièces comportant des creux. Les post-revêtements des aciers à très hautes caractéristiques mécaniques ont également comme inconvénient de créer des risques de fragilisation par l'hydrogène dans les techniques d'électro-zingage ou de modifier les propriétés mécaniques de ces aciers dans des techniques de galvanisation au trempé des pièces préalablement formées.

**[0003]** Le but de l'invention est de proposer aux utilisateurs, des tôles d'acier laminées de 0,2 mm à environ 4 mm d'épaisseur, revêtues notamment après laminage à chaud, et devant subir une mise en forme à chaud ainsi qu'un procédé de réalisation de pièce par formage à chaud, à partir de ces tôles d'acier revêtues, l'élévation de température étant assurée sans décarburation de l'acier de la tôle, sans oxydation de la surface de ladite tôle, avant, pendant et après la mise en forme à chaud.

**[0004]** L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée, notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique en zinc ou en alliage à base de zinc assurant une protection de la surface et de l'acier, caractérisée en ce que :

- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
- on effectue un emboutissage à chaud, à partir du flan de tôle pour obtenir la pièce,
- on réalise, avant emboutissage, un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification, ledit composé étant obtenu par transformation du revêtement en un alliage métallique par une élévation de température supérieure à 700°C,
- on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.

**[0005]** Dans une forme préférentielle de l'invention, à l'issue de l'emboutissage à chaud

- on refroidit la pièce formée par emboutissage pour conférer des caractéristiques mécaniques de dureté élevées de l'acier et une dureté superficielle élevée du revêtement.

**[0006]** Les autres caractéristiques de l'invention sont :

- le métal ou l'alliage métallique du revêtement est du zinc ou un alliage à base de zinc d'une épaisseur comprise entre 5 µm et 30 µm.
- l'alliage intermétallique est un composé à base de zinc-fer ou à base de zinc-fer-aluminium.
- la pièce obtenue par emboutissage est refroidie pour subir une trempe, à une vitesse supérieure à la vitesse critique de trempe.

**[0007]** La description qui suit et les figures annexées feront bien comprendre l'invention.

La figure 1 est un schéma de principe de l'invention.

La figure 2 est un schéma de principe d'un autre procédé ne faisant pas partie de l'invention.

Les figures 3a et 3b sont des photographies, en coupe, d'une partie de pièce, présentant un revêtement zinc réalisé

## EP 1 143 029 B1

selon l'invention, avant et après traitement thermique.

Les figures 4a et 4b sont des photographies, en coupe, d'une partie de pièce, présentant un revêtement zinc aluminium réalisé selon l'invention, avant et après traitement thermique.

5 **[0008]** Le procédé selon l'invention comme présenté sur le schéma de la figure 1, consiste, à partir d'une tôle d'un acier pour traitement thermique et formage à chaud notamment laminé à chaud et revêtu de zinc ou d'un alliage à base de zinc, en la réalisation de pièce mise en forme à chaud au moyen d'outil comme une presse d'emboutissage.

**[0009]** Le revêtement de zinc ou d'alliage de zinc est choisi de manière à générer une protection contre la corrosion de la tôle de base, en bobine.

10 **[0010]** Contrairement aux idées reçues, lors d'un traitement thermique ou d'une élévation de température pour la mise en forme à chaud, le revêtement forme une couche qui s'allie avec l'acier de la bande et présente à ce moment une tenue mécanique évitant la fusion de métal de revêtement. Le composé formé présente une grande résistance à la corrosion, à l'abrasion, à l'usure et à la fatigue. Le revêtement ne modifie pas les propriétés de formabilité de l'acier et autorise ainsi une grande variété de mise en forme à froid et à chaud.

15 **[0011]** De plus l'utilisation du zinc ou d'un alliage de zinc génère une protection galvanique des tranches lorsque le flan de tôle ou la pièce présente des découpes.

**[0012]** Après laminage à chaud, la bande peut être décapée et laminée à froid avant d'être revêtue. Dans le cas où la tôle est laminée à froid, celle-ci peut être recuite avant d'être revêtue.

**[0013]** On peut revêtir la tôle laminée, par exemple, avec du zinc, ou des alliages zinc aluminium.

20 **[0014]** Dans un autre procédé ne faisant pas partie de l'invention et représenté sur le schéma de la figure 2, la tôle peut être emboutie à froid pour l'obtention de la pièce. La pièce obtenue est ensuite soumise à un traitement thermique pour lui conférer des caractéristiques mécaniques élevées. Par exemple, un acier de base ayant une résistance à la rupture  $R_m$  d'environ 500 MPa permettra d'obtenir de pièces traitées thermiquement ayant un acier avec une résistance  $R_m$  supérieure à 1500 MPa.

25 **[0015]** Pour la mise en forme à chaud de la pièce, la tôle est soumise à une élévation de température comprise de préférence entre 700°C et 1200°C dans un four comportant une atmosphère ne nécessitant plus de contrôle, du fait de la barrière à l'oxydation formée par le revêtement. Lors de l'élévation de la température, le revêtement à base de zinc se transforme en une couche alliée en surface comportant différentes phases dépendant du traitement en température et présentant une grande dureté pouvant dépasser 600 HV 100g.

30 **[0016]** Dans le procédé de l'invention, on peut utiliser des tôles dont l'épaisseur est comprise entre 0,2 mm et 4 mm, ayant de bonnes propriétés de mise en forme ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion.

**[0017]** Les tôles livrées revêtues, présentent une résistance importante à la corrosion pendant les élévations de température, la mise en forme, les traitements thermiques, et lors de l'utilisation des pièces formées finies.

35 **[0018]** La présence du revêtement lors de formages à chaud permet d'éviter en plus de la corrosion, la décarburation de l'acier de base. Cela a un avantage indéniable dans le cas d'une mise en forme à chaud par exemple dans une presse d'emboutissage. En effet, l'alliage intermétallique formé évite, la formation de la calamine, l'usure des outils par la calamine, et permet de ce fait, un allongement de la vie moyenne desdits outils. Il a été remarqué que l'alliage intermétallique formé à chaud, a une fonction de lubrifiant à haute température. De plus, l'effet de protection contre la décarburation de l'alliage intermétallique permet l'usage de four haute température dépassant 900°C ayant une atmosphère non contrôlée, et cela, même pour des temps de chauffe de plusieurs minutes.

40 **[0019]** En sortie de four, il n'est plus nécessaire de décapier la pièce obtenue, d'où une économie du fait de la suppression du bain de décapage des pièces finies.

**[0020]** De par les caractéristiques du revêtement après élévation de température, les pièces obtenues ont une résistance accrue à la fatigue, à l'usure, à l'abrasion et à la corrosion, y compris sur tranche du fait du comportement galvanique du zinc avec l'acier. De plus, le revêtement est soudable avant et après élévation de température.

45 **[0021]** L'acier de la tôle assure, par effet de trempe au refroidissement, des caractéristiques mécaniques élevées de la pièce obtenue après mise en forme, le revêtement transformé en un alliage intermétallique à chaud assurant pour sa part, du fait de ses qualités de lubrifiant et de résistance aux frottements, une amélioration de la mise en forme, notamment, dans le domaine de l'emboutissage à chaud.

50

Exemple 1 : revêtement de zinc sur acier.

**[0022]** Dans un exemple de réalisation, on utilise une bande de tôle laminée à chaud en acier de composition pondérale suivante :

55

carbone : 0,15% à 0,25%,  
manganèse : 0,8% à 1,5%,  
silicium : 0,1% à 0,35%,

## EP 1 143 029 B1

chrome : 0,01% à 0,2%,  
titane : moins de 0,1%,  
aluminium : moins de 0,1%,  
phosphore : moins de 0,05%,  
soufre : moins de 0,03%,  
bore : 0,0005% à 0,01%.

**[0023]** On réalise une pièce à partir de la tôle d'acier laminé à froid de 1mm d'épaisseur et galvanisée en continu double face, avec une épaisseur de revêtement de 10  $\mu\text{m}$  environ. On austénitise la tôle à 950°C avant formage à chaud et trempe dans l'outil, le revêtement assurant un rôle de lubrifiant lors de la mise en forme, en plus de ses fonctions de protection contre la corrosion à froid, à chaud et contre la décarburation. Lors de la trempe, le revêtement allié ne gêne pas l'extraction de la chaleur par l'outil et peut la favoriser. Après formage et trempe, il n'est plus nécessaire de décaper la pièce ou de la protéger, le revêtement de base assurant la protection tout au long du procédé.

**[0024]** Après mise en forme à chaud et de ce fait, traitement thermique, la pièce réalisée est d'un aspect gris mat sans coulure ni bulle, sans écaillage ou fissures, et ne présentant pas de calamine sur la tranche, en coupe. Des observations au microscope électronique à balayage montrent en surface et en coupe, que le revêtement garde une structure et une texture homogènes et que l'alliation Fe-Zn se manifeste en moins de 5 minutes à 950°C.

**[0025]** Le revêtement comprend comme représenté de manière comparative sur les figures 3a et 3b représentant respectivement, en coupe, le revêtement avant et après traitement thermique, une interface de diffusion du Zn, d'une épaisseur comprise entre 5 et 10  $\mu\text{m}$ , est une couche formée par des nodules d'alliage Zn-Fe dans une matrice de zinc, couche d'une épaisseur comprise entre 10 et 15  $\mu\text{m}$ .

**[0026]** Des essais de corrosion en humidité et température suivant la norme DIN 50 017 montrent que le revêtement selon l'invention assure une excellente protection contre la corrosion après 30 cycles, les surfaces des pièces gardant leur aspect gris.

**[0027]** Le tableau 1 suivant présente la perte de masse par corrosion après 500 et 1000 heures de brouillard salin, pour un acier de référence non revêtu, pour un acier de référence galvanisé sans traitement thermique, et un acier selon deux formes de l'invention.

Tableau 1.

	Pertes de masse en g/m <sup>2</sup> Après 500 heures	Pertes de masse en g/m <sup>2</sup> Après 1000 heures
Acier de référence	450 g/m <sup>2</sup>	1230 g/m <sup>2</sup>
Acier galvanisé de référence	80 g/m <sup>2</sup>	140 g/m <sup>2</sup>
Acier revêtu Zn après traitement thermique	32 g/m <sup>2</sup>	82 g/m <sup>2</sup>
Acier revêtu Zn-Al après traitement thermique	22 g/m <sup>2</sup>	50 g/m <sup>2</sup>

**[0028]** Comme on peut le remarquer, le revêtement après traitement thermique résiste bien au brouillard salin. De plus cette surface, composée de zinc et de fer peut se phosphater dans des bains classiques de traitement de surface du type phosphatation trication. Les essais de corrosion réalisés après phosphatation et peinture cataphorèse montrent d'excellents résultats. La couche alliée zinc fer assure de plus une protection galvanique des tranches du type protection cathodique.

Exemple 2 : revêtement de zinc aluminium sur acier.

**[0029]** Un revêtement de 10  $\mu\text{m}$  est appliqué sur une tôle de 1mm environ. Ce revêtement est composé de 50 à 55% d'aluminium et de 45 à 50% de zinc avec éventuellement une petite quantité de silicium.

**[0030]** L'aspect de ce revêtement en coupe, après formage à chaud est présenté sur les figures 4a et 4b.

**[0031]** Lors du formage à chaud, le zinc, l'aluminium, et le fer s'allient pour former un revêtement de zinc-aluminium-fer homogène et adhérent. Les tests de corrosion montrent que cette couche alliée assure une très bonne protection contre la corrosion.

Revendications

- 5 1. Procédé de réalisation d'une pièce à très hautes caractéristiques mécaniques, mise en forme par emboutissage, à partir d'une bande de tôle d'acier laminée, notamment laminée à chaud et revêtue d'un métal ou d'un alliage métallique en zinc ou en alliage à base de zinc assurant une protection de la surface et de l'acier, procédé dans lequel
- on découpe la tôle pour l'obtention d'un flan de tôle,
  - on effectue un emboutissage à chaud, à partir du flan de tôle pour obtenir la pièce,
  - 10 - on réalise, avant emboutissage, un composé allié intermétallique, en surface, assurant une protection contre la corrosion, contre la décarburation de l'acier, le composé intermétallique pouvant assurer une fonction de lubrification, ledit composé étant obtenu par transformation du revêtement en un alliage intermétallique par une élévation de température supérieure à 700°C,
  - on retire par découpage, les excédents de tôle nécessaires à l'opération d'emboutissage.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que**:
- à l'issue de l'emboutissage à chaud, on refroidit la pièce formée par emboutissage pour conférer des caractéristiques mécaniques de dureté élevées de l'acier et une dureté superficielle élevée du revêtement.
- 20 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** le métal ou l'alliage métallique du revêtement est du zinc ou un alliage à base de zinc d'une épaisseur comprise entre 5 µm et 30 µm.
- 25 4. Procédé selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** l'alliage intermétallique est un composé à base de zinc-fer ou de zinc-fer-aluminium.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce que** la pièce obtenue par emboutissage est refroidie pour subir une trempe, à une vitesse supérieure à la vitesse critique de trempe.

30 Claims

- 35 1. Method for manufacturing a part featuring very high mechanical properties, formed by drawing from a strip of rolled, in particular hot rolled, steel sheet coated with a metal or a metal alloy of zinc or of a zinc based alloy, providing protection of the surface and the steel, in which method
- the sheet is cut to obtain a blank sheet,
  - hot drawing is carried out from the blank sheet to obtain the part
  - before drawing an intermetallic alloyed compound providing protection against corrosion and decarbonisation of the steel is produced on the surface, the intermetallic compound being able to provide a lubrication function,
  - 40 this compound being obtained by conversion of the coating in an intermetallic alloy by an increase in temperature greater than 700° C,
  - the excess sheet necessary for the drawing operation is removed by cutting.
- 45 2. Method according to claim 1, **characterised in that**:
- after hot drawing the part formed by drawing is cooled to provide high mechanical hardness properties of the steel and high surface hardness of the coating.
- 50 3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the metal or metal alloy of the coating is zinc or a zinc based alloy with a thickness between 5 µm and 30 µm.
4. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the intermetallic alloy is a zinc-iron or zinc-iron-aluminium based compound.
- 55 5. Method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the part obtained by drawing is cooled to undergo quenching at a speed greater than the critical quenching speed.

Patentansprüche

- 5
1. Verfahren zur Realisierung eines Werkstücks mit sehr hohen mechanischen Eigenschaften, das durch Tiefziehen ausgehend von einem Stahlblechband umgeformt worden ist, welches gewalzt, insbesondere warm gewalzt, und mit einem Metall oder einer metallischen Legierung aus Zink oder einer Legierung auf der Basis von Zink beschichtet ist, welche einen Schutz der Oberfläche und des Stahls sicherstellen, wobei man in dem Verfahren
- 10
- das Blech zuschneidet, um einen Blechzuschnitt zu erhalten,
  - einen Warmtiefziehvorgang ausgehend von dem Blechzuschnitt ausführt, um das Werkstück zu erhalten,
  - vor dem Tiefziehen an der Oberfläche eine intermetallische Legierungsverbindung realisiert, die einen Schutz gegen die Korrosion, gegen die Entkohlung des Stahls sicherstellt, wobei die intermetallische Verbindung eine Schmierfunktion sicherstellen kann, und die Verbindung durch eine Transformation der Beschichtung in eine intermetallische Legierung durch eine Temperaturerhöhung über 700° C realisiert wird,
  - durch Zuschneiden die für den Tiefziehvorgang notwendigen Blechüberschüsse entfernt.
- 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** man am Ende des Warmtiefziehvorgangs das durch Tiefziehen umgeformte Werkstück abkühlt, um erhöhte mechanische Härteeigenschaften des Stahls und eine erhöhte Oberflächenhärte der Beschichtung herbeizuführen.
- 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Metall oder die metallische Legierung der Beschichtung Zink oder eine Legierung auf der Basis von Zink mit einer Dicke, die zwischen 50 µm und 30 µm liegt, ist.
- 25
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die intermetallische Legierung eine Verbindung auf der Basis von Zink-Eisen oder von Zink-Eisen-Aluminium ist.
- 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das durch Tiefziehen erhaltene Werkstück mit einer über der kritischen Härtegeschwindigkeit liegenden Geschwindigkeit abgekühlt wird, um eine Abschreckhärtung zu erfahren.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

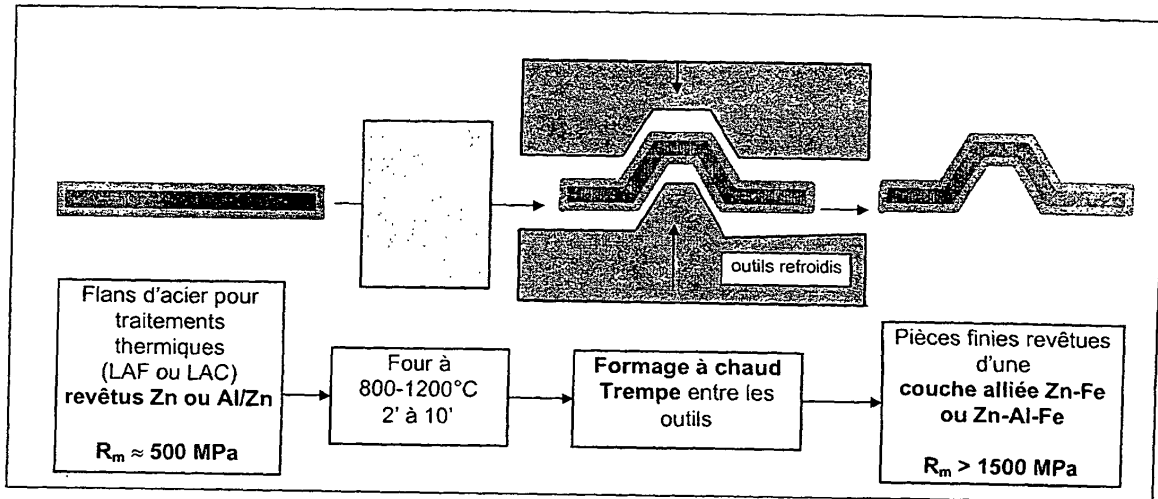


Fig. 2

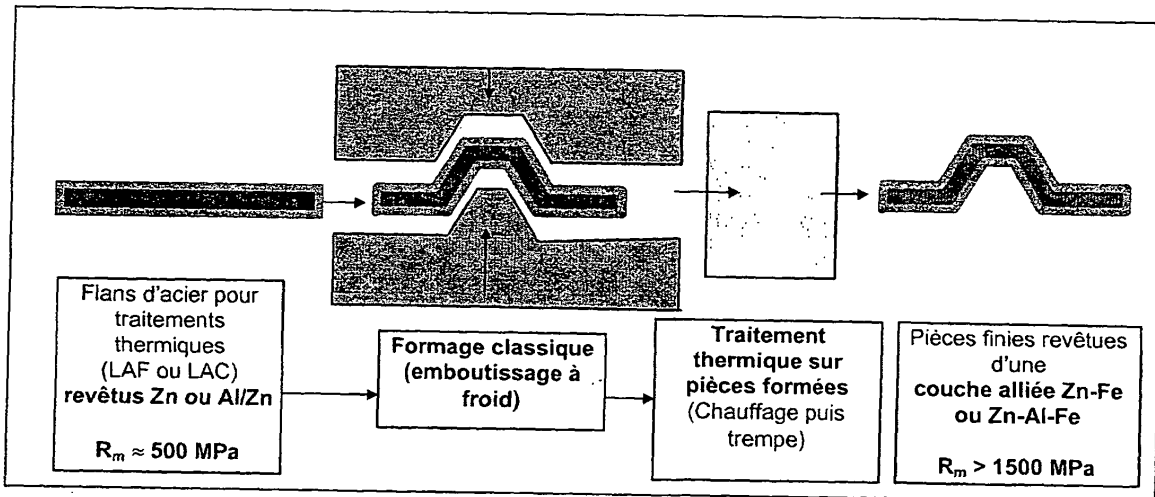


Fig. 3a .

Fig. 3b.

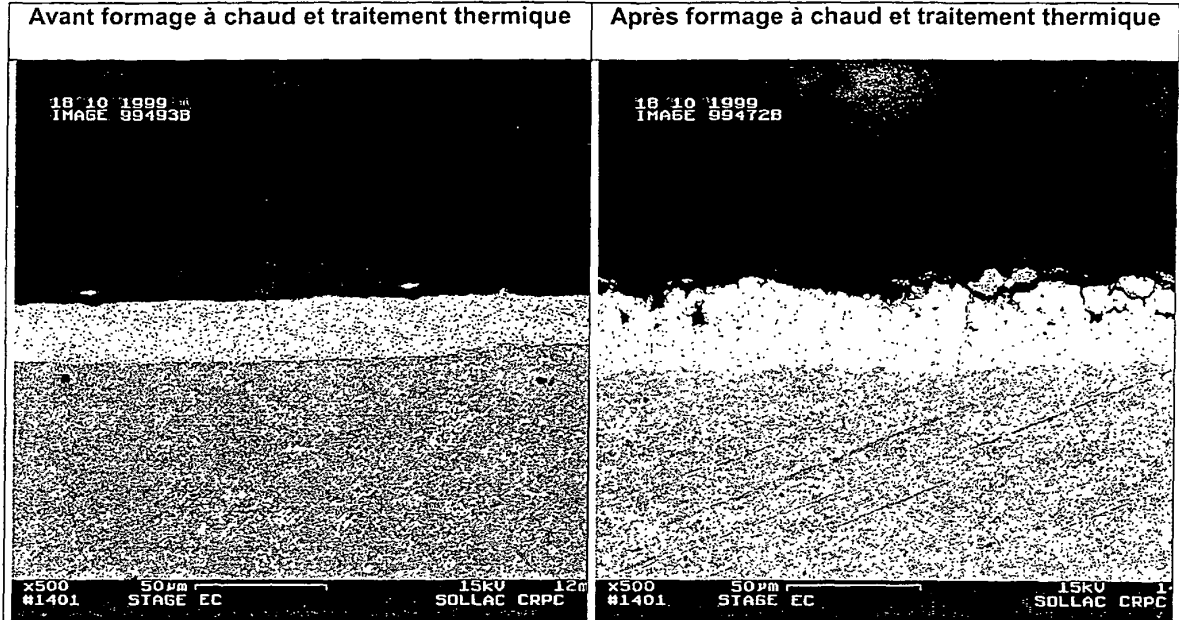


Fig. 4a.

Fig. 4b.

