



## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 42400 B1** (51) Cl. internationale : **B32B 33/00; B32B 15/08**

(43) Date de publication :  
**30.09.2019**

---

(21) N° Dépôt :  
**42400**

(22) Date de Dépôt :  
**07.07.2016**

(30) Données de Priorité :  
**07.07.2015 WO PCT/IB2015/001135**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
**PCT/IB2016/000972 07.07.2016**

(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation:EP16744516.2

(71) Demandeur(s) :  
**ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**

(72) Inventeur(s) :  
**JACQUET, Denis**

(74) Mandataire :  
**ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE STRUCTURE SANDWICH**

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'une structure en sandwich comportant deux tôles à faces en acier séparées par une couche de polymère. Ce procédé comprend les étapes suivantes: - dimensionner la structure en sandwich en fonction d'un objectif à atteindre, en réalisant les sous-tâches suivantes: étapes: - l'objectif à atteindre est défini en termes de trois valeurs cibles, à savoir la rigidité en traction  $T_c$ , exprimée en kN / mm, la rigidité en flexion  $B_c$ , exprimée en kN / mm et la masse surfacique  $M_c$ , exprimée en Kg / m<sup>2</sup>; - une marge de tolérance pour atteindre les valeurs cibles est définie; - la structure en sandwich est définie en fonction de cinq variables, à savoir l'épaisseur  $E_a$  des tôles d'acier, exprimée en mm, l'épaisseur  $E_p$  de la couche de polymère, exprimée en mm, le module de Young intrinsèque  $Y_p$  de la couche de polymère, la densité intrinsèque  $d_p$  de la couche de polymère et la fraction volumique  $R_p$  de la couche de polymère, exprimées en pourcentage en volume de la couche de matériau polymère; - les combinaisons de  $E_a$ ,  $E_p$ ,  $Y_p$ ,  $d_p$  et  $R_p$  permettant d'atteindre les valeurs cibles dans la marge de tolérance définie sont définies; - ou chaque variable une plage utile est déterminée à partir de ce qui précède; - on choisit les couches d'acier et de polymère pour lesquelles chaque variable est située

dans la plage définie à l'étape précédente; - et la structure sandwich correspondante est produite.

## REVENDEICATIONS

- 1) Procédé de fabrication d'une structure sandwich comprenant deux parements en acier séparés par une couche polymérique comprenant les étapes selon lesquelles :
  - on dimensionne la structure sandwich en fonction d'une cible à atteindre en suivant les sous-étapes selon lesquelles :
    - o on définit la cible à atteindre par trois valeurs-cibles, à savoir sa rigidité en traction  $T_c$  exprimée en kN/mm, sa rigidité en flexion  $B_c$  exprimée en kN/mm et sa masse surfacique  $M_c$  exprimée en Kg/m<sup>2</sup>,
    - o on définit une tolérance dans l'atteinte des valeurs-cibles,
    - o on définit la structure sandwich par cinq variables, à savoir l'épaisseur  $E_a$  des parements en acier exprimée en mm, l'épaisseur  $E_p$  de la couche polymérique exprimée en mm, le module d'Young intrinsèque  $Y_p$  de la couche polymérique, la densité intrinsèque  $d_p$  de la couche polymérique et le taux volumique  $R_p$  de la couche polymérique exprimé en pourcentage volumique de la couche polymérique présentant de la matière,
    - o on identifie les combinaisons  $E_a$ ,  $E_p$ ,  $Y_p$ ,  $d_p$  et  $R_p$  permettant d'atteindre les valeurs-cibles avec la tolérance définie,
    - o on en déduit, pour chaque variable, un domaine de fonctionnement,
  - on sélectionne l'acier et la couche polymérique pour lesquels chaque variable se trouve dans le domaine défini à l'étape précédente,
  - on fabrique la structure sandwich correspondante.
- 2) Procédé de fabrication selon la revendication 1 pour lequel la cible à atteindre est un matériau métallique monolithique autre que l'acier.
- 3) Procédé de fabrication selon la revendication 2 pour lequel la cible à atteindre est de l'aluminium.

- 4) Procédé de fabrication selon la revendication 3 pour lequel la cible à atteindre est de l'aluminium d'épaisseur égale à 0,9mm.
- 5) Procédé de fabrication selon la revendication 3 pour lequel la cible à atteindre est de l'aluminium d'épaisseur égale à 0,8mm.
- 6) Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel la tolérance dans l'atteinte des valeurs-cibles est de 10%.
- 7) Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel l'étape d'identification des combinaisons  $E_a$ ,  $E_p$ ,  $Y_p$ ,  $d_p$  et  $R_p$  permettant d'atteindre les valeurs-cibles avec la tolérance définie comprend une étape au cours de laquelle on génère des combinaisons  $E_a$ ,  $E_p$ ,  $Y_p$ ,  $d_p$  et  $R_p$ .
- 8) Procédé de fabrication selon la revendication 7 comprenant une étape d'analyse graphique des combinaisons  $E_a$ ,  $E_p$ ,  $Y_p$ ,  $d_p$  et  $R_p$  générées.
- 9) Structure sandwich pouvant être obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 mis en œuvre pour une cible aluminium 0,9mm avec  $T_c=31,5N/mm$ ,  $B_c=10,2N/mm$ ,  $M_c=2,43Kg/m^2$  et une tolérance de 10%, la structure sandwich comprenant :
  - Deux parements en acier d'épaisseur  $E_a$  d'acier comprise entre 0,133 et 0,165mm,
  - Une couche polymérique intercalée entre les deux parements et présentant :
    - o Une épaisseur  $E_p$  comprise entre  $(-2,5x E_a + 0,713)$  et  $(-2,5x E_a + 0,88)$ ,
    - o Une densité  $d_p$  comprise entre 0,9 et 1,4,
    - o Un taux volumique  $R_p$  supérieur ou égal à 0,2 et strictement inférieur à 1,
    - o Un module d'Young  $Y_p$  inférieur à 4000MPa,

- Le taux volumique  $R_p$  et le module d'Young  $Y_p$  satisfaisant l'inéquation :

$$Y_p * (0.49 * R_p^2 + 0.23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

10) Structure sandwich selon la revendication 9 pour laquelle l'épaisseur  $E_a$  d'acier est comprise entre 0,141 et 0,158mm et l'épaisseur  $E_p$  de couche polymérique est comprise entre  $(-2,5x E_a + 0,73)$  et  $(-2,5x E_a + 0,87)$ .

11) Structure sandwich selon l'une quelconque des revendications 9 à 10 pour laquelle la couche polymérique comprend le mélange d'un polyamide et d'un copolymère d'éthylène et d'acide carboxylique insaturé et/ou de son dérivé.

12) Structure sandwich pouvant être obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 mis en œuvre pour une cible aluminium 0,8mm avec  $T_c = 28,0 \text{ N/mm}$ ,  $B_c = 7,2 \text{ N/mm}$ ,  $M_c = 2,16 \text{ Kg/m}^2$  et une tolérance de 10%, la structure sandwich comprenant :

- Deux parements en acier d'épaisseur  $E_a$  d'acier comprise entre 0,118 et 0,146mm,
- Une couche polymérique intercalée entre les deux parements et présentant :
  - Une épaisseur  $E_p$  comprise entre  $(-2,5x E_a + 0,632)$  et  $(-2,5x E_a + 0,75)$ ,
  - Une densité  $d_p$  comprise entre 0,9 et 1,4,
  - Un taux volumique  $R_p$  supérieur ou égal à 0,2 et strictement inférieur à 1,
  - Un module d'Young  $Y_p$  inférieur à 4000MPa,
  - Le taux volumique  $R_p$  et le module d'Young  $Y_p$  satisfaisant l'inéquation :
$$Y_p * (0.49 * R_p^2 + 0.23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

- 13) Structure sandwich selon la revendication 12 pour laquelle l'épaisseur  $E_a$  d'acier est comprise entre 0,126 et 0,140mm et l'épaisseur  $E_p$  de couche polymérique est comprise entre  $(-2,5 \times E_a + 0,646)$  et  $(-2,5 \times E_a + 0,728)$ .
- 14) Structure sandwich selon l'une quelconque des revendications 12 à 13 pour laquelle la couche polymérique comprend le mélange d'un polyamide et d'un copolymère d'éthylène et d'acide carboxylique insaturé et/ou de son dérivé.