

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7656249号  
(P7656249)

(45)発行日 令和7年4月3日(2025.4.3)

(24)登録日 令和7年3月26日(2025.3.26)

(51)国際特許分類	F I	
B 2 1 D 22/20 (2006.01)	B 2 1 D 22/20	E
B 2 1 D 22/26 (2006.01)	B 2 1 D 22/20	H
B 6 2 D 25/02 (2006.01)	B 2 1 D 22/26	D
B 6 2 D 25/04 (2006.01)	B 6 2 D 25/02	A
B 6 5 D 25/04 (2006.01)	B 6 2 D 25/04	A
請求項の数 10 (全31頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2024-576465(P2024-576465)	(73)特許権者	000006655 日本製鉄株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(86)(22)出願日	令和6年4月24日(2024.4.24)	(74)代理人	110001553 アセンド弁理士法人
(86)国際出願番号	PCT/JP2024/016120	(72)発明者	木本 野樹 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
(87)国際公開番号	WO2024/225330	(72)発明者	久保 雅寛 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
(87)国際公開日	令和6年10月31日(2024.10.31)	(72)発明者	井口 敬之助 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
審査請求日	令和6年12月25日(2024.12.25)	(72)発明者	吉田 博司
(31)優先権主張番号	特願2023-75318(P2023-75318)		
(32)優先日	令和5年4月28日(2023.4.28)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ブランク、構造部材の製造方法、及び構造部材

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ホットスタンプ用のブランクであって、  
当該ブランクの平面視で環状を有するように配置され、接合される複数の鋼板を備え、  
前記複数の鋼板は、  
第1鋼板と、  
前記第1鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで前記第1鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する端部を有する第2鋼板と、  
を含み、

前記複数の鋼板のうち、前記ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する鋼板は、母材鋼板と、前記母材鋼板上に設けられためっき層とを有するめっき鋼板であり、  
前記オーバーラップ部は、前記ブランクにおいて最大の板厚を有し、  
前記第1鋼板及び前記第2鋼板の各々において前記オーバーラップ部の外側に位置する表面の放射率は、前記複数の鋼板における他の表面の少なくとも1つの放射率よりも大きい、ブランク。

【請求項2】

請求項1に記載のブランクであって、  
前記複数の鋼板は、それぞれ、母材鋼板と、前記母材鋼板上に設けられためっき層とを有するめっき鋼板である、ブランク。

【請求項3】

10

20

請求項 2 に記載のブランクであって、

前記めっき層は、アルミニウム系めっき層である、ブランク。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のブランクであって、

前記第 1 鋼板及び前記第 2 鋼板の各々において前記オーバーラップ部の外側に位置する表面は、25 における波長 8.0 μm での放射率が 60% 以上である皮膜によって被覆される、ブランク。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のブランクであって、

前記第 1 鋼板及び前記第 2 鋼板の各々において前記オーバーラップ部の外側に位置する表面は、皮膜によって被覆され、

前記皮膜は、カーボンブラックと、Zr 酸化物、Zn 酸化物、及び Ti 酸化物からなる群より選択される 1 種以上の酸化物と、0 ~ 0.30 g/m<sup>2</sup> のシリカとを含有し、

前記皮膜における前記カーボンブラックの含有量を X<sub>CB</sub> (g/m<sup>2</sup>)、前記酸化物の含有量を X<sub>oxide</sub> (g/m<sup>2</sup>) としたとき、X<sub>CB</sub> 及び X<sub>oxide</sub> が以下の式 (1) を満足する、ブランク。

$$118.9 \cdot 24280 / \{ 6700 / (100 + 76 \times X_{CB}) + 18000 / (130 + 65 \times X_{oxide}) \} \geq 332.0 \quad (1)$$

【請求項 6】

請求項 1 に記載のブランクであって、

前記複数の鋼板は、異なる板厚を有する 2 枚以上の鋼板を含み、

前記オーバーラップ部の板厚を t<sub>max</sub>、前記ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する前記鋼板の板厚を t<sub>min</sub> としたとき、t<sub>max</sub> / t<sub>min</sub> ≤ 3.2 である、ブランク。

【請求項 7】

構造部材の製造方法であって、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のブランクを準備する工程と、

前記ブランクに含まれる前記複数の鋼板をオーステナイト変態完了温度以上に加熱する工程と、

金型を用い、加熱された前記ブランクを平面視で環状の構造部材に成形するとともに焼入れする工程と、  
を備える、製造方法。

【請求項 8】

構造部材であって、

第 1 鋼板と、前記第 1 鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで前記第 1 鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する端部を有する第 2 鋼板とを含み、互いに接合された複数の鋼板によって形成され、平面視で環状を有する部材本体と、

前記第 1 鋼板及び前記第 2 鋼板の各々において前記オーバーラップ部の外側に位置する表面上に設けられ、Zr 酸化物、Zn 酸化物、及び Ti 酸化物からなる群より選択される 1 種以上の酸化物を 0.001 g/m<sup>2</sup> 以上含有する皮膜と、  
を備える、構造部材。

【請求項 9】

構造部材であって、

第 1 鋼板と、前記第 1 鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで前記第 1 鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する端部を有する第 2 鋼板とを含み、互いに接合された複数の鋼板によって形成され、平面視で環状を有する部材本体と、

前記第 1 鋼板及び前記第 2 鋼板の各々において前記オーバーラップ部の外側に位置する表面上に設けられ、カーボンブラックを 0.500 g/m<sup>2</sup> 以下含有する皮膜と、  
を備える、構造部材。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

請求項 8 又は 9 に記載の構造部材であって、  
前記構造部材は、自動車のドアリング部品であり、  
前記部材本体は、フロントピラーと、センターピラーと、前記フロントピラーと前記センターピラーとを接続するロッカーとを含む、構造部材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ホットスタンプ用のブランクに関する。また、本開示は、そのブランクを用いた構造部材の製造方法、及び構造部材に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の車体等の構造物は、複数の構造部材によって形成されている。構造部材は、例えば、ブランクをプレス成形することによって製造される。構造部材は、高い強度及び良好な寸法精度を確保するため、ホットスタンプと称されるプレス成形方法によって製造されることがある。ホットスタンプは、鋼板であるブランクをオーステナイト域の温度まで加熱した後、金型によってブランクにプレス成形を施すとともに、金型内でブランクを保持して抜熱（急冷）することで焼入れする技術である。

【0003】

特許文献 1 には、ホットスタンプ用の鋼板（ブランク）が開示されている。特許文献 1 の鋼板は、25 における波長  $8.0 \mu\text{m}$  での放射率が 60% 以上である表面処理皮膜を少なくとも一方の表面の全面に有する。特許文献 1 によれば、表面処理皮膜が付与された鋼板の表面では、その放射率が高められ、輻射による伝熱効果大きい。そのため、ホットスタンプに際して鋼板を加熱したとき、鋼板は、金属組織がオーステナイト相に変態する  $A_{c3}$  点以上の温度まで迅速に昇温する。特許文献 1 には、これにより加熱時間の短縮を図ることができ、ホットスタンプ部材の生産性を向上させることができると記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、複数のブランクから自動車のボディサイド構造フレームを製造する方法が開示されている。特許文献 2 では、複数のブランクを接合して複合ブランクを形成し、複合ブランクをプレス成形することでボディサイド構造フレームを製造する。特許文献 2 には、複合ブランクを熱間成形（ホットスタンプ）することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第 2022/215229 号

【文献】特表 2021-528248 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、構造物の製造プロセスを簡素化するため、2 つ以上の部材をブランクの段階から一体化することが検討されている。特許文献 2 には、例えば、平面視で環状を有する複合ブランクをホットスタンプに供し、ピラーやロッカー等が一体化された環状のボディサイド構造フレームを成形することが開示されている。特許文献 2 には、複合ブランクにおいて隣り合う鋼板同士をオーバーラップさせ、スポット溶接によって接合することが記載されている。このように複合ブランクがオーバーラップ部を含んでいる場合、構造部材の製造におけるプロセスウィンドウが確保されにくい。具体的に説明すると、ホットスタンプに際し、ブランクは、そのマイクロ組織がオーステナイト化するまで加熱される。しかしながら、鋼板同士の部分的な重ね合わせによって形成されるオーバーラップ部と比較して板厚が大きいいため、昇温しにくい。例えば、ブランクにおいて最小の板厚を有する鋼板がめっき鋼板である場合、ブランクにおいて最大の板厚を有するオーバ

10

20

30

40

50

ーラップ部の強度をホットスタンプによって確保するために当該オーバーラップ部を昇温させている間、先行して昇温した最薄のめっき鋼板においてめっき層の合金化が過度に進行し、拡散層が厚くなってめっき層による耐食性（防錆性）が低下又は消失することがある。したがって、ブランクにオーバーラップ部が存在する場合、加熱条件のプロセスウィンドウを確保することが難しい。また、ブランクにおいて最大の板厚を有するオーバーラップ部の昇温速度がボトルネックとなり、構造部材の生産性が低下する可能性もある。

【0007】

本開示は、最大の板厚を有するオーバーラップ部の強度と、最小の板厚を有する部分の防錆機能とを兼ね揃える構造部材を製造可能なホットスタンプ用のブランクを提供することを課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示に係るホットスタンプ用のブランクは、複数の鋼板を備える。複数の鋼板は、ブランクの平面視で環状を有するように配置され、接合される。複数の鋼板は、第1鋼板と、第2鋼板とを含む。第2鋼板は端部を有する。第2鋼板の当該端部は、第1鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで第1鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する。複数の鋼板のうち、ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する鋼板は、母材鋼板と、母材鋼板上に設けられためっき層とを有するめっき鋼板である。オーバーラップ部は、ブランクにおいて最大の板厚を有する。第1鋼板及び第2鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面の放射率は、複数の鋼板における他の表面の少なくとも1つの放射率よりも大きい。

20

【発明の効果】

【0009】

本開示に係るホットスタンプ用のブランクによれば、最大の板厚を有するオーバーラップ部の強度と、最小の板厚を有する部分の防錆機能とを兼ね揃える構造部材を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

- 【図1】図1は、実施形態に係る構造部材の平面図である。
- 【図2】図2は、図1のII-II断面図である。
- 【図3A】図3Aは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図であり、実施形態に係るブランクを示す図である。
- 【図3B】図3Bは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図であり、実施形態に係るブランクを示す図である。
- 【図3C】図3Cは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図であり、実施形態に係るブランクを示す図である。
- 【図3D】図3Dは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図であり、実施形態に係るブランクを示す図である。
- 【図3E】図3Eは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図である。
- 【図3F】図3Fは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図である。
- 【図3G】図3Gは、実施形態に係る構造部材の製造方法を説明するための模式図である。
- 【図4】図4は、実施形態に係る製造方法によって製造された構造部材の断面図である。
- 【図5】図5は、上記実施形態の変形例に係る構造部材の平面図である。
- 【図6A】図6Aは、第1実施例における構造部材の分割パターンを示す図である。
- 【図6B】図6Bは、第1実施例における構造部材の別の分割パターンを示す図である。
- 【図6C】図6Cは、第1実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図である。
- 【図6D】図6Dは、第1実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図である。
- 【図6E】図6Eは、第1実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図で

30

40

50

ある。

【図 6 F】図 6 F は、第 1 実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図である。

【図 6 G】図 6 G は、第 1 実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図である。

【図 7 A】図 7 A は、第 2 実施例における構造部材の分割パターンを示す図である。

【図 7 B】図 7 B は、第 2 実施例における構造部材の別の分割パターンを示す図である。

【図 7 C】図 7 C は、第 2 実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図である。

【図 7 D】図 7 D は、第 2 実施例における構造部材のさらに別の分割パターンを示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施形態に係るホットスタンプ用のブランクは、複数の鋼板を備える。複数の鋼板は、ブランクの平面視で環状を有するように配置され、接合される。複数の鋼板は、第 1 鋼板と、第 2 鋼板とを含む。第 2 鋼板は端部を有する。第 2 鋼板の当該端部は、第 1 鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで第 1 鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する。複数の鋼板のうち、ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する鋼板は、母材鋼板と、母材鋼板上に設けられためっき層とを有するめっき鋼板である。オーバーラップ部は、ブランクにおいて最大の板厚を有する。第 1 鋼板及び第 2 鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面の放射率は、複数の鋼板における他の表面の少なくとも 1 つの放射率よりも大きい（第 1 の構成）。

20

【0012】

第 1 の構成に係るブランクでは、第 1 鋼板の端部及び第 2 鋼板の端部が当該ブランクにおいて最大の板厚を有するオーバーラップ部を形成する。第 1 鋼板及び第 2 鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面の放射率は、ブランクにおける他の少なくとも 1 つの表面の放射率と比較して大きい。すなわち、ブランクにおいて、オーバーラップ部の両外側の表面の放射率が比較的高くなっている。これにより、ホットスタンプに際してブランクを加熱したとき、オーバーラップ部の昇温速度を高めることができるため、オーバーラップ部の加熱時間を短縮することができる。したがって、先行して昇温した最小の板厚の鋼板においてめっき層の合金化が過度に進行して拡散層が厚くなる前に、ホットスタンプに必要なブランクの加熱を完了することができる。その結果、最大の板厚のオーバーラップ部の強度をホットスタンプによって確保することができ、且つ、最小の板厚の鋼板の耐食性（防錆性）を確保することができる。

30

【0013】

このように、第 1 の構成に係るブランクによれば、最大の板厚を有するオーバーラップ部の強度と、最小の板厚を有する部分の防錆機能とを兼ね揃える構造部材を製造することが可能となる。すなわち、当該ブランクによれば、最大の板厚を有するオーバーラップ部の昇温速度を高めることができ、その結果、構造部材の製造における加熱条件のプロセスウィンドウを確保しやすくなる。また、オーバーラップ部の昇温速度を高めることにより、ホットスタンプのためのブランクの加熱時間を短縮することができるため、構造部材の生産性を向上させることができる。さらに、ブランクの加熱時間が短縮されることにより、構造部材の製造におけるエネルギー消費が抑制され、ホットスタンプに際してブランクを加熱するときの温室効果ガスの発生量を削減することができる。

40

【0014】

第 1 の構成において、複数の鋼板は、それぞれ、めっき鋼板であってもよい。めっき鋼板は、母材鋼板と、母材鋼板上に設けられためっき層とを有する（第 2 の構成）。

【0015】

第 2 の構成では、ブランクに含まれる各鋼板がめっき鋼板となっている。この場合、ブランクをホットスタンプによって構造部材に成形する際、酸化スケールの生成を抑制する

50

ことができる。したがって、ホットスタンプの後、例えばショットブラスト処理等、酸化スケールを除去するための処理を構造部材に施す必要がない。よって、構造部材の生産性を高めることができる。

【0016】

第2の構成において、めっき層は、アルミニウム系めっき層であってもよい（第3の構成）。

【0017】

第3の構成のように各鋼板がアルミニウム系めっき層を有するめっき鋼板である場合、ホットスタンプに際してブランクを加熱したとき、特に、最大の板厚を有するオーバーラップ部と最小の板厚の鋼板との間に昇温速度の差が生じやすい。アルミニウム系めっき層は、白色に近いため、熱エネルギーを反射しやすくオーバーラップ部の昇温を阻害する。しかしながら、各鋼板がアルミニウム系めっき層を有するめっき鋼板であっても、オーバーラップ部の両外側の表面の放射率を高くしておくことにより、ホットスタンプに際してブランクを加熱したとき、オーバーラップ部の昇温を促進することができ、オーバーラップ部の加熱時間を短縮することができる。その結果、最小の板厚の鋼板の耐食性を確保することができ、且つブランクから製造される構造部材の生産性を向上させることができる。

【0018】

第1から第3のいずれかの構成に関し、第1鋼板及び第2鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面は、皮膜によって被覆されていてもよい。この皮膜は、例えば、25 における波長  $8.0 \mu\text{m}$  での放射率が60%以上である（第4の構成）。

【0019】

第1から第3のいずれかの構成に関し、第1鋼板及び第2鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面は、皮膜によって被覆されていてもよい。この皮膜は、カーボンブラックと、Zr酸化物、Zn酸化物、及びTi酸化物からなる群より選択される1種以上の酸化物と、 $0 \sim 0.30 \text{ g/m}^2$  のシリカとを含有することができる。カーボンブラック及び酸化物は、皮膜の全体に分散して存在していてもよい。皮膜におけるカーボンブラックの含有量を  $X_{CB} (\text{g/m}^2)$ 、酸化物の含有量を  $X_{Oxide} (\text{g/m}^2)$  としたとき、 $X_{CB}$  及び  $X_{Oxide}$  は以下の式(1)（特許文献1参照）を満足することが好ましい（第5の構成）。

$$118.9 \quad 24280 / \{ 6700 / (100 + 76 \times X_{CB}) + 18000 / (130 + 65 \times X_{Oxide}) \} \quad 332.0 \quad (1)$$

【0020】

第1から第5のいずれかの構成において、複数の鋼板は、異なる板厚を有する2枚以上の鋼板を含むことができる。この場合において、オーバーラップ部の板厚を  $t_{max}$ 、ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する鋼板の板厚を  $t_{min}$  としたとき、 $t_{max} / t_{min} \geq 3.2$  であることが好ましい（第6の構成）。

【0021】

板厚が異なる2枚以上の鋼板がブランクに含まれている場合、ブランクに含まれる鋼板の板厚が全て同一である場合と比較して、オーバーラップ部と、ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する鋼板との板厚差が大きくなる。板厚差が過大である場合、ブランクからホットスタンプによって構造部材を製造する際、ブランクにおいて最小の板厚を有する部分を構成する鋼板と比較してオーバーラップ部の昇温がより遅くなり、加熱条件のプロセスウィンドウの確保がより困難になりやすい。そのため、第6の構成では、オーバーラップ部の板厚  $t_{max}$  と最小の板厚  $t_{min}$  との比率： $t_{max} / t_{min}$  が3.2以下に設定されている。これにより、板厚が異なる2枚以上の鋼板がブランクに含まれている場合であっても、最薄の鋼板においてめっき層の合金化が過度に進行する前に最厚のオーバーラップ部の加熱を完了しやすくなり、加熱条件のプロセスウィンドウが確保されやすくなる。

【0022】

実施形態に係る構造部材の製造方法は、第1から第6のいずれかの構成に係るブランク

を準備する工程と、ブランクに含まれる複数の鋼板をオーステナイト変態完了温度以上に加熱する工程と、金型を用い、加熱されたブランクを平面視で環状の構造部材に成形するとともに焼入れする工程とを備える（第7の構成）。

【0023】

実施形態に係る構造部材は、部材本体と、皮膜とを備える。部材本体は、互いに接合された複数の鋼板によって形成され、平面視で環状を有する。複数の鋼板は、第1鋼板と、第2鋼板とを含む。第2鋼板は端部を有する。第2鋼板の当該端部は、第1鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで第1鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する。皮膜は、第1鋼板及び第2鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面上に設けられる。皮膜は、Zr酸化物、Zn酸化物、及びTi酸化物からなる群より選択される1種以上の酸化物を $0.001\text{ g/m}^2$ 以上含有する（第8の構成）。

10

【0024】

実施形態に係る構造部材は、部材本体と、皮膜とを備える。部材本体は、互いに接合された複数の鋼板によって形成され、平面視で環状を有する。複数の鋼板は、第1鋼板と、第2鋼板とを含む。第2鋼板は端部を有する。第2鋼板の当該端部は、第1鋼板の端部に重ね合わされて接合されることで第1鋼板の端部とともにオーバーラップ部を形成する。皮膜は、第1鋼板及び第2鋼板の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面上に設けられる。皮膜は、カーボンブラックを $0.500\text{ g/m}^2$ 以下含有する（第9の構成）。

【0025】

第8又は第9の構成において、構造部材は、自動車のドアリング部品であってもよい。この場合、部材本体は、フロントピラーと、センターピラーと、フロントピラーとセンターピラーとを接続するロッカーとを含むことができる（第10の構成）。

20

【0026】

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。各図において同一又は相当の構成については同一符号を付し、同じ説明を繰り返さない。

【0027】

[構造部材]

図1は、本実施形態に係る構造部材10を水平面に載置した状態で上方から見た図（平面図）である。構造部材10は、例えば自動車の車体に用いられる。構造部材10は、典型的には自動車のドアリング部品である。本実施形態では、構造部材10がドアリング部品である例について説明する。

30

【0028】

構造部材10は、ホットスタンプ部材である。すなわち、構造部材10は、複数の鋼板からなるブランクをホットスタンプ（熱間プレス加工）することによって形成されたものである。構造部材10は、部材本体11を含む。部材本体11は、構造部材10の平面視で環状を有する。部材本体11は、フロントピラー111と、センターピラー112と、ロッカー113とを含む。構造部材10が自動車の車体に組み付けられたとき、センターピラー112は、フロントピラー111の後方に配置される。センターピラー112は、概ね車体の上下方向に延在する。フロントピラー111は、センターピラー112に向かって延在する。構造部材10が自動車の車体に組み付けられたとき、ロッカー113は、フロントピラー111及びセンターピラー112の下方に配置される。ロッカー113は、フロントピラー111とセンターピラー112とを接続する。

40

【0029】

本実施形態において、部材本体11は、互いに接合された複数の鋼板21, 22, 23によって形成されている。図1の例では、フロントピラー111は、主に鋼板21, 23によって構成されている。センターピラー112は、主に鋼板22によって構成されている。ロッカー113は、鋼板22, 23によって構成されている。

【0030】

図2は、図1のII-II断面図である。図2では、構造部材10を鋼板21の位置で

50

その板厚方向に沿って切断した断面を示す。図 2 に示すように、鋼板 2 1 は、開断面を有している。鋼板 2 1 は、構造部材 1 0 の断面視で例えば概略ハット状を有する。より具体的には、鋼板 2 1 は、天板 2 1 1 と、縦壁 2 1 2 , 2 1 3 と、フランジ 2 1 4 , 2 1 5 とを含む。縦壁 2 1 2 は、天板 2 1 1 に対して縦壁 2 1 3 の反対側に配置されている。構造部材 1 0 の断面視で、縦壁 2 1 2 , 2 1 3 の一端部は天板 2 1 1 によって接続されている。構造部材 1 0 の断面視で、縦壁 2 1 2 , 2 1 3 の他端部には、それぞれフランジ 2 1 4 , 2 1 5 が接続されている。フランジ 2 1 4 , 2 1 5 は、それぞれ縦壁 2 1 2 , 2 1 3 から構造部材 1 0 の外側に突出している。

#### 【 0 0 3 1 】

構造部材 1 0 において、鋼板 2 1、つまりフロントピラー 1 1 1 ( 図 1 ) の上部に位置する部分の幅 W は、1 5 mm 以上 3 0 0 mm 以下であってもよい。鋼板 2 1、つまりフロントピラー 1 1 1 の上部に位置する部分の高さ H は、1 0 mm 以上 1 5 0 mm 以下であってもよい。幅 W は、構造部材 1 0 の断面において、天板 2 1 1 と縦壁 2 1 2 との間のコーナー部の縦壁 2 1 2 側の R 止まりから、天板 2 1 1 と縦壁 2 1 3 との間のコーナー部の縦壁 2 1 3 側の R 止まりまでの距離である。高さ H は、天板 2 1 1 からフランジ 2 1 4 , 2 1 5 までの天板 2 1 1 の板厚方向に沿った距離である。

10

#### 【 0 0 3 2 】

図示を省略するが、他の鋼板 2 2 , 2 3 も鋼板 2 1 と同様に開断面を有する。鋼板 2 2 , 2 3 も、構造部材 1 0 の断面視で例えば概略ハット状を有することができる。鋼板 2 2 のうちセンターピラー 1 1 2 ( 図 1 ) に相当する部分の幅は、1 5 mm 以上 3 0 0 mm 以下であってもよい。鋼板 2 2 のうちセンターピラー 1 1 2 に相当する部分の高さは、1 0 mm 以上 1 5 0 mm 以下であってもよい。鋼板 2 3 のうちフロントピラー 1 1 1 ( 図 1 ) の下部に相当する部分の幅は、例えば 3 0 mm 以上 7 5 0 mm 以下である。鋼板 2 3 のうちフロントピラー 1 1 1 の下部に相当する部分の高さは、2 5 mm 以上 1 5 0 mm 以下であってもよい。鋼板 2 3 のうちロッカー 1 1 3 ( 図 1 ) に相当する部分の幅は、例えば 3 0 mm 以上 3 0 0 mm 以下である。鋼板 2 3 のうちロッカー 1 1 3 に相当する部分の高さは、2 5 mm 以上 1 5 0 mm 以下であってもよい。

20

#### 【 0 0 3 3 】

平面視で環状の構造部材 1 0 の大きさは、例えば 1 . 0 m 以上である。構造部材 1 0 の大きさは、例えば 4 . 0 m 以下であってもよい。構造部材 1 0 の大きさとは、構造部材 1 0 を水平面に載置した状態で鉛直方向に沿って見たとき、構造部材 1 0 の外周上の任意の二点のうち最も距離が遠くなる二点を結ぶ線分の長さである。

30

#### 【 0 0 3 4 】

##### [ 構造部材の製造方法 ]

以下、構造部材 1 0 の製造方法について、図 3 A ~ 図 3 G を参照しつつ説明する。本実施形態に係る構造部材 1 0 の製造方法は、ブランク 2 0 を準備する工程と、ブランク 2 0 を加熱する工程と、加熱されたブランク 2 0 を構造部材 1 0 に成形する工程とを含む。

#### 【 0 0 3 5 】

##### ( 準備工程 )

図 3 A に示すように、準備工程では、構造部材 1 0 を展開した形状を有するブランク 2 0 を準備する。ブランク 2 0 は、複数の鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 を含む。鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 は、ブランク 2 0 の平面視で環状を有するように配置され、接合されている。

40

#### 【 0 0 3 6 】

図 3 B、図 3 C、及び図 3 D は、鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 の接合部を示すブランク 2 0 の断面図である。図 3 B、図 3 C、及び図 3 D は、それぞれ、図 3 A の I I I B - I I I B 断面図、I I I C - I I I C 断面図、及び I I I D - I I I D 断面図である。図 3 B 及び図 3 C を参照して、鋼板 2 1 は、鋼板 2 2 , 2 3 の各々に対して重ね合わせ接合されている。すなわち、鋼板 2 2 の端部は、鋼板 2 1 の端部に重ね合わせて接合されることで、鋼板 2 1 の端部とともにオーバーラップ部 2 4 1 を形成する。同様に、鋼板 2 3 の端部は、鋼板 2 1 の端部に重ね合わせて接合されることで、鋼板 2 1 の端部とともにオーバーラッ

50

部 2 4 2 を形成する。図 3 D を参照して、鋼板 2 2 は、鋼板 2 1 に加え、鋼板 2 3 に対して重ね合わせ接合されている。鋼板 2 2 の端部は、鋼板 2 3 の端部に重ね合わせて接合されることで、鋼板 2 3 の端部とともにオーバーラップ部 2 4 3 を形成する。鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 は、例えばスポット溶接又はレーザー溶接等によって接合される。

【 0 0 3 7 】

図 3 B ~ 図 3 D を参照して、鋼板 2 1 は板厚  $t_1$  を有する。鋼板 2 2 は板厚  $t_2$  を有する。鋼板 2 3 は板厚  $t_3$  を有する。本実施形態の例では、鋼板 2 1 の板厚  $t_1$  及び鋼板 2 2 の  $t_2$  が鋼板 2 3 の板厚  $t_3$  よりも大きい。したがって、鋼板 2 1 , 2 2 のオーバーラップ部 2 4 1 は、ブランク 2 0 において最大の板厚  $t_{max}$  を有する。オーバーラップ部 2 4 1 の板厚  $t_{max}$  は、鋼板 2 1 , 2 3 のオーバーラップ部 2 4 2 の板厚及び鋼板 2 2 , 2 3 のオーバーラップ部 2 4 3 の板厚よりも大きい。

10

【 0 0 3 8 】

本実施形態の例では、ブランク 2 0 に含まれる複数の鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 の中で、鋼板 2 3 の板厚  $t_3$  が最小となっている。したがって、鋼板 2 3 は、ブランク 2 0 において最小の板厚  $t_{min}$  を有する部分を構成する。すなわち、鋼板 2 3 のうち他の鋼板 2 1 , 2 2 と重ね合わせられていない部分がブランク 2 0 において最小の板厚  $t_{min}$  を有する部分であり、鋼板 2 3 の板厚  $t_3$  がブランク 2 0 における最小の板厚  $t_{min}$  である。

【 0 0 3 9 】

本実施形態のように、複数の鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 が互いに異なる板厚  $t_1$  ,  $t_2$  ,  $t_3$  を有する場合、ブランク 2 0 における最大板厚  $t_{max}$  及び最小板厚  $t_{min}$  の比： $t_{max} / t_{min}$  は、2 . 0 よりも大きくなる。この場合において、最大板厚  $t_{max}$  及び最小板厚  $t_{min}$  は、例えば  $t_{max} / t_{min} < 4 . 0$  を満たす。最大板厚  $t_{max}$  及び最小板厚  $t_{min}$  は、 $t_{max} / t_{min} \leq 3 . 2$  を満たすことが好ましい。最大板厚  $t_{max}$  及び最小板厚  $t_{min}$  は、 $t_{max} / t_{min} \leq 2 . 5$  であってもよい。最大の板厚  $t_{max}$  は、例えば 4 . 2 mm 以下である。板厚  $t_{max}$  は、1 . 6 mm 以上であってもよい。

20

【 0 0 4 0 】

鋼板 2 1 , 2 2 は、ブランク 2 0 において最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 2 4 1 を形成する。鋼板 2 1 , 2 2 の各々においてオーバーラップ部 2 4 1 の外側に位置する表面 2 1 6 , 2 2 6 における放射率は、ブランク 2 0 に含まれる鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 の他の表面の少なくとも 1 つの放射率よりも大きい。すなわち、鋼板 2 1 , 2 2 のうちオーバーラップ部 2 4 1 の外側に位置する表面 2 1 6 , 2 2 6 における放射率は、鋼板 2 1 , 2 2 のうちオーバーラップ部 2 4 1 の内側に位置する表面 2 1 7 , 2 2 7 における放射率、及び / 又は、他の鋼板 2 3 の片面若しくは両面における放射率よりも高くなっている。鋼板 2 1 , 2 2 の各々においてオーバーラップ部 2 4 1 の外側に位置する表面 2 1 6 , 2 2 6 とは、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 2 4 1 の表裏面を構成する表面である。本実施形態では、鋼板 2 1 , 2 2 において、オーバーラップ部 2 4 1 の外側に位置する表面 2 1 6 , 2 2 6 における放射率は、オーバーラップ部 2 4 1 の内側に位置する表面 2 1 7 , 2 2 7 における放射率よりも大きい。また、鋼板 2 1 , 2 2 においてオーバーラップ部 2 4 1 の外側に位置する表面 2 1 6 , 2 2 6 における放射率は、最小の板厚  $t_{min}$  を有する部分を構成する鋼板 2 3 の両面における放射率よりも大きい。例えば、2 5 における波長 8 . 0  $\mu\text{m}$  での放射率は、鋼板 2 1 , 2 2 の表面 2 1 6 , 2 2 6 において 6 0 % 以上である。鋼板 2 1 , 2 2 の表面 2 1 6 , 2 2 6 の 2 5 における波長 8 . 0  $\mu\text{m}$  での放射率は、7 0 % 以上であることがより好ましく、8 0 % 以上であることがさらに好ましい。ブランク 2 0 に含まれる鋼板 2 1 , 2 2 , 2 3 のうち表面 2 1 6 , 2 2 6 以外の表面の少なくとも 1 つにおいて、2 5 における波長 8 . 0  $\mu\text{m}$  での放射率は 6 0 % 未満であってもよい。オーバーラップ部 2 4 1 の両外側の表面 2 1 6 , 2 2 6 と、表面 2 1 6 , 2 2 6 以外の少なくとも 1 つの表面との間の 2 5 における波長 8 . 0  $\mu\text{m}$  での放射率の差は、5 % よりも大きいことが好ましく、1 0 % よりも大きいことがより好ましく、2 0 % よりも大きいことがさらに好ましい。放射率は、J I S R 1 8 0 1 ( 2 0 0 2 ) に準拠して測定することができる。この場合、フーリエ変換赤外分光光度計に測定対象

30

40

50

の鋼板から採取した試料をセットし、25において波長8.0 μmでの放射強度を測定して放射率を算出する。あるいは、測定波長を8.0 μmに設定した放射温度計を用いて、25において着目する部位の放射強度を測定し、黒体の放射強度に対する比から放射率を算出することも可能である。

#### 【0041】

本実施形態では、鋼板22と反対側の鋼板21の表面216の全体が皮膜25によって被覆されている。また、鋼板21と反対側の鋼板22の表面226の全体が皮膜25によって被覆されている。一方、鋼板23には皮膜25が設けられていない。これにより、オーバーラップ部241の両外表面の放射率が鋼板23の表面の放射率よりも高くなっている。

#### 【0042】

皮膜25は、例えば黒色の皮膜である。皮膜25は、炭素系の表面処理皮膜（炭素(C)を含有する皮膜）であってもよい。例えば、皮膜25の表面からの明度L\*値（JIS Z 8781-4(2013)に規定されるCIE 1976 明度指数L\*）が60以下である場合、皮膜25は黒色であると判断することができる。皮膜25の25における波長8.0 μmでの放射率は60%以上であり、好ましくは70%以上、より好ましくは80%以上である。すなわち、皮膜25が付与された鋼板21, 22の表面216, 226の25における波長8.0 μmでの放射率は、60%以上となり、好ましくは70%以上、より好ましくは80%以上となる。皮膜25は、700における波長8.0 μmでの放射率が60%以上であってもよい。皮膜25として、例えば、特許文献1に記載された表面処理皮膜を使用することができる。具体的には、皮膜25は、カーボンブラックと、Zr酸化物、Zn酸化物、及びTi酸化物からなる群より選択される1種以上の酸化物とを含有することができる。皮膜25は、シリカを含有してもよいし、含有していてもよい。すなわち、皮膜25のシリカの含有量は、0 g/m<sup>2</sup>以上である。皮膜25のシリカの含有量は、0.30 g/m<sup>2</sup>以下であってもよい。シリカの含有量は、より好ましくは0.10 g/m<sup>2</sup>以下であり、さらに好ましくは0.05 g/m<sup>2</sup>以下である。

#### 【0043】

カーボンブラック及び酸化物は、皮膜25のうち鋼板21の板厚方向に垂直な面において、その全体に分散して存在することができる。カーボンブラックの含有量をX<sub>CB</sub> (g/m<sup>2</sup>)、Zr酸化物、Zn酸化物、及びTi酸化物からなる群より選択される1種以上の酸化物（金属酸化物）の含有量をX<sub>oxide</sub> (g/m<sup>2</sup>)としたとき、X<sub>CB</sub>及びX<sub>oxide</sub>は、以下の式(1)を満足することが好ましい。

$$118.9 - 24280 / \{ 6700 / (100 + 76 \times X_{CB}) + 18000 / (130 + 65 \times X_{oxide}) \} \geq 332.0 \quad (1)$$

#### 【0044】

式(1)において、中央の式： $24280 / \{ 6700 / (100 + 76 \times X_{CB}) + 18000 / (130 + 65 \times X_{oxide}) \}$ で算出される値は、好ましくは119.0以上であり、より好ましくは170.0以上であり、さらに好ましくは220.0以上である。中央の式で算出される値は、好ましくは330.0以下であり、より好ましくは310.0以下であり、さらに好ましくは300.0以下である。

#### 【0045】

皮膜25におけるカーボンブラック及び金属酸化物の分散状態は、電子プローブマイクロアナライザ（Electron Probe Micro Analyzer: EPMA）により、カーボンブラックに由来する元素（例えば、C）や、酸化物に由来する元素（Zr、Zn、及びTi）について皮膜25の面分析を行うことで確認することができる。カーボンブラックの含有量X<sub>CB</sub>は、透過型電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope: TEM）を用いた皮膜25の断面分析によって測定することができる。すなわち、所定の大きさ（皮膜25の膜厚×5 μm）の領域についてTEM-EDS分析によって皮膜25の断面分析を行い、皮膜25の膜厚と、炭素含有率が70質量%以上となる粒子が当該領域において占める面積率とを測定する。カーボン

ブラックの密度を  $(t \text{ on} / m^3)$ 、膜厚を  $d (\mu m)$ 、面積率を  $a (\%)$  としたときに  $\times d \times a$  で表される値が、カーボンブラックの含有量  $X_{CB} (g / m^2)$  となる。酸化物の含有量  $X_{Oxide}$  は、蛍光 X 線分析装置 (RIGAKU 社製、ZSX Primus) を用いて皮膜 25 の表面から元素分析を行い、金属 Zr、金属 Zn 及び金属 Ti を定量することで求めることができる。

【0046】

皮膜 25 におけるカーボンブラックの含有量  $X_{CB}$  は、 $0.030 g / m^2$  以上であることが好ましく、 $0.100 g / m^2$  以上であることがより好ましい。含有量  $X_{CB}$  は、式 (1) を満たす範囲で設定されればよいが、好ましくは  $0.800 g / m^2$  以下であり、より好ましくは  $0.600 g / m^2$  以下である。

10

【0047】

皮膜 25 は、体積%で 5.0 以上のカーボンブラックを含有することができ、好ましくは体積%で 8.0 以上のカーボンブラックを含有する。また、皮膜 25 は、体積%で 40.0 以下のカーボンブラックを含有することができ、好ましくは体積%で 30.0 以下のカーボンブラックを含有する。

【0048】

皮膜 25 における金属酸化物の含有量  $X_{Oxide}$  は、 $0.030 g / m^2$  以上であることが好ましく、 $0.060 g / m^2$  以上であることがより好ましい。含有量  $X_{Oxide}$  は、式 (1) を満たす範囲で設定されればよいが、好ましくは  $0.500 g / m^2$  以下であり、より好ましくは  $0.300 g / m^2$  以下である。

20

【0049】

皮膜 25 は、体積%で 1.0 以上の金属酸化物を含有することができる。また、皮膜 25 は、体積%で 30.0 以下の金属酸化物を含有することができ、好ましくは体積%で 25.0 以下の金属酸化物を含有する。

【0050】

カーボンブラックの含有量  $X_{CB} (g / m^2)$  と金属酸化物の含有量  $X_{Oxide} (g / m^2)$  との比率： $X_{Oxide} / X_{CB}$  は、0.20 以上 200.00 以下であることが好ましい。 $X_{Oxide} / X_{CB}$  は、より好ましくは 0.40 以上 10.00 以下であり、さらに好ましくは 0.60 以上 5.00 以下である。

【0051】

皮膜 25 は、上記のカーボンブラック及び金属酸化物に加え、各種のバインダー成分や添加剤を含有することができる。

30

【0052】

バインダー成分は、水分散性又は水溶解性の樹脂であることが好ましい。バインダー成分の含有量は、皮膜 25 の全体積に対して 40 体積%以上であることが好ましい。水分散性又は水溶解性の樹脂から選択されるバインダー成分としては、水分散性又は水溶解性を示す公知の各種の樹脂を用いることが可能である。このような水分散性又は水溶解性を示す樹脂として、例えば、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フッ素樹脂、ポリアミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、シランカップリング剤を加水分解・縮重合して得られるポリマー化合物等が挙げられる。バインダー成分は、ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリオレフィン樹脂、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フッ素樹脂、及びポリアミド樹脂からなる群より選択される 1 種又は 2 種以上であることがより好ましい。バインダー成分としてポリウレタン樹脂を用いる場合、ポリウレタン樹脂は、ポリエーテル系のポリウレタン樹脂であることが好ましい。

40

【0053】

添加剤は、例えば、レベリング剤、水溶性溶剤、金属安定化剤、エッチング抑制剤等である。レベリング剤は、例えばノニオン系又はカチオン系の界面活性剤である。ノニオン系又はカチオン系の界面活性剤として、例えば、ポリエチレンオキサイド又はポリプロピレンオキサイド付加物や、アセチレングリコール化合物等が挙げられる。水溶性溶剤としては、例えば、エタノール、イソプロピルアルコール、t-ブチルアルコール及びプロピ

50

レングリコール等のアルコール類、エチレングリコールモノブチルエーテル、エチレングリコールモノエチルエーテル等のセロソルブ類、酢酸エチル、酢酸ブチル等のエステル類、アセトン、メチルエチルケトン及びメチルイソブチルケトン等のケトン類等が挙げられる。金属安定化剤としては、例えば、EDTA（エチレンジアミン四酢酸）、DTPA（ジエチレントリアミン五酢酸）等のキレート化合物が挙げられる。エッチング抑制剤としては、例えば、エチレンジアミン、トリエチレンペンタミン、グアニジン及びピリミジン等のアミン化合物類が挙げられる。

【0054】

皮膜25は、例えばカーボンブラック及び金属酸化物を含む有機系又は無機系の処理液を鋼板21, 22の表面216, 226の全体に塗布した後、処理液中の揮発成分を乾燥させることによって形成することができる。処理液は、例えばロールコーター、カーテンコーター、又はインクジェットによって鋼板21, 22の表面216, 226に塗布することができる。インクジェットの場合、皮膜25の膜厚を連続的に変化させることもできる。皮膜25の膜厚は、例えば、0.5 μm以上5.0 μm以下である。皮膜25の膜厚は、1.0 μm以上3.0 μm以下であることが好ましい。皮膜25の膜厚は、鋼板21, 22の板厚 $t_1$ ,  $t_2$ と比較して無視できるほどに小さい。したがって、皮膜25込みで測定した鋼板21, 22の板厚をそれぞれ板厚 $t_1$ ,  $t_2$ として取り扱うことができる。

10

【0055】

ブランク20において最小の板厚 $t_{min}$ を有する鋼板23は、めっき鋼板である。この場合、鋼板23は、母材鋼板23aと、めっき層23bとを有する。母材鋼板23aの種類は特に限定されない。めっき層23bは、母材鋼板23a上に設けられる。めっき層23bは、母材鋼板23aの両面の全体又はほぼ全体を覆っている。めっき層23bは、金属めっき層である。めっき層23bは、例えば、熔融アルミニウムめっきであってもよいし、熔融亜鉛めっき、合金化熔融亜鉛めっき、又は電気亜鉛めっきであってもよい。鋼板23としては、公知のアルミニウムめっき鋼板、亜鉛めっき鋼板等を使用することができる。鋼板23の板厚 $t_{min}$ は、母材鋼板23a及びめっき層23bを合わせた板厚となる。

20

【0056】

鋼板21, 22は、鋼板23と同様、公知のめっき鋼板であってもよい。すなわち、鋼板21は、母材鋼板21aと、母材鋼板21a上に設けられためっき層21bとを有することができる。また、鋼板22は、母材鋼板22aと、母材鋼板22a上に設けられためっき層22bとを有することができる。母材鋼板21a, 22aの種類は特に限定されない。めっき層21b, 22bは、それぞれ母材鋼板21a, 22aの両面の全体又はほぼ全体を覆っている。めっき層21b, 22bは、金属めっき層である。めっき層21b, 22bとしては、鋼板23について例示しためっき層と同様のものを使用することができる。すなわち、鋼板21, 22は、鋼板23と同様、アルミニウムめっき鋼板であってもよいし、亜鉛めっき鋼板であってもよい。鋼板21がめっき鋼板である場合、鋼板21の板厚 $t_1$ は、母材鋼板21a及びめっき層21bを合わせた板厚となる。同様に、鋼板22がめっき鋼板である場合、鋼板22の板厚 $t_2$ は、母材鋼板22a及びめっき層22bを合わせた板厚となる。

30

40

【0057】

めっき層21b, 22b, 23bは、典型的にはアルミニウムを主成分とするめっき層（アルミニウム系めっき層）である。アルミニウム系めっき層の構成は特に限定されない。めっき層21b, 22b, 23bとして、公知のアルミニウム系めっき層を採用することができる。

【0058】

鋼板21, 22, 23は、それぞれ他の鋼板と同種のめっき鋼板であってもよいし、他の鋼板と異なる種類のめっき鋼板であってもよい。鋼板21, 22は、その表面にめっき層21b, 22bを有しない鋼板（裸材）であってもよい。鋼板21, 22, 23のうち2つ以上がめっき鋼板である場合、各鋼板のめっきの目付量は他の鋼板と同一であっても

50

よいし、異なってもよい。

【0059】

(加熱工程)

準備されたブランク20は、ホットスタンプ(熱間プレス加工)によって構造部材10(図1及び図2)に成形される。ホットスタンプに際し、ブランク20は加熱工程に供される。図3Eを参照して、加熱工程では、例えば加熱炉30によってブランク20が加熱される。ブランク20に含まれる複数の鋼板21, 22, 23は、オーステナイト変態完了温度( $A_{c3}$ 点)以上に加熱される。鋼板21, 22, 23は、例えば900以上に加熱される。これにより、鋼板21, 22, 23のミクロ組織が例えば全て又はほぼオーステナイト相に変態する。

10

【0060】

(成形工程)

図3Fを参照して、成形工程では、金型40を用い、加熱されたブランク20を平面視で環状の構造部材10(図1及び図2)に成形するとともに焼入れする。加熱工程によって加熱されたブランク20は加熱炉30(図3E)から取り出され、金型40に搬送される。金型40は、公知のプレス装置に取り付けられている。金型40は、例えば、パンチ41及びダイ42を含む。ブランク20は、パンチ41とダイ42との間に配置される。

【0061】

図3Gを参照して、ブランク20がパンチ41とダイ42との間に配置された後、ダイ42がパンチ41に対して相対的に接近する。ブランク20は、パンチ41及びダイ42によって挟持(プレス)され、パンチ41及びダイ42の成形面に沿った形状に成形される。ブランク20は、パンチ41及びダイ42によって挟持されたまま保持される。ブランク20は金型40によって抜熱(急冷)され、そのミクロ組織がマルテンサイトに変態する。これにより、ブランク20から構造部材10を製造することができる。

20

【0062】

図4は、ホットスタンプ後の構造部材10の断面図である。図4では、ブランク20の段階で黒色の皮膜25が付与されていた鋼板21(図3B及び図3C)の位置での構造部材10の断面を示す。この構造部材10は、部材本体11と、皮膜12とを含む。皮膜12は、鋼板21上に設けられている。ブランク20において鋼板21に付与されていた黒色の皮膜25(図3B及び図3C)は、ホットスタンプを経て皮膜12となる。図示を省略するが、ブランク20において鋼板22に付与されていた黒色の皮膜25(図3B及び図3D)は、ホットスタンプを経て皮膜12となる。皮膜12は、鋼板21, 22の各々においてオーバーラップ部241の外側に位置する表面216, 226上(図3B)に設けられる。ホットスタンプ前の皮膜25がカーボンブラックを含有している場合、このカーボンブラックはホットスタンプ時の高温加熱によってほぼ消失するが、部材本体11上に残存する場合もある。ホットスタンプ前の皮膜25が上記式(1)を満たしていた場合、ホットスタンプ後の皮膜12は、カーボンブラックを含有しないこともあるし、 $0.500\text{ g/m}^2$ 以下のカーボンブラックを含有することもある。ホットスタンプ後の皮膜12がカーボンブラックを含有する場合、皮膜12におけるカーボンブラックの含有量は $0\text{ g/m}^2$ 超である。また、ホットスタンプ前の皮膜26が上記式(1)を満たしていた場合、ホットスタンプ後の皮膜12では、中央の式： $24280 / \{6700 / (100 + 76 \times X_{CB}) + 18000 / (130 + 65 \times X_{Oxide})\}$ で算出される値が例えば $120.0$ 以上 $150.0$ 以下となっている。

30

40

【0063】

ホットスタンプ前の皮膜25(図3B及び図3C)が上記式(1)を満たしていた場合、ホットスタンプ後の皮膜12は、Zr酸化物、Zn酸化物、及びTi酸化物からなる群より選択される1種以上の酸化物(金属酸化物)を例えば $0\text{ g/m}^2$ 超、より望ましくは $0.001\text{ g/m}^2$ 以上含有する。皮膜12の金属酸化物の含有量は、例えば $0.500\text{ g/m}^2$ 以下である。このように金属酸化物が構造部材10に残存する場合、つまり皮膜12が $0\text{ g/m}^2$ 超の金属酸化物を含有する場合、構造部材10の耐食性が向上するため

50

より望ましい。ホットスタンプ前の皮膜 2 5 が上記式 ( 1 ) を満たしていた場合、ホットスタンプ後の皮膜 1 2 は、 $0 \sim 0.30 \text{ g/m}^2$  のシリカを含有する。

#### 【 0 0 6 4 】

皮膜 1 2 におけるカーボンブラックの含有量、金属酸化物の含有量、及びシリカの含有量は、ブランク 2 0 の段階の皮膜 2 5 と同様にして測定することができる。具体的には、車体部品を解体して環状の構造部材 1 0 を取得し、この構造部材 1 0 から例えばレーザー切断等で分析試料を取得する。例えば、構造部材 1 0 に含まれる複数の鋼板それぞれから分析試料を取得する。分析試料の取得位置は、開断面を有する鋼板それぞれの天板の中心部又はその近傍である。取得した分析試料をレーザー切断時の熱影響部外まで断面を研磨する等して調整し、皮膜分析用試料を作成する。この試料に対し、E P M A により、カーボンブラックに由来する元素 ( 例 例 ば、C ) や、酸化物に由来する元素 ( Z r、Z n、及び T i ) について皮膜 1 2 の面分析を行うことで、皮膜 1 2 におけるカーボンブラック及び金属酸化物の分散状態を確認することができる。構造部材 1 0 の部位によって、構造部材 1 0 の表側及びノ又は裏側に皮膜 1 2 が存在しているため、分析試料の表側及び裏側を分析する。

10

#### 【 0 0 6 5 】

構造部材 1 0 の最表層には、例えば電着塗装皮膜等が存在している場合が多い。その場合は、電着塗装皮膜層の下層、且つ合金化された金属めっき層の上層に存在する皮膜層を分析する。皮膜 1 2 におけるカーボンブラックの含有量  $X_{CB}$  は、TEM を用いた皮膜 2 5 の断面分析によって測定することができる。すなわち、所定の大きさ ( 皮膜 1 2 の膜厚  $\times 5 \mu\text{m}$  ) の領域について TEM - EDS 分析によって皮膜 1 2 の断面分析を行い、皮膜 1 2 の膜厚と、炭素含有率が 70 質量% 以上となる粒子が当該領域において占める面積率とを測定する。カーボンブラックの密度を  $(\text{ton/m}^3)$ 、膜厚を  $d (\mu\text{m})$ 、面積率を  $a (\%)$  としたときに  $\times d \times a$  で表される値が、カーボンブラックの含有量  $X_{CB}$   $(\text{g/m}^2)$  となる。酸化物の含有量  $X_{\text{oxide}}$  は、上述した蛍光 X 線分析装置を用いて電着塗装皮膜層の下層、且つ合金化された金属めっき層の上層に存在する皮膜層から元素分析を行い、金属 Z r、金属 Z n 及び金属 T i を定量することで求めることができる。

20

#### 【 0 0 6 6 】

成形工程 ( ホットスタンプ ) 後において、鋼板 2 1 は、例えば  $0.5 \text{ GPa}$  以上の引張強さを有することができ、好ましくは  $1.0 \text{ GPa}$  以上の引張強さを有する。同様に、成形工程 ( ホットスタンプ ) 後において、鋼板 2 2、2 3 ( 図 1 ) は、例えば  $0.5 \text{ GPa}$  以上の引張強さを有することができ、好ましくは  $1.0 \text{ GPa}$  以上の引張強さを有する。鋼板 2 1、2 2、2 3 のうち少なくとも 1 枚は、成形工程後において  $1.5 \text{ GPa}$  以上の引張強さを有していてもよい。鋼板 2 1、2 2、2 3 のそれぞれの引張強さは、他の鋼板の引張強さと同一であってもよいし、異なってもよい。

30

#### 【 0 0 6 7 】

##### [ 効果 ]

ホットスタンプに際してブランク 2 0 が加熱されたとき、最小の板厚  $t_{\text{min}}$  を有する鋼板 2 3 では、母材鋼板 2 3 a からめっき層 2 3 b に鉄が拡散して拡散層が形成される。拡散層は、ブランク 2 0 の加熱時間が長くなるにつれて厚くなり、めっき層 2 3 b による鋼板 2 3 の耐食性又は溶接性を低下させる場合がある。鋼板 2 3 の耐食性及び溶接性を確保するためには、拡散層の厚みが所定値以下に抑えられることが好ましい。例えば、鋼板 2 3 がめっき層 2 3 b の目付量： $50 \sim 80 \text{ g/m}^2$  程度の厚目付けの鋼板である場合、拡散層の厚みは  $15 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。また、例えば、鋼板 2 3 がめっき層 2 3 b の目付量： $40 \sim 50 \text{ g/m}^2$  程度の薄目付けの鋼板である場合、拡散層の厚みは  $10 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。そこで、本実施形態に係るブランク 2 0 では、最大の板厚  $t_{\text{max}}$  を有するオーバーラップ部 2 4 1 の外側に位置する鋼板 2 1、2 2 の表面 2 1 6、2 2 6 の放射率が、鋼板 2 1、2 2、2 3 における他の表面の少なくとも 1 つの放射率よりも大きくなっている。すなわち、鋼板 2 1、2 2 においてオーバーラップ部 2 4 1 の両外側の表面 2 1 6、2 1 7 には、放射率を高めるための処理が施されている。これに

40

50

より、ホットスタンプに際してブランク 20 を加熱したとき、オーバーラップ部 241 の昇温速度を高めることができ、オーバーラップ部 241 の加熱時間を短縮することができる。したがって、先行して昇温した最薄の鋼板 23 においてめっき層 23b の合金化が過度に進行し、拡散層が所定の厚みを超えるまで成長する前にブランク 20 の加熱を終了することができる。その結果、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 の強度をホットスタンプによって確保することができ、且つ、最小の板厚  $t_{min}$  の鋼板 23 の耐食性（防錆性）を確保することができる。また、拡散層の厚みを抑えることにより、鋼板 23 の溶接性が確保されやすくなる。

#### 【0068】

このように、本実施形態に係るブランク 20 によれば、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 の昇温速度を高めることができる。そのため、最薄の鋼板 23 においてめっき層 23b の合金化が過度に進行する前にブランク 20 全体をホットスタンプに必要な温度まで加熱することが可能となり、構造部材 10 の製造における加熱条件のプロセスウィンドウを確保することができる。したがって、最大板厚  $t_{max}$  のオーバーラップ部 241 の強度と、最小板厚  $t_{min}$  の鋼板 23 の位置での防錆機能とを兼ね揃える構造部材 10 を製造することができる。また、オーバーラップ部 241 の昇温速度を高めることにより、ブランク 20 の加熱時間を短縮することができるため、構造部材 10 の生産性を向上させることができる。さらに、ブランク 20 の加熱時間が短縮されることにより、構造部材 10 の製造におけるエネルギー消費が抑制され、加熱時における温室効果ガスの発生量を削減することができる。

#### 【0069】

本実施形態において、ブランク 20 に含まれる鋼板 21, 22, 23 は、いずれもめっき鋼板であってもよい。この場合、ブランク 20 をホットスタンプによって構造部材 10 に成形する際、酸化スケールの生成を抑制することができる。したがって、ホットスタンプの後、例えばショットブラスト処理等、酸化スケールを除去するための処理を構造部材 10 に施す必要がない。よって、構造部材 10 の生産性を高めることができる。

#### 【0070】

例えば、鋼板 21, 22, 23 のめっき層 21b, 22b, 23b がアルミニウム系のめっき層である場合、加熱工程において、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 と最小の板厚  $t_{min}$  を有する鋼板 23 との昇温速度差が生じやすい。アルミニウム系めっき層は白色であるため、熱エネルギーを反射しやすく、オーバーラップ部 241 の昇温を阻害する。しかしながら、本実施形態に係るブランク 20 では、オーバーラップ部 241 の両外側に配置された鋼板 21, 22 の表面 216, 226 に対し、放射率を高める処理が施されている。そのため、オーバーラップ部 241 を形成する鋼板 21, 22 がアルミニウム系めっき層を有するめっき鋼板であっても、加熱工程におけるオーバーラップ部 241 の昇温を促進し、オーバーラップ部 241 の加熱時間を短縮することができる。したがって、薄肉の鋼板 23 の耐食性及び溶接性を確保することができ、且つ構造部材 10 の生産性を向上させることができる。

#### 【0071】

本実施形態において、加熱工程では、まずブランク 20 において最小の板厚  $t_{min}$  を有する鋼板 23 がオーステナイト域の温度に到達し、その後、板厚が薄い部位から順番に順にオーステナイト域の温度まで到達する。最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 は、最後にオーステナイト域の温度に到達する。本実施形態のようにブランク 20 に含まれる鋼板 21, 22, 23 に板厚差がある場合において、最小板厚  $t_{min}$  と最大板厚  $t_{max}$  とが乖離しすぎていると、板厚  $t_{min}$  を有する鋼板 23 に対して板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 の昇温が大幅に遅れ、加熱条件のプロセスウィンドウを確保できなくなることがある。そこで、最小板厚  $t_{min}$  と最大板厚  $t_{max}$  との比率： $t_{max} / t_{min}$  は 3.2 以下であることが好ましい。これにより、鋼板 21, 22, 23 に板厚差がある場合であっても、最薄の鋼板 23 のめっき層 23b の合金化が進行し、拡散層が厚くなって耐食性が失われる前に、オーバーラップ部 241 をオーステナイトへの相

10

20

30

40

50

変態が完了するまで十分に加熱することができる。よって、構造部材 10 の製造においてプロセスウィンドウが確保されやすくなる。

【0072】

本実施形態では、オーバーラップ部 241 の放射率を高めるため、鋼板 21, 22 の両表面のうち相手鋼板と反対側の表面 216, 226 に皮膜 25 を付与することができる。皮膜 25 の放射率（温度 25 及び波長  $8.0 \mu\text{m}$ ）は、例えば 60% 以上となっている。これにより、オーバーラップ部 241 を効率よく放射加熱することができ、加熱工程においてオーバーラップ部 241 の昇温速度がより増加しやすくなる。

【0073】

本実施形態において、皮膜 25 は、カーボンブラックと、Zr 酸化物、Zn 酸化物、及び Ti 酸化物からなる群より選択される 1 種以上の酸化物と、 $0 \sim 0.30 \text{ g/m}^2$  以下のシリカとを含有することができる。カーボンブラックの含有量  $X_{CB}$  ( $\text{g/m}^2$ )、及び酸化物の含有量  $X_{\text{oxide}}$  ( $\text{g/m}^2$ ) は、上記の式 (1) を満足することが好ましい。特許文献 1 に記載されているように、式 (1) は、昇温速度 ( $^{\circ}\text{C/s}$ ) の増加の倍率 (%) と、カーボンブラックの含有量  $X_{CB}$  及び酸化物の含有量  $X_{\text{oxide}}$  との関係の規定した式である。式 (1) は、 $700^{\circ}\text{C}$  までの範囲では主としてカーボンブラックが熱吸収材として機能し、 $700^{\circ}\text{C}$  以上の範囲では主として酸化物が熱吸収材として機能することを表している。皮膜 25 が式 (1) を満足することにより、皮膜 25 が付与されたオーバーラップ部 241 の両外側の表面 216, 226 について、25 における波長  $8.0 \mu\text{m}$  での放射率が 60% 以上となりやすくなる。

【0074】

カーボンブラック及び酸化物は、皮膜 25 のうち鋼板 21 の板厚方向と垂直な面において、その全体に分散して存在することができる。これにより、オーバーラップ部 241 の両外側に位置する鋼板 21, 22 の表面 216, 226 の放射率が均一化されやすくなる。したがって、加熱工程において、最厚のオーバーラップ部 241 を迅速且つ均一に加熱することができる。

【0075】

ただし、皮膜 25 の構成はこれに限定されるものではない。皮膜 25 は、無処理の場合と比較してオーバーラップ部 241 の両外側の表面 216, 226 の放射率を高めるため、実質的に黒色の皮膜であればよい。例えば、皮膜 25 は、カーボンブラックに代えて又は加えて、黒鉛又はすす等を含有することができる。あるいは、皮膜 25 は、例えば、オーバーラップ部 241 の両外側の表面 216, 226 の放射率を高めるため、アスペクト比が 4 以上 50 以下で六方晶系の結晶構造を有する針状化合物を含有することもできる。六方晶系の結晶構造を有する化合物は、典型的にはグラファイト (C) であるが、ランタンシリケート、二ホウ化マグネシウム、酸化ベリリウム (ベリリア)、酸化亜鉛、石英、針ニッケル鉱 (NiS)、ウルツ鉱 (ZnS) 等であってもよい。

【0076】

以上、本開示に係る実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

【0077】

上記実施形態では、最小の板厚  $t_{\text{min}}$  を有する鋼板 23 の両表面の放射率が鋼板 21, 22 の各々においてオーバーラップ部 241 の外側に位置する表面 216, 226 の放射率よりも小さい。すなわち、鋼板 23 には、オーバーラップ部 241 のような皮膜 25 が付与されていない。しかしながら、最小の板厚  $t_{\text{min}}$  を有する鋼板 23 において少なくとも一方の表面の放射率がオーバーラップ部 241 の両外側の表面 216, 226 の放射率と実質的に等しくてもよい。例えば、鋼板 23 の片面又は両面がオーバーラップ部 241 と同様の皮膜 25 で被覆されていてもよい。ただし、プロセスウィンドウ確保の観点からは、鋼板 23 の少なくとも一方の表面には黒色の皮膜 25 が付与されていないことが好ましい。すなわち、鋼板 21, 22 の各々においてオーバーラップ部 241 の外側に位置する表面 216, 226 の放射率が最小の板厚  $t_{\text{min}}$  を有する鋼板 23 の少なくとも一方の

表面の放射率よりも大きいことが好ましい。

【0078】

上記実施形態では、鋼板21, 22において、オーバーラップ部241の内側に位置する表面217, 227の放射率がオーバーラップ部241の外側に位置する表面216, 226の放射率よりも小さい。すなわち、鋼板21, 22において、オーバーラップ部241の内側に位置する表面217, 227には皮膜25が設けられていない。しかしながら、鋼板21において、オーバーラップ部241の内側に位置する表面217が皮膜25によって被覆されていてもよい。同様に、鋼板22において、オーバーラップ部241の内側に位置する表面227が皮膜25によって被覆されていてもよい。ただし、ホットスタンプの際にブランク20の加熱を均一化する観点からは、鋼板21, 22のそれぞれにおいて、オーバーラップ部241の外側の表面216, 226が実質的に黒色の皮膜25によって被覆され、オーバーラップ部241の内側に位置する表面217, 227は皮膜25によって被覆されていないことが好ましい。鋼板21の両表面216, 217が皮膜25によって被覆されている場合、鋼板21のうち鋼板22と重ね合わされていない部分の加熱が進行し、拡散層が厚くなって鋼板21の耐食性及び溶接性の確保が困難になる可能性がある。同様に、鋼板22の両表面226, 227が皮膜25によって被覆されている場合、鋼板22のうち鋼板21と重ね合わされていない部分の加熱が進行し、拡散層が厚くなって鋼板22の耐食性及び溶接性が低下する可能性がある。したがって、良好な耐食性及び溶接性をより確保しやすくするためには、鋼板21, 22において、オーバーラップ部241の外側に位置する表面216, 226に皮膜25が設けられる一方、オーバーラップ部241の内側に位置する表面217, 227には皮膜25が設けられないことが好ましい。

10

20

【0079】

上記実施形態では、実質的に黒色の皮膜25の存在により、最大の板厚 $t_{max}$ を有するオーバーラップ部241の両外側の表面216, 226の放射率が鋼板21, 22, 23における他の1つ以上の表面の放射率と比較して大きくなっている。しかしながら、ブランク20において、選択された部位の放射率を高める方法は皮膜25に限定されない。例えば、選択された部位の表面粗さを他の部位の表面粗さと比較して大きくすることにより、選択された部位の放射率を他の部位よりも高めることができる。

【0080】

上記実施形態において、ブランク20に含まれる鋼板21, 22, 23は、それぞれ単層であってもよいし複層であってもよい。すなわち、鋼板21, 22, 23は、それぞれ、単一の鋼板であってもよいし、複数の鋼板が重ね合わされて構成された板材であってもよい。

30

【0081】

上記実施形態では、鋼板21, 22の端部同士が重ね合わせ接合され、オーバーラップ部241が形成されている。同様に、鋼板21, 23の端部同士が重ね合わせ接合され、オーバーラップ部242が形成されている。また、鋼板22, 23の端部同士が重ね合わせ接合され、オーバーラップ部243が形成されている。しかしながら、ブランク20は、少なくとも1つのオーバーラップ部を含んでいればよい。すなわち、鋼板23は、必ずしも鋼板21, 22と重ね合わせ接合されている必要はない。鋼板23は、鋼板21, 22の一方又は双方と突き合わせ接合されていてもよい。

40

【0082】

上記実施形態では、ブランク20が3枚の鋼板21, 22, 23を含んでいる。しかしながら、ブランク20に含まれる鋼板の数はこれに限定されるものではない。ブランク20は、2枚の鋼板で構成されていてもよいし、4枚以上の鋼板を含んでいてもよい。平面視で環状のブランク20は、典型的には3枚以上の鋼板を含む。ブランク20に含まれる鋼板のうち、最大の板厚 $t_{max}$ を有するオーバーラップ部241を形成する鋼板21, 22は、オーバーラップ部241の外側に位置する表面216, 226に放射率を高めるための処理が施される。その他の鋼板については、放射率を高めるための処理が施されても

50

よいし、施されなくてもよい。ブランク 20 には、片面又は両面に放射率を高めるための処理が施されていない鋼板が 1 枚以上含まれていればよい。

【0083】

上記実施形態に係るブランク 20 では、最小の板厚  $t_{min}$  を有する部分を構成する鋼板 23 とは異なる鋼板 21, 22 が最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 を形成する。しかしながら、オーバーラップ部 241 を形成する鋼板 21 又は鋼板 22 がブランク 20 において最小の板厚  $t_{min}$  を有する鋼板であってもよい。

【0084】

上記実施形態では、ブランク 20 において、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部 241 が 1 つのみ存在する。しかしながら、ブランク 20 において、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部が複数存在してもよい。この場合、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部の全てについて、両外側の表面に放射率を高める処理が施されていることが好ましい。

10

【0085】

上記実施形態に係るブランク 20 において、複数の鋼板 21, 22, 23 は互いに異なる板厚を有している。しかしながら、ブランク 20 に含まれる鋼板の 2 枚以上が同一の板厚を有していてもよいし、全ての鋼板が同一の板厚を有していてもよい。ブランク 20 に含まれる全ての鋼板が同一の板厚を有する場合、各鋼板においてオーバーラップ部を形成していない部分がブランク 20 において最小の板厚  $t_{min}$  を有する部分を構成し、各オーバーラップ部が最大の板厚  $t_{max}$  を有することになる。この場合も、最大の板厚  $t_{max}$  のオーバーラップ部の両外側の表面の放射率は、他の表面の少なくとも 1 つ以上の放射率よりも大きい。ブランク 20 に含まれる鋼板の板厚が全て同一の場合、 $t_{max} / t_{min}$  は 2.0 である。

20

【0086】

上記実施形態において、ブランク 20 のホットスタンプに用いられる金型 40 はパンチ 41 及びダイ 42 を含んでいる。ただし、金型 40 の構成は、上記実施形態で説明した例に限定されるものではない。金型 40 は、例えば、パッドやブランクホルダをさらに含むこともできる。

【0087】

上記実施形態において、構造部材 10 の本体 11 は、フロントピラー 111 と、センターピラー 112 と、ロッカー 113 とを含んでいる。しかしながら、部材本体 11 は、さらに別の構成要素を含むことができる。例えば、図 5 に示すように、部材本体 11 はさらにリアピラー 114 を含むことができる。上記実施形態に係る構造部材 10 は、シングルリング形状を有するドアリング部品（シングルドアリング部品）である。一方、図 5 に示す構造部材は、ダブルリング形状を有するドアリング部品（ダブルドアリング部品）である。ダブルドアリング部品を製造する場合、その素材となるブランクもダブルリング形状を有する。

30

【実施例】

【0088】

以下、実施例によって本開示をさらに詳しく説明する。ただし、本開示は、以下の実施例に限定されるものではない。

40

【0089】

[第 1 実施例]

本開示による効果を確認するため、シングルドアリング部品である構造部材のプレス成形（ホットスタンプ）について、構造部材に含まれる鋼板の種類（素材種）及び板厚、並びに構造部材の分割パターンを変更しながら、市販のソフトウェア（AUTOFORM R.10, AUTOFORM 社製）を使用して CAE 解析を実施した。

【0090】

本解析に使用した鋼板を表 1 に示す。

【0091】

50

【表 1】

TABLE 1

記号	素材種	母材	皮膜仕様
A	Al-Si 1.5G HS	1.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	なし
A-1	Al-Si 1.5G HS	1.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-片面
A-2	Al-Si 1.5G HS	1.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-両面
B	Al-Si 2.0G HS	2.0GPa級ホットスタンプ用鋼板	なし
B-1	Al-Si 2.0G HS	2.0GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-片面
B-2	Al-Si 2.0G HS	2.0GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-両面
C	Al-Si 2.5G HS	2.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	なし
C-1	Al-Si 2.5G HS	2.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-片面
C-2	Al-Si 2.5G HS	2.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-両面
D	Al-Si 1.0G HS	1.0GPa級ホットスタンプ用鋼板	なし
D-1	Al-Si 1.0G HS	1.0GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-片面
D-2	Al-Si 1.0G HS	1.0GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-両面
E	Al-Si 0.5G HS	0.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	なし
E-1	Al-Si 0.5G HS	0.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-片面
E-2	Al-Si 0.5G HS	0.5GPa級ホットスタンプ用鋼板	黒色皮膜-両面

10

20

【 0 0 9 2 】

表 1 において、素材種は、めっき種、引張強さ、及び用途（ホットスタンプ）の順で表記されている。皮膜仕様について、黒色皮膜は、カーボンブラック及び金属酸化物を含有する黒色の皮膜である。「黒色皮膜 - 片面」とは、鋼板の片面全体が黒色皮膜で被覆されていることを意味する。「黒色皮膜 - 両面」とは、鋼板の両面全体が黒色皮膜で被覆されていることを意味する。

【 0 0 9 3 】

構造部材の分割パターンを図 6 A ~ 図 6 G に示す。図 6 A ~ 図 6 G では、シングルドアリング部品である構造部材に含まれる鋼板（素材）の枚数と、構造部材における鋼板同士の接合部の位置とを示している。図 6 A ~ 図 6 G において、各鋼板には括弧書きで数字を付与している。

30

【 0 0 9 4 】

図 6 A 及び図 6 B に示す分割パターン 1 及び 2 について、解析の条件及び結果を表 2 に示す。図 6 A 及び図 6 B において、構造部材は 3 枚の素材（ 1 ） ~ （ 3 ） によって形成されている。素材（ 1 ） ~ （ 3 ） は、それぞれ、隣り合う素材と重ね合わせ接合されている。

【 0 0 9 5 】

【表 2】

TABLE 2

記号	分割パターン	素材(1)		素材(2)		素材(3)		最小板厚 t <sub>min</sub> ,mm	最大板厚 t <sub>max</sub> ,mm	910℃到達 時間,s	加熱完了 時間,s	PW <sub>J</sub> ,s
		素材種	板厚,mm	素材種	板厚,mm	素材種	板厚,mm					
実施例1	1	B-1	1.4	D-1	1.4	B-1	1.2	1.2	2.8	128.5	269.0	104.5
実施例2	1	B	1.2	D-1	1.3	A-1	1.6	1.2	2.9	128.5	277.5	96.0
実施例3	2	A-1	1.6	D-1	1.2	A-1	1.8	1.2	3.4	128.5	327.0	46.5
比較例1	1	B	1.4	D	1.4	B	1.2	1.2	2.8	149.5	349.5	45.0
比較例2	2	A	1.6	D	1.2	A	1.8	1.2	3.4	149.5	424.5	-30.0

40

【 0 0 9 6 】

表 2 において、「 9 1 0 到達時間」とは、ブランクに含まれる素材のうち最小の板厚 t<sub>min</sub> を有する素材がブランクの加熱開始から 9 1 0 （ A c 3 点以上）に到達するまでに要した時間である。「加熱完了時間」とは、ブランクにおいて最も昇温が遅い部位がブランクの加熱開始から 9 1 0 に到達してホットスタンプ可能になるまでに要した時間で

50

ある。「プロセスウィンドウ (PW)」は、最小板厚  $t_{min}$  を有する素材が 910 に到達した後許容できる加熱時間 (245 秒) を 910 到達時間に足し合わせた時間から、加熱完了時間を減じた値である。この値が大きいほど、構造部材のホットスタンプにおいて加熱条件のプロセスウィンドウが広いことを意味する。

【0097】

表 2 及び図 6 A を参照して、実施例 1 では、素材 (1) と素材 (2) とが最大の板厚  $t_{max} = 2.8 \text{ mm}$  を有するオーバーラップ部を形成し、素材 (1) 及び (2) の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面には黒色皮膜が付されている。一方、素材 (1) 及び (2) の各々においてオーバーラップ部の内側に位置する表面には黒色皮膜が付されていない。また、実施例 1 では、素材 (3) が最小の板厚  $t_{min} = 1.2 \text{ mm}$  を有し、素材 (3) の片面のみに黒色皮膜が付与されている。素材種及び板厚の組み合わせが実施例 1 と同一の比較例 1 では、素材 (1) ~ (3) のいずれにも黒色皮膜が付されていない。実施例 1 では、最厚のオーバーラップ部の両外側に黒色皮膜を配置したことから、このオーバーラップ部の昇温が促進され、比較例 1 と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。実施例 1 では、最薄の素材 (3) に黒色皮膜を付したことから 910 到達時間が比較例 1 よりも早まったにもかかわらず、比較例 1 に対してプロセスウィンドウが 60 秒近くも拡大された。

【0098】

表 2 及び図 6 B を参照して、実施例 3 では、素材 (1) と素材 (3) とが最大の板厚  $t_{max} = 3.4 \text{ mm}$  を有するオーバーラップ部を形成し、素材 (1) 及び (3) の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面には黒色皮膜が付されている。一方、素材 (1) 及び (3) の各々においてオーバーラップ部の内側に位置する表面には黒色皮膜が付されていない。また、実施例 3 では、素材 (2) が最小の板厚  $t_{min} = 1.2 \text{ mm}$  を有し、素材 (2) の片面のみに黒色皮膜が付与されている。素材種及び板厚の組み合わせが実施例 3 と同一の比較例 2 では、素材 (1) ~ (3) のいずれにも黒色皮膜が付されていない。実施例 3 では、最厚のオーバーラップ部の両外側に黒色皮膜を配置したことから、このオーバーラップ部の昇温が促進され、比較例 2 と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。実施例 3 では、最薄の素材 (2) に黒色皮膜を付したことから 910 到達時間が比較例 2 よりも早まったにもかかわらず、比較例 2 に対してプロセスウィンドウが 70 秒以上も拡大された。比較例 2 では、加熱条件のプロセスウィンドウがなくなる (マイナス) という結果となった。

【0099】

実施例 2 では、素材 (2) と素材 (3) とが最大の板厚  $t_{max} = 2.9 \text{ mm}$  を有するオーバーラップ部を形成し、素材 (2) 及び (3) の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面に黒色皮膜が付されている。一方、素材 (2) 及び (3) の各々においてオーバーラップ部の内側に位置する表面には黒色皮膜が付されていない。また、実施例 2 では、素材 (1) が最小の板厚  $t_{min} = 1.2 \text{ mm}$  を有する。この実施例 2 においても、プロセスウィンドウが十分に確保されることが確認できた。

【0100】

図 6 C 及び図 6 D に示す分割パターン 3 及び 4 について、解析の条件及び結果を表 3 に示す。図 6 C 及び図 6 D において、構造部材は 4 枚の素材 (1) ~ (4) によって形成されている。素材 (1) ~ (4) は、それぞれ、隣り合う素材と重ね合わせ接合されている。

【0101】

10

20

30

40

50

【表 3】

TABLE 3

記号	分割 パターン	素材(1)		素材(2)		素材(3)		素材(4)		最小板厚 $t_{min}$ ,mm	最大板厚 $t_{max}$ ,mm	910℃到達 時間,s	加熱完了 時間,s	PW,s
		素材種	板厚,mm	素材種	板厚,mm	素材種	板厚,mm	素材種	板厚,mm					
実施例4	3	C-1	2.0	A-1	1.6	A-1	1.6	A	1.4	1.4	3.6	174.5	346.0	73.5
実施例5	4	B-1	1.4	B-1	1.4	B-1	1.6	C-2	1.2	1.2	3.0	115.0	288.0	72.0
実施例6	4	B-1	1.6	A	1.6	A-1	1.8	A-1	1.4	1.4	3.4	150.0	327.0	68.0
実施例7	3	B-1	1.6	D	1.4	B-1	2.0	D-1	1.6	1.4	3.6	174.5	346.0	73.5
実施例8	4	A-1	2.0	C-1	1.6	B-1	2.0	A	1.4	1.4	4.0	174.5	384.5	35.0
実施例9	4	A-1	1.2	B	1.4	B-1	1.4	D-1	1.2	1.2	2.6	128.5	250.0	123.5
実施例10	4	A	1.6	A-1	1.6	B-1	2.0	A-1	1.6	1.6	3.6	171.5	346.0	70.5
比較例3	3	C	1.6	A	1.6	B	2.0	A	1.6	1.6	3.6	199.5	449.5	-5.0
比較例4	4	A	2.0	C	1.6	B	2.0	A	1.4	1.4	4.0	174.5	499.5	-80.0
比較例5	4	B	1.6	A	1.6	A	1.8	A	1.4	1.4	3.4	174.5	424.5	-5.0
比較例6	3	B	1.6	D	1.4	B	2.0	D	1.6	1.4	3.6	174.5	449.5	-30.0
比較例7	4	A	1.2	B	1.4	B	1.4	D-2	1.2	1.2	2.6	115.0	324.5	35.5

10

## 【0102】

表3における実施例4～10でも、実施例1～3(表2)と同様、少なくとも最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部の両外側の表面に黒色皮膜を配置している。そのため、実施例4～10についても、加熱条件のプロセスウィンドウを十分に確保することができた。各実施例を対応する比較例と比べた場合、プロセスウィンドウが拡大していることがわかる。

## 【0103】

例えば、実施例8では、素材(1)と素材(3)とが最大の板厚  $t_{max} = 4.0$  mmを有するオーバーラップ部を形成し、素材(1)及び(3)の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面に黒色皮膜が付されている(表3及び図6D)。一方、比較例4は、素材種及び板厚の組み合わせが実施例8と同一であるが、オーバーラップ部を含めいずれの素材にも黒色皮膜が付与されていない。実施例8では、オーバーラップ部の昇温が促進され、比較例4と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。実施例8では、比較例4に対してプロセスウィンドウが100秒以上も拡大された。比較例4では、加熱条件のプロセスウィンドウがなくなる(マイナス)という結果となった。

20

## 【0104】

例えば、実施例9では、素材(1)及び(3)、素材(3)及び(4)がそれぞれ最大の板厚  $t_{max} = 2.6$  mmを有するオーバーラップ部を形成し、素材(1)、(3)、(4)の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面に黒色皮膜が付されている(表3及び図6D)。一方、比較例7は、素材種及び板厚の組み合わせが実施例9と同一であるが、オーバーラップ部を形成する素材(1)及び(3)に黒色皮膜が付与されていない。実施例9では、オーバーラップ部の昇温が促進され、比較例7と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。実施例9では、比較例7に対してプロセスウィンドウが80秒以上も拡大された。比較例7では、最薄の素材(4)の両面に黒色皮膜が付与されており、910℃到達時間が実施例9よりも10秒強早まっていたが、実施例9では比較例7よりもブランクの加熱完了時間が70秒以上短縮されているため、910℃到達時間の差を考慮しても比較例7に対してプロセスウィンドウが拡大したといえる。

30

## 【0105】

図6E及び図6Fに示す分割パターン5及び6について、解析の条件及び結果を表4に示す。図6E及び図6Fにおいて、構造部材は5枚の素材(1)～(5)によって形成されている。素材(1)～(5)は、それぞれ、隣り合う素材と重ね合わせ接合されている。

40

## 【0106】

50

【表 4】

TABLE 4

記号	分割 パターン	素材(1)		素材(2)		素材(3)		素材(4)		素材(5)		最小板厚 t <sub>min</sub> ,mm	最大板厚 t <sub>max</sub> ,mm	910℃到達 時間,s	加熱完了 時間,s	PW,s
		素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm					
実施例11	5	A-1	1.2	A	1.4	C	1.2	A-1	1.8	A-1	1.6	1.2	3.4	149.5	327.0	67.5
実施例12	5	A-2	1.4	B	1.2	C-1	1.6	D	1.2	B-2	1.4	1.2	3.0	134.0	288.0	91.0
実施例13	6	A-1	1.6	C-1	1.6	A	1.2	B-1	1.8	D	1.2	1.2	3.2	149.5	307.5	87.0
実施例14	5	C-2	1.6	B-1	1.6	B	1.4	A-1	1.2	A	1.2	1.2	3.2	128.5	307.5	66.0
実施例15	6	B-1	1.2	B	1.2	A-1	1.8	D-1	1.2	B	1.2	1.2	3.0	128.5	288.0	85.5
実施例16	5	B-1	1.4	D	1.2	B-1	1.6	E-1	1.0	A-1	1.2	1.0	3.0	107.0	288.0	64.0
比較例8	5	A	1.4	A	1.2	C	1.8	A	1.4	A	1.4	1.2	3.2	149.5	399.5	-5.0
比較例9	6	A	1.6	C	1.6	A	1.2	B	1.8	D	1.2	1.2	3.2	149.5	399.5	-5.0
比較例10	5	C	1.6	B	1.6	B	1.4	A	1.2	A	1.2	1.2	3.2	149.5	399.5	-5.0
比較例11	6	B	1.2	B	1.2	A	1.8	D	1.2	B	1.2	1.2	3.0	149.5	374.5	20.0

10

【0107】

表 4 における実施例 11 ~ 16 でも、実施例 1 ~ 10 (表 2 及び表 3) と同様、少なくとも最大の板厚 t<sub>max</sub> を有するオーバーラップ部の両外側の表面に黑色皮膜を配置している。そのため、実施例 11 ~ 16 についても、加熱条件のプロセスウィンドウを十分に確保することができた。各実施例を対応する比較例と比べた場合、プロセスウィンドウが拡大していることがわかる。

【0108】

例えば、実施例 13 では、素材 (1) と素材 (2) とが最大の板厚 t<sub>max</sub> = 3.2 mm を有するオーバーラップ部を形成し、素材 (1) 及び (2) の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面に黑色皮膜が付されている (表 4 及び図 6 F)。一方、比較例 9 は、素材種及び板厚の組み合わせが実施例 13 と同一であるが、オーバーラップ部を含めいずれの素材にも黑色皮膜が付与されていない。実施例 13 では、オーバーラップ部の昇温が促進され、比較例 9 と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。実施例 13 では、比較例 9 に対してプロセスウィンドウが 90 秒以上も拡大された。比較例 9 では、加熱条件のプロセスウィンドウがなくなる (マイナス) という結果となった。

20

【0109】

例えば、実施例 15 では、素材 (1) と素材 (3) とが最大の板厚 t<sub>max</sub> = 3.0 mm を有するオーバーラップ部を形成し、素材 (1) 及び (3) の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面に黑色皮膜が付されている (表 4 及び図 6 F)。また、実施例 15 では、素材 (3) と素材 (4) とが最大の板厚 t<sub>max</sub> = 3.0 mm を有するオーバーラップ部を形成し、素材 (3) 及び (4) の各々においてオーバーラップ部の外側に位置する表面に黑色皮膜が付されている。一方、比較例 11 は、素材種及び板厚の組み合わせが実施例 15 と同一であるが、オーバーラップ部を含めいずれの素材にも黑色皮膜が付与されていない。実施例 15 では、オーバーラップ部の昇温が促進され、比較例 11 と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。実施例 15 では、比較例 11 に対してプロセスウィンドウが 60 秒以上も拡大された。

30

【0110】

[第2実施例]

ダブルドリリング部品である構造部材のプレス成形 (ホットスタンプ) について、構造部材に含まれる素材種及び板厚、並びに構造部材の分割パターンを変更しながら、第 1 実施例と同様の解析を実施した。

40

【0111】

素材である鋼板は、第 1 実施例と同様、表 1 に示すものの中から選択した。構造部材の分割パターンは、図 7 A ~ 図 7 D に示す通りである。図 7 A ~ 図 7 D では、ダブルドリリング部品である構造部材に含まれる鋼板 (素材) の枚数と、構造部材における鋼板同士の接合部の位置とを示している。図 7 A ~ 図 7 D において、素材である各鋼板には括弧書きで数字を付与している。

【0112】

図 7 A 及び図 7 B に示す分割パターン 8 及び 9 について、解析の条件及び結果を表 5 に

50

示す。図7A及び図7Bにおいて、構造部材は6枚の素材(1)~(6)によって形成されている。素材(1)~(6)は、それぞれ、隣り合う素材と重ね合わせ接合されている。

【0113】

【表5】

TABLE 5

記号	分割パターン	素材(1)		素材(2)		素材(3)		素材(4)		素材(5)		素材(6)		最小板厚 t <sub>min</sub> , mm	最大板厚 t <sub>max</sub> , mm	910℃到達 時間,s	加熱完了 時間,s	PW,s
		素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm					
実施例17	8	C-1	1.6A	1.4	A-1	1.8	D-1	1.4	B-1	1.0	D-1	1.2	1.0	3.4	107.0	327.0	25.0	
実施例18	8	A-1	1.6B	1.3	B-2	1.8	A-1	1.4	A	1.2	A	1.0	1.0	3.4	124.5	327.0	42.5	
実施例19	9	B-2	1.6A	1.4	C-1	1.8	B-1	1.4	B-2	1.0	A-2	1.0	1.0	3.4	95.5	327.0	13.5	
比較例12	8	C	1.6A	1.4	A	1.8	D	1.4	B	1.0	D	1.2	1.0	3.4	124.5	424.5	-55.0	
比較例13	9	B	1.6A	1.4	C	1.8	B	1.4	B	1.0	A	1.0	1.0	3.4	124.5	424.5	-55.0	

10

【0114】

表5を参照して、実施例17~19では、素材(1)及び(3)が最大の板厚t<sub>max</sub> = 3.4mmを有するオーバーラップ部を形成し、素材(1)及び(3)のうちオーバーラップ部の外側に位置する表面に黒色皮膜が付与されている。一方、比較例12及び13では、オーバーラップ部を含め素材(1)~(6)のいずれにも黒色皮膜が付与されていない。

【0115】

表5より、実施例17~19では、最大板厚t<sub>max</sub>のオーバーラップ部の昇温が促進され、比較例12及び13と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。その結果、実施例17~19では、加熱条件のプロセスウィンドウが比較例12及び13に対して有意に拡大した。

20

【0116】

図7C及び図7Dに示す分割パターン10及び11について、解析の条件及び結果を表6に示す。図7C及び図7Dにおいて、構造部材は7枚の素材(1)~(7)によって形成されている。素材(1)~(7)は、それぞれ、隣り合う素材と重ね合わせ接合されている。

【0117】

【表6】

TABLE 6

記号	分割パターン	素材(1)		素材(2)		素材(3)		素材(4)		素材(5)		素材(6)		素材(7)		最小板厚 t <sub>min</sub> , mm	最大板厚 t <sub>max</sub> , mm	910℃ 到達 時間,s	加熱 完了 時間,s	PW,s
		素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm	素材種	板厚, mm					
実施例20	10	C-1	1.6A	1.4	A-1	1.8	D-2	1.2	D-1	1.4	B-1	1.2	D-2	1.0	1.0	3.4	95.5	327.0	13.5	
実施例21	10	A-1	1.6A	1.4	B-1	1.8	A-1	1.2	B-1	1.2	A-1	1.2	A-1	1.2	1.2	3.4	128.5	327.0	46.5	
実施例22	11	B-1	1.6B-1	1.3	C-1	1.8	E-1	1.2	A-2	1.2	B-2	1.2	A-2	1.0	1.0	3.4	95.5	327.0	13.5	
比較例14	10	C	1.6A	1.4	A	1.8	D	1.2	D	1.4	B	1.2	D	1.2	1.2	3.4	124.5	424.5	-55.0	
比較例15	11	B	1.6A	1.4	C	1.8	E	1.2	A	1.2	B	1.2	A	1.0	1.0	3.4	124.5	424.5	-55.0	

30

【0118】

表6を参照して、実施例20~22では、素材(1)及び(3)が最大の板厚t<sub>max</sub> = 3.4mmを有するオーバーラップ部を形成し、素材(1)及び(3)のうちオーバーラップ部の外側に位置する表面に黒色皮膜が付与されている。一方、比較例14及び15では、オーバーラップ部を含め素材(1)~(7)のいずれにも黒色皮膜が付与されていない。

40

【0119】

表6より、実施例20~22では、最大板厚t<sub>max</sub>のオーバーラップ部の昇温が促進され、比較例14及び15と比べてブランクの加熱完了時間が大幅に短縮された。その結果、実施例20~22では、加熱条件のプロセスウィンドウが比較例14及び15に対して有意に拡大した。

【0120】

[第3実施例]

シングルドアリング部品である構造部材のプレス成形(ホットスタンプ)について、最

50

大板厚  $t_{max}$  と最小板厚  $t_{min}$  との差による影響を確認するため、 $t_{max} / t_{min}$  を変更しながら第 1 実施例と同様の解析を実施した。解析の条件及び結果を表 7 に示す。

【 0 1 2 1 】

【 表 7 】

TABLE 7

記号	分割パターン	素材(1)		素材(2)		素材(3)		素材(4)		素材(5)		最小板厚 $t_{min}$ , mm	最大板厚 $t_{max}$ , mm	板厚比 $t_{max}/t_{min}$	910℃ 到達 時間,s	加熱 完了 時間,s	PW,s
		素材種	板厚 ,mm	素材種	板厚 ,mm	素材種	板厚 ,mm	素材種	板厚 ,mm	素材種	板厚 ,mm						
試験例1	7-オーバーラップ	A-1	1.6	A-1	1.4	C-1	1.4	A-1	1.2	A	1.4	1.2	3.0	2.5	128.5	288.0	85.5
試験例2	5-オーバーラップ	C-1	1.2	B	1.6	B-1	2.6	A-1	1.2	A	1.6	1.2	3.8	3.2	128.5	365.0	8.3
試験例3	7-オーバーラップ	A-1	1.0	A	1.4	A-1	3.3	A	1.0	A	1.4	1.0	4.3	4.3	124.5	413.4	-43.9
参考例	5-オーバーラップ	C	1.4	A	1.4	A	1.4	D	1.4	B	1.4	1.4	2.8	2.0	174.5	305.0	70.0

10

【 0 1 2 2 】

試験例 1 及び 3 の分割パターンは、図 6 G に示す分割パターン 7 である。試験例 2 及び参考例の分割パターンは、図 6 E に示す分割パターン 5 である。試験例 1 ~ 3 及び参考例では、各素材が他の素材と接合部においてオーバーラップ部を形成している。試験例 1 ~ 3 のいずれにおいても、最大板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部の両外側の表面に黒色皮膜が付与されている。また、試験例 1 ~ 3 の各々において、素材 ( 1 ) ~ ( 5 ) の各々は他の 1 枚以上の素材との間に板厚差を有する。一方、参考例では、素材 ( 1 ) ~ ( 5 ) が全て同一の板厚を有する。また、参考例では、オーバーラップ部を含め素材 ( 1 ) ~ ( 5 ) のいずれにも黒色皮膜が付与されていない。

【 0 1 2 3 】

参考例では、素材 ( 1 ) ~ ( 5 ) の間に板厚差が存在しないため、最小板厚  $t_{min}$  ( 素材 ( 1 ) ~ ( 5 ) の板厚 ) に対する最大板厚  $t_{max}$  ( オーバーラップ部の板厚 ) の比率 :  $t_{max} / t_{min}$  が 2 . 0 である。参考例では、最大板厚  $t_{max}$  と最小板厚  $t_{min}$  との差 (  $t_{max} / t_{min}$  ) が大きくないため、オーバーラップ部の両外側の表面の放射率を高めなくても、加熱条件のプロセスウィンドウを若干確保することができた。一方、素材 ( 1 ) ~ ( 5 ) の間に板厚差が存在する場合は、最大板厚  $t_{max}$  と最小板厚  $t_{min}$  との差 (  $t_{max} / t_{min}$  ) が 2 . 0 超となる。この場合、オーバーラップ部の両外側の表面の放射率を高めること ( 黒色皮膜を付与すること ) の効果が顕著に発現されやすい。

【 0 1 2 4 】

表 7 より、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部の両外側の表面に黒色皮膜を付与した場合、 $t_{max} / t_{min}$  が 2 . 0 を超える場合であっても加熱完了時間が長くなりやすく、プロセスウィンドウを確保できることがわかる ( 試験例 1 及び 2 ) 。試験例 2 では、 $t_{max} / t_{min}$  が 3 . 2 と比較的大きいにもかかわらず、プロセスウィンドウを確保することができた。一方、 $t_{max} / t_{min}$  が 4 . 0 を超える試験例 3 では、プロセスウィンドウがマイナスとなった。

【 0 1 2 5 】

本解析の結果によれば、素材間に板厚差が存在する場合は  $t_{max} / t_{min} > 3 . 2$  であることが好ましいといえる。素材間に板厚差が存在する場合は  $t_{max} / t_{min} > 2 . 0$  となるが、 $t_{max} / t_{min} > 2 . 5$  であってもよい。

【 0 1 2 6 】

試験例 1 ~ 3 について、構造部材の生産性、及び温室効果ガスの発生量比率を評価した。また、試験例 1 ~ 3 について、構造部材の防錆性能を評価した。各評価結果を表 8 に示す。

【 0 1 2 7 】

【 表 8 】

TABLE 8

記号	分割パターン	生産性,個/min	製造時の温室効果ガス発生量比率	防錆性能評価
試験例1	7-オーバーラップ	4.17	82%	○
試験例2	5-オーバーラップ	3.29	94%	○
試験例3	7-オーバーラップ	2.90	100%	×

50

## 【 0 1 2 8 】

表 8 に示すように、試験例 1 及び 2 では、試験例 3 と比較するとブランクの加熱完了時間が短縮されていることから、試験例 3 よりも構造部材の生産性が向上した。また、試験例 1 及び 2 では、試験例 3 と比較するとブランクの加熱完了時間が短縮され、構造部材の製造に要するエネルギー消費量が低減したため、製造時の温室効果ガスの発生量比率も低減した。表 8 における「生産性」は、加熱炉で 1 分間あたりに加熱処理することができるブランク（構造部材）の個数である。「温室効果ガスの発生量比率」は、試験例 3 に対する温室効果ガスの発生量の比率である。加熱工程の温室効果ガスの発生量は、ホットスタンプブランク加熱用の多段式電気加熱炉の 1 時間の消費電力を 4 5 0 k W h、炉温を 9 2 0 、 1 日の稼働時間を 1 5 時間、加熱炉内の加温及び待ち時間を 3 時間と設定し、表 8 に記載の生産性での部材製造を仮定し、構造部材 1 個当たりの消費電力に配分し、2 0 1 8 年の日本平均電力の 1 k W h 当たりの温室効果ガス原単位（L C A データベース 産総研 I D E A v 3 . 2 より）を乗じて求めた。構造部材の製造時のその他（加熱工程以外）の温室効果ガスの排出量は、自動車部品の L C A 計算に関する公開文献（久保雅寛，他 2 名，“鋼製軽量車体および部品のライフサイクルでの温室効果ガス排出量評価”，春季大会 学術講演会講演予稿集，公益社団法人 自動車技術会，2 0 2 2 年）に記載の手法を用いて計算した。

10

## 【 0 1 2 9 】

試験例 1 及び 2 では、試験例 3 と比較するとブランクの加熱完了時間が短縮されていることから、ブランクの加熱時に最薄の素材のめっき層の合金化が過度に進行せず、素材の防錆性能（耐食性）の低下が抑制された。試験例 1 及び 2 では、試験例 3 と比較して高い防錆性能を維持することができた。防錆性能は、ホットスタンプ構造部材においてオーバーラップ部及びそれ以外の部分からそれぞれ腐食評価用試験片（評価サンプル）を切り出し、ドイツ自動車工業会（V D A）の腐食促進試験法（V D A 2 3 3 - 1 0 2）に規定される、実環境に近いサイクル条件を採用し、複合サイクル試験（C C T）を実施して評価した。表 8 では、構造部材の複数の部位から取得した評価サンプルの全てについて防錆性能が問題なく、良好と評価された場合を「○」、評価サンプルのうち 1 個でも防錆不良と評価された場合を「×」で表示している。

20

## 【 0 1 3 0 】

試験例 3 は、あくまで試験例 1 及び 2 との比較において低評価となっている。しかしながら、第 1 ~ 第 3 実施例で説明したように、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部の両外側の表面の放射率を高めることでオーバーラップ部の昇温を早めて加熱完了時間を短縮する効果を得ることができる。試験例 3 についても、最大の板厚  $t_{max}$  を有するオーバーラップ部の両外側の表面の放射率を高めたものであるため、例えば素材種及び板厚の組み合わせが試験例 3 と同一でオーバーラップ部の両外側の表面に放射率を高める処理を施さないケースと比較すると、ブランクの加熱完了時間が短くなり、生産性、温室効果ガスの発生量比率、及び防錆性能は高くなっていると推測される。

30

## 【 符号の説明 】


## 【 0 1 3 1 】

- 1 0 : 構造部材
- 1 1 : 部材本体
- 1 1 1 : フロントピラー
- 1 1 2 : センターピラー
- 1 1 3 : ロッカー
- 1 2 : 皮膜
- 2 0 : ブランク
- 2 1 : 鋼板（第 1 鋼板）
- 2 2 : 鋼板（第 2 鋼板）
- 2 3 : 鋼板
- 2 1 a , 2 2 a , 2 3 a : 母材鋼板

40

50



【 3 C】  
20

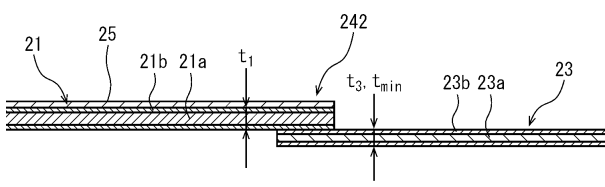



FIG. 3C

【 3 D】  
20

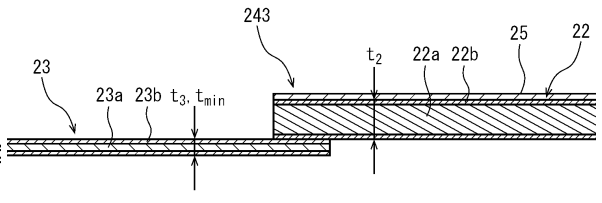



FIG. 3D

【 3 E】

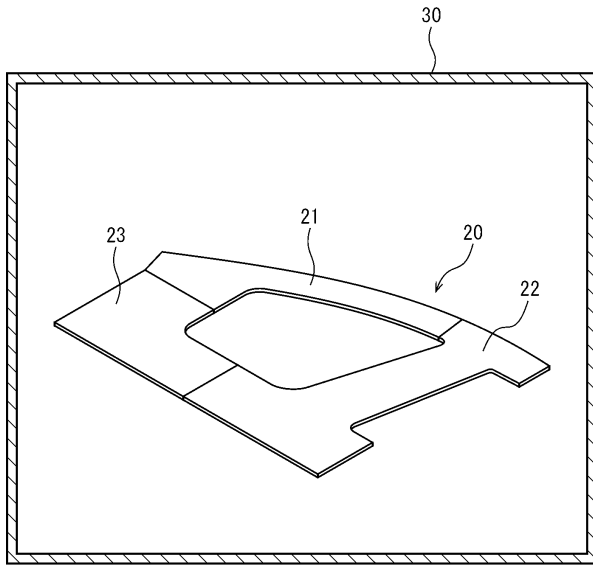



FIG. 3E

【 3 F】

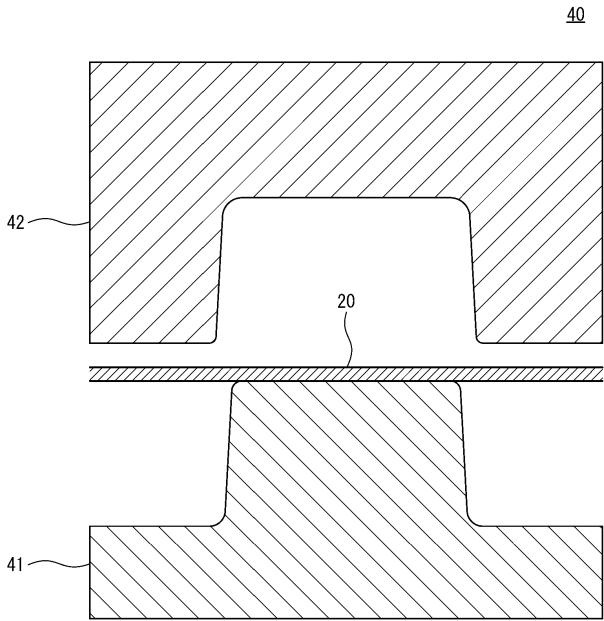


FIG. 3F

10

20

30

40

50

【図3G】

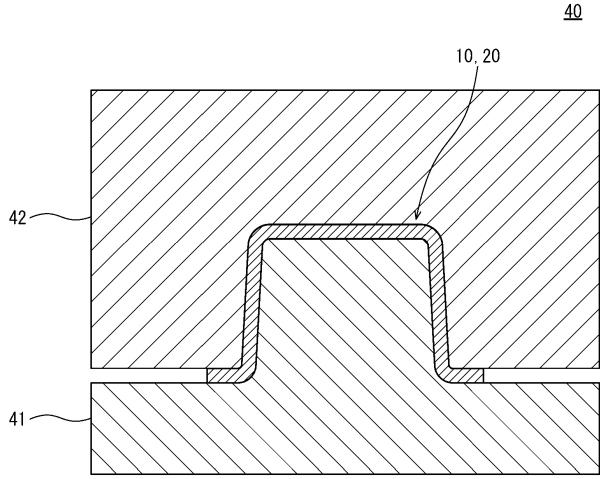


FIG. 3G

【図4】

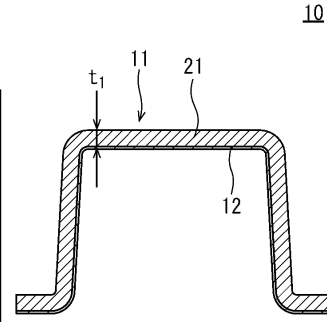


FIG. 4

【図5】

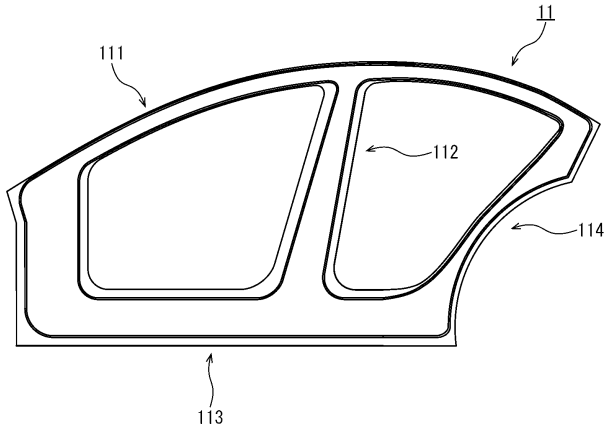


FIG. 5

【図6A】

分割パターン1

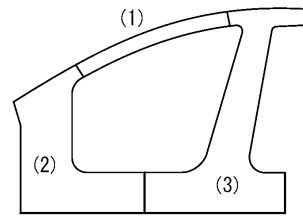


FIG. 6A

10

20

30

40

50

【図 6 B】  
分割パターン 2

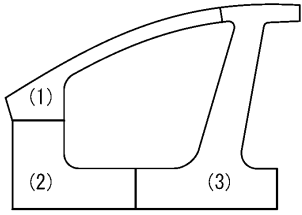


FIG. 6B

【図 6 C】  
分割パターン 3

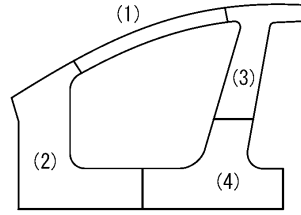


FIG. 6C

10

【図 6 D】  
分割パターン 4

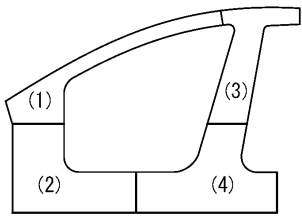


FIG. 6D

【図 6 E】  
分割パターン 5

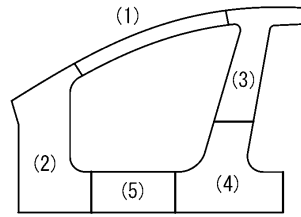


FIG. 6E

20

【図 6 F】  
分割パターン 6

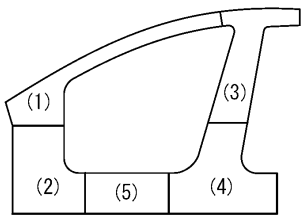


FIG. 6F

【図 6 G】  
分割パターン 7

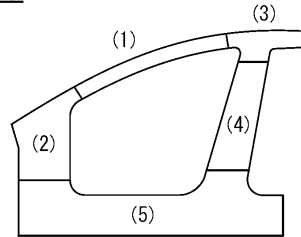


FIG. 6G

30

40

50

【図 7 A】

分割パターン 8

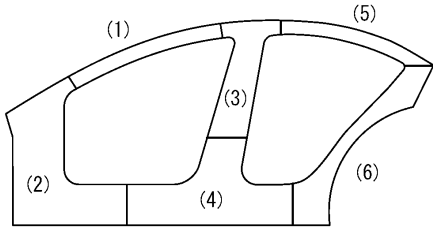


FIG. 7A

【図 7 B】

分割パターン 9

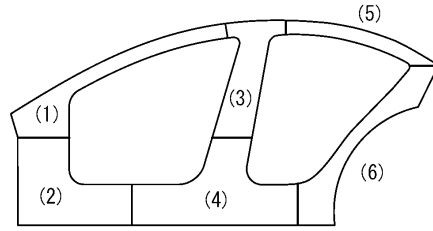


FIG. 7B

10

【図 7 C】

分割パターン 10

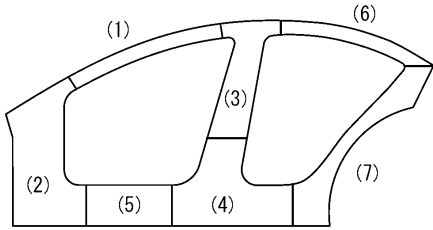


FIG. 7C

【図 7 D】

分割パターン 11

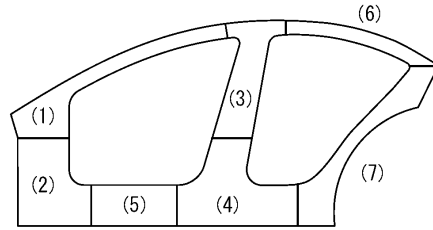


FIG. 7D

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (51)国際特許分類
- |                |                        |     |         |       |
|----------------|------------------------|-----|---------|-------|
|                |                        | F I |         |       |
| <b>B 6 2 D</b> | <b>25/20 (2006.01)</b> |     | B 6 5 D | 25/04 |
|                |                        |     | B 6 2 D | 25/20 |
|                |                        |     |         | B     |
|                |                        |     |         | F     |
- 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 入川 秀昭
- 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 藤田 宗士
- 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 鈴木 優貴
- 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- 審査官 石田 宏之
- (56)参考文献
- 国際公開第2022/215229(WO, A1)
- 特表2021-528248(JP, A)
- 特開2021-154370(JP, A)
- 特許第7260765(JP, B2)
- 特開2023-180687(JP, A)
- 国際公開第2023/224122(WO, A1)
- 特許第6681239(JP, B2)
- 特許第6645635(JP, B2)
- 特許第5509337(JP, B2)
- 中国実用新案第217893040(CN, U)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- B 2 1 D 2 2 / 2 0 - 2 2 / 2 6
- B 6 2 D 2 5 / 2 - 2 5 - 2 0
- C 2 3 C 2 6 / 0 0