

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月19日(19.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/257856 A1

(51) 国際特許分類:
B60G 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/021683

(22) 国際出願日: 2024年6月14日(14.06.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-097949 2023年6月14日(14.06.2023) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 田畑 亮 (TABATA, Ryo); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 小山内 匠 (OSANAI, Takumi); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 首藤 洋志 (SHUTO, Hiroshi); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 高山 篤史 (TAKAYAMA, Atsushi); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 大塚 研一郎 (OTSUKA, Kenichiro); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 桜田 栄作 (SAKURADA, Eisaku); 〒1008071 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 Tokyo (JP).

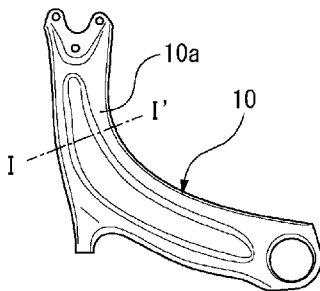
(74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番3号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

(54) Title: STRUCTURAL COMPONENT

(54) 発明の名称: 構造部品

図1



(57) Abstract: This structural component is formed from a steel sheet, and has a flat sheet part 10a and a bent part 10b. The bent part 10b satisfies the following formula (1), formula (2), and formula (3). (1): $28 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 45$ (2): $0.17 \leq r/t \leq 6.90$ (3): $0.22 \leq n'$ Wherein $\sqrt{\text{area}}$ represents the square root [μm] of a projection area of a minute defect on the bending inner side of the bending part 10b, r represents the minimum value [mm] of the curvature radius on the bending inner side of the bending part 10b, t represents the sheet thickness [mm] of the flat sheet part 10a, and n' represents nano-hardness interquartile range/average nano-hardness of the flat sheet part 10a.

(57) 要約: 鋼板から構成された構造部品であって、平板部10aと曲げ部10bとを有し、曲げ部10bは、以下の式(1)、式(2)及び式(3)を満たす、構造部品。 $28 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 45$ (1) $0.17 \leq r/t \leq 6.90$ (2) $0.22 \leq n'$ (3) 但し、 $\sqrt{\text{area}}$ は曲げ部10bの曲げ内側の微小欠陥の投影面積の平方根 [μm] rは曲げ部10bの曲げ内側の曲率半径の最小値 [mm] tは平板部10aの板厚 [mm] n'は平板部10aのナノ硬さの四分位範囲/平均ナノ硬さである。

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 構造部品

技術分野

[0001] 本発明は、構造部品に関する。

背景技術

[0002] 従来、バーリング端面における算術平均粗さを所定値以下とすることで、バーリング端面に疲労き裂を発生し難くすることが提案されている（特許文献1を参照）。また、意匠面の稜線部の板厚最小部の凸側表面における算術平均表面粗さを所定値以下とし、稜線部の凸部表面の表面荒れの発生が抑制された金属成形板を提供することが提案されている（特許文献2を参照）。また、疲労強度に及ぼす表面粗さの影響の定量的に評価するため、 $\sqrt{a r e a}$ パラメータモデルを適用することが提案されている（非特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第7036298号公報

特許文献2：特許第6954211号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：村上敬宜、高橋宏治、山下晃生 著 「疲労強度に及ぼす表面粗さの影響の定量的評価」日本機械学会論文集（A編）63巻612号(1997年)、p. 1612-1619

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 例えば、自動車シャシ系部材への超ハイテン材の適用は部品軽量化等の大きなメリットを有する。一方で、超ハイテン材の適用による高強度化により、成形性は低下する傾向にあるため、材料の限界を見極めて部品形状を適切に設計することで、超ハイテン材適用のメリットを最大化することにつながる

る。

[0006] ロアアーム等のシャシ系部品の場合、高強度材の適用により、薄肉化しても必要な剛性を担保できるよう、M字型断面など曲げ部を有する構造が採用される。限られた空間内に必要な構造部品を配置する際の自由度を高め、部品相互の干渉を避ける観点からは、曲げ内側の曲率半径は可能な限り小さくすることが望ましい。また、バーリング加工により成形された円筒形状の外径に円筒状のブッシュを挿入する場合などにおいても、限られた空間内で嵌合長をより長くするためには、曲げ内側の曲率半径は可能な限り小さくすることが望ましい。

[0007] しかし、材料の限界を超える小さな曲率半径の曲げを付与してしまうと、曲げ内側において微小クラックなどの表面荒れが生じる問題がある。その結果、表面荒れを起点にした疲労破壊が生じ、十分な疲労耐久性が得られなくなる。従来の超ハイテン材はそもそも成形限界が低く、小さな曲率半径の曲げ部を成形できないという問題があった。また、疲労耐久性を損なわない曲率半径の限界値は材料によっても変化するが、曲げ部の構造と材料との相関関係が明確でないという問題も生じていた。

[0008] 上記特許文献に記載された技術は、いずれも曲げ内側の表面粗さには着目しておらず、曲げ内側の表面粗さに起因する疲労耐久性の低下を抑制することは困難である。

[0009] そこで、本発明は、曲げ内側の表面粗さと曲げ内側の形状に起因する疲労耐久性の低下を抑制することが可能な構造部品を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示は、上記知見を基になされたものであり、その主旨は以下のとおりである。

[0011] (1) 鋼板から構成された構造部品であって、
平板部と曲げ部とを有し、
前記曲げ部は、以下の式(1)、式(2)および式(3)を満たす、構造

部品。

$$2.8 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 4.5 \quad \cdots (1)$$

$$0.17 \leq r/t \leq 6.90 \quad \cdots (2)$$

$$0.22 \leq n' \quad \cdots (3)$$

但し、

$\sqrt{\text{area}}$ は前記曲げ部の曲げ内側の微小欠陥の投影面積の平方根 [μm]

r は前記曲げ部の曲げ内側の曲率半径の最小値 [mm]

t は前記平板部の板厚 [mm]

n' は前記平板部のナノ硬さの四分位範囲／平均ナノ硬さ

である。

[0012] (2) 更に、以下の式 (1)' および式 (2)' を満たす、上記 (1) に記載の構造部品。

$$3.3 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 4.4 \quad \cdots (1)'$$

$$0.17 \leq r/t \leq 3.45 \quad \cdots (2)'$$

[0013] (3) 前記平板部のビッカース硬さが 310 以上である、上記 (1) に記載の構造部品。

[0014] (4) 前記平板部のビッカース硬さが 340 以上である、上記 (1) に記載の構造部品。

[0015] (5) 更に、以下の式 (9) を満たす、上記 (1) ～ (4) のいずれかに記載の構造部品。

$$3.3 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 1.05 \{0.0976 (r/t)^3 - 0.7185 (r/t)^2 - 1.0542 (r/t) + 43.426\} \quad \cdots (9)$$

発明の効果

[0016] 本発明によれば、曲げ内側の表面粗さと曲げ内側の形状に起因する疲労耐久性の低下を抑制することが可能な構造部品を提供できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本開示に係る構造部品の一例としての自動車足回り部品を示す図である。

[図2]図1中の一点鎖線I-I'に沿った断面を示す図である。

[図3]曲げ部の曲げ内側の画像を5枚取得し、取得した5枚の画像連結した様子を示す図である。

[図4]曲面を平面に換算して表面粗さを評価する手法を示す特性図である。

[図5]特性C3によって表される曲げ内側の表面粗さを模式的に示す図である。

[図6]高Si型のナノ硬さの分布を示すヒストグラムである。

[図7]低Si型のナノ硬さの分布を示すヒストグラムである。

[図8]高Si型と低Si型の均一伸び $u-E$ （縦軸）と、四分位範囲を平均ナノ硬さで除算した値 n' （横軸）の分布を示す特性図である。

[図9]表1に示した発明例1～10と比較例1～10のそれぞれについて、 $\sqrt{area}$ と r/t をプロットした特性図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本開示に係る幾つかの実施形態について図を参照しながら説明する。しかしながら、これらの説明は、本開示の好ましい実施形態の単なる例示を意図するものであって、本開示をこのような特定の実施形態に限定することを意図するものではない。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 本開示の概要
2. 曲げ内側の表面に存在する微小欠陥が疲労強度に及ぼす影響
3. 本開示に係る構造部品
4. 曲げ内側の表面粗さの評価方法
5. 高Si型と低Si型について
6. 実施例

[0019] 1. 本開示の概要

例えば自動車用の構造部品（構造物を構成する部品）においては、年々高強度化されており、高強度化に伴って薄肉化による軽量化が進んでいる。軽

量且つ高機能な構造部品の実現のためには、「高強度薄肉化による部品の軽量化」と「鉄の強度特性を活かすための構造設計」の組み合わせが重要となる。例えば自動車用の構造部品である高強度薄肉化したシャシ部品（例えば、ロアアームなどの足回り部品）においては、薄肉化に伴う剛性低下と加工に伴う表面性状（表面粗さ）の低下に起因して疲労亀裂が発生し、部品の疲労特性が劣化する場合がある。特に、構造部品が曲げ加工された曲げ部を含む場合、曲げ部の曲げ内側は圧縮変形を受けるため、加工前に比べて表面性状が低下し、表面粗さが疲労特性の劣化に繋がる。シャシ部品は重要な保安部品であり、常に振動や負荷を受けており、疲労耐久性を高めることが必要不可欠である。本実施形態では、材料と部品構造（特に、曲げ内側の表面粗さと曲げ形状）の適切な組み合わせにより、曲げ内側からの疲労亀裂発生を抑制する構造部品を提供する。

[0020] 本開示では、従来よりも成形限界に優れる超ハイテン材（引張強度 980 MPa 以上）を用いることで、M字断面のプレス成型品などの曲げ部の曲げ内側の表面粗さの劣化を抑えて滑らかな面とし、曲げ内側の曲率半径をより小さくした成形を可能にする。さらに、疲労耐久性を満足可能な曲げ内側の曲率半径の範囲と、材料特性の関係を明確化する。

[0021] 本発明者らは、鋭意検討の結果、従来よりも成形限界に優れる超ハイテン材を適用し、曲げ部のパラメータ、具体的には曲げ内側の表面粗さと曲げ内側の曲率半径が所定の条件を満たす場合に、曲げ部に生じる疲労亀裂を抑制できることを見出した。曲げ部の加工前後の表面粗さの変化には材料特性が影響する。材料と曲げ部の形状（設計）により曲げ部の適切な表面性状を管理することで、疲労耐久性を改善することが可能である。従来鋼に比べて、本実施形態に係る成形限界に優れる鋼は、加工後の曲げ部の曲げ内側における表面粗さが大きくなりにくく（すなわち、凹凸が発達しにくく）、疲労耐久性が改善される。曲げ内側の曲率半径は大きいほど曲げ内側の表面粗さは大きくなりにくい傾向にある。

[0022] 本開示に係る成形限界に優れる超ハイテン材は、Siの含有量が比較的多

い高S_i型と、S_iの含有量が比較的少ない低S_i型である。両者は疲労耐久性向上のメカニズムが異なる。高S_i型は、S_i由来のスケールがあるため表面粗さは比較的大きくなるが、成形性に関わるn値（加工硬化指数）が高いため曲げ内側で微小クラックが発達しにくい。このため、高S_i型では、曲げ加工時に曲げ内側の圧縮部の折れ込みが抑制されて高耐久性が実現される。一方、低S_i型はn値が比較的低いものの、S_iスケールに由来する表面粗さが小さいことで曲げ内側の微小クラックの発達を抑制する。このため、低S_i型では、優れた表面の平滑さを生かすことで疲労亀裂の発生が抑制され、高耐久性が実現できる。

[0023] 本発明者らは、鋭意検討の結果、高S_i型と低S_i型の疲労亀裂のメカニズムの違いを上記パラメータに織り込み、鋼種ごとにパラメータの範囲を設定することを着想した。本開示では、高S_i型と低S_i型のうち、高S_i型の超ハイテン材を用いた場合の好適なパラメータの範囲について説明する。

[0024] 2. 曲げ内側の表面に存在する微小欠陥が疲労強度に及ぼす影響

本発明者らは、曲げ部の曲げ内側の微小欠陥の投影面積の平方根 $\sqrt{area}$ が疲労強度に及ぼす影響を鋭意検討し、上記非特許文献1に記載されているように、疲労限 σ_w が $\sqrt{area}$ とビッカース硬さによって以下の式(4)で表されることから、疲労耐久性に影響を与える特性値として $\sqrt{area}$ に着目した。なお、微小欠陥とはプレス成形体表面の凹凸のことを意味するものであってよい。微小欠陥は、劣位なものでは、単なる凹凸にとどまらず、亀裂として観察される場合がある。

$$\sigma_w = [1.43 (HV + 120) \{ (1 - R) / 2 \}^\alpha] / (\sqrt{area})^{1/6}$$

・ ・ (4)

但し、

σ_w : 疲労限 [MPa]

HV : ビッカース硬さ [HV kgf/mm²]

α : $0.226 + HV \times 10^{-4}$

R：応力比（ $\sigma_{min} / \sigma_{max}$ ）

である。

[0025] $\sqrt{area} [\mu m]$ は、上記非特許文献 1 の記載に基づき、以下の式（5）、式（6）から算出される。なお、式（5）、式（6）において、 $a [\mu m]$ は粗さの高さ（最大高さ R_z ）、 $2b [\mu m]$ は粗さのピッチ（要素平均長さ、高さ波形の波長 R_{sm} ）である。

[0026] [数1]

$$\sqrt{area} = \{2.97(a/2b) - 3.51(a/2b)^2 - 9.74(a/2b)^3\} \times 2b$$

・・・（5）

（但し、 $a / 2b \leq 0.195$ の場合）

[0027] [数2]

$$\sqrt{area} = 0.38 \times 2b$$

・・・（6）

（但し、 $a / 2b > 0.195$ の場合）

[0028] 3. 本開示に係る構造部品

曲げ部においては、 $\sqrt{area}$ の値が大きいほど表面粗さが大きくなるため、構造部品の疲労耐久性は低下する。また、鋼板の板厚に対する曲げ内側の曲率半径の比 r/t の値が小さいほど構造部材の疲労耐久性は低下する。本発明者らは、構造部品の $\sqrt{area}$ および r/t と、構造部品の疲労特性との関係を鋭意検討し、 $\sqrt{area}$ と r/t が所定範囲である場合に、従来よりも疲労耐久性を高めることができることを見出した。

[0029] 図 1 は、本開示に係る構造部品の一例としての自動車足回り部品を示す図であって、より具体的にはサスペンションのロアアーム 10 を示す図である。また、図 2 は、図 1 中の一点鎖線 I-I' に沿った断面を示す図である。なお、本開示に係る構造部品は自動車用に限定されるものではない。ロアアーム 10 は、プレス加工、バーリング加工等が施され、平板部（天板部）10a と曲げ部 10b とを有する。図 2 では、平板部 10a と曲げ部 10b を

含むM字形の断面が示されている。本発明者らは、鋼板（高S i型の超ハイテン材）から構成された構造部品の曲げ部10bが以下の式（1）、式（2）、式（3）を満たすことで、より好ましくは式（1）'、式（2）'、式（3）を満たすことで、従来よりも疲労特性を高めることができることを見出した。

$$2.8 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 4.5 \quad \cdots (1)$$

$$0.17 \leq r/t \leq 6.90 \quad \cdots (2)$$

$$0.22 \leq n' \quad \cdots (3)$$

$$3.3 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 4.4 \quad \cdots (1)'$$

$$0.17 \leq r/t \leq 3.45 \quad \cdots (2)'$$

但し、

$\sqrt{\text{area}}$ ：曲げ部10bの曲げ内側の微小欠陥の投影面積の平方根（加工後の表面の粗さを示すパラメータ） $[\mu\text{m}]$

r ：曲げ部10bの曲げ内側の曲率半径の最小値 $[\text{mm}]$

t ：平板部10aの板厚 $[\text{mm}]$

n' ：平板部10aのナノ硬さの四分位範囲／平均ナノ硬さである。

[0030] 一例として、平板部10aは、最厚部からの減肉が10%以内であって、曲げ加工による大きな歪を受けていない部分である。平板部10aは、素材の板厚と同じ板厚を有する部分であってもよい。

[0031] 以上のように、本発明者らは、従来よりも成形限界に優れる超ハイテン材を用いて曲げ部を形成した場合に、非特許文献1に記載されている $\sqrt{\text{area}}$ の値と r/t の値を鋭意検討した結果、 $\sqrt{\text{area}}$ の値と r/t の値を所定範囲に規定することで、従来よりも疲労特性を高めることができることを見出した。

[0032] なお、本開示に係る構造部品は、曲げ部がプレス成形、バーリング加工等により形成されたものである。曲げ部を形成する際の加工法の例として、曲げ部の曲げ内側の面が金型と密着した状態で曲げ加工が行われてもよい。例

例えば事前に試験を行い、曲げ加工の際の条件（例えば、曲げ内側R、金型のクリアランス等）を定めることで、曲げ内側の面が金型と密着した状態で曲げ加工を行うことが可能となる。これにより、曲げ内側の表面粗さが大きくなり、疲労耐久性が高まる。なお、研削した構造部品の $\sqrt{a r e a}$ の値は6.9程度であるため、式（1）を満たさず、本開示に係る構造部品は研削品を含まない。

[0033] 4. 曲げ内側の表面粗さの評価方法

曲げ部10bの曲げ内側の表面粗さを評価する際には、曲面を平面に換算して表面粗さを評価する。このため、平板部10aの表面に垂直な断面（すなわち、図2に示す断面）を測定面として鏡面仕上げされた曲げ部10bの断面試料を作製し、光学顕微鏡を用いて曲げ部10bの曲げ内側の画像を倍率500xで5枚取得し、取得した5枚の画像20を図3に示したように連結する。そして、画像処理ソフト（imageJ）の“find edges”機能を用い、画素値の差から表面凹凸の輪郭を抽出し、“Analyze Line Graph”機能で（x,y）座標（単位は μm ）として出力した。なお、構造部品に電着塗装などの塗装がされている場合は、塗装を剥がした上で画像を取得する。

[0034] 図4は、出力した座標（特性C1）を用い、曲面を平面に換算して表面粗さを評価する手法を示す特性図である。画像処理で得られた特性C1（破線）に対して $\sigma = 50$ のガウシアンフィルタを作用させた特性C2（一点鎖線）を求め、両者の差分を取ることで、曲げ部10bの断面が有する長周期の曲げ形状のうねり（すなわち、曲げ内側Rの円弧の形状）を除いた、短周期の粗さ成分の特性C3（実線）を得た。

[0035] ガウシアンフィルタは特性C1の端部においては有効でなく、図4に示したように特性C1とC2が乖離するため、特性C3の両端部から100 μm の範囲を除いたデータを用い、算術平均粗さRaおよび要素平均長さRsmを得た。Raは特性C3の平均を示す平均線と特性C3との絶対偏差の平均値の2倍（平均偏差）、Rsmは特性C3で示される粗さ曲線が平均線と交

差する交点から求めた山→谷の一周期の間隔の平均値である。山または谷を規定する最低高さは $2\ \mu\text{m}$ とし、 $2\ \mu\text{m}$ 以下の場合はノイズとみなし、前後の山または谷の一部とみなした。

[0036] 図5は、特性C3によって表される曲げ内側の表面粗さを模式的に示す図である。図5に示すように、高さ a とピッチ $2b$ は、表面粗さが周期的な凹凸であると仮定した値であり、式(5)、式(6)における $\sqrt{\text{area}}$ は表面粗さが周期的な凹凸であると仮定して得られる値である。なお、図5中の上段に示す断面は下段に示す断面に置き換えることができる。図5に示すように、以上のようにして求めた R_a は式(5)、式(6)の粗さの高さ a に相当し、 R_{sm} は式(5)、式(6)の粗さのピッチ $2b$ に相当する。したがって、曲げ部10bの断面の画像に基づいて R_{sm} 、 R_a を求め、式(2)、式(3)に基づいて $\sqrt{\text{area}}$ を算出することができる。

[0037] なお、粗さの高さ a として最大高さ R_z (最も高い山の高さと最も低い谷の深さの差) を用いてもよい。また、粗さのピッチ $2b$ として、以下の式(7)から求まる a_s 以上の凹凸の平均ピッチとしてもよい。なお、測定区間は特性C3の中央の $500\ \mu\text{m}$ の範囲とする。

$$a_s = 0.1716 \cdot (1 + 120/HV)^6 = 1.05 \quad \dots (7)$$

[0038] 5. 高Si型と低Si型について

高Si型と低Si型はいずれも引張強度 980MPa 以上の超ハイテン材(DP(Dual Phase)鋼)からなり、ビッカース硬さHVが310以上、好ましくは340以上である。一般的に、このような高強度材では曲げ内側の表面粗さが疲労耐久性に及ぼす影響が顕著になるが、本開示に係る高Si型および低Si型では、Si含有量を調整し、高Si型については後述する n' 値を調整することで、従来よりも成形限界に優れる超ハイテン材としている。

[0039] 構造部品のビッカース硬さを測定することで、構造部品が本実施形態に係る引張強度 980MPa の超ハイテン材から構成されるか否かが判別できる。図1および図2に示すロアアーム10を例に挙げて、加工済の自動車用の

構造部品の硬度を測定する方法について説明する。加工影響を受けていない母材硬度を測定するため、曲げ部 10b から離れた、曲げ加工による大きな歪を受けていない平板部 10a にて硬度を測定する。

[0040] 平板部 10a の表面に垂直な断面（すなわち、図 2 に示す断面）を測定面として試料を採取し、当該測定面を調製して硬さ試験に供する。測定面の調製方法は、JIS Z 2244 : 2009 に準じて実施する。#600 から #1500 の炭化珪素ペーパーを使用して測定面を研磨した後、粒度 $1\mu\text{m}$ から $6\mu\text{m}$ のダイヤモンドパウダーをアルコール等の希釈液や純水に分散させた液体を使用して測定面を鏡面に仕上げる。このようにして鏡面に仕上げた測定面に対し、JIS Z 2244 : 2009 に記載の方法で硬さ試験を実施する。なお、断面を測定面とすることで、表面の塗装などが硬度の測定値に与える影響を抑制できる。

[0041] 具体的には、マイクロビッカース硬さ試験機を用いて、試料の曲げ部 10b に隣接する平板部 10a の板厚の $1/4$ 位置に、荷重 500gf で、圧痕の 3 倍以上の間隔で 30 点測定し、それらの平均値を部材の硬度とする。

[0042] 高 Si 型の鋼板は、ミクロ組織としてフェライトと焼き戻しマルテンサイトから構成されている。フェライトは軟質な層であり、 n 値、および均一伸び（ $u-EI$ ）の優位性がある。 n 値は均一伸びと相関性があり、高 Si 型の鋼板は軟質なフェライトを含むため層間の硬度差（組織間硬度差）が大きいという特性を有している。一方、低 Si 型の鋼板は、ミクロ組織として主にベイナイトから構成され（焼き戻しマルテンサイトとフェライトを含む場合がある）、高 Si 型に比べて層間の硬度差（組織間硬度差）が小さい特性を有している。

[0043] 本開示では、ナノインデンテーション試験により測定したナノインデンテーション硬さ（以下、ナノ硬さとも称する）に基づき、高 Si 型と低 Si 型を区別する。より具体的には、素材の加工硬化能を示すパラメータとして、平均ナノ硬さに対するナノ硬さの四分位範囲の比（＝ナノ硬さの四分位範囲／平均ナノ硬さ）を用いて高 Si 型と低 Si 型を区別する。

[0044] 図6は、低S i型のナノ硬さの分布を示すヒストグラムである。また、図7は、高S i型のナノ硬さの分布を示すヒストグラムである。図6および図7において、横軸はナノ硬さ、縦軸は頻度を示す。

[0045] ナノ硬さを測定する試料は、上述したビッカース硬さ試験による部材硬度の測定と同じ位置から採取する。試料の測定面はビッカース硬さ試験と同じである。測定面を鏡面仕上げし、板厚の1/4位置にてナノ硬さを測定する。この際、荷重2500uNとし、100点の測定を行う。圧痕同士の間隔は5μm以上を確保し、ISO14577-1 (Annex A) に基づきナノ硬さ(すなわち、押し込み硬さ)を求めた。そして、得られた100点の押し込み硬さから、四分位範囲と平均ナノ硬さを計算した。

[0046] 高S i型では、軟質なフェライトを含み、組織間硬度差が大きいため、図7に示すようにナノ硬さのピークが2箇所出現しており、硬い層と柔らかい層を含む。高S i型では、フェライトに由来する柔らかい層を含むことによって、n値の特性に優れる。一方、低S i型では、組織間硬度差が小さいため、図6に示すように、ナノ硬さのピークは1箇所である。

[0047] 図8は、高S i型と低S i型について、均一伸び($u-EI$:縦軸)と、四分位範囲を平均ナノ硬さで除算した値(n' :横軸)の分布を示す特性図である。均一伸びの値が大きいほど、また n' の値が大きいほど、成形性は良好となる。図8中の白丸(○)印は高S i型を、黒丸(●)印は低S i型を示している。高S i型は低S i型よりも加工硬化能を表す均一伸びが高いが、上述したようにS i由来のスケールがあるため表面粗さは比較的大きくなる。後述する実施例を検討した結果、高S i型に由来する表面粗さであっても、式(1)の範囲を $33 \leq \sqrt{area} \leq 44$ とし、式(2)の範囲を $0.17 \leq r/t \leq 3.45$ とした上で、均一伸びの値で6%以上であれば、加工後の曲げ内側の表面粗さが抑えられ、従来品(後述する比較例)よりも疲労特性に優れることがわかった。一方、低S i型では、S i由来のスケールに起因する表面粗さが小さいことで曲げ内側の微小クラックの発達が抑制されるので、式(1)の範囲を $30 \leq \sqrt{area} \leq 40$ とし、式(2)の範囲

を0.17 $\leq r/t \leq$ 3.45とすることで、均一伸びの値で6%未満であっても従来品よりも優れた疲労特性を満足できた。

[0048] 図8に示すように、高Si型において、均一伸び6%以上をナノ硬さから得られる n' に置き換えると0.22以上となる。均一伸びを求めるためには引張試験による測定が必要であるが、構造部品から均一伸びを求めることは容易ではない。一方、ナノ硬さは構造部品からサンプル採取が容易である。

[0049] このため、本実施形態では、高Si型と低Si型の材料の特性を、四分位範囲を平均ナノ硬さで除算した値 n' で評価する。高Si型は n' が0.22以上であり、低Si型は n' が0.22未満とすることができる。

[0050] 高Si型は、引張強度980MPa以上のDP鋼からなり、Siの含有量を質量%で0.9%以上とすることで、0.22以上の n' が得られている。本実施形態では、高Si型はあくまで n' が0.22以上であることによって特徴づけられており、この特徴とSiの含有量が0.9%以上であること以外は、材料の化学成分および製法は基本的に限定されるものではない。なお、引張強度の上限側は1300MPa程度まで適用可能である。一例として、高Si型は、化学成分質量%で、C:0.01~1.0%、Si:0.9%以上、Mn:0.10~5.00%、P:0.000%以下、S:0.0300%以下、N:0.0100%以下、O:0~0.020%、Al:0~1.000%、Cr:0~2.00%、Cu:0~2.00%、Ni:0~2.00%、Mo:0~3.00%、Co:0~3.00%、Nb:0~0.150%、V:0~1.00%、Ti:0~1.00%、W:0~1.00%、Sn:0~1.00%、Sb:0~0.50%、Ta:0~0.10%、As:0~0.050%、B:0~0.0100%、Ca:0~0.100%、Mg:0~0.100%、Zr:0~0.100%、Hf:0~0.100%、Bi:0~0.100%、Zn:0~0.200%、REM:0~0.100%、及び、残部:Feおよび不純物からなる化学組成を有していてもよい。また、上記化学組成において、任意添加元素の含有量

の下限は0.0001%又は0.001%であってもよい。また、上記化学組成を有する鋼を室温～1300℃にて圧延することで得られる鋼板、もしくは圧延ののちに熱処理や塗装などの表面処理を施すことで得られた鋼板を用いてもよい。

[0051] 低Si型では、Siの含有量を質量%で0.9%未満とすることで、Si由来のスケールに起因する表面粗さを小さく保つことができ、 n' が0.22未満となる。低Si型はあくまで n' が0.22未満であることによって特徴づけられており、この特徴とSiの含有量が0.9%未満であること以外は、材料の化学成分および製法は基本的に限定されるものではない。低Si型は、Siの含有量が0.9%未満であること以外は、上記した高Si型と同様の化学組成を有していてもよい。また、高Si型と同様、上記化学組成において、任意添加元素の含有量の下限は0.0001%又は0.001%であってもよく、上記化学組成を有する鋼を室温～1300℃にて圧延することで得られる鋼板、もしくは圧延ののちに熱処理や塗装などの表面処理を施すことで得られた鋼板を用いてもよい。

実施例

[0052] 6. 実施例

以下に、本発明の態様を実施例により具体的に説明する。これらの実施例は、本発明の効果を確認するための一例であり、本発明を限定するものではない。

[0053] 板厚2.9mmの低Si型の材料を表1に示す曲率半径 r で曲げ加工し、表1に示す比較例1～8と発明例1～8のロアームを作製した。表1に示すように、加工前と加工後のそれぞれにおいて、上述した方法で R_z 、 R_{sm} を測定し、 R_z/R_{sm} 、 $\sqrt{area}/2b$ 、 $\sqrt{area}[\mu m]$ を求めた。発明例1～8は、加工後の $\sqrt{area}[\mu m]$ が式(1)を満たし、 r/t が式(2)を満たし、且つ n' が式(3)を満たすものである。一方、従来品である比較例1～8は、式(1)を満たしていない。 $\sqrt{area}$ については、加工中に曲げ部10bの曲げ内側の表面粗さが大きくなっていくた

め、加工後の値が加工前の値を下回ることはない。なお、加工前の R_z 、 R_{sm} の測定においては、曲面を平面に換算することなく、画像から図4の特性C3に相当する特性が直接得られる。

[0054] 比較例と発明例の各ロアアームに対し車両前後方向の荷重を負荷する疲労試験を実施した。具体的には、加工後の粗さパラメータ $\sqrt{a r e a}$ 等が異なる比較例1～8と発明例1～8のロアアームのそれぞれについて、曲げ部に車両前後方向の荷重を負荷し、20万回時間強度 σ_f を測定した。なお、20万回時間強度とは、疲労破壊が生じる前の20万回の繰り返し数において、ロアアームに発生する負荷応力である。

[0055] そして板厚に対する曲げ内曲率半径の比 r/t が同一である比較例と発明例のペアについて、比較例の時間強度 σ_{f1} と発明例の時間強度 σ_{f2} とを比較し、発明例の疲労耐久性を評価した。具体的には、各発明例について、比較例と比較した結果に基づき、 σ_{f2}/σ_{f1} の値が1.2を超える場合を「○」と評価し、 σ_{f2}/σ_{f1} の値が1.4を超える場合を「◎」と評価した。

[0056]

[表1]

	加工時の組立パラメータ				加工後の組立パラメータ						加工組立後の向上効果
	逃げ内径平均径 f [mm]	逃げ f [mm]	r/R	R/r	$R_{avg}=20$	$R_{2R\ 90^\circ}=a/20$	$\sqrt{area}/\sqrt{area_{2R}}$	$R_{90^\circ}=20$	$R_{2R\ 90^\circ}=a/20$	$\sqrt{area}/\sqrt{area_{2R}}$	
比較例	比較例 1	0.5	2.9	0.17	11.7	239.0	0.049	28.3	129.4	0.219	49.2
	比較例 2	1.0	2.9	0.34	10.9	235.5	0.046	30.3	126.5	0.222	48.1
	比較例 3	1.5	2.9	0.52	10.6	236.9	0.049	32.1	129.7	0.201	49.3
	比較例 4	2.0	2.9	0.69	10.6	231.3	0.047	30.3	132.8	0.194	48.7
	比較例 5	4.0	2.9	1.38	11.6	231.7	0.050	32.1	145.8	0.149	48.4
	比較例 6	6.0	2.9	2.07	11.5	232.0	0.050	31.9	165.6	0.117	46.9
発明例	比較例 7	8.0	2.9	2.76	11.1	233.7	0.047	31.0	134.3	0.199	45.6
	比較例 8	10.0	2.9	3.45	11.1	236.5	0.047	30.9	136.3	0.199	44.7
	発明例 1	0.5	2.9	0.17	11.6	230.2	0.053	32.0	114.1	0.190	42.3
	発明例 2	1.0	2.9	0.34	11.6	212.2	0.055	31.9	120.4	0.167	40.5
	発明例 3	1.5	2.9	0.52	10.4	212.3	0.049	28.9	133.2	0.143	43.5
	発明例 4	2.0	2.9	0.69	11.2	214.2	0.052	30.9	153.8	0.113	42.5
	発明例 5	4.0	2.9	1.38	10.8	216.5	0.050	30.0	167.3	0.103	43.5
	発明例 6	6.0	2.9	2.07	11.1	217.7	0.051	30.9	179.1	0.083	38.9
	発明例 7	8.0	2.9	2.76	10.6	218.5	0.049	29.5	174.3	0.078	35.6
	発明例 8	10.0	2.9	3.45	11.2	219.5	0.053	31.9	183.3	0.069	33.6

[0057] 図9は、表1に示した発明例1～8と比較例1～8のそれぞれについて、 $\sqrt{\text{area}}$ と r/t をプロットした特性図である。図9中の白丸（○）印は発明例を、黒丸（●）印は比較例を示している。図9に示すように、 r/t が小さいほど、すなわち、 r が小さいほど、 $\sqrt{\text{area}}$ の値は増加し、曲げ内側の表面粗さが粗くなることから、疲労耐久性が低下する。しかし、発明例1～8のそれぞれは、同じ r/t の比較例1～8のそれぞれよりも $\sqrt{\text{area}}$ の値が低下しており、比較例1～8に比べて曲げ内側の表面粗さが劣化しにくく、曲げ内側の表面が滑らかである。このため、表1の結果から、発明例1～8の疲労特性は比較例1～8よりも優れることが判る。また、表1の結果から、 r が大きく $\sqrt{\text{area}}$ の値が小さいほど、同じ r の比較例に対し疲労特性がより優れることが判る。

[0058] 図9において、発明例1～8の各プロットを結ぶ線を曲線に近似した特性C4は、以下の式（8）で表すことができる。

$$\sqrt{\text{area}} = 0.0976 (r/t)^3 - 0.7185 (r/t)^2 - 1.0542 (r/t) + 43.426 \quad \cdots (8)$$

[0059] したがって、好適には、本開示に係る構造部材は、以下の式（9）を満たす。なお、式（9）では、式（8）の $\sqrt{\text{area}}$ に5%のマージンをとって上限値としている。

$$3.3 \leq \sqrt{\text{area}} \leq 1.05 \{0.0976 (r/t)^3 - 0.7185 (r/t)^2 - 1.0542 (r/t) + 43.426\} \quad \cdots (9)$$

符号の説明

- [0061] 10 ロアアーム
10a 平板部
10b 曲げ部
20 画像

請求の範囲

[請求項1] 鋼板から構成された構造部品であって、
平板部と曲げ部とを有し、
前記曲げ部は、以下の式（１）、式（２）及び式（３）を満たす、
構造部品。

$$28 \leq \sqrt{area} \leq 45 \quad \cdots (1)$$

$$0.17 \leq r/t \leq 6.90 \quad \cdots (2)$$

$$0.22 \leq n' \quad \cdots (3)$$

但し、

$\sqrt{area}$ は前記曲げ部の曲げ内側の微小欠陥の投影面積の平方根
[μm]

r は前記曲げ部の曲げ内側の曲率半径の最小値 [mm]

t は前記平板部の板厚 [mm]

n' は前記平板部のナノ硬さの四分位範囲／平均ナノ硬さ
である。

[請求項2] 更に、以下の式（１）' および式（２）' を満たす、請求項１に
記載の構造部品。

$$33 \leq \sqrt{area} \leq 44 \quad \cdots (1)'$$

$$0.17 \leq r/t \leq 3.45 \quad \cdots (2)'$$

[請求項3] 前記平板部のビッカース硬さが310以上である、請求項１に記載
の構造部品。

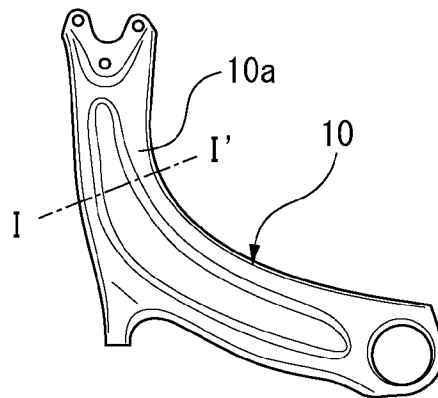
[請求項4] 前記平板部のビッカース硬さが340以上である、請求項１に記載
の構造部品。

[請求項5] 更に、以下の式（４）を満たす、請求項１～４のいずれか１項に記
載の構造部品。

$$33 \leq \sqrt{area} \leq 1.05 \{0.0976 (r/t)^3 - 0.7185 (r/t)^2 - 1.0542 (r/t) + 43.426\} \quad \cdots (4)$$

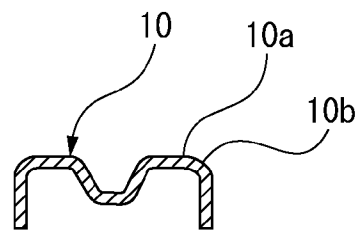
[図1]

図1



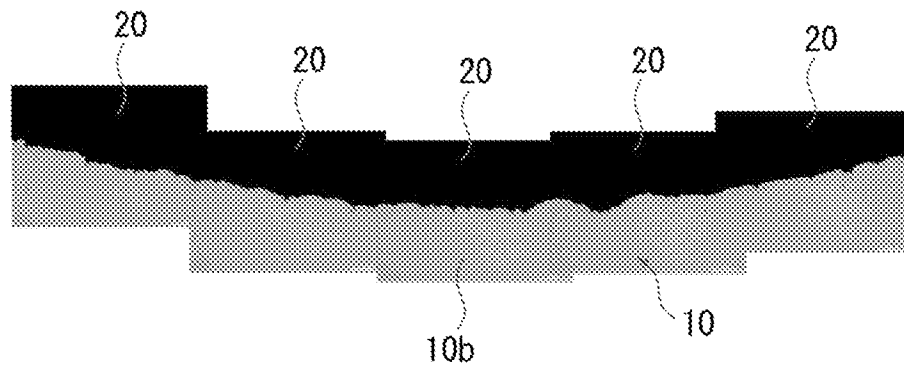
[図2]

図2



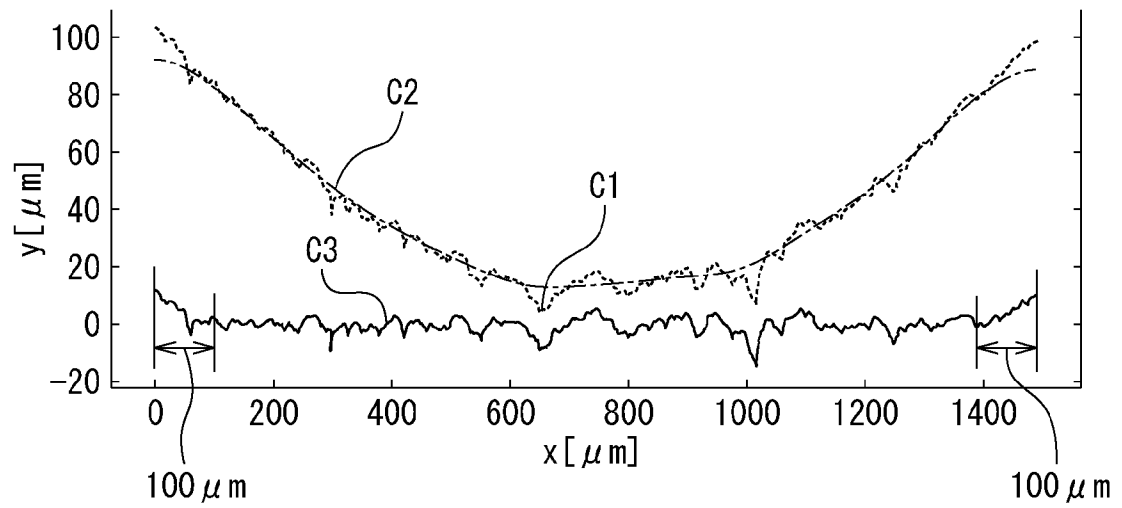
[図3]

図3



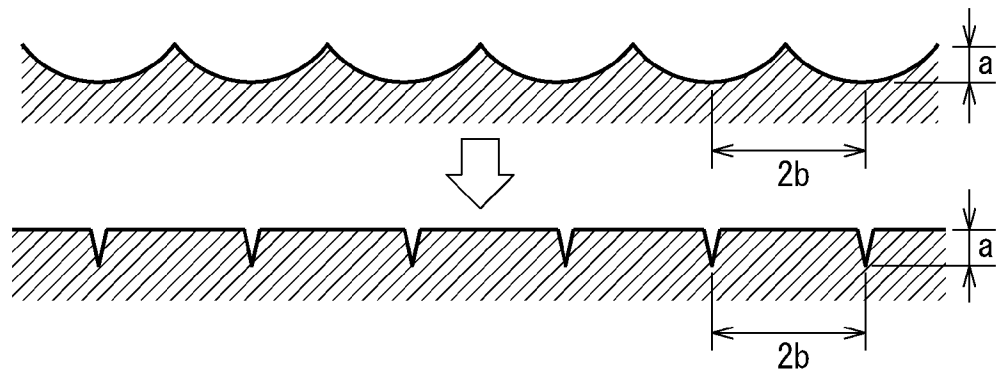
[図4]

図4



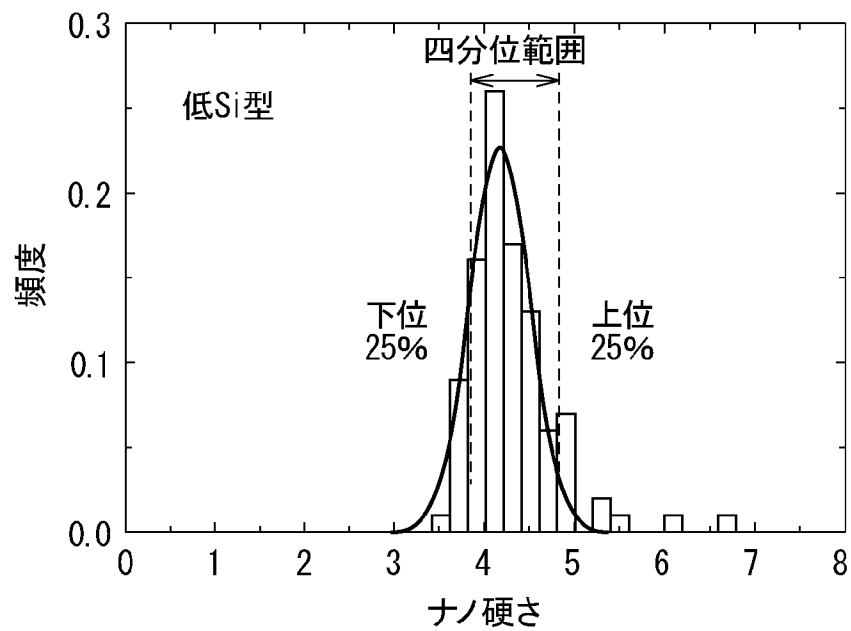
[図5]

図5



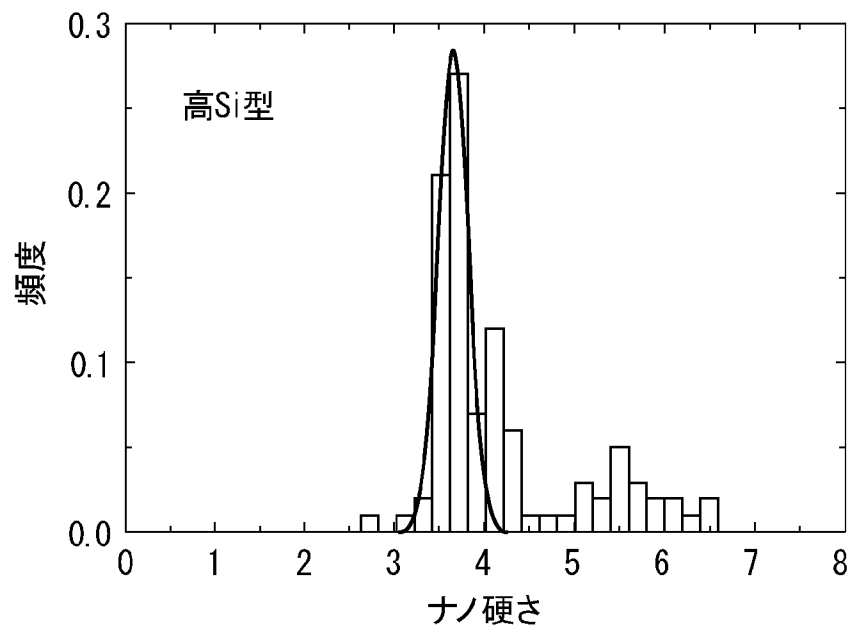
[図6]

図6



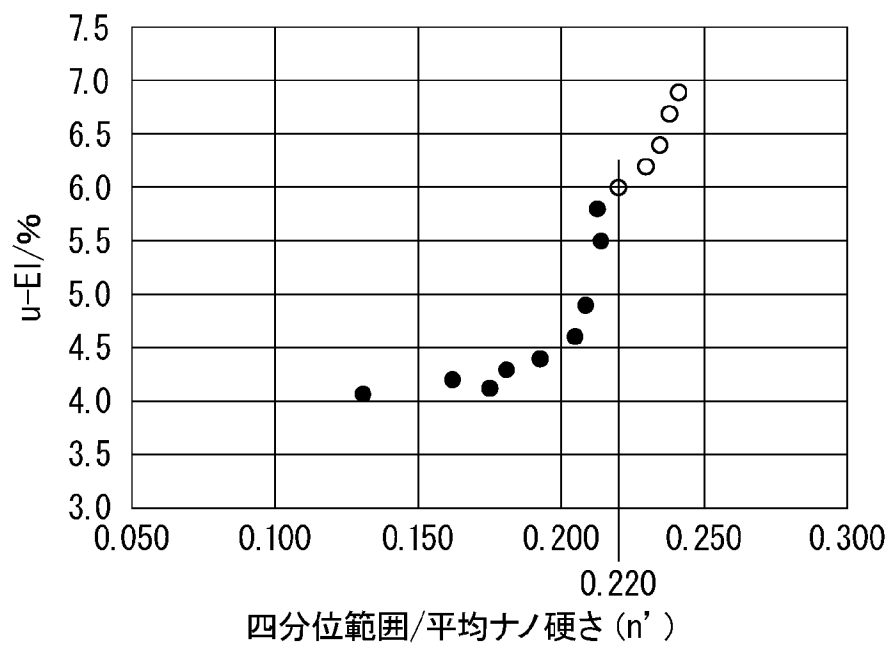
[図7]

図7



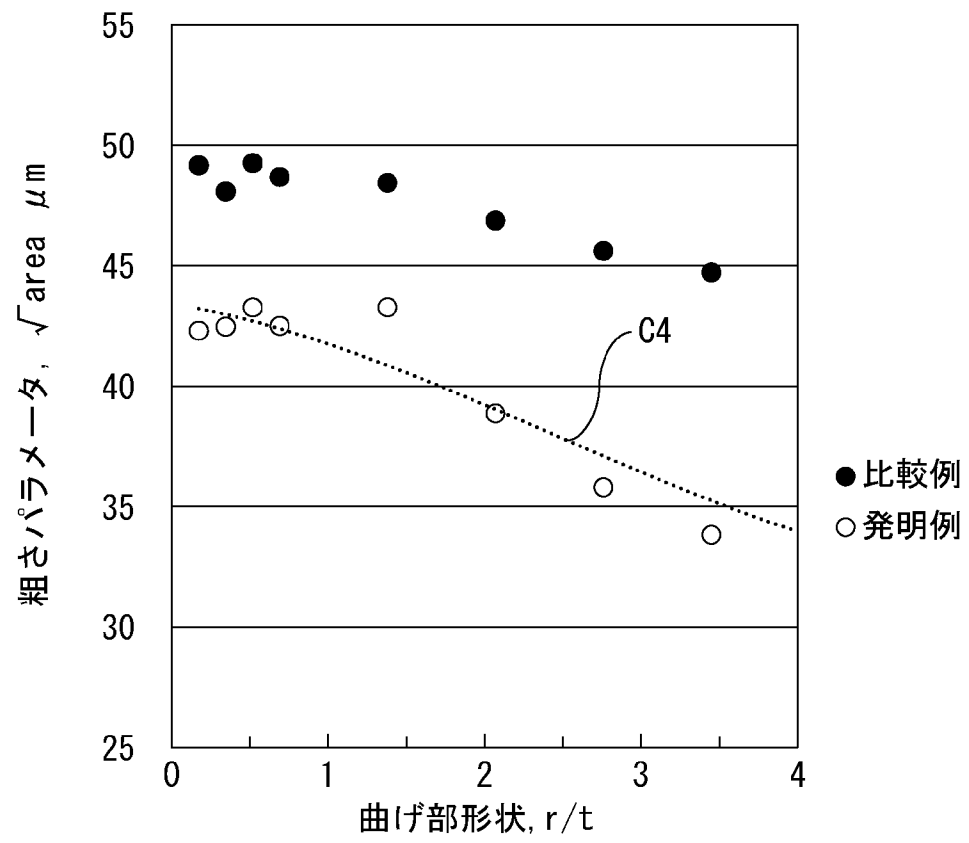
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021683

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B60G 7/00 (2006.01)i FI: B60G7/00 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60G1/00-99/00; C22C38/00; C22C38/60; B21D1/00-55/00; B62D17/00-25/08; B62D25/14-29/04 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-76410 A (NIPPON STEEL CORP.) 29 March 2007 (2007-03-29)	1-5
A	JP 2009-274077 A (NIPPON STEEL CORP.) 26 November 2009 (2009-11-26)	1-5
A	WO 2020/184372 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 17 September 2020 (2020-09-17)	1-5
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 02 July 2024		Date of mailing of the international search report 16 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/021683

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2007-76410	A	29 March 2007	(Family: none)			
JP	2009-274077	A	26 November 2009	US	2011/0121639	A1	
				EP	2298465	A1	
				KR	10-2010-0123749	A	
				CN	101980804	A	
WO	2020/184372	A1	17 September 2020	US	2022/0090228	A1	
				EP	3940092	A1	
				CN	113366127	A	
				KR	10-2021-0107839	A	
				MX	2021009296	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

B60G 7/00(2006.01)i
FI: B60G7/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
B60G1/00-99/00; C22C38/00; C22C38/60; B21D1/00-55/00; B62D17/00-25/08; B62D25/14-29/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報

1922 - 1996年

日本国公開実用新案公報

1971 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-76410 A（新日本製鐵株式会社）29.03.2007（2007 - 03 - 29）	1-5
A	JP 2009-274077 A（新日本製鐵株式会社）26.11.2009（2009 - 11 - 26）	1-5
A	WO 2020/184372 A1（日本製鉄株式会社）17.09.2020（2020 - 09 - 17）	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.07.2024

国際調査報告の発送日

16.07.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

高島 壮基 3Q 3416

電話番号 03-3581-1101 内線 3339

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/021683

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2007-76410	A	29.03.2007	(ファミリーなし)			
JP	2009-274077	A	26.11.2009	US	2011/0121639	A1	
				EP	2298465	A1	
				KR	10-2010-0123749	A	
				CN	101980804	A	
WO	2020/184372	A1	17.09.2020	US	2022/0090228	A1	
				EP	3940092	A1	
				CN	113366127	A	
				KR	10-2021-0107839	A	
				MX	2021009296	A	