

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-99991
(P2020-99991A)

(43) 公開日 令和2年7月2日(2020.7.2)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 5 J 18/00 (2006.01)	B 2 5 J 18/00	3 C 7 0 7
B 2 9 C 70/16 (2006.01)	B 2 9 C 70/16	4 F 2 0 5
B 2 9 C 70/30 (2006.01)	B 2 9 C 70/30	
B 2 9 C 70/68 (2006.01)	B 2 9 C 70/68	
B 2 9 K 101/12 (2006.01)	B 2 9 K 101:12	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-222617 (P2019-222617)
 (22) 出願日 令和1年12月10日 (2019.12.10)
 (31) 優先権主張番号 特願2018-237958 (P2018-237958)
 (32) 優先日 平成30年12月20日 (2018.12.20)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(71) 出願人 000003159
 東レ株式会社
 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
 (72) 発明者 村松 秀隆
 愛知県名古屋市港区大江町9番地の1東レ株式会社名古屋事業場内
 (72) 発明者 服部 公彦
 愛知県名古屋市港区大江町9番地の1東レ株式会社名古屋事業場内
 (72) 発明者 木山 公志
 愛知県名古屋市港区大江町9番地の1東レ株式会社名古屋事業場内
 Fターム(参考) 3C707 CU01

最終頁に続く

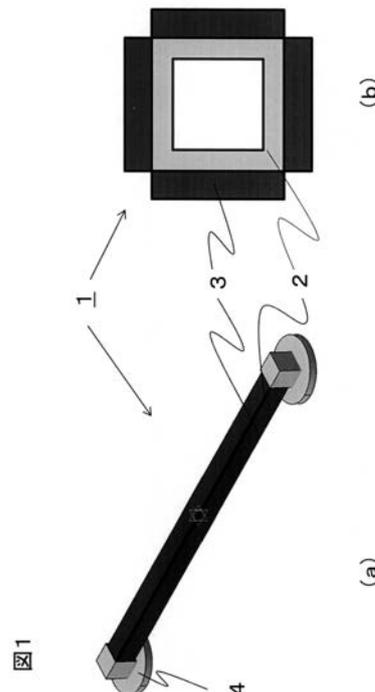
(54) 【発明の名称】 アーム部材用繊維強化複合材料、アーム部材およびアーム部材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ねじり剛性と曲げ剛性を両立する、経済性に優れた多関節ロボット向けアーム部材を提供する。

【解決手段】 少なくとも片側に連節部を有する、多関節ロボット用アーム部材であり、少なくとも1つの平らな側面を有する金属製梁部材の前記側面の少なくとも1つに、繊維強化複合材料からなる補強層を、連節部から前記金属製梁部材の長さ方向に沿って配置することを特徴とする、アーム部材である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも片側に連節部を有する多関節ロボット用アーム部材であり、少なくとも1つの平らな面を有する金属製梁部材の側面に、繊維強化複合材料からなる補強層を連節部から前記金属製梁部材の長さ方向に沿って配置することを特徴とするアーム部材。

【請求項 2】

両側に連節部を有する請求項 1 に記載のアーム部材。

【請求項 3】

前記金属製梁部材が多角形断面を有する請求項 1 または 2 に記載のアーム部材。

【請求項 4】

前記金属製梁部材が矩形断面を有する請求項 3 に記載のアーム部材。

【請求項 5】

前記金属製梁部材が中空断面を有する請求項 1 から 4 のいずれかに記載のアーム部材。

【請求項 6】

前記補強層が金属製梁断面の角を避けて配置される請求項 1 から 5 のいずれかに記載のアーム部材。

【請求項 7】

前記多角形断面が中空断面である多角形中空断面であり、前記多角形中空断面の内辺 i の長さ a_i と、内辺 i に向かい合う外辺と接合した補強層の長さ b_i が、 $0.5 a_i < b_i < a_i$ の関係にある請求項 5 または 6 に記載のアーム部材。

【請求項 8】

前記補強層が少なくとも2つの側面に配置される請求項 1 から 7 のいずれかに記載のアーム部材。

【請求項 9】

前記補強層が幅方向の端部に向けて徐々に厚みが減少するテーパ部を有する請求項 1 から 8 のいずれかに記載のアーム部材。

【請求項 10】

前記繊維強化複合材料の強化繊維が炭素繊維であり、前記炭素繊維の配向が金属製梁部材の長手方向に揃えられている請求項 1 から 9 のいずれかに記載のアーム部材。

【請求項 11】

前記金属製梁部材が、少なくとも2つの金属製梁構成材を組み合わせた複合梁部材からなる請求項 1 から 10 のいずれかに記載のアーム部材。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載の多関節ロボット用アーム部材の製造方法であって、所定寸法にカットしたプリプレグを梁部材上に積層した複合体をプリプレグの硬化雰囲気中に暴露し、プリプレグを硬化して補強層とする工程と、金属製梁部材と補強層とを接着する工程を同時に行うことを特徴とするアーム部材の製造方法。

【請求項 13】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載の多関節ロボット用アーム部材の製造方法であって、あらかじめ硬化したプリプレグからなる補強層を金属製梁部材に接着して一体化することを特徴とするアーム部材の製造方法。

【請求項 14】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載の多関節ロボット用アーム部材の製造方法であって、補強層となる熱可塑 UD テープを、前記熱可塑 UD テープのマトリックスが熔融状態になるまで加熱した後に、金属製梁部材上に溶着することを特徴とするアーム部材の製造方法。

【請求項 15】

請求項 1 から 11 のいずれかに記載のアーム部材に用いられるアーム部材用繊維強化複合材料。

【請求項 16】

10

20

30

40

50

前記アーム部材用繊維強化複合材料がプリプレグである請求項 15 に記載のアーム部材用繊維強化複合材料。

【請求項 17】

前記アーム部材用繊維強化複合材料が熱可塑 UD テープである請求項 15 に記載のアーム部材用繊維強化複合材料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも片側に連節部を有する、多関節ロボット用アーム部材用繊維強化複合材料、アーム部材およびアーム部材の製造方法に関するものであり、特に、金属製梁部材に繊維強化複合材料の補強層を配置し、曲げ剛性とねじり剛性に優れたアーム部材に関する。

10

【背景技術】

【0002】

例えば、溶接やワークハンドリング等を行う多関節ロボットにおいて、少なくとも片側に連節部を有するアーム部材には、十分な曲げ剛性とねじり剛性が求められている。一方、ロボットの基端部分にはより先端側の自重が付加されるため、慣性モーメントが大きくなりロボットの高速化や小型化を阻害する一因となっている。つまり、アーム用のフレームには、高い曲げ剛性とねじり剛性を有するとともにより軽量な材料が求められている。

【0003】

20

一般に、ロボットのフレームには、鉄やステンレス、アルミニウムなどの金属材料による成形加工品が用いられているが、近年、低コスト化と共に更なる高速化や高精度化のために、先端側のフレームには特に格段の小形軽量化が求められ、フレーム用の材料として比較的安価で高強度で剛性も高くさらに比重が小さい繊維強化プラスチック（FRP）を適用する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

ところで、繊維強化プラスチックは強化繊維の配向に応じた方向性（繊維方向）を有しており、曲げ応力など繊維方向に対して垂直な力に対しては大きな強度を有するが、ねじり荷重により発生するせん断力等、繊維方向と平行な力に対しては強度が小さいという特徴がある。

30

【0005】

この繊維強化プラスチックをロボットのフレームに適用する際には、様々な方向の曲げ応力やねじり方向の応力に対して十分な強度を得るために、フレームに使用する繊維強化プラスチックの繊維方向を少なくともフレームの 0°（軸方向）と 90°（軸に直交する方向）の 2 方向（場合によっては 0°、45°、90°などの 3 方向）に交互に配向させながら積層成形して製造する技術が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。この技術によれば、種々の方向への曲げ応力やねじり応力に対して十分な強度や剛性を確保することができるが、金属材料に比べ材料費が高い、成形工程が複雑で生産性が低下するなどの経済性の観点から、実用化された例は限定的であった。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2006 - 55936 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 292591 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、ねじり剛性と曲げ剛性を両立する、経済性に優れた多関節ロボット向けアーム部材を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 8 】

本発明者は、上記課題を解決すべく鋭意検討した結果、以下の構成からなるアーム部材、およびアーム部材の製造方法を見出し、本発明を完成させるに至った。すなわち本発明は、以下の構成からなる。

(1) 少なくとも片側に連節部を有する多関節ロボット用アーム部材であり、少なくとも1つの平らな面を有する金属製梁部材の側面に、繊維強化複合材料からなる補強層を連節部から前記金属製梁部材の長さ方向に沿って配置することを特徴とするアーム部材。

(2) 両側に連節部を有する(1)に記載のアーム部材。

(3) 前記金属製梁部材が多角形断面を有する(1)または(2)に記載のアーム部材。

(4) 金属製梁部材が矩形断面を有する(3)に記載のアーム部材。

(5) 金属製梁部材が中空断面を有する(1)から(4)のいずれかに記載のアーム部材。

(6) 前記補強層が金属製梁断面の角を避けて配置される(1)から(5)のいずれかに記載のアーム部材。

(7) 前記多角形断面が中空断面である多角形中空断面であり、前記多角形中空断面の内辺 i の長さ a_i と、内辺 i に向かい合う外辺と接合した補強層の長さ b_i が、 $0.5 a_i < b_i < a_i$ の関係にある(5)または(6)に記載のアーム部材。

(8) 前記補強層が少なくとも2つの側面に配置される(1)から(7)のいずれかに記載のアーム部材。

(9) 前記補強層が幅方向の端部に向けて徐々に厚さが減少するテーパ部を有する(1)から(8)のいずれかに記載のアーム部材。

(10) 前記繊維強化複合材料の強化繊維が炭素繊維であり、前記炭素繊維の配向が金属製梁部材の長手方向に揃えられている(1)から(9)のいずれかに記載のアーム部材。

(11) 前記金属製梁部材が、少なくとも2つの金属製梁構成材を組み合わせた複合梁部材からなる(1)から(10)のいずれかに記載のアーム部材。

(12) (1)から(11)のいずれかに記載の多関節ロボット用アーム部材の製造方法であって、所定寸法にカットしたプリプレグを梁部材上に積層した複合体をプリプレグの硬化雰囲気暴露し、プリプレグを硬化して補強層とする工程と、金属製梁部材と繊維強化複合材料を接着する工程を同時に行うことを特徴とするアーム部材の製造方法。

(13) (1)から(11)のいずれかに記載の多関節ロボット用アーム部材の製造方法であって、あらかじめ硬化したプリプレグからなる補強層を金属製梁部材に接着して一体化することを特徴とするアーム部材の製造方法。

(14) (1)から(11)のいずれかに記載の多関節ロボット用アーム部材の製造方法であって、補強層となる熱可塑UDテープを、前記熱可塑UDテープのマトリックスが溶融状態になるまで加熱した後に、金属製梁部材上に溶着することを特徴とするアーム部材の製造方法。

(15) (1)から(11)のいずれかに記載のアーム部材に用いられるアーム部材用繊維強化複合材料。

(16) 前記アーム部材用繊維強化複合材料がプリプレグである(15)に記載のアーム部材用繊維強化複合材料。

(17) 前記アーム部材用繊維強化複合材料が熱可塑UDテープである(15)に記載のアーム部材用繊維強化複合材料。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、ねじり剛性と曲げ剛性を両立する、経済性に優れた多関節ロボット向けアーム部材を提供する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明に係るアーム部材の一例を示す斜視図(a)および断面図(b)である。

10

20

30

40

50

【図2】図2は、本発明に係るアーム部材の一例を示す断面図である。

【図3】図3は、本発明に係るアーム部材の一例を示す断面図である。

【図4】図4は、本発明に係るアーム部材の一例を示す断面図である。

【図5】図5は、本発明に係るアーム部材の一例を示す断面図である。

【図6】図6は、本発明に係るアーム部材の一例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、さらに詳しく、本発明のアーム部材およびアーム部材の製造方法を実施するための形態について説明する。

【0012】

本発明は、少なくとも片側に連節部を有する多関節ロボット用アーム部材であり、少なくとも1つの平らな面を有する金属製梁部材の前記側面に、繊維強化複合材料からなる補強層を連節部から前記金属製梁部材の長さ方向に沿って配置することを特徴とするものである。

【0013】

図1は、本発明のアーム部材の一例を示す斜視図(a)および断面図(b)である。図1に示すように、本発明の一例のアーム部材1は、矩形中空構造の金属製梁部材2、補強層3、連節部4から構成されている。連節部4は、他の部材との接合構造を有し、駆動用の電動機が含まれる場合もある。

【0014】

本発明者らの知見によれば、かかる範囲を全て満たすものは、多関節ロボット用アーム部材に要求される、曲げ剛性とねじり剛性を両立し、金属材料から製造されたアーム部材に比べ軽量であり、繊維強化複合材料単体から製造されたアーム部材に比べ安価である。また、金属製梁部材の平らな側面に補強層を配置することで、繊維強化複合材料の積層工程を簡易にするだけでなく、シワの発生を防ぎ、外観に優れる。

【0015】

本発明は、多関節ロボットの、両側に連節部を有するアームと、片側のみに連節部を有するアームのどちらにも用いることができるが、要求される曲げ剛性とねじり剛性のより高い両側に連節部を有するアームに、好ましく用いられる。

【0016】

本発明で使用するアーム部材用繊維強化複合材料の各構成要素について説明する。

【0017】

本発明で使用するアーム部材用繊維強化複合材料は、例えば、プリプレグまたは熱可塑UD(Uni Directional)テープが挙げられる。プリプレグはアーム部材の曲げ剛性の観点から好ましい。

【0018】

プリプレグは、特に限定されるものではなく、強化繊維や強化繊維製の布地を、平板型の金型内に繊維束を並べるか繊維布を敷くなどしてから、熱硬化性樹脂を染み込ませてプレスすることで、プリプレグを容易に作成することができる。

【0019】

プリプレグを構成する熱硬化性樹脂は、熱により架橋反応が進行して、少なくとも部分的に三次元架橋構造を形成する樹脂であれば特に限定されない。かかる熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ベンゾオキサジン樹脂、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂および熱硬化性ポリイミド樹脂等が挙げられ、これらの変性体および2種類以上ブレンドした樹脂なども用いることができる。また、これらの熱硬化性樹脂は、加熱により自己硬化するものであっても良いし、硬化剤や硬化促進剤などを配合するものであっても良い。

【0020】

これらの熱硬化性樹脂の中でも、エポキシ樹脂が、機械特性のバランスに優れ、硬化収縮が小さいという観点から、好ましい。

10

20

30

40

50

【0021】

熱可塑UDテープは、特に限定されるものではないが、熱硬化性樹脂を用いる代わりに熱可塑性樹脂を用いること以外は上記のプリプレグと同様にして、熱可塑UDテープを容易に作成することができる。

【0022】

熱可塑UDテープを構成する熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリエチレン(PE)樹脂、ポリプロピレン(PP)樹脂等のポリオレフィン系樹脂や、ポリエチレンテレフタレート(PET)樹脂、ポリアミド(PA)樹脂、ポリフェニレンスルフィド(PPS)樹脂等や、これらの共重合樹脂や変性樹脂、またアロイ等が挙げられる。中でも、得られる成形品の軽量性の観点からはポリプロピレン系樹脂が好ましく、力学特性および成形性の観点からはポリアミド系樹脂が好ましい。耐熱性の観点からはポリフェニレンスルフィド樹脂が好ましく用いられる。

10

【0023】

次に本発明にかかる補強層の各構成要素について説明する。

【0024】

本発明にかかる補強層は、アーム部材用繊維強化複合材料を積層・成形することにより得ることができる。

【0025】

本発明にかかる補強層の積層構成は、例えば、強化繊維を一つの方向に積層した一方向積層、 0° 、 $\pm 45^\circ$ 、 90° を満遍なく含む疑似等方積層、織物積層などが挙げられるが、なかでも強化繊維の配向が金属梁の長さ方向にそろえられた一方向積層が、曲げ剛性の観点から好ましく、金属製梁部材の持つ高いねじり剛性と合わせて、曲げ剛性とねじり剛性の両方に優れたアーム部材を得られるため、好ましい。

20

【0026】

本発明にかかる補強層は、金属製梁部材の角を避けて配置することで、補強層を平板状の成形板から切断して準備し、作業工程を簡易にすることができるため、好ましい。

【0027】

本発明にかかる補強層の寸法として、前記多角形断面が中空断面である多角形中空断面であり、前記多角形中空断面の内辺 i の長さ a_i (mm)と、内辺 i に向かい合う外辺と接合した補強層の長さ b_i (mm)が、 $0.5a_i \leq b_i \leq a_i$ の関係にあることが好ましい。補強層の b_i (mm)を、内辺 i の a_i (mm)以下とすることで、もともと剛性に優れた金属製梁部材の角周辺の補剛を省略し、軽量性に優れるため好ましい。また、補強層の b_i (mm)を、内辺 i の a_i (mm)の半分の長さの $0.5 \times a_i$ (mm)以上とすることで、曲げ剛性やねじり剛性の観点から好ましい。

30

【0028】

上記好ましい内辺 i の a_i (mm)と補強層の b_i (mm)の関係を、本発明のアーム部材の一例を示す断面図の図2で説明する。図2に示すように、本発明の一例のアーム部材5は、矩形中空断面の内辺 i ($i=1, 2, 3, 4$)の長さ a_i (添え字 $i=1, 2, 3, 4$)が、内辺と向かい合う補強層の長さ b_i (添え字 $i=1, 2, 3, 4$)と、それぞれ $0.5a_i \leq b_i \leq a_i$ (添え字の $i=1, 2, 3, 4$)の関係を満たすことをいう。

40

【0029】

本発明にかかる補強層は、金属製梁部材の少なくとも2つ以上の側面に配置されることが好ましい。例えば、矩形断面の上側面と下側面にのみ配置することで、断面の鉛直方向の曲げ剛性を飛躍的に高めることができるため、好ましい。さらに、矩形断面の上下左右の4側面に補強層を配置することで、断面の鉛直方向に加え、水平方向の曲げ剛性を高めることができるため、より好ましい。

【0030】

本発明にかかる補強層は、幅方向の端部に近づくにつれて、徐々に厚みが低下する、テーパー部を有すると、長期間使用しても、補強層の剥がれなく、好ましい。

50

【0031】

本発明にかかるアーム部材用繊維強化複合材料の改質を目的として、上述した樹脂以外の熱硬化性樹脂、エラストマー、フィラー、ゴム粒子、熱可塑性樹脂粒子、無機粒子およびその他の添加剤を配合することもできる。

【0032】

本発明にかかるアーム部材用繊維強化複合材料は、導電性を向上させる目的で、導電性フィラーを混合して用いることも好ましい。このような導電性フィラーとしては、カーボンブラック、カーボンナノチューブ、気相成長法炭素繊維（V G C F）、フラーレン、金属ナノ粒子、カーボン粒子、金属めっきした先に例示した熱可塑性樹脂の粒子、金属めっきした先に例示した熱硬化性樹脂の粒子などが挙げられ、単独で使用しても併用してもよい。なかでも安価で効果の高いカーボンブラック、カーボン粒子が好ましく用いられ、かかるカーボンブラックとしては、例えば、ファーネスブラック、アセチレンブラック、サーマルブラック、チャンネルブラック、ケッチェンブラックなどを使用することができ、これらを2種類以上ブレンドしたカーボンブラックも好適に用いられる。また、かかるカーボン粒子として“ベルパール（登録商標）”C-600、C-800、C-2000（鐘紡（株）製）、“NICABEADS（登録商標）”ICB、PC、MC（日本カーボン（株）製）などが具体的に挙げられる。金属めっきした熱硬化性樹脂粒子としてはジビニルベンゼンポリマー粒子にニッケルをメッキし、さらにその上に金をメッキした粒子“マイクロパール（登録商標）”AU215などが具体的に挙げられる。

10

【0033】

次に、本発明で使用する強化繊維について説明する。

20

【0034】

本発明において使用する強化繊維としては、例えば、有機繊維、アラミド繊維、ガラス繊維、金属繊維および炭素繊維が挙げられる。なかでも、ガラス繊維は経済性の観点から好ましく、炭素繊維は強度と弾性率の観点から好ましい。

【0035】

また、炭素繊維においても、例えば、ポリアクリロニトリル（PAN）系、レーヨン系およびピッチ系の炭素繊維が挙げられるが、なかでも、強度と弾性率のバランスに優れたPAN系炭素繊維が好ましく用いられる。

【0036】

本発明のアーム部材を構成する、金属製梁部材について説明する。

30

【0037】

本発明にかかる金属製梁部材は、補強層を配置するための、少なくとも1つの平らな側面を有することが重要である。曲面形状では、アーム部材用繊維強化複合材料の積層・成形作業が複雑で経済性に劣る、といった問題がある。

【0038】

金属製梁部材の断面形状としては、例えば、三角形や、矩形といった多角形断面、アングル、チャンネル、I型、T型といった開断面、半円、扇形といった曲線を有する断面が挙げられる。多角形断面は曲げ剛性やねじり剛性の観点から好ましく、開断面は配線の取り回しの観点から好ましく、曲線を有する断面は意匠性の観点から好ましい。

40

【0039】

金属製梁部材の望ましい多角形断面としては、例えば、経済性の観点からは矩形断面が好ましく、より、曲げ剛性やねじり剛性を高める観点からは、八角形断面が好ましく、経済性と力学特性をバランスさせる観点からは、六角形断面が好ましい。

【0040】

本発明にかかる金属製梁部材は、例えば、中空断面、中実断面が例示されるが、軽量性の観点から中空断面であることが好ましい。

【0041】

本発明のアーム部材は、2つ以上の金属製梁構成材を組み合わせた複合梁部材からなる金属製梁部材を用いてもよい。例えば、アングルまたはチャンネルの金属製梁構成材を2

50

つ組み合わせ、矩形断面とする場合が挙げられ、断面の内辺側にも、補強層を比較的容易に配置できる観点から、好ましい。図3に、アングルの金属製梁構成材7を組み合わせた複合梁部材からなる金属製梁部材を用いたアーム部材6の断面図の一例を示す。また、金属製梁構成材は、単体で金属製梁部材として用いることもできる。

【0042】

本発明のアーム部材は、金属製梁構成材に補強層を配置したアーム構成材を、複数組み合わせた複合アーム部材としてもよい。

【0043】

金属製梁部材を構成する金属材料は、例えば、アルミ合金、鉄鋼、ステンレス鋼、銅合金、チタンおよびマグネシウム合金が挙げられる。中でも、軽量性の観点からは、アルミ合金が好ましく用いられる。また、2つ以上の金属製梁構成材を組み合わせる場合には、同種の金属を組み合わせることが好ましい。

10

【0044】

本発明にかかる補強層の設置方法としては特に制限はないが、例えば、プリプレグを未硬化の状態、金属製梁部材上に張り付け、プリプレグの硬化と接着を同時に行うコモールド法や、プリプレグまたは熱可塑UDテープをあらかじめ積層・成形した後に、金属製梁部材上に接着剤で張り付けるコボンド法、または、熱可塑UDテープを金属製梁部材上に加熱または振動させながら溶着する溶着法が挙げられるが、コボンド法がシワの発生が抑えられ、好ましい。

【0045】

図4に溶着法で作製したC形断面のアーム部材8の断面図を例示する。熱可塑UDテープの補強層10を、C形断面の金属製梁部材9に溶着しているが、補強層がアーム部材の外周に位置しているため、曲げ剛性に優れるといった特徴がある。

20

【0046】

図5に溶着法で作製した、補強層12として熱可塑UDテープを2層積層したC形断面アーム部材11の断面図を例示する。C形断面の金属製梁部材9の1つの外側面につき2層の熱可塑UDテープを溶着することで、曲げ剛性とねじり剛性に優れるといった特徴がある。

【0047】

図6に、2つのC形断面のアーム構成材を、接合面16を介して組み合わせた矩形断面のアーム部材13の断面図を例示する。個別に成形したC形断面アーム構成材を組み合わせる前に、内部にコア材等を容易に挿入できるといった特徴がある。図6で図示した矩形断面のアーム部材13は、図4で図示したC形断面アーム部材8を組み合わせたものであるが、この態様に限定されるものではなく、2つのC形断面の金属製梁構成材をあらかじめ組み合わせた複合梁部材とした後、補強層10として熱可塑UDテープを溶着することもできる。

30

【実施例】

【0048】

次に、実施例により本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例により制限されるものではない。

40

【0049】

< 評価・測定方法 >

(1) 曲げ剛性の評価

実施例または比較例により得られたアーム部材から、それぞれ、長さ400mmに切り出した試験片を作製し、曲げ試験を行い、式(1)から曲げ剛性EIを算出した。測定数はn=2とし、平均値を用いた。

【0050】

試験機として“インストロン(登録商標)万能試験機5980型(インストロン社製)”を用い、3点曲げ試験治具(圧子直径10mm、支点直径10mm)を用いて支持スパンを試験片外径の4倍、試験速度を1%歪/mmに設定し、曲げ剛性を測定した。試験片

50

の水分率 0.1 質量% 以下、雰囲気温度 23、および湿度 50 質量% の条件下において、試験を行った。

$$EI = L^3 / 48 \cdot P / \quad (1)$$

- ・ EI : アーム部材の曲げ剛性 (N · m²)
- ・ L : 指示スパン (m)
- ・ P / : 荷重 たわみ曲線の直線部の勾配 (たわみ範囲 0.05% - 0.25%) (N / m)

【0051】

(2) ねじり剛性の評価

実施例または比較例により得られたアーム部材から、それぞれ、長さ 400 mm に切り出した試験片を作製し、ねじり試験を行い、式 (2) からねじり剛性 GI_p を算出した。

【0052】

試験機として“インストロン” (登録商標) ねじり試験機 MT-10 (インストロン社製) を用い、周波数 0.2 Hz、ねじり角振幅 20°、両振りの条件で過重負荷を与え、たわみ角範囲 1 度 - 10 度における、ねじれ剛性 GI_p を 10 回連続して測定し、その平均値を求めた。試験片の水分率 0.1 質量% 以下、雰囲気温度 23、および湿度 50 質量% の条件下において、試験を行った。

$$GI_p = L \cdot T / \quad (2)$$

- ・ GI_p : アーム部材のねじり剛性 (N · m²)
- ・ L : チャック間 (m)
- ・ T / : ねじり ねじれ角曲線の直線部の勾配 (たわみ角範囲 1 度 - 10 度) (N · m)

【0053】

< 使用した材料 >

各実施例および各比較例で用いた材料と成分は下記の通りである。

【0054】

[金属製梁部材 (A)]

- ・ A-1 : 矩形中空断面の金属製梁部材

アルミニウム合金 “A5052” を、加工温度まで加熱した後、押し出し機のコンテナ内に装填し、矩形中空断面用のダイから押し出すことにより、幅 50 mm、高さ 50 mm、厚み 1 mm、長さ 500 mm の矩形中空断面の金属製梁部材 (A-1) を得た。

【0055】

- ・ A-2 : 六角形中空断面の金属製梁部材

アルミニウム合金 “A5052” を、加工温度まで加熱した後、押し出し機のコンテナ内に装填し、正六角形中空断面用のダイから押し出すことにより、一辺 32 mm、厚み 1 mm、長さ 500 mm の正六角形中空断面の金属製梁部材 (A-2) を得た。

【0056】

- ・ A-3 : C 断面の金属製梁部材

アルミニウム合金 “A5052” を、加工温度まで加熱した後、押し出し機のコンテナ内に装填し、矩形中空断面用のダイから押し出すことにより、幅 25 mm、高さ 50 mm、厚み 1 mm、長さ 500 mm の C 形断面の金属製構成材 (A-3) を得た。

【0057】

[炭素繊維強化複合材料 (B)]

- ・ B-1 : 東レ (株) 製、“トレカ (登録商標)” プリプレグ P3252S-12
- ・ B-2 : 熱可塑 UD テープ

炭素繊維束 (東レ (株) 製、“トレカ (登録商標)” 系 T700S-12K) を準備し、連続的に糸道ガイドを通じて炭素繊維束を送り出した。連続的に送り出された炭素繊維束に、含浸ダイ内において 6 ナイロン樹脂 (東レ (株) 製、“アミラン (登録商標)” CM1017) を、充填したフィーダーから定量供給し、含浸させた。続いて、6 ナイロン樹脂を含浸した炭素繊維束を、引取ロールを用いて含浸ダイのノズルから連続的に引き抜

10

20

30

40

50

き、冷却ロールを通過して、6ナイロン樹脂が冷却固化され、熱可塑UDテープとして巻取機に巻き取られた。得られた熱可塑UDテープの厚さは0.5mmであり、炭素繊維方向は一方向に配列していた。また、熱可塑UDテープ中の炭素繊維含有率は50vol%であった。

【0058】

[接着剤(C)]

・C-1:セメダイン(株)製、エポキシ系接着剤“EP-171”

【0059】

[離型剤(D)]

・D-1:ダイキン(株)製、離型剤“ダイフリーGW-251”

10

【0060】

(実施例1)

所定の寸法にカットした炭素繊維強化複合材料(B-1)を、0°方向に厚み2mmになるよう積層し、硬化雰囲気暴露した硬化板を、炭素繊維の配向方向に500mm、直角方向に50mmの寸法に切り出した。次に、前記硬化板の接着面にサンドブラストをかけて整え、接着剤(C-1)を塗り、接着面を上にしてデシケータに入れ、真空ポンプで3mmHgまで減圧し1分置いてから空気を入れて常圧に戻した。減圧にしては常圧に戻す操作を合計3回繰り返し、デシケータから取り出し、接着剤塗布済み硬化板を用意した。

【0061】

20

次に、矩形中空断面の金属製梁部材(A-1)の4つの側面すべてにサンドブラストをかけて整え、接着剤(C-1)を塗り、接着面を上にしてデシケータに入れ、真空ポンプで3mmHgまで減圧し1分置いてから空気を入れて常圧に戻した。減圧にしては常圧に戻す操作を合計3回繰り返し、デシケータから取り出し、接着剤塗布済み金属製梁を用意した。

【0062】

接着剤塗布済み硬化板を4つの側面にそれぞれ張り付けた金属梁を、バギングフィルムで覆い、前記バギングフィルム内の真空度が3mmHgまで減圧した状態で、80に設定した温風機内で30分間加熱し、金属製梁に補強層を接着したアーム部材を得て、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価を実施した。その結果を表1に記す。

30

【0063】

(実施例2)

実施例1で用意した硬化板を、炭素繊維の配向方向に500mm、その直角方向に48mmの寸法に切り出し、矩形中空断面の金属製梁部材(A-1)の4つの側面にそれぞれ、両幅端1mmの隙間を開けて接着する以外は、実施例1と同様にして、アーム部材を得て、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価を実施した。その結果を表1に記す。

【0064】

(実施例3)

実施例1で用意した硬化板を、炭素繊維の配向方向に500mm、直角方向に32mmの寸法に切り出し、六角形中空断面の金属製梁部材(A-2)の6つの側面にそれぞれ、接着する以外は、実施例1と同様にして、アーム部材を得て、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価を実施した。その結果を表1に記す。

40

【0065】

(実施例4)

実施例1で用意した接着剤塗布済み金属製梁(A-1)に、炭素繊維強化複合材料(B-1)を、炭素繊維の配向方向と前記金属製梁の長さ方向に合わせて、炭素繊維強化複合材料(B-1)層の厚みが2mmになるまで巻き付けた、中間体を得た。

【0066】

次に、前記中間体をバギングフィルムで覆い、前記バギングフィルム内の真空度が3mmHgまで減圧した状態で、炭素繊維強化複合材料(B-1)の硬化雰囲気暴露し、ア

50

ーム部材を得て、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価を実施した。その結果を表1に記す。

【0067】

(比較例1)

矩形中空断面の金属製梁部材(A-1)の4つの側面すべてを、800のサンドペーパーで鏡面になるまで磨き、離型剤(D-1)を塗布したこと以外は、実施例1と同様にしてーム部材を得た。このーム部材を、-20の冷凍機内で冷却した後、矩形中空断面の金属製梁部材(A-1)を除去し、CFRPーム部材を得て、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価を実施した。その結果を表1に記す。

【0068】

(比較例2)

矩形中空断面の金属製梁部材(A-1)を、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価に供した。その結果を表1に記す。

【0069】

【表 1】

表1

	金属製梁部材 (A)		炭素繊維強化複合材料 (B)		曲げ剛性 EI	ねじり剛性 G Ip	重量	シワ
	品種	内辺の長さ ai	品種	長さ bi				
	-	mm	-	mm	$10^4 \text{N} \cdot \text{m}^2$	$10^3 \text{N} \cdot \text{m}^2$	kg/m	-
実施例 1	A-1	48	B-1	50	2.9	4.8	1.2	○
実施例 2	A-1	48	B-1	48	2.8	4.8	1.2	○
実施例 3	A-2	30	B-1	32	2.7	5.6	1.2	○
実施例 4	A-1	48	B-1	50	3.1	4.9	1.2	△
比較例 1	-	-	B-1	50	2.5	1.9	0.7	△
比較例 2	A-1	48	-	-	0.6	3.0	0.5	-

10

20

30

40

50

(実施例 5)

C形断面の金属製梁部材(A-3)にサンドブラストをかけて表面を整えた後に、3つの外側面に熱可塑UDテープ(B-2)を、レーザー溶着装置を用いて、長さ方向の500mm全域に超音波溶着し、アーム部材を得た。熱可塑UDテープ(B-2)は、1度に、C形断面の金属製梁部材(A-3)の1面にのみ、熱可塑UDテープの繊維方向とC形断面の金属製梁部材(A-3)の長さ方向を一致するように超音波溶着した。その際、3つの貼り付け面のうち、C断面の上辺と、下辺にあたる面は、張り付け面の幅より1mm狭い24mmにスリットした熱可塑UDテープ(B-2)を、C形断面の2つの角から1mm離して配置し、上辺と下辺をつなぐ第3の辺にあたる面は、張り付ける面の幅より2mm狭い48mmスリットした熱可塑UDテープ(B-2)を、貼り付け面の幅方向の両端からそれぞれ1mmずつ離して、配置した。得られたアーム部材を評価に供し、その結果を表2に記す。

10

【0071】

(実施例 6)

C形断面の金属製梁部材(A-3)の1つの外側面につき、熱可塑UDテープ(B-2)1層をレーザー溶着する工程を2度実施して、2層積層する以外は、実施例5と同様にして、図5に示すアーム部材を得て、評価に供した。その結果を表2に示す。

【0072】

(比較例 3)

C形断面の金属製梁部材(A-3)を、曲げ剛性の評価及びねじり剛性の評価に供した。その結果を表2に記す。

20

【0073】

【表 2】

表2

	金属製梁部材 (A)				炭素繊維強化複合材料 (B)					ねじり剛性 G Ip	重量	シワ	
	品種	内辺の長さ a1	内辺の長さ a2	内辺の長さ a3	品種	長さ b1	長さ b2	長さ b3	ply数				
実施例5	-	mm	48	24	24	24	48	mm	mm	mm	-	kg/m	-
	A-3	mm	48	24	24	24	48	mm	24	24	1	0.3	○
実施例6	A-3	mm	48	24	24	24	48	mm	24	24	2	0.4	○
比較例3	A-3	mm	48	24	24	24	48	mm	24	24	2	0.3	-

(実施例 7)

(実施例 5) で作製した C 形断面アーム部材の図 6 に示す接合面をサンドブラストにかけて整え、接着剤 (C - 1) を塗り、接着面を上にしてデシケータに入れ、真空ポンプで 3 mm H g まで減圧し 1 分置いてから空気を入れて常圧に戻した。減圧にした後で常圧に戻す操作を合計 3 回繰り返し、デシケータから取り出し、接着剤塗布済み C 形断面アーム構成材を 2 本用意した。この接着剤塗布済み C 形断面アーム構成材 2 本を、図 6 に示すように突き合わせ、接合面を接着により接合した矩形断面のアーム部材を得て、評価に供した。その結果を表 3 に示す。

【 0 0 7 5 】

【表 3】

実施例	金属製梁部材 (A)				炭素繊維強化複合材料 (B)					断面形状	曲げ剛性 EI	ねじり剛性 G Ip	重量	シワ
	品種	内辺の長さ a1	内辺の長さ a2	内辺の長さ a3	品種	長さ b1	長さ b2	長さ b3	ply数					
	-	mm	mm	mm	-	mm	mm	mm	-	-	$10^4 \text{N} \cdot \text{m}^2$	$10^3 \text{N} \cdot \text{m}^2$	kg/m	-
実施例7	A-3	48	24	24	B-2	32	24	24	1	矩形断面 (C形断面 2本の接合)	1.1	3.4	0.7	○

表3

以上のように、実施例 1 から 7 においては、曲げ剛性とねじり剛性を両立し、補強層がシワなく張り付けられ外観に優れた、良好なアーム部材が得られた。本発明のアーム部材を構成する、炭素繊維強化複合材料の補強層が、既定の範囲を満足するよう配置したことにより、成し得たものである。しかし、実施例 4 は、アーム部材の角周辺にわずかにシワが見られるもののおおむね許容できる水準であった。

【 0 0 7 7 】

一方、比較例 1 はシワに加えてねじり剛性に劣り、比較例 2 は曲げ剛性に劣り、比較例 3 は曲げ剛性とねじり剛性の両方に劣るものであった。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 8 】

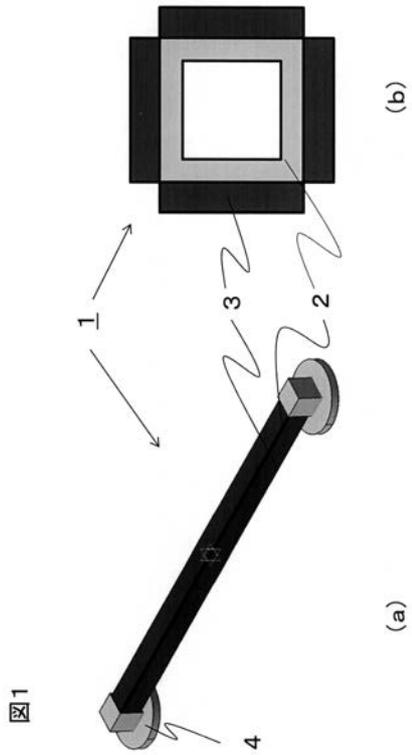
本発明のアーム部材は、高い曲げ剛性とねじり剛性を有し、経済性に優れることから、少なくとも片側に連節部を有する、多関節ロボットに好適に用いることができる。

【符号の説明】

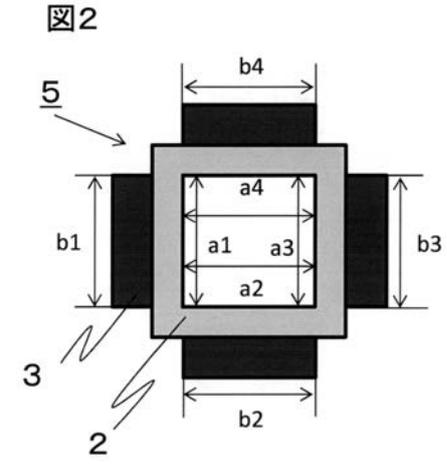
【 0 0 7 9 】

- | | | |
|----|---------------------------------|----|
| 1 | アーム部材 | |
| 2 | 矩形中空構造の金属製梁部材 | |
| 3 | 補強層 | |
| 4 | 連節部 | |
| 5 | アーム部材 | |
| 6 | アーム部材 | 20 |
| 7 | アングルの金属製梁構成材 | |
| 8 | C形断面のアーム部材（補強層を溶着法で接合） | |
| 9 | C形断面の金属製梁部材 | |
| 10 | 補強層 | |
| 11 | C形断面のアーム部材（2層の補強層を溶着法で接合） | |
| 12 | 補強層（熱可塑UDテープを2層積層） | |
| 13 | 2つのC形断面のアーム構成材を組み合わせた矩形断面のアーム部材 | |
| 14 | 金属製梁構成材 | |
| 15 | 補強層材 | |
| 16 | 接合面 | 30 |

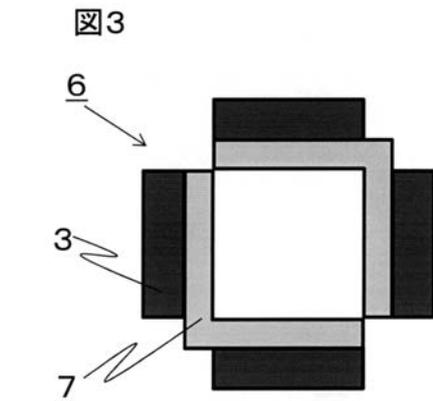
【 図 1 】



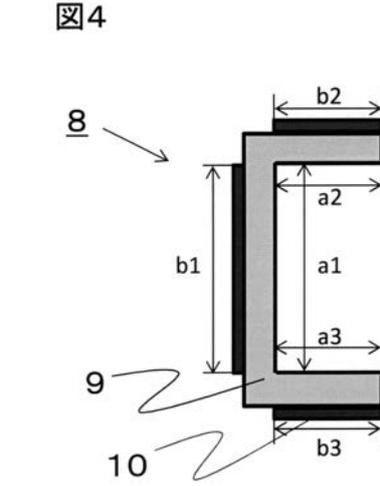
【 図 2 】



【 図 3 】

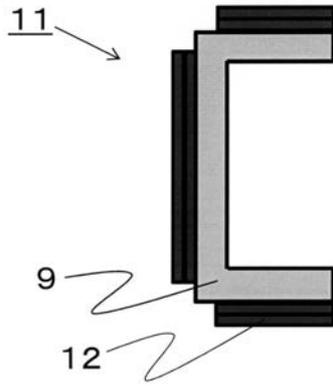


【 図 4 】



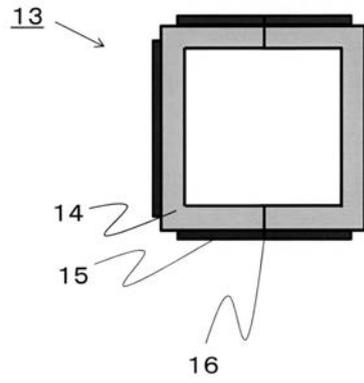
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

図6



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
B 2 9 K	105/08	(2006.01)	B 2 9 K	105:08
B 2 9 L	23/00	(2006.01)	B 2 9 L	23:00

Fターム(参考) 4F205 AA29 AC03 AD03 AD12 AD16 AG08 AH05 HA09 HA14 HA23
HA34 HA37 HA45 HB01 HC02 HK04 HK05 HT22