

(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2017-15145

(P2017-15145A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 H 25/22 (2006.01)	F 1 6 H 25/22	A 3 J 0 6 2
B 2 3 G 1/22 (2006.01)	F 1 6 H 25/22	C 4 K 0 2 8
B 2 3 G 1/32 (2006.01)	F 1 6 H 25/22	D
C 2 3 C 8/36 (2006.01)	F 1 6 H 25/22	E
	B 2 3 G 1/22	B
審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-130896 (P2015-130896)
 (22) 出願日 平成27年6月30日 (2015. 6. 30)

(71) 出願人 515180457
 株式会社富士精機
 大阪府大阪市平野区長吉出戸4-5-11
 (74) 代理人 100099977
 弁理士 佐野 章吾
 (74) 代理人 100104259
 弁理士 寒川 潔
 (72) 発明者 田村 孝
 大阪府大阪市平野区長吉出戸4-5-11
 株式会社富士精機内
 Fターム(参考) 3J062 AA07 AB22 AC07 BA08 BA09
 BA12 BA16 CD06 CD07 CD08
 CD09 CD27 CD29
 4K028 AA02 AB02 BA02 BA13

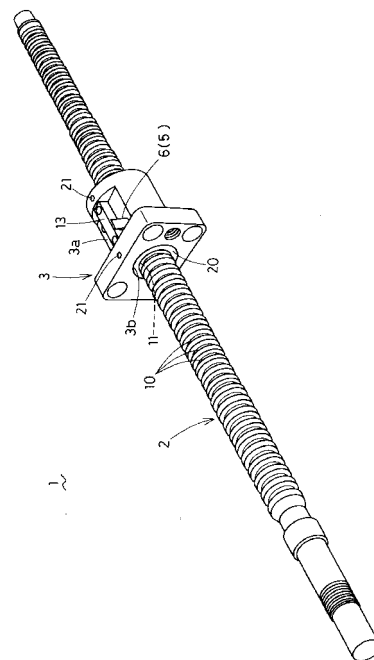
(54) 【発明の名称】 ボールねじおよびその製造方法、ならびにボールねじアクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 大小を問わず、また種類を問わず、十分な強度を保持しつつ大幅な軽量化が可能な構造を備えたボールねじを提供する。

【解決手段】 ボールねじ溝10を外周面に有するねじ軸2と、このねじ軸2のボールねじ溝10に対応するボールねじ溝11を内周面に有するナット3と、ナット3のボールねじ溝11およびねじ軸2のボールねじ溝10の間に転動走行可能に配された複数のボール4と、ナット3のボールねじ溝11に連通する循環路を形成するボール循環路形成部材5とを備えてなり、少なくとも、ねじ軸2およびナット3が、実用金属中最も比重が小さく、比強度(=強度/比重)も最大で、振動吸収性(減衰能力)に優れているマグネシウム合金から形成されている。これにより、十分な強度を保持しつつボールねじの大幅な軽量化が実現する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ボールねじ溝を外径面に有するねじ軸と、
このねじ軸のボールねじ溝に対応するボールねじ溝を内径面に有するナットと、
前記ナットのボールねじ溝および前記ねじ軸のボールねじ溝の間に転動走行可能に配された複数のボールと、
前記ナットのボールねじ溝に連通するボール循環路を形成するボール循環路形成部材とを備えてなり、
少なくとも、前記ねじ軸およびナットがマグネシウム合金から形成されていることを特徴とするボールねじ。

10

【請求項 2】

前記ボールがマグネシウム合金から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のボールねじ。

【請求項 3】

前記ボール循環路形成部材がマグネシウム合金から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のボールねじ。

【請求項 4】

前記マグネシウム合金からなる構成部品の表面に表面硬化処理が施されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一つに記載のボールねじ。

【請求項 5】

前記マグネシウム合金からなる構成部品の表面に窒化膜が形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載のボールねじ。

20

【請求項 6】

前記ボール循環路形成部材が、前記ナットのボールねじ溝に連通するようにナットに組み付けられるリターンチューブからなる、リターンチューブ循環方式であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載のボールねじ。

【請求項 7】

前記ボール循環路形成部材が、前記ナットに埋め込まれるこまからなる、こま循環方式であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載のボールねじ。

30

【請求項 8】

前記ボール循環路形成部材が、前記ナットの両端に取り付けられるエンドキャップからなる、エンドキャップ循環方式であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載のボールねじ。

【請求項 9】

前記ボール循環路形成部材が、前記ナットの両端に組み込まれるエンドデフレクタからなる、エンドデフレクタ循環方式であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載のボールねじ。

【請求項 10】

前記ボール循環路形成部材が、前記ナットに組み付けられたガイドプレートからなる、ガイドプレート循環方式であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載のボールねじ。

40

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか一つに記載のボールねじを製造する方法であって、
ボールねじを構成する構成部品のうち、マグネシウム合金からなる構成部品の製造に際して、切削加工は重切削を行うことを特徴とするボールねじの製造方法。

【請求項 12】

前記ねじ軸を製造するねじ軸製造工程と前記ナットを製造するナット製造工程は、切削加工により行う

50

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のボールねじの製造方法。

【請求項 1 3】

前記ねじ軸製造工程は、以下の工程を備えてなることを特徴とする請求項 1 1 に記載のボールねじの製造方法。

- (a) マグネシウム合金素材から切削加工によりねじ軸ブランクを製作する工程
- (b) 前記ねじ軸ブランクから切削加工によりねじ軸の外形輪郭形状を削り出す工程
- (c) 前記ねじ軸の外径面に切削加工によりボールねじ溝を形成する工程
- (d) 前記ねじ軸の表面を表面硬化処理により硬化させる工程

【請求項 1 4】

前記ナットの製造工程は、以下の工程を備えてなることを特徴とする請求項 1 1 に記載のボールねじの製造方法。 10

- (a) マグネシウム合金素材から切削加工によりナットブランクを製作する工程
- (b) 前記ナットブランクから切削加工によりナットの外形輪郭形状を削り出す工程
- (c) 前記ナットの内径面に切削加工によりボールねじ溝を形成する工程
- (d) 前記ナットの表面を表面硬化処理により硬化させる工程
- (e) 前記ナットにボール循環路形成部品を取り付ける工程

【請求項 1 5】

前記切削加工は、ポジティブタイプのスローアウェイチップを備えた切削工具により行う

ことを特徴とする請求項 1 3 または 1 4 に記載のボールねじの製造方法。 20

【請求項 1 6】

電動モータと請求項 1 ~ 1 0 のいずれかに記載のボールねじを備えてなり、前記ボールねじのねじ軸が前記電動モータの回転軸に同軸状に駆動連結されるとともに、前記ボールねじのナットが直動対象部に一体接続される構造とされていることを特徴とするボールねじアクチュエータ。

【請求項 1 7】

電動モータと請求項 1 ~ 1 0 のいずれかに記載のボールねじを備えてなり、前記ボールねじのナットが前記電動モータに駆動連結されるとともに、前記ボールねじのねじ軸が直動対象部に一体接続される構造とされていることを特徴とするボールねじアクチュエータ。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボールねじおよびその製造方法、ならびにボールねじアクチュエータに関し、さらに詳細には、十分な強度を保持しつつ大幅な軽量化が可能なボールねじの構造および製造技術に関する。

【背景技術】

【0002】

ボールねじ(Ball Screw)は、直線運動を回転運動に、または回転運動を直線運動に変換する機械要素であって、1950年代に自動車部品であるステアリング部品として採用されたのが実用化の最初であり、近年では、装置の高速化・高精度化・長寿命化に対して有効な機能部品として急速に普及が進み、現在は、医療業界向けや福祉分野向けにも広く採用されてきている。 40

【0003】

ボールねじの構造は、ねじ軸、ナットおよびボールを主要部として備えてなり、ねじ軸とナットのどちらかを回転させると、もう一方が直線運動をする構成とされている。

【0004】

ボールねじは、静摩擦係数、動摩擦係数ともに非常に小さくて、摩擦損失が非常に小さいため、エネルギー効率を高くすることができ、また、バックラッシュ(ネジのガタ)の低減化にも効果があるという長所を有する一方で、ボール(ベアリング)の点接触面構造のた 50

め、振動減衰特性がやや劣り、高速になればなるほど微振動を避けられないという短所もある。

【0005】

近年の装置の高速化・高精度化・長寿命化に対するボールねじの需要の増加、さらには現在広く採用されている医療業界向けや福祉分野向けの介護ベットやロボット機器用の機能部品としての要請に十分に應えるためには、上記短所の改善はもちろんのこと、さらには装置の軽量化実現が急務であった。

【0006】

特に装置の軽量化実現は、主に工作機械や搬送機械などに使用される大型（大径）のものから、主に医療機器や航空宇宙機器などの精密機器に使用される小型（小径）のものまで、ボールねじにとって大小問わず非常に有効ものである。

10

【0007】

この点に関連して、具体的には図示しないが、例えば特許文献1～11に開示されるように、ボールねじの軽量化を直接的に、あるいは間接的にまたは付随的に図るための構成技術が種々提案されているが、いずれも特定種類のボールねじであったり、部分的な軽量化構造であったり、あるいは強度的に制限を受ける構造であったりなど、限定的なものであり、上記問題点の抜本的解決にはさらなる改良の余地があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

20

【特許文献1】特開平10、110800号公報

【特許文献2】特開平11-336871号公報

【特許文献3】特開2001-32901号公報

【特許文献4】特開2001-106096号公報

【特許文献5】特開2003-97667号公報

【特許文献6】特開2003-113921号公報

【特許文献7】特開2003-130168号公報

【特許文献8】特開2004-293711号公報

【特許文献9】特開2005-48847号公報

【特許文献10】国際公開WO2007/114036号公報

30

【特許文献11】国際公開WO2008/069172号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、大小を問わず、また種類を問わず、十分な強度を保持しつつ大幅な軽量化が可能な構造を備えたボールねじを提供することにある。

【0010】

本発明の他の目的とするところは、上記ボールねじの製造方法を提供することにある。

【0011】

40

本発明のもう一つ他の目的とするところは、上記ボールねじを主要部として備えるボールねじアクチュエータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するため、本発明のボールねじは、ボールねじ溝を外径面に有するねじ軸と、このねじ軸のボールねじ溝に対応するボールねじ溝を内径面に有するナットと、上記ナットのボールねじ溝および上記ねじ軸のボールねじ溝の間に転動走行可能に配された複数のボールと、上記ナットのボールねじ溝に連通する循環路を形成するボール循環路形成部材とを備えてなり、少なくとも、上記ねじ軸およびナットがマグネシウム合金から形成されていることを特徴とする。

50

【 0 0 1 3 】

好適な実施態様として、以下の構成が採用される。

(1) 上記ボールがマグネシウム合金から形成されている。

【 0 0 1 4 】

(2) 上記ボール循環路形成部材がマグネシウム合金から形成されている。

【 0 0 1 5 】

(3) 上記マグネシウム合金からなる構成部品の表面に表面硬化処理が施されている。

【 0 0 1 6 】

(4) 上記マグネシウム合金からなる構成部品の表面に窒化膜が形成されている。

【 0 0 1 7 】

(5) 上記ボール循環路形成部材が、上記ナットのボールねじ溝に連通するようにナットに組み付けられるリターンチューブからなる、リターンチューブ循環方式である。

【 0 0 1 8 】

(6) 上記ボール循環路形成部材が、上記ナットに埋め込まれるこまからなる、こま循環方式である。

【 0 0 1 9 】

(7) 上記ボール循環路形成部材が、上記ナットの両端に取り付けられるエンドキャップからなる、エンドキャップ循環方式である。

【 0 0 2 0 】

(8) 上記ボール循環路形成部材が、上記ナットの両端に組み込まれるエンドデフレクタからなる、エンドデフレクタ循環方式である。

【 0 0 2 1 】

(9) 上記ボール循環路形成部材が、上記ナットに組み付けられたガイドプレートからなる、ガイドプレート循環方式である。

【 0 0 2 2 】

本発明のボールねじの製造方法は、上記ボールねじを製造する方法であって、ボールねじを構成する構成部品のうち、マグネシウム合金からなる構成部品の製造に際して、切削加工は重切削を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

ここに「重切削」とは、マグネシウム合金の切削加工において、切削工具の送り量と切り込み量を、発生する切り屑の形状寸法が切削熱により発火しない大きさとなるように設定して行う切削をいう（以下、本明細書および特許請求の範囲において同様とする。）。

【 0 0 2 4 】

好適な実施態様として、以下の構成が採用される。

(1) 上記ねじ軸を製造するねじ軸製造工程と上記ナットを製造するナット製造工程は、切削加工により行う。

【 0 0 2 5 】

(2) 上記ねじ軸製造工程は、以下の工程を備えてなる。

(a) マグネシウム合金素材から切削加工によりねじ軸ブランクを製作する工程

(b) 上記ねじ軸ブランクから切削加工によりねじ軸の外形輪郭形状を削り出す工程

(c) 上記ねじ軸の外径面に切削加工によりボールねじ溝を形成する工程

(d) 上記ねじ軸の表面を表面硬化処理により硬化させる工程

【 0 0 2 6 】

(3) 上記ナットの製造工程は、以下の工程を備えてなる。

(a) マグネシウム合金素材から切削加工によりナットブランクを製作する工程

(b) 上記ナットブランクから切削加工によりナットの外形輪郭形状を削り出す工程

(c) 上記ナットの内径面に切削加工によりボールねじ溝を形成する工程

(d) 上記ナットの表面を表面硬化処理により硬化させる工程

(e) 上記ナットにボール循環路形成部品を取り付ける工程

【 0 0 2 7 】

(5) JP 2017-15145 A 2017.1.19 10 20 30 40 50

(4) 上記切削加工は、ポジティブタイプのスローアウェイチップを備えた切削工具により行う。

【0028】

本発明の第1のボールねじアクチュエータは、上記ボールねじと電動モータを備えてなり、上記ボールねじのねじ軸が上記電動モータの回転軸に同軸状に駆動連結されるとともに、上記ボールねじのナットが直動対象部に一体接続される構造とされていることを特徴とする。

【0029】

本発明の第2のボールねじアクチュエータは、上記ボールねじと電動モータを備えてなり、上記ボールねじのナットが上記電動モータに駆動連結されるとともに、上記ボールねじのねじ軸が直動対象部に一体接続される構造とされていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0030】

本発明は、本発明者による以下の着眼点に基づいた種々の試験研究の成果としてなされたものである。

【0031】

すなわち、本発明者は、近年の装置の高速化・高精度化・長寿命化に対するボールねじの需要の増加、さらには現在広く採用されている医療業界向けや福祉分野向けの介護ベッドやロボット機器用の機能部品としての要請に十分に応えるためには、装置の軽量化構造と、すぐれた振動減衰特性とを備えることが求められるところ、従来一般的な構成材料では構造的に限界があることに鑑み、近年注目されているマグネシウム合金を構成材料として用いる可能性について着目した。

【0032】

つまり、マグネシウム合金は、純マグネシウムの比重が1.78と実用金属中最も小さく（ちなみに、アルミニウムの比重は2.7、鉄の比重は7.8）、比強度（＝強度／比重）も最大で、振動吸収性（減衰能力）に優れているなどの特性を有する一方で、活性な金属であることから、切削加工中に小さな切り屑や薄い切り屑が発生すると、その切り屑が発火して、周囲の切り屑や機械油などに引火して、火災につながり易いという危険性も有している。

【0033】

特に、ボールねじは、その構成部品の形状構造が細かくて複雑なため、切削加工中に小さな切り屑や薄い切り屑が発生しやすく、これが構成部品の構成材料としてのマグネシウム合金の採用を困難にし、さらには躊躇させており、実際、マグネシウム合金を使用したボールねじは従来存在しなかった。

【0034】

しかしながら、マグネシウム合金の特性を良く理解し、十分な知識と準備のもとに作業を実施すれば、他の形状構造が単純な機械部品等と同様にマグネシウム合金の構成部品としての採用を可能とし、マグネシウム合金の特性をボールねじに求められる軽量化実現と振動減衰能力を発揮するのではないかという点に着眼した。

【0035】

本発明者は、このようにして得られた知見に基づいて、さらなる試験・研究を行った結果、本発明を完成するに至った。

【0036】

すなわち、本発明のボールねじによれば、ボールねじ溝を外径面に有するねじ軸と、このねじ軸のボールねじ溝に対応するボールねじ溝を内径面に有するナットと、上記ナットのボールねじ溝および上記ねじ軸のボールねじ溝の間に転動走行可能に配された複数のボールと、上記ナットのボールねじ溝に連通する循環路を形成するボール循環路形成部材とを備えてなり、少なくとも、上記ねじ軸およびナットがマグネシウム合金から形成されているから、以下に列挙するような優れた効果が発揮されて、大小を問わず、十分な強度を保持しつつ大幅な軽量化が可能な構造を備えたボールねじを提供することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

(1) 構成材料の大半を占めるねじ軸およびナットが、実用金属中最も比重が小さく、比強度も最大であるマグネシウム合金から形成されていることにより、十分な強度を確保しつつ、従来に比較して大幅なボールねじの軽量化を実現することができる。

【 0 0 3 8 】

(2) しかも、ボールねじの構造ではなく、構成材料自体の改良に係るものであることから、ボール循環形式等の種類の如何にかかわらず、基本構造を同じくするすべてのボールねじの軽量化に寄与し得るものであり、汎用性に富む。

【 0 0 3 9 】

(3) ねじ軸およびナットが振動吸収性（減衰能力）に優れているマグネシウム合金から形成されていることにより、特に、ボールの衝突により衝突音や振動を生じやすい部位である、ボールすくい上げ部における上記衝突音や振動が減少されないし減衰され得る。

10

【 0 0 4 0 】

(4) 本発明の製造方法によれば、活性な金属であるマグネシウム合金からなるボールねじの構成部品であっても、切削加工中に薄い切り屑や細かな切り屑の発生を最小限に抑えられて、切り屑の発火に起因する火災発生の危険性もなく、安全に製作することができ、その結果、上述した(1) および(2) の特有の効果が発揮され得るボールねじを製造することができる。

【 0 0 4 1 】

(5) 本発明のボールねじアクチュエータによれば、上述した(1) ~ (3) の特有の効果が有効に発揮される結果、工作機械や搬送機械などの大型の装置から、医療機器や航空宇宙機器などの精密機器や小型の装置まで、大小を問わずあらゆる装置の直動部位を有利に構成することができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態であるボールねじの全体構成を示す斜視図である。

【 図 2 】 同ボールねじの主要構成部を拡大して示す図で、図 2 (a) は正面図、図 2 (b) は図 2 (a) における B - B 線に沿った断面図である。

【 図 3 】 同ボールねじの構成部品を分解して示す斜視図である。

【 図 4 】 同ボールねじのねじ軸の製作工程を示すブロック図である。

30

【 図 5 】 同ボールねじのナットの製作工程を示すブロック図である。

【 図 6 】 同ボールねじを主要構成部として備えるボールねじアクチュエータを示す斜視図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 3 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、図面全体にわたって同一の符号は同一の構成部材または要素を示している。

【 0 0 4 4 】

実施形態 1

本発明に係るボールねじが図 1 ~ 図 3 に示されており、このボールねじ 1 は、ボールねじ溝 1 0 を外径面に有するねじ軸 2 と、このねじ軸 2 のボールねじ溝 1 0 に対応するボールねじ溝 1 1 を内径面に有するナット 3 と、このナット 3 のボールねじ溝 1 1 および上記ねじ軸 2 のボールねじ溝 1 0 の間に転動走行可能に配された複数のボール 4、4、... と、上記ナット 3 のボールねじ溝 1 1 に連通する循環路 1 2 を形成するボール循環路形成部材 5 とを備えてなり、このボール循環路形成部材 5 が、ナット 3 に組み付けられるリターンチューブ 6 からなるリターンチューブ循環方式とされている。

40

【 0 0 4 5 】

具体的には、図 2 (b) に示すように、ナット 3 の外周部に循環路 1 2 が形成されており、この循環路 1 2 により、ボール 4、4、... が上記両ボールねじ溝 1 0、1 1 からなるボール軌道に沿って循環するようにされている。

50

【 0 0 4 6 】

上記循環路 1 2 は、上記ボール軌道 1 0、1 1 の両端、つまりナット 3 のボールねじ溝 1 1 におけるボール転動部分の両端に連通されており、具体的には、上記リターンチューブ 6 から形成されている。

【 0 0 4 7 】

リターンチューブ 6 は循環路 1 2 のほぼ全長を形成するもので、鋼製の円筒チューブが図 2 (b) に示すように折曲形成されてなり、ナット 3 に設けられた取付け平面 3 a に、チューブクランプ 1 3 により取り付けられている。この場合、リターンチューブ 6 は、図示のように、ナット 3 の外径面輪郭 (二点鎖線参照) の内径側に位置する形状寸法とされる。1 4 はチューブクランプ 1 3 の締付けボルトを示す。

10

【 0 0 4 8 】

また、ナット 3 には嵌合凹部 1 5、1 5 が設けられており、これら嵌合凹部 1 5、1 5 に、上記リターンチューブ 6 の両端部 6 a、6 b が嵌合されて、位置決め固定されている。これらリターンチューブ 6 の両端部 6 a、6 b は、嵌合凹部 1 5 に連続するボールガイド孔 1 6 を介して、上記ナット 3 のボールねじ溝 1 1 にそれぞれ連通されている。

【 0 0 4 9 】

ボールガイド孔 1 6、1 6 は、それぞれ循環路 1 2 の両端部を形成しており、その円筒内径面が、上記ボール軌道 1 0、1 1 と面一にかつ同心状に、その接線方向へ延びて連続されている。また、このボールガイド孔 1 6 の一部はボールすくい上げ部 1 7 とされている。

20

【 0 0 5 0 】

ナット 3 の構成材料としては、ボール 4 からの衝撃等に対する耐強度、耐磨耗に優れた材料が用いられ、本実施形態においては、後述するようにマグネシウム合金が用いられている。特に、ボールすくい上げ部 1 7 は、ボール 4、4、... の衝突により衝突音や振動を生じやすい部位であるところ、ナット 3 が吸振性に優れたマグネシウム合金から構成されていることにより、その吸振効果により上記衝突音や振動が減少ないし減衰され得る。

【 0 0 5 1 】

しかして、以上のように構成されたボールねじ 1 において、ねじ軸 2 とナット 3 との相対的な回転運動により、ボール 4、4、... がボール軌道 1 0、1 1 に沿って移動しながら、ナット 3 は、ねじ軸 2 の軸線方向へ相対的に移動されることとなる。

30

【 0 0 5 2 】

また、ボール軌道 1 0、1 1 の一端へ移動したボール 4、4、... は、循環路 1 2 を介して上記ボール軌道 1 0、1 1 の他端へ戻って、再びこのボール軌道 1 0、1 1 を循環されることになる。この場合、ボール軌道 1 0、1 1 から循環路 1 2 へのボール 4 の移動は、ボールすくい上げ部 1 7 に衝接した後ボールガイド孔 1 6 に案内されて、リターンチューブ 6 へ導かれる。

【 0 0 5 3 】

以上のように構成されるボールねじ 1 は、具体的には、図 3 に分解して示される構成部品からなる。つまり、上述したように、主要構成部品としてのねじ軸 2、ナット 3、ボール 4、4、...、リターンチューブ 6 (ボール循環路形成部材 5) の他、ナット 3 の両端部分をシールするワイパーシール 2 0 がある。

40

【 0 0 5 4 】

このワイパーシール 2 0 は、図 1 に示すように、ナット 3 の両端部に装着されて、この部位におけるねじ軸 2 とナット 3 の境界を摺動可能に密封するもので、ナット 3 の内径面端部 3 b、3 b に、ロックピン 2 1、2 1 により取り付け固定されている。

【 0 0 5 5 】

そして、上記ボールねじ 1 は、上記構成部品のうち、少なくとも、構成材料の大半を占めるねじ軸 2 およびナット 3 が、実用金属中最も比重が小さく、比強度も最大であるマグネシウム合金から形成されてなる軽量化構造を備えてなる。本実施形態のボールねじ 1 においては、上記ねじ軸 2 とナット 3 がマグネシウム合金製とされている。また、これらマ

50

マグネシウム合金からなるねじ軸 2 とナット 3 の表面には表面硬化処理として窒化加工が施されて、表面に窒化膜が形成されている。

【0056】

このようなボールねじ 1 の構成は、本発明者による以下の着眼点に基づいた種々の試験研究の成果としてなされたものである。

【0057】

すなわち、マグネシウム合金は、純マグネシウムの比重が 1.78 と実用金属中最も小さく（ちなみに、アルミニウムの比重は 2.7、鉄の比重は 7.8）、比強度（＝強度 / 比重）も最大で、振動吸収性（減衰能力）に優れているなどのすぐれた特性を有する。

【0058】

一方で、マグネシウム合金は、活性な金属であることから、切削加工中に小さな切り屑や薄い切り屑が発生すると、その切り屑が発火して、周囲の切り屑や機械油などに引火して、火災につながり易いという危険性も有しており、安全管理が非常に難しい金属である。

【0059】

特に、ボールねじ 1 は、その構成部品の形状構造が細かくて複雑なため、切削加工中に小さな切り屑や薄い切り屑が発生しやすく、これが構成部品の構成材料としてのマグネシウム合金の採用を困難にしていた。

【0060】

本発明者は、これらマグネシウム合金の特性に基づいた種々の試験・研究を重ねた結果、以下に述べる製造方法確立に至り、細かく複雑な構造を有するボールねじ 1 の構成部品（本実施形態では、ねじ軸 2 およびナット 3）を、他の単純な形状構造の機械部品等と同様にマグネシウム合金で形成することに成功した。

【0061】

次に、このマグネシウム合金製のねじ軸 2 とナット 3 の製造方法について説明する。

【0062】

A. 加工方法について：

(1) 切削加工：

ねじ軸 2 を製造するねじ軸製造工程が図 4 に示されるとともに、ナット 3 を製造するナット製造工程が図 5 に示されており、これらの製造工程は、切削加工により行われている。

【0063】

このように加工方法として切削加工が採用されているのは、構成材料であるマグネシウム合金の金属特性に関係している。

【0064】

すなわち、マグネシウム合金は活性な金属で、加工中に小さな加工屑や薄い加工屑が発生すると、その加工屑が発火して、周囲の加工屑や機械油などに引火して、火災につながり易いという危険性を有しているが、マグネシウム合金そのものがいきなり発火するようなことはない。むしろ、加工中に小さな加工屑や薄い加工屑が発生すると、その発生した加工屑が発火して、周囲の加工屑や機械油などに引火して、火災につながり易いという捉え方が正しい。

【0065】

したがって、加工中に発生する切り屑の形状寸法をうまく制御することで、加工屑の発火を有効に防止することができる。しかも、マグネシウム合金は、その切削抵抗がアルミニウム合金の 2 分の 1 程度と小さく快削素材である。

【0066】

このようなマグネシウム合金の特性を考慮すると、切削加工により加工する方法が最も加工が容易かつ迅速で、しかも加工中に発生する加工屑の形状寸法を確実に制御しやすい。

【0067】

10

20

30

40

50

以上から、本実施形態においては、ねじ軸 2 およびナット 3 の加工手段として切削加工が採用されている。

【0068】

(2) 重切削：

また、この切削加工は重切削を行うことが望ましい。この重切削は、前述したように、マグネシウム合金の切削加工において、切削工具の送り量と切込み量を、発生する切り屑の形状寸法が切削熱により発火しない大きさとなるように設定して行う切削である。

【0069】

なお、上記重切削における切削工具の送り量と切込量（切削条件）は、加工対象となる特定のマグネシウム合金材料を特定の切削工具を用いて実際に切削する実験を通じて、最適値にそれぞれ調整し設定されることとなる。

【0070】

具体的には、加工対象となる特定のマグネシウム合金材料・切削切粉の発熱・発火防止の目的、およびマグネシウム合金材料の切削性を考慮したうえで、特定の切削工具による通常の切削条件（送り量・切込量）に対して適宜調整を加えていきながら、上記重切削における最適な切削条件（送り量・切込量）を決定する。

【0071】

すなわち、マグネシウム合金を切削加工する際に、送り量を小さくし過ぎたり、切込み量を小さくし過ぎたりすると、薄い切り屑や微細な切り屑が発生する。

【0072】

例えば、マシニング加工においては、回転する正面フライスやエンドミル等の切削工具の刃先をマグネシウム合金素材に軽く当てる局面や、切削終了時に切削工具を回転したままで送りを停止させるドウエル（Do Well）時で危険な形状寸法の切粉が発生することが試験的に判明している。

【0073】

このため、ドウエル時間をできるだけ少なくし、また、マグネシウム合金素材に切れ刃を当てるときは、薄い切り屑や微細な切り屑を発生させないように心掛ける必要がある。

【0074】

また、旋盤加工においては、回転する素材に切削工具であるバイトの刃先を軽く当てるといったような局面で発火しやすい薄い切り屑や微細な切り屑が生じやすいことが試験的に判明している。

【0075】

さらに、切削工具として、使い捨てのスローアウェイチップ（throw away tip）を有するつまりチップ交換式の切削工具が好適に使用され、この場合は、チップ自体に逃げ角がない（逃げ角 = 0°）ネガティブタイプ（negative type）でなく、チップ自体に逃げ角を有するポジティブタイプ（positive type）のものを選定することが望ましい。

【0076】

ちなみに、ネガティブタイプのものでは、切削抵抗が高くなる。一方、ポジティブタイプのものでは、水平に取り付けても切れ刃に逃げ角が確保され、切削抵抗を抑えたい場合に有利となる。

【0077】

B. 加工環境等について：

(1) 加工空間の清掃：

工作機械のテーブルや刃物台に排出された切り屑は素早く取り去って、テーブルや刃物台、その他を常に清掃した状態に保つよう心がける必要がある。

【0078】

切り屑が堆積した状態になっている場合、その上に発火した切り屑が落下すると、切り屑に引火する危険性が大きくなり、また、大量の切り屑が燃焼すると消火が困難になるからである。

【0079】

10

20

30

40

50

除去後の切り屑は工作機械回りに置かないで、延焼の心配のない場所へ移し、蓋のある乾燥した金属缶などの切り屑用容器を工作機械から離れた位置において、加工により生成された切り屑は、この切り屑用容器に入れて蓋をするという方法をとることが安全上望ましい。

【0080】

(2) 切り屑が発火したときの消化と発火予防：

慌てて水をかけることは絶対に避ける必要がある。発火したマグネシウム合金は、水を分解して水素ガスを発生させるので、燃焼を一層促進させてしまうからである。

【0081】

マグネシウム火災に備えて、乾燥した砂を用意しておく。発火や引火があったときは、広範囲に燃え広がる前に、速やかに砂を散布して消火するためである。

10

【0082】

この点に関して、マグネシウム合金に対して不活性な切削油剤の研究、開発が進んでおり、このような不活性な切削油の使用が望ましい。

【0083】

(3) マグネシウム合金の切削に関するその他の注意事項：

一般切削用の水溶性の切削油剤は使用しない。上述したように、マグネシウム合金は水を分解して水素ガスを発生させやすいからである。

【0084】

マグネシウム合金の切削加工が多い場合には、工作機械を特定して、マグネシウム合金加工専用にて、常に工作機械を清潔に乾燥した状態に保つ必要がある。

20

【0085】

また、切削油剤を使用する他材の切削と同一の工作機械を使用する場合には、工作機械をよく拭き取って、切り屑が湿気を帯びないように注意する必要がある。切り屑の保管にも注意が必要で、切り屑を他の材質のものと混合しないようにする。切り屑用容器に入れて保管する場合でも、容器に雨水が入ったり湿気を帯びないように注意する。

【0086】

C. 具体的な製造方法について：

以上のような加工条件の下、ねじ軸2とナット3の具体的な製造方法は以下のとおりである。

30

【0087】

(1) ねじ軸2の製造方法：

ねじ軸2の製造工程は以下の工程からなる。

【0088】

(a) ねじ軸ブランクの製作工程

マグネシウム合金素材から切削加工によりねじ軸ブランクを製作する工程で、具体的には、汎用のNC旋盤で棒状のマグネシウム合金素材から所定長さのねじ軸2のブランク(ねじ軸ブランク(ねじ軸原型))を製作する。

【0089】

この時に使用する切削工具は、ポジティブタイプのスローアウェイチップを有する切削工具が選定される。これは薄い切り屑や、細かい切り屑を極力発生させないためである。

40

【0090】

(b) ねじ軸外形形状の削り出し工程

上記ねじ軸ブランクから切削加工によりねじ軸の外形輪郭形状を削り出す工程で、具体的には、汎用のNC旋盤でねじ軸ブランクの外径面を旋削する。

【0091】

この時に使用する切削工具も、ポジティブタイプのスローアウェイチップを有する切削工具が選定される。

【0092】

(c) ボールねじ溝の形成工程

50

上記ねじ軸の外径面に切削加工によりボールねじ溝を形成する工程で、具体的には、汎用のNC旋盤でねじ軸2の外径面にボールねじ溝10を形成する。本実施形態においては、下ねじ切り工程、ねじ切り工程および軸端加工工程の3工程で構成されている。

【0093】

この時に使用する切削工具も、ポジティブタイプのスローアウェイチップを有する切削工具が選定される。

【0094】

(d) ねじ軸表面の窒化加工工程

上記ねじ軸2の表面を表面硬化処理を施して硬化させる工程で、本実施形態においては窒化加工処理によりねじ軸2の表面を硬化させる。

10

【0095】

ねじ軸2の耐久性を向上させるために、ねじ軸表面を硬化する必要があるが、一般的な鉄製のねじ軸では浸炭焼入れにより表面硬化を実現するが、マグネシウム合金は浸炭焼入れが不可能なので、窒化加工処理で表面硬化(窒化膜形成)を実現する。

【0096】

窒化加工処理は、ねじ軸2の表面をプラズマ加工にて窒素を定着させる加工方法で、ピッカーズ硬さで1,200を達成可能である。

【0097】

(2) ナット3の製造方法:

ナット3の製造工程は以下の工程からなる。

20

【0098】

(a) ナットブランクの製作工程

マグネシウム合金素材から切削加工によりナットブランクを製作する工程で、具体的には、汎用のNC旋盤でマグネシウム合金素材から所定形状寸法のナット3のブランク(ナットブランク(ナット原型))を製作する。

【0099】

この時に使用する切削工具は、ポジティブタイプのスローアウェイチップを有する切削工具が選定される。これは薄い切り屑や、細かい切り屑を極力発生させないためである。

【0100】

(b) ナット外形形状の削り出し工程

上記ナットブランクから切削加工によりナットの外形輪郭形状を削り出す工程で、具体的には、マシニングセンターによるフライス加工によりナットブランクの外径面を削り出すとともに、ボール4、4、...の循環するリターンパイプ6が入る穴部を加工する。

30

【0101】

この時に使用するマシニングセンターの切削工具も、ポジティブタイプのスローアウェイチップを有する切削工具が選定されるとともに、マシニングセンターによる上記穴部の加工(穴あけ加工)では、刃物の動きを指定した時間だけ止めるドウエル(Do Well)加工は避ける。薄い切り屑や、細かい切り屑を極力発生させないためである。

【0102】

(c) ボールねじ溝の形成工程

上記ナットの内径面に切削加工によりボールねじ溝を形成する工程で、具体的には、汎用のNC旋盤でナット3の内径面にボールねじ溝11を形成する。

40

【0103】

この場合、ナット3のパイプ穴(嵌合凹部15、ボールガイド孔16、ボールすくい上げ部17)とボールねじ溝11との位相関係がナット3の性能を左右するので、特に高精度での加工が行われる。

【0104】

この時に使用する切削工具も、ポジティブタイプのスローアウェイチップを有する切削工具が選定される。

【0105】

50

(d) ナット表面の窒化加工工程

上記ナット3の表面を表面硬化処理を施して硬化させる工程で、本実施形態においては窒化加工処理によりナット3の表面を硬化させる。

【0106】

ナット3の耐久性を向上させるために、ナット表面を硬化する必要があるが、一般的な鉄製のナットでは浸炭焼入れにより表面硬化を実現するが、マグネシウム合金は浸炭焼入れが不可能なので、窒化加工処理で表面硬化（窒化膜形成）を実現する。

【0107】

窒化加工処理は、ナット3の表面をプラズマ加工にて窒素を定着させる加工方法で、ピッカース硬さで1,200を達成可能である。

【0108】

(e) ボール循環路形成部品5の取り付け工程

上記ナットにボール循環路形成部品5を取り付ける工程で、本実施形態においてはリターンチューブ6をナット3の取付け平面3aに、チューブクランプ13により取り付ける。

【0109】

この際、ナット3の嵌合凹部15、15に、上記リターンチューブ6の両端部6a、6bが嵌合されて、嵌合凹部15に連続するボールガイド孔16を介して、ナット3のボールねじ溝11にそれぞれ連通される。

【0110】

以上のように構成された本実施形態のボールねじ1は、例えば、図6に示すようなボールねじアクチュエータ30の主要部として好適に使用されて、各種装置の直進動作部（図示省略）を構成する。

【0111】

上記ボールねじアクチュエータ30は、電動モータ31と上記ボールねじ1を主要部として備えてなり、ボールねじ1のねじ軸2が上記電動モータ31の回転軸31aにカップリング32を介して同軸状に駆動連結されるとともに、ボールねじ1のナット3が図外の直動対象部に一体接続される構造とされている。

【0112】

具体的には、本体ベース35上に、電動モータ31がモータブラケット36により水平状態で支持されるとともに、ボールねじ1のねじ軸2が軸受装置37、37を介して水平回転可能に軸承され、このねじ軸2の基端がカップリング32により電動モータ31の回転軸31aに同軸状にかつ一体回転可能に接続されている。

【0113】

また、ボールねじ1のナット3は、ナットハウジング38と一体結合されるとともに、このナットハウジング38が、移動ブロック39a、39aを介して、本体ベース35上に上記ねじ軸2と平行に延びて設けられたガイドレール39b、39bに沿って直線移動可能とされている。

【0114】

以上のように、本実施形態のボールねじ1によれば、ボールねじ溝10を外径面に有するねじ軸2と、このねじ軸2のボールねじ溝10に対応するボールねじ溝11を内径面に有するナット3と、このナット3のボールねじ溝11およびねじ軸2のボールねじ溝10の間に転動走行可能に配された複数のボール4、4、...と、上記ナット3のボールねじ溝11に連通する循環路12を形成するリターンチューブ6（ボール循環路形成部材5）とを備えてなり、上記ねじ軸2およびナット3がマグネシウム合金から形成されているから、以下に列挙するような優れた効果が発揮されて、大小を問わず、十分な強度を保持しつつ大幅な軽量化が可能な構造を備えたボールねじ1を提供することができる。

【0115】

(i) 構成材料の大半を占めるねじ軸2およびナット3が、実用金属中最も比重が小さく、比強度も最大であるマグネシウム合金から形成されていることにより、十分な強度を確

10

20

30

40

50

保しつつ、従来に比較して大幅なボールねじ 1 の軽量化を実現することができる。

【0116】

(ii) しかも、ボールねじ 1 の構造ではなく、その構成材料自体の改良に係るものであることから、ボール循環形式等の種類の如何にかかわらず、基本構造を同じくするすべてのボールねじの軽量化に寄与し得るものであり、汎用性に富む。

【0117】

(iii) ねじ軸 2 およびナット 3 が振動吸収性（減衰能力）に優れているマグネシウム合金から形成されていることにより、特に、ボール 4、4、... の衝突により衝突音や振動を生じやすい部位である、ボールすくい上げ部 17 における上記衝突音や振動が減少されないし減衰され得る。

10

【0118】

(iv) 本実施形態の製造方法によれば、活性な金属であるマグネシウム合金からなるボールねじ 1 の構成部品であっても、切削加工中に薄い切り屑や細かな切り屑の発生を最小限に抑えられて、切り屑の発火に起因する火災発生の危険性もなく、安全に製作することができ、その結果、上述した (i) および (ii) の特有の効果が有効に発揮され得るボールねじ 1 を製造することができる。

【0119】

(v) 本実施形態のボールねじアクチュエータ 30 によれば、上述した (i) ~ (iii) の特有の効果が有効に発揮される結果、工作機械や搬送機械などの大型の装置から、医療機器や航空宇宙機器などの精密機器や小型の装置まで、大小を問わずあらゆる装置の直動部位を有利に構成することができる。

20

【0120】

実施形態 2

本実施形態においては、実施形態 1 のねじ軸 2 およびナット 3 に加えて、ボール 4、4、... もマグネシウム合金から形成されている。

【0121】

ボール 4 の製造方法は、具体的には図示しないが、基本的に従来一般の鋼球の製造方法と同様であり、最後に表面を窒化加工して完成させる。

【0122】

しかして、以上のようにボール 4、4、... もマグネシウム合金製とすることにより、実施形態 1 のボールねじ 1 よりもさらに軽量化構造のボールねじが得られる。

30

その他の構成および作用は実施形態 1 と同様である。

【0123】

実施形態 3

本実施形態においては、実施形態 2 のねじ軸 2、ナット 3 およびボール 4、4、... に加えて、さらにボール循環路形成部材 5 を構成するリターンチューブ 6 もマグネシウム合金から形成されている。

【0124】

リターンチューブ 6 の製造方法は、具体的には図示しないが、基本的に従来一般の鋼管製リターンチューブの製造方法と同様であり、最後に表面を窒化加工して完成させる。

40

【0125】

しかして、以上のようにリターンチューブ 6 もマグネシウム合金製とすることにより、ボールねじ 1 のほとんどの構成部品がマグネシウム合金製となり、軽量化がさらに進んだボールねじが得られる。

その他の構成および作用は実施形態 2 と同様である。

【0126】

なお、上述した実施形態 1 ~ 3 はあくまでも本発明の好適な実施態様を示すものであって、本発明はこれに限定されることなく、その範囲内で種々の設計変更が可能である。例えば、以下に列挙するような改変例が可能である。

【0127】

50

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 3 G 1/32

C 2 3 C 8/36