

(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
2015年12月3日(03.12.2015)



(10) 国際公開番号

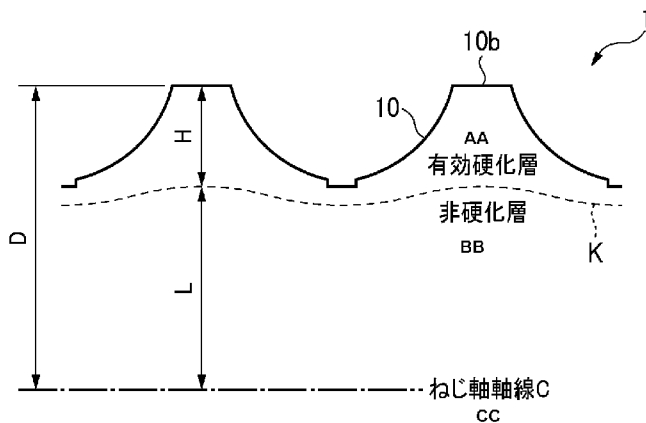
WO 2015/182764 A1

- (51) 国際特許分類:
C21D 9/00 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
F16H 25/24 (2006.01) C22C 38/44 (2006.01)
C21D 1/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/065638
- (22) 国際出願日: 2015年5月29日(29.05.2015)
- (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 2014-112386 2014年5月30日(30.05.2014) JP
特願 2014-119697 2014年6月10日(10.06.2014) JP
特願 2014-224033 2014年11月4日(04.11.2014) JP
特願 2015-012610 2015年1月26日(26.01.2015) JP
特願 2015-013626 2015年1月27日(27.01.2015) JP
- (71) 出願人: 日本精工株式会社(NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎一丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 阿部 成晃(ABE Naruaki); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 飛鷹 秀幸(HIDAKA Hideyuki); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 渡辺 靖巳(WATANABE Yasumi); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所, 外(EIKOH PATENT FIRM, P.C. et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,

[続葉有]

(54) Title: BALL SCREW DEVICE

(54) 発明の名称: ボールねじ装置



(57) Abstract: The screw shaft of this ball screw device has a structure produced through high-frequency heat treatment of high-carbon bearing steel, in which an effective hardness layer having hardness of HV 500 or greater is formed in a specific area extending from the surface, and a non-hardened layer having hardness of less than HV 500 contains a ferrite phase or a carbide phase. The carbide area ratio at the groove bottoms is 1.5% or above, and the surface carbide area ratio in an area extending 50 μ m from the surface in the track surface is 1.5% or greater.

(57) 要約: ボールねじ装置のねじ軸が、高炭素軸受鋼を高周波熱処理してなり、かつ、硬さがHV500以上である有効硬化層を表面から特定の領域に形成し、硬さがHV500未満である非硬化層がフェライト相または炭化物相を含有する組織とし、溝底での炭化物面積率が1.5%以上で、軌道面における表面から50 μ mまでの領域での表面炭化物面積率が1.5%以上にする。

FIG. 1:
AA Effective hardness layer
BB Non-hardened layer
CC Screw shaft axis

WO 2015/182764 A1



PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, 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).

- (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, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, 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,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： ボールねじ装置

技術分野

- [0001] 本発明はボールねじ装置に関し、特に搬送・位置決め用に適したボールねじ装置に関する。
- [0002] ボールねじ装置は、回転運動を直線運動に変換する装置であり、運動は転がりによって行われるため、ボールねじ装置に要求される機能としては直線運動の位置決め精度と、回転運動に対する転がり寿命とがある。ボールねじ装置は、射出成形機用途と、搬送・位置決め用途とに大別されるが、使用環境が大きく異なるため、それぞれの用途に応じた品質の作りこみが必要である。一般に、射出成形機用のボールねじ装置では、高い荷重が繰り返しかかるため、寿命が優先されるのに対し、搬送・位置決め用のボールねじ装置では位置精度が優先される。
- [0003] 但し、搬送・位置決め用のボールねじ装置においても、試験機等の駆動等に利用される場合や、重量物の搬送に利用される太径長尺のボールねじ装置では、繰り返し数こそ少ないものの、高い荷重が付与されるため、転がり寿命も無視できない。この場合の転がり寿命としては、はく離による寿命よりも摩耗による寿命が支配的になる。転がり耐久性が向上すれば、ボールねじ装置の小型化が可能となり、必然的にそれが組み込まれる装置も小型化される。近年の省資源化の観点からも位置決め精度と転がり耐久性とを同時に向上させる要求が高まっており、これらを高いレベルで両立することは容易ではない。
- [0004] ねじ軸の材料と熱処理との組み合わせは、現状、低炭素鋼への浸炭処理、中炭素鋼への高周波熱処理になっている。前者は、転がり寿命が要求される場合にしばしば用いられる。これは、浸炭窒化によって表面の炭素量を高め易いことに起因している。しかし、熱処理変形があるため、実際には炭素量は0.7%程度が限界になっている。浸炭処理の場合、表面の炭素濃度が高まるため、部分的に残留オーステナイトが生じ、これが使用中にマルテンサ

イト変態することで寸法に変化が生じる。サブゼロ処理等により残留オーステナイト量を使用前にゼロにすることも可能であるが、今度は、マルテンサイトの収縮により寸法の変化が起こる。従って、浸炭処理を行う限り、寸法変化は避けられず、寸法安定性の更なる向上は難しい。

[0005] これに対して高周波熱処理は、表面のみをマルテンサイト変態させるため、寸法安定性に有利である。しかし、処理対象となる鋼材は、S A E 4 1 5 0 に代表される 0.5 %炭素鋼であるが、これは高周波熱処理においてこれ以上炭素量を高めると、熱処理後の変形矯正にて割れが生じる場合があるためである。実際に、ボールねじ装置のねじ軸に限らず、高周波熱処理が適用される機械部品の炭素量は 0.5 質量%程度のものが極めて多い。転がり面の特性は炭素量に依存するため、浸炭品ほどの転がり耐久性は得られず、必然的に負荷荷重が小さく、位置決め精度が要求される用途に用いられている。尚、高周波熱処理については、特許文献 1、2 等を参照することができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：日本国特開 2 0 1 0 - 9 0 9 2 4 号公報

特許文献2：日本国特開 2 0 0 5 - 2 9 9 7 2 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、搬送・位置決め用のボールねじ装置においても、位置決め精度とともに、更なる転がり耐久性の向上に対する要求は強い。そこで本発明は、より優れた寸法安定性と耐久性とを両立させたねじ軸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

[0008] 上記課題を解決するために、本発明は下記のボールねじ装置を提供する。

(1) 外周面に螺旋溝を有するねじ軸と、前記ねじ軸の螺旋溝に対向する螺

旋溝を内周面に有するボールナットと、前記両螺旋溝間に介挿されるとともにボールナットに設けたボール循環路によって循環可能とされた複数個のボールとを備えるボールねじ装置において、

前記ねじ軸が、高炭素軸受鋼を高周波熱処理してなり、かつ、

硬さがHV500以上である有効硬化層の表面からの深さが、該ねじ軸の外径から軸線までの距離の60%以下であり、硬さがHV500未満である非硬化層がフェライト相または炭化物相を含有する組織であり、溝底での炭化物面積率が1.5%以上で、軌道面における表面から50 μ mまでの領域での表面炭化物面積率が1.5%以上であることを特徴とするボールねじ装置。

(2) 前記高炭素軸受鋼が、マンガン、クロム及びモリブデンを含有し、それぞれの含有量[Mn]、[Cr]及び[Mo]（何れも質量%）と、前記表面炭化物面積率とで表される下記式1の値が19～245であることを特徴とする上記(1)記載のボールねじ装置。

式1 = ([Mn] + 10[Cr] + 20[Mo]) × 表面炭化物面積率

(3) 前記ねじ軸の径方向断面における平均残留オーステナイト量が4.5質量%以下であり、かつ、溝底における旧オーステナイト粒径が30 μ m以下であることを特徴とする上記(1)または(2)記載のボールねじ装置。

発明の効果

[0009] 本発明のボールねじ装置では、ねじ軸を高炭素軸受鋼製とし、これを高周波熱処理して有効硬化層の形成領域を特定し、非硬化層をフェライト相または炭化物相を含有する組織にするとともに、溝底及び表層部における各炭化物面積率を特定範囲にすることにより、これまでよりも優れた寸法安定性及び耐久性を有するようになる。そのため、搬送・位置決め用のボールねじ装置として、高い位置決め精度を長期間維持することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]ねじ軸の軸線方向に沿った断面図であり、有効硬化層及び非硬化層の形成状態を示す模式図である。

[図2]ねじ軸の軸線方向に沿った断面図であり、有効硬化層及び非硬化層の形成状態の他の例を示す模式図である。

[図3]有効硬化層割合と、寸法変化率比との関係を示すグラフである。

[図4]式2の値と、抗折強度比との関係を示すグラフである。

[図5]表面炭化物面積率と、損傷比との関係を示すグラフである。

[図6]式1の値と、損傷比との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明に関して図面を参照して詳細に説明する。

[0012] 本発明のボールねじ装置は、外周面に螺旋溝を有するねじ軸と、前記ねじ軸の螺旋溝に対向する螺旋溝を内周面に有するボールナットと、前記両螺旋溝間に介挿されるとともにボールナットに設けたボール循環路によって循環可能とされた複数個のボールとを備える。そして、ねじ軸を高炭素軸受鋼製とし、これを高周波熱処理して表面に有効硬化層を形成したものである。尚、ボールやボールナット等、ねじ軸以外には制限は無い。

[0013] 高炭素軸受鋼は転がり耐久性向上のために使用するが、好ましくは炭素含有量が0.9～1.2質量%を含むことが好ましい。炭素含有量を多くすることにより、浸炭処理並みの炭素量を基地に溶け込ませれた上で、摩耗特性に有効な炭化物を溝底や軌道面に残存させることができる。好ましくは、炭素含有量を0.95質量%以上にする。尚、炭素含有量が多くなりすぎると粗大な炭化物が残留するようになり、耐久性等に影響するため、1.2質量%以下とすることが好ましい。

[0014] また、鋼材は、炭素以外にマンガン、クロム及びモリブデンを含有することが好ましい。これらの元素は何れも焼入れ性を向上させる元素であり、好ましくは、下記式1の値が19～245となるように、それぞれの含有量[Mn]、[Cr]、[Mo]（何れも質量%）を調整することが好ましい。式1の値は、より好ましくは53～189である。尚、表面炭化物面積率については、後述する。

$$\text{式1} = ([\text{Mn}] + 10 [\text{Cr}] + 20 [\text{Mo}]) \times \text{表面炭化物面積率}$$

[0015] このような高炭素軸受鋼としては、J S I G 4805の高炭素クロム軸受鋼や、I S O 683-17の軸受鋼、S U J 2~5鋼、100CrMnSi6-4鋼等が挙げられるがS U J 2~5鋼及び100CrMnSi6-4鋼が好ましい。

[0016] 寸法安定性については、硬さがHV500以上である有効硬化層の形成状態と、HV500未満の非硬化層の組織を特定することにより向上させることができる。浸炭品と高周波熱処理品の寸法変化の挙動を精査した結果、浸炭品は軸方向と径方向に等方的に寸法変化するが、高周波熱処理品は主に径方向に寸法変化することは判明した。この高周波熱処理品における寸法変化は、芯部を構成する非硬化層の組織がパーライトや球状化組織等の安定なフェライト相や炭化物相を含有する組織で、かつ、この組織がある一定の体積割合で形成されるときに生じることも判明した。これは、芯部が熱的に安定な組織であり、寸法の変化が生じず、芯部が表面とつながっているために、軸方向に表面が拘束され、結果として膨張が径方向のみに生じたと考えられる。即ち、非硬化層の組織と、その体積率とを制御することにより、表面の残留オーステナイト量に関わらず、寸法安定性を確保することが可能になる。

[0017] このような知見から、本発明では、高周波熱処理して得られる有効硬化層の、ねじ軸断面における割合を60%以下とする。具体的には、図1に示すように、有効硬化層が形成されている領域をむすんで形成される曲線Kの、ランド部10aの中央からの距離Hを、ねじ軸1の外径から軸線Cまでの長さDの60%以下、好ましくは40%以下とする。換言すれば、非硬化層が形成されている領域において、軸線Cからランド部10aの中央までの長さLを40%以上、好ましくは60%以上とする。長さDまたはLが、この範囲以外では目的とする寸法安定性が得られない。

[0018] 変形矯正時の割れについては、溝底の組織を制御することにより解消することができる。変形矯正は焼入れ後に行われるが、溝（図1の符号10）は焼入れ前に形成されているため、変形は主に溝底に集中する。従って、溝底

の耐割れ特性を向上させることが有効になる。また、耐割れ特性の向上には、炭素の溶け込む量をできるだけ抑制した上で、結晶粒を微細化することも有効である。前者については、使用する鋼材の炭素量がほぼ決まっているため、炭化物を残存させることが有効である。後者については、加熱中の結晶粒成長を抑制することが重要であり、炭化物によるピン止め効果が効果的である。即ち、耐割れ性向上のために、溝底の組織において、炭化物を残存させることが有効であり、本発明では溝底の炭化物面積率を1.5%以上とし、25%以上において後述する実施例の抗折試験で特に優れた抗折強度が得られる。

[0019] 更に、溝底における旧オーステナイト粒径が微細であることが好ましく、具体的には30 μm 以下が好ましく、24 μm 以下がより好ましい。

[0020] また、耐割れ性向上のために、軌道面における表面から50 μm までの領域での炭化物面積率（溝底の炭化物面積率と区別するために、「表面炭化物面積率」という。）を1.5%以上、好ましくは5%以上にする。

[0021] また、ねじ軸は、径方向断面において、平均残量オーステナイト量が4.5体積%以下であることが好ましい。この平均残留オーステナイト量が4.5体積%を超えると、寸法変化率が大きくなる。

[0022] 以上に加えて、ボールねじ装置ではねじ軸が露出しているため異物が付着しやすく、異物による表面起点型のはく離が発生しやすいが、表面の残留オーステナイト量を高めることにより剥離の発生を抑えることができる。具体的には、剥離発生を効果的に抑えるために、残留オーステナイト量を15体積%以上、好ましくは20体積%以上とする。しかし、残留オーステナイト量が45体積%より多くなるとミクロ組織の粗大化が起こるため、上限は45体積%が好ましい。また、このような表面の残留オーステナイト量を45体積%以下にすることにより、軸方向の寸法安定性にも優れるようになる。

[0023] 本発明では、硬化に際して高周波熱処理を行うが、この高周波熱処理では、高周波電源に接続したコイルに、高炭素軸受鋼からなる丸棒素材を挿通し、コイルに高周波電流を流す。それにより、高周波の電磁場によって丸棒素

材の表面に渦電流が流れ、丸棒素材の表面が加熱される。このとき、コイル幅を広くて溝をまとめて加熱することにより、図 1 に示すように有効硬化層を溝底よりも深い位置にまで一様に形成することができる。また、コイル幅を狭くして、コイルを丸棒素材の軸方向に移動させることにより溝を 1 列ずつ硬化させ、図 2 に示すように溝の山部毎に有効硬化層を形成することもできる。本発明では、何れの加熱様式も可能である。そして、加熱後は、丸棒素材に水溶性焼入れ液を溶解した水溶液等を噴射して急冷する。

[0024] 尚、高周波の周波数や出力（電圧と電流）、処理時間（コイルの移動速度）等の処理条件は、有効硬化層や非硬化層、溝底での炭化物面積率、表面炭化物面積率等を満たすように、ねじ軸の寸法（特に直径）に応じて適宜設定する。

実施例

[0025] 以下に実施例を挙げて本発明を更に説明するが、本発明はこれにより何ら制限されるものではない。

[0026] （試験 1）

表 1 に示す合金組成の高炭素軸受鋼からなる丸棒素材に溝加工を施した後、条件を変えながら高周波熱処理を施してねじ軸を作製した。尚、ねじ軸は、日本精工株式会社製ボールねじ装置「BS6316-10.5（呼び：JIS B1192；63×16×300-Ct7）」を模したものであり、諸元を下記に示す。

- ・ねじ軸の外径：63 mm
- ・リード ：16 mm

[0027] [表1]

表 1

鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
A	1.00	0.50	1.02	1.10	0.03	0.00
B	1.12	1.20	1.10	1.58	0.03	0.00
C	0.98	0.23	0.36	1.41	0.02	0.01
D	0.95	0.15	0.20	1.30	0.15	0.02
E	0.48	0.22	0.85	0.92	0.21	0.00

注）各元素の含有量の単位は質量％であり、残部は鉄及び不可避免的不純物である。

[0028] 尚、高周波熱処理は、ねじ溝をまとめて焼入れ、または溝を1列ずつ焼入れした。この熱処理方法の違いにより、有効硬化層の形成状態が異なり、ねじ溝をまとめて焼入れした場合には図1に示すような有効硬化層が形成され、溝を1列ずつ焼入れした場合には図2に示すような有効硬化層が形成されていた。有効硬化層の形成状態を表2に、図1または図2として示す。

[0029] 作製したねじ軸について、有効硬化層の深さから、有効硬化層の割合を求めた。即ち、図1を参照して説明すると、ねじ軸1をランド部10aの中央で切断した断面において、ランド10aの中央から軸線Cに垂直になるように下した線上における、有効硬化層までの距離Hと、ねじ軸1の外径の軸線Cまでの長さDとを求め、HとDとの割合から有効硬化層の体積分率を算出した。結果を表2に示す。

[0030] また、作製したねじ軸について、時効変形に伴う軸方向のリード寸法変化を測定した。結果を表2に示すが、比較例2に対する相対値（リード変形率比）で示す。また、図3に、有効硬化層割合と、軸方向のリード寸法変化率比との関係をグラフ化して示す。

[0031] 更に、作製したねじ軸について、軌道面表面の残留オーステナイト量、断面における平均残留オーステナイト量を測定するとともに、非硬化層（芯部）の組織を化学分析した。結果を表2に示す。

[0032]

[表2]

表 2

	銅種	有効硬化層 面積率 (%)	表面γR量 (体積%)	平均γR量 (体積%)	芯部組織	軸方向のリード 変化率比	有効硬化層 パターン
実施例 1	A	17	9	1.2	パーライト	0.90	図1
実施例 2	C	19	13	1.3	パーライト	0.89	図2
実施例 3	A	20	16	1.5	パーライト	0.90	図2
実施例 4	A	22	19	1.8	パーライト	0.90	図2
実施例 5	A	29	24	2.5	球状炭化物	0.89	図1
実施例 6	D	35	28	2.7	パーライト	0.92	図1
実施例 7	A	48	31	3.7	パーライト	0.90	図2
実施例 8	B	60	38	4.5	パーライト	0.89	図1
比較例 1	A	69	46	6.5	パーライト	1.45	図1
比較例 2	E	25	6	0.1	焼戻しマルテンサイト	1.00	図1

[0033] 実施例 1 ～ 8 では、有効硬化層割合が増加しても、軸方向のリード寸法変化率はほぼ一定であるのに対し、比較例 1 では有効硬化層割合が大きくなっ

ており、それに伴って軸方向のリード寸法変化率も大きくなっている。また、比較例 2 は、現行の搬送・位置決め用のボールねじ装置のねじ軸に用いられる材料及び熱品質を模している。実施例では有効硬化層割合が 60%以下であり、有効硬化層割合を 60%以下が寸法変化の抑制に効果的であることがわかる。

[0034] また、芯部は、実施例ではフェライト相とセメンタイト相とから形成されるパーライト組織、または球状化組織であった。更に、実施例では、平均残留オーステナイト量が 4.5 体積%以下であり、平均残留オーステナイト量を 4.5 質量%以下にすることも有効であるといえる。

[0035] (試験 2)

表 3 に示すように表 1 に示す鋼材からなる棒状素材（直径 12.8 mm）を用い、長手方向中央部の円周上に 1.5 R の溝を形成した。溝深さは 1.5 mm であり、溝の幅は 3 mm である。その後、周波数 10～30 kHz にて、出力と加熱時間を変えながら高周波熱処理してねじ軸を作製した。作製したねじ軸について、溝底の炭化物面積率及び旧オーステナイトの結晶粒径を測定した。また、高周波熱処理前の組織を調査した。結果を表 3 に示す。

[0036] また、作製したねじ軸を抗折試験に供した。抗折試験では、対物ヘッドからねじ軸に押し込み荷重を加え、亀裂が生じたときの最大押し込み荷重を測定した。結果を表 3 に示すが、現行品を模擬した比較例 3 に対する相対値（抗折強度比）で示す。

[0037]

[表3]

表 3	鋼種	溝底の炭化物面積率 (%)	溝底の旧オーステナイト 粒径 (μm)	高周波熱処理前組織	式2の値	抗折強度比
実施例 9	B	1. 5	15	パーライト	2. 34	1. 8
実施例 10	A	9. 0	14	フェライト+球状化セメンタイト	2. 22	1. 7
実施例 11	A	4. 2	30	パーライト	1. 72	1. 5
実施例 12	C	30. 1	13	パーライト	3. 63	5. 0
実施例 13	D	8. 3	24	フェライト+球状化セメンタイト	2. 38	2. 4
実施例 14	A	25. 0	11	フェライト+球状化セメンタイト	3. 85	5. 0
実施例 15	A	11. 4	16	巻戻しマルテンサイト	2. 29	1. 5
実施例 16	A	10. 1	24	パーライト	2. 00	1. 7
比較例 3	E	0. 6	24	巻戻しマルテンサイト	1. 48	1. 0
比較例 4	A	0. 9	12	パーライト	1. 66	0. 8
比較例 5	E	0. 6	52	巻戻しマルテンサイト	1. 46	0. 2

[0038] 実施例 9 ～ 16 では、抗折強度比が 1. 5 倍以上であり、比較例 3 を上回っている。実施例は、何れも溝底の炭化物面積が 1. 5 % 以上である。また

、溝底の炭化物面積率が25%以上である実施例12及び実施例15では抗折強度比が5.0であり、亀裂が生じる前に試験を停止した。このことから、溝底の炭化物面積率を1.5%以上とすることにより、曲がり矯正に対する容易性が高まることがわかる。溝底の炭化物面積率は高いほど好ましく、25%以上でより効果的であるといえる。

[0039] また、比較例5では、溝底における旧オーステナイトの粒径が $52\mu\text{m}$ まで粗大化しており、抗折強度も大きく低下している。実施例9～16では何れも $30\mu\text{m}$ 以下であり、溝底の炭化物面積率を1.5%以上に加えて、溝底における旧オーステナイトの粒径を $30\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましいといえる。

[0040] 更に、これらの結果から、炭素、ケイ素及びモリブデンの各含有量（ $[\text{C}]$ 、 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{Mo}]$ ）と、溝底における炭化物面積率及び旧オーステナイトの粒径に関する式2の値と、抗折強度比との間に相関があることを見出した。式2の値を表3に併記するとともに、図4に抗折強度比との関係をグラフ化して示すが、式2の値が1.72以上になると、抗折強度比を大きくできることが判明した。

$$\text{式2} = (\text{溝底の炭化物面積率} / \text{溝底の旧オーステナイト粒径}) + 2([\text{C}] - 0.45) + 0.6[\text{Si}] + 6[\text{Mo}]$$

[0041] (試験3)

本試験では、耐摩耗性を評価した。ボールねじ装置における摩耗は、油膜が形成されないことによる金属接触を原因とした凝着摩耗である。そこで、ボールオンディスク摩耗試験を利用して耐摩耗性を評価した。

[0042] 即ち、表4に示すように表1に示す鋼材を切削加工し、仕上げ加工した後に、周波数10～30kHzで、出力と加熱時間を変えて高周波熱処理を施して種々のミクロ組織を持つ試験片を作製した。ミクロ組織の評価は、ボールが通過する軌道面表面で行った。ミクロ組織の評価は、埋め込み表面研磨等の組織観察準備の後、ピクラールにて腐食を行い、光学顕微鏡またはSEMにて1000～3000倍の写真を5枚撮影し、色相を炭化物と基地とで

2分化した後、表面から50 μm までの領域における炭化物面積率（表面炭化物面積率）を求めた。

[0043] 一方で、同様にしてボールオンディスク試験用の試験片を作製し、下記条件にて摩耗痕の深さを測定し、この摩耗深さと摩耗痕の形状とから摩耗体積を算出した。結果を表4に示すが、比較例7の摩耗体積を1としたときの比率（損傷比）を示しており、その値が大きいほど耐摩耗性に優れていることを示す。また、図5に表面炭化物面積率と損傷比との関係をグラフ化して示す。

<試験条件>

- ・試験片 : $\phi 60\text{ mm} \times$ 厚さ 6 mm の平板状試験片
- ・試験方式 : ボールオンディスク
- ・鋼球 : SUJ2製3/8インチ
- ・潤滑方式 : ドライ
- ・荷重 : 100 g
- ・回転数 : 100 min^{-1}
- ・試験時間 : 200 秒

[0044]

[表4]

表 4	鋼種	表面炭化物面積率 (%)	式1の値	損傷比
実施例17	B	3.0	53	1.8
実施例18	A	1.5	19	1.2
実施例19	C	5.0	74	1.8
実施例20	D	6.7	108	2.1
実施例21	A	11.0	139	2.2
実施例22	B	10.5	184	2.2
実施例23	D	14.0	245	1.5
実施例24	A	15.0	189	2.1
比較例6	A	0.6	8	1.1
比較例7	E	0.3	4	1.0

[0045] 実施例17～24は、損傷比が1.2以上であり、耐摩耗性が向上しているが、何れも表面炭化物面積率が1.5%以上である。従って、表面炭化物面積率を1.5%以上にすることにより、耐摩耗を向上させて耐久性の向上に効果があることがわかる。

[0046] また、マンガン、クロム、モリブデンの各含有量（[Cr]、[Cr]、[Mo]）と、表面炭化物面積率に関する式1と、損傷比との間に相関があることを見出した。式1の値を表4に併記するとともに、図6に損傷比との関係をグラフ化して示すが、式1の値19～245の範囲で、標準的なねじ軸である比較例7に比べて耐摩耗性を十分に向上させることができ、53～189の範囲でより好ましいことが判明した。

$$\text{式1} = ([\text{Mn}] + 10 [\text{Cr}] + 20 [\text{Mo}]) \times \text{表面炭化物面積率}$$

[0047] (試験4)

上記試験結果を基に、ボールねじ装置「BS12025」を作製し、下記条件により耐久性試験を行い、計算寿命と比較して計算寿命比を求めた。ねじ軸の作製に際し、表5に示すように表1の鋼材からなる棒状素材を溝加工し、高周波熱処理により溝のねじ山に沿って1列ずつ移動焼きを行った。熱処理後に研磨加工を行い、切断等の試料調整を得た後、品質の確認を行った。結果を表5に示す。

<試験条件>

- ・ねじ軸の外径 : 120 mm
- ・リード : 25 mm
- ・ボールの直径 : 19.05 mm
- ・試験荷重 : 300 kN
- ・最高回転速度 : 500 min⁻¹
- ・ナットの素材 : SCM420
- ・セパレータの材質 : 66ナイロン
- ・循環方式 : SRC方式
- ・潤滑剤 : リューベ株式会社製「YS2 グリース」

[0048]

[表5]

表 5	鋼種	有効硬化層 面積率 (%)	溝底の炭化物 面積率 (%)	表面炭化物 面積率 (%)	式1の値	計算寿命比	損傷比
実施例25	A	15	10	8	126	2.0	1.8
実施例26	B	16	13	9	228	2.3	1.9
実施例27	C	17	8	6	119	2.2	1.6
実施例28	D	15	15	12	243	2.0	2.1
比較例8	E	16	0.7	0.5	10	0.6	1.0

[0049] 表5に示すように、実施例25～28は、有効硬化層割合が60%以下、溝底の炭化物面積率が1.5%以上、表面炭化物面積率が1.5%以上であることから、上記試験条件のように過酷な環境下でも、計算寿命に対して2倍以上の寿命が得られている。また、寿命は損傷比と一致しており、各実施

例の損傷比は、比較例 8 に対して良好になる。

[0050] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2014 年 5 月 30 日出願の日本特許出願（特願 2014-112386）、2014 年 6 月 10 日出願の日本特許出願（特願 2014-119697）、2014 年 11 月 4 日出願の日本特許出願（特願 2014-224033）、2015 年 1 月 26 日出願の日本特許出願（特願 2015-012610）、2015 年 1 月 27 日出願の日本特許出願（特願 2015-013626）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明のボールねじ装置は、優れた寸法安定性と耐摩耗性とを両立させたねじ軸を備えることから、特に搬送・位置決め用に適したボールねじ装置に有用である。

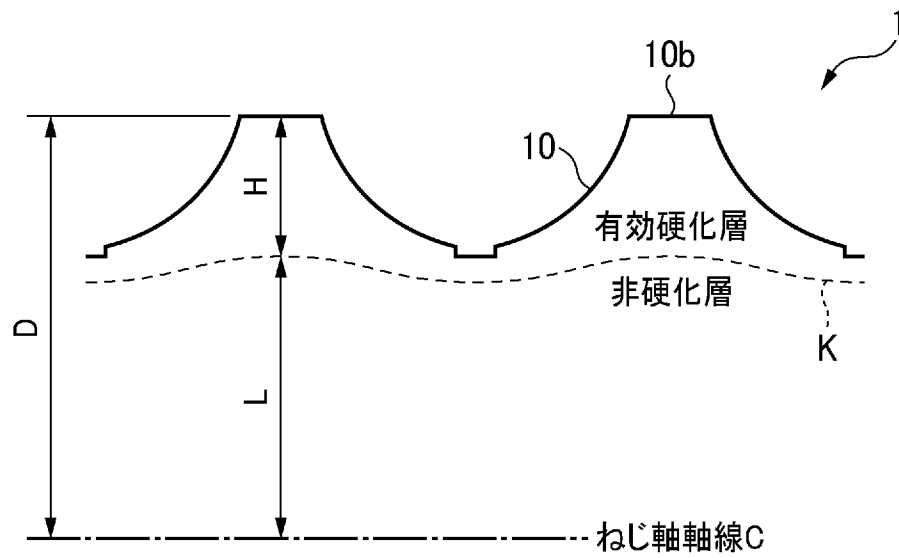
符号の説明

[0052] 1 ねじ軸
10 螺旋溝
10b ランド部

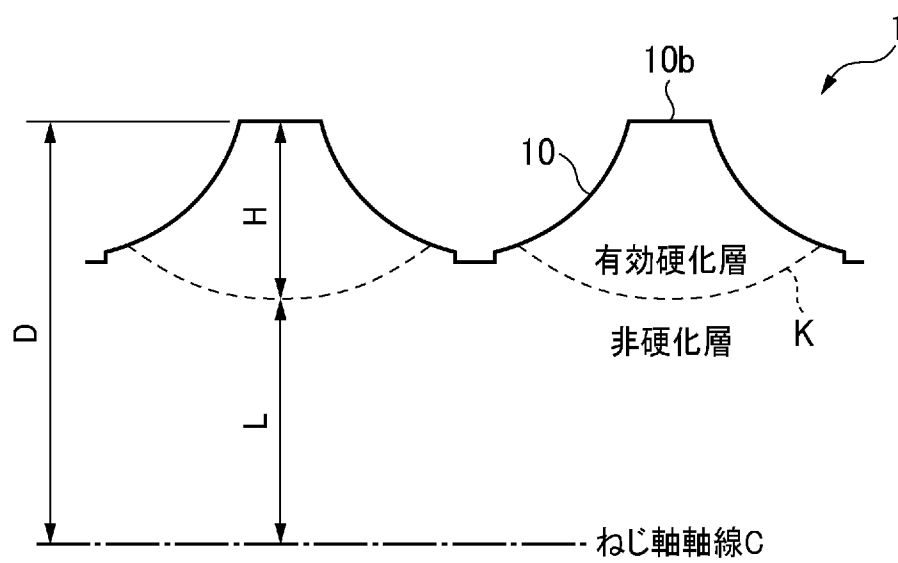
請求の範囲

- [請求項1] 外周面に螺旋溝を有するねじ軸と、前記ねじ軸の螺旋溝に対向する螺旋溝を内周面に有するボールナットと、前記両螺旋溝間に介挿されるとともにボールナットに設けたボール循環路によって循環可能とされた複数個のボールとを備えるボールねじ装置において、
- 前記ねじ軸が、高炭素軸受鋼を高周波熱処理してなり、かつ、
- 硬さがHV500以上である有効硬化層の表面からの深さが、該ねじ軸の外径から軸線までの距離の60%以下であり、硬さがHV500未満である非硬化層がフェライト相または炭化物相を含有する組織であり、溝底での炭化物面積率が1.5%以上で、軌道面における表面から50 μ mまでの領域での表面炭化物面積率が1.5%以上であることを特徴とするボールねじ装置。
- [請求項2] 前記高炭素軸受鋼が、マンガン、クロム及びモリブデンを含有し、それぞれの含有量[Mn]、[Cr]及び[Mo]（何れも質量%）と、前記表面炭化物面積率とで表される下記式1の値が19～245であることを特徴とする請求項1記載のボールねじ装置。
- 式1 = ([Mn] + 10 [Cr] + 20 [Mo]) × 表面炭化物面積率
- [請求項3] 前記ねじ軸の径方向断面における平均残留オーステナイト量が4.5質量%以下であり、かつ、溝底における旧オーステナイト粒径が30 μ m以下であることを特徴とする請求項1または2記載のボールねじ装置。

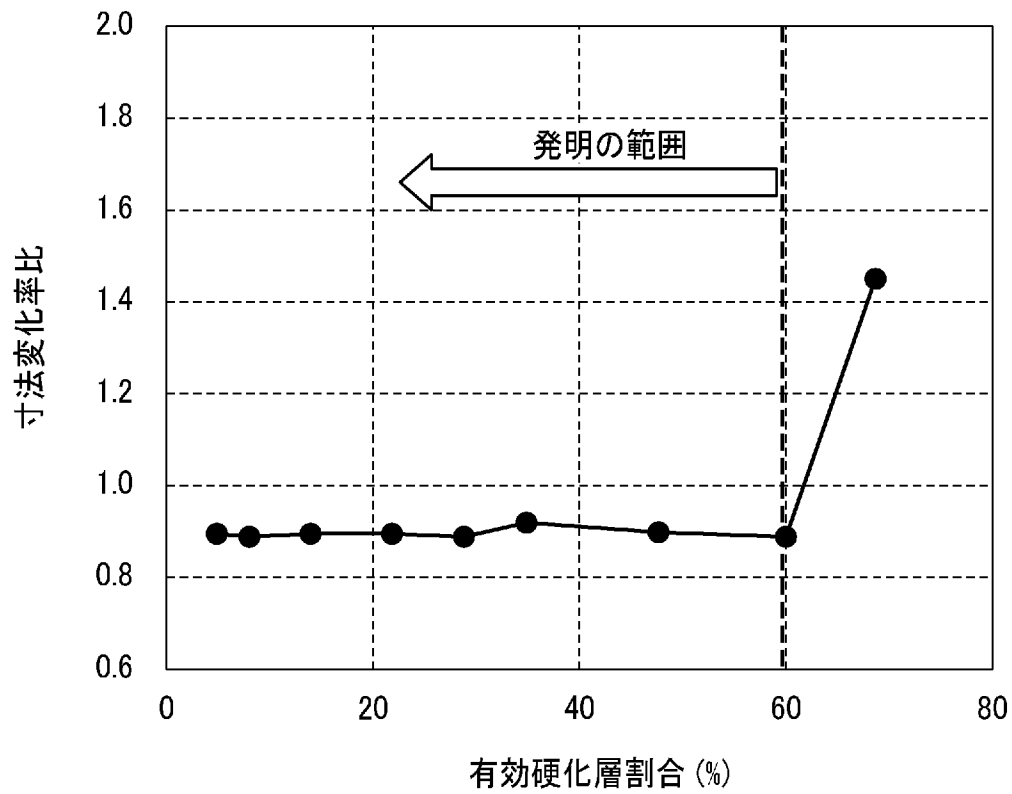
[図1]



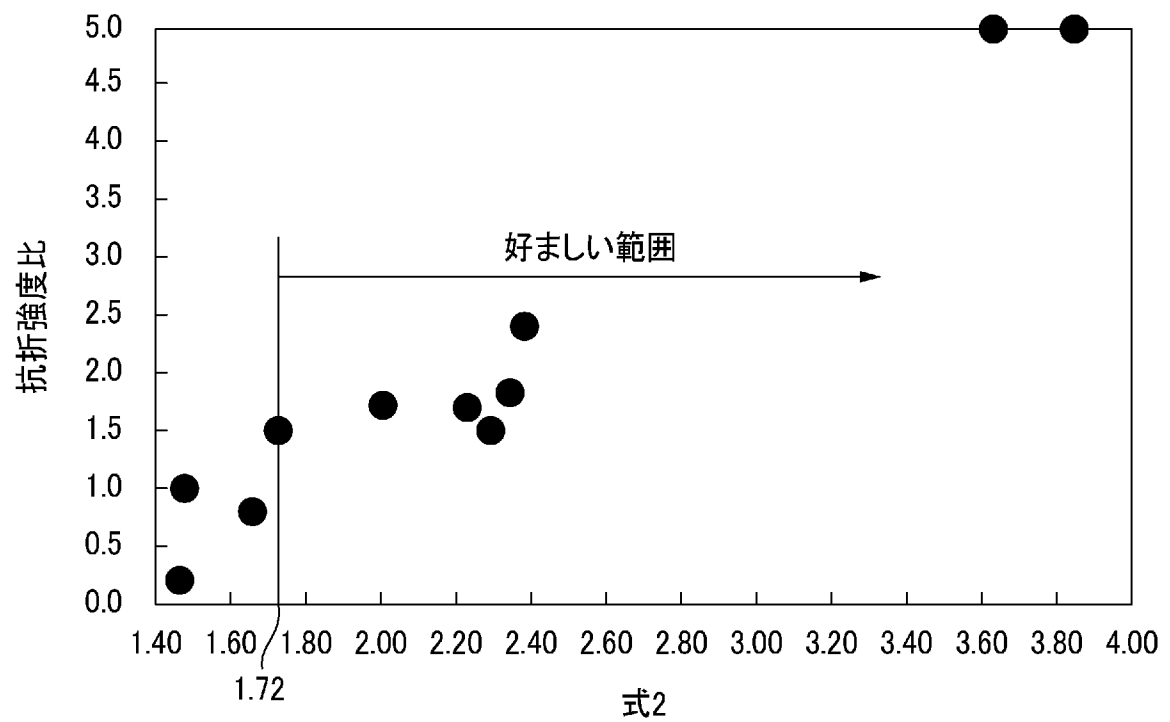
[図2]



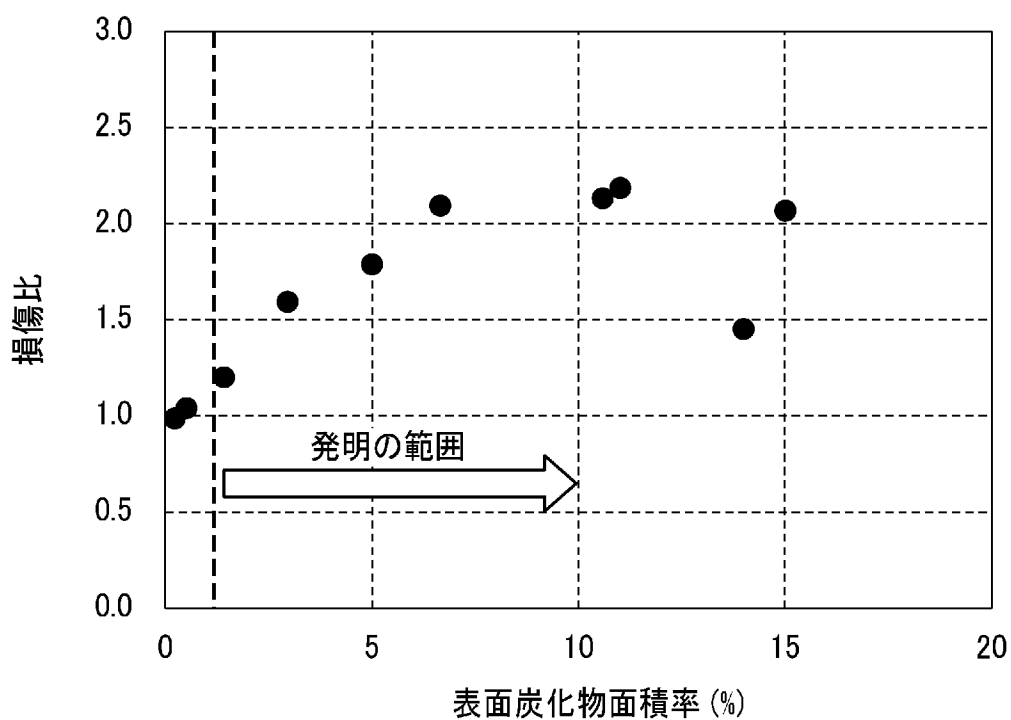
[図3]



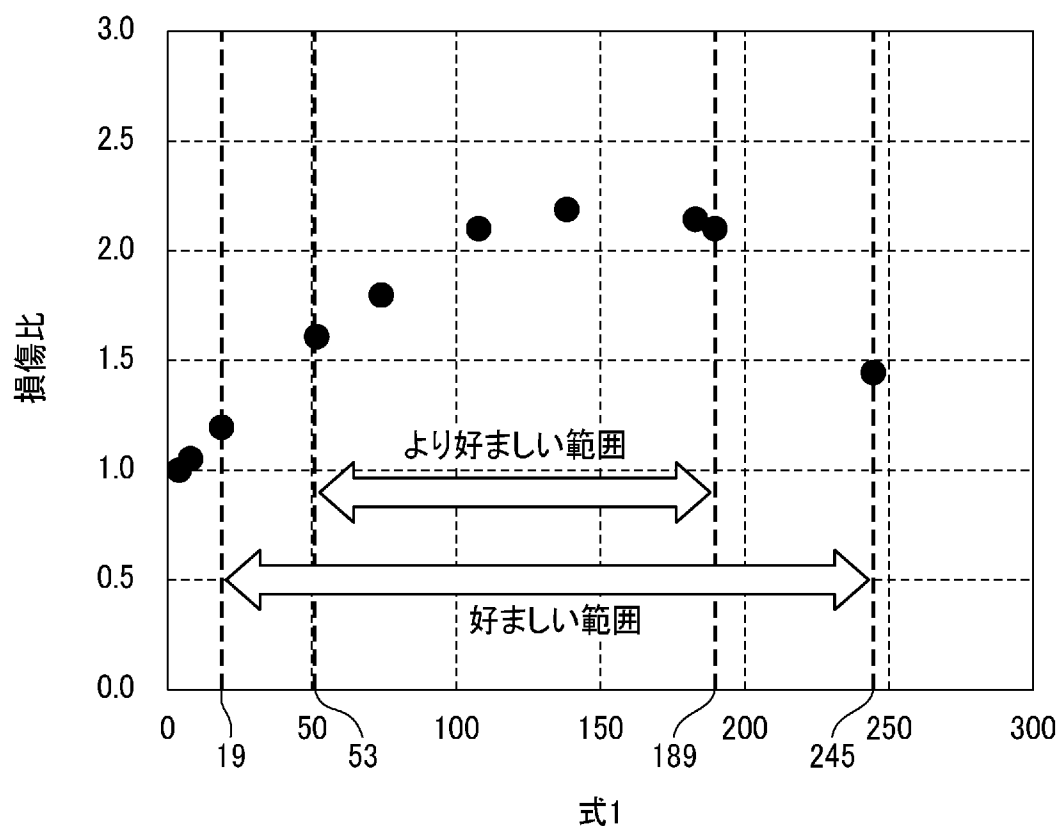
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/065638

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D9/00(2006.01)i, F16H25/24(2006.01)i, C21D1/10(2006.01)n, C22C38/00(2006.01)n, C22C38/44(2006.01)n

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)

C21D9/00, F16H25/24, C21D1/10, C22C38/00, C22C38/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2010-255702 A (Kabushiki Kaisha Nagato), 11 November 2010 (11.11.2010), entire text & US 2012/0031211 A1 & WO 2010/123034 A1 & CN 102414479 A	1-3
A	JP 2004-76823 A (NSK Ltd.), 11 March 2004 (11.03.2004), entire text (Family: none)	1-3
A	JP 2010-90924 A (THK Co., Ltd.), 22 April 2010 (22.04.2010), entire text (Family: none)	1-3

☒ 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

"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
19 June 2015 (19.06.15)

Date of mailing of the international search report
30 June 2015 (30.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/065638

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-299720 A (NTN Corp.), 27 October 2005 (27.10.2005), entire text (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C21D9/00(2006.01)i, F16H25/24(2006.01)i, C21D1/10(2006.01)n, C22C38/00(2006.01)n, C22C38/44(2006.01)n

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（I P C））

Int.Cl. C21D9/00, F16H25/24, C21D1/10, C22C38/00, C22C38/44

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2010-255702 A（株式会社ナガト）2010.11.11, 全文 & US 2012/0031211 A1 & WO 2010/123034 A1 & CN 102414479 A	1 - 3
A	JP 2004-76823 A（日本精工株式会社）2004.03.11, 全文（ファミリーなし）	1 - 3
A	JP 2010-90924 A（THK株式会社）2010.04.22, 全文（ファミリーなし）	1 - 3
A	JP 2005-299720 A（NTN株式会社）2005.10.27, 全文（ファミリーなし）	1 - 3

☐ 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
「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矛盾するものではなく、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

1 9 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

坂巻 佳世

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

4 K

4 4 2 6