



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I467036 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：101140817

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 11 月 02 日

(51)Int. Cl. : C22C9/08 (2006.01)

C22F1/08 (2006.01)

(30)優先權：2011/11/04 日本

2011-242413

(71)申請人：三菱伸銅股份有限公司 (日本) MITSUBISHI SHINDOH CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：大石惠一郎 OISHI, KEIICHIRO (JP)；岡尚之 OKA, TAKAYUKI (JP)；及川伸 OIKAWA, SHIN (JP)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 201107500A

TW 201107501A

審查人員：蔡宜君

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：4 共 79 頁

(54)名稱

銅合金熱鍛件

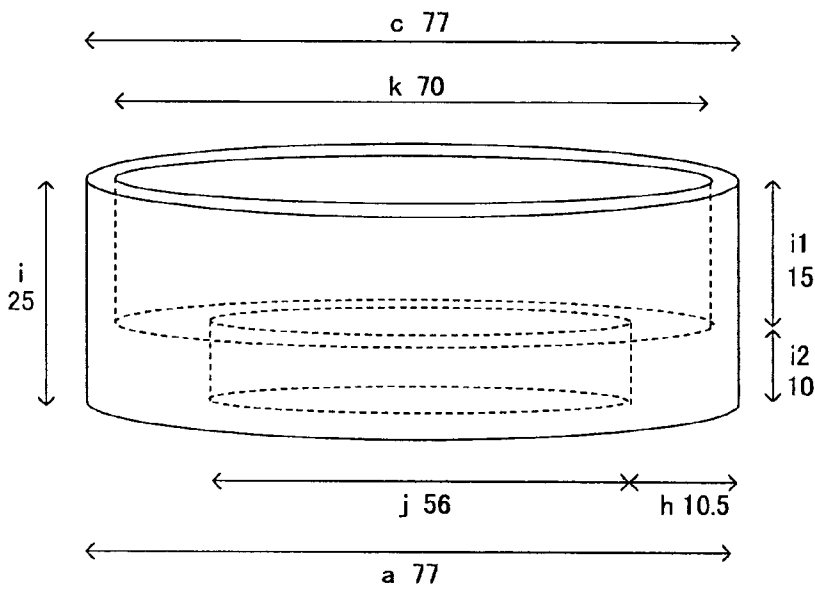
HOT FORGED COPPER ALLOY PRODUCT

(57)摘要

本發明的該管狀銅合金熱鍛件具有含有 59.0~84.0mass%的 Cu、0.003~0.3mass%的 Pb、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量[Cu]mass%與 Pb 的含量[Pb]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$ 的關係，形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑})/(\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚})/(\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度})/(\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑}/\text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚})/(\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度})/(\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1/((\text{管軸方向長度})/(\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

The tubular hot forged copper alloy product has an alloy composition consisting of Cu of 59.0 to 84.0 mass%, Pb of 0.003 to 0.3 mass%, and a remainder consisting of Zn and unavoidable impurities. The Cu content [Cu] mass% and the Pb content [Pb] mass% satisfy the relationship of $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$. The shape of the hot forged copper alloy product satisfies the formulae: $0.4 \leq (\text{average inside diameter})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.92$; $0.04 \leq (\text{average thickness})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.3$; and $1 \leq (\text{tube axial length})/(\text{average thickness}) \leq 10$. The forging stock before being subjected to hot forging has a tubular shape satisfying the formulae: $0.3 \leq (\text{average inside diameter})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.88$; $0.06 \leq (\text{average thickness})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.35$; and $0.8 \leq (\text{tube axial length})/(\text{average thickness}) \leq 12$. The forged copper alloy product satisfies the formulae: $0 \leq (\text{thickness deviation}) \leq 30\%$ 、and $0 \leq (\text{thickness deviation}) \leq 75 \times 1/((\text{tube axial length})/(\text{average thickness}))^{1/2}$, at any point along the tube axis thereof.

第1圖



發明摘要

※申請案號：101140817

※申請日：2012年11月2日

※IPC分類：
C22C 1/04 (2006.01)

C22F 1/08 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

銅合金熱鍛件

HOT FORGED COPPER ALLOY PRODUCT

【中文】

本發明的該管狀銅合金熱鍛件具有含有 59.0~84.0mass%的 Cu、0.003~0.3mass%的 Pb、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量 [Cu]mass%與 Pb 的含量 [Pb]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$ 的關係，形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

【英文】

The tubular hot forged copper alloy product has an alloy composition consisting of Cu of 59.0 to 84.0 mass%, Pb of 0.003 to 0.3 mass%, and a remainder consisting of Zn and unavoidable impurities. The Cu content [Cu] mass% and the Pb content [Pb] mass% satisfy the relationship of $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$. The shape of the hot forged copper alloy product satisfies the formulae: $0.4 \leq (\text{average inside diameter}) / (\text{average outside diameter}) \leq 0.92$, $0.04 \leq (\text{average wall thickness}) / (\text{average outside diameter}) \leq 0.3$, $1 \leq (\text{axial length}) / (\text{average wall thickness}) \leq 10$, before hot forging the forging material is tubular, and $0.3 \leq (\text{average inside diameter} / \text{average outside diameter}) \leq 0.88$, $0.06 \leq (\text{average wall thickness}) / (\text{average outside diameter}) \leq 0.35$, $0.8 \leq (\text{axial length}) / (\text{average wall thickness}) \leq 12$, at any position along the axial direction, it satisfies $0 \leq (\text{thickness deviation}) \leq 30\%$, $0 \leq (\text{thickness deviation}) \leq 75 \times 1 / ((\text{axial length}) / (\text{average wall thickness}))^{1/2}$.

diameter) ≤ 0.92 ; $0.04 \leq (\text{average thickness})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.3$; and $1 \leq (\text{tube axial length})/(\text{average thickness}) \leq 10$. The forging stock before being subjected to hot forging has a tubular shape satisfying the formulae: $0.3 \leq (\text{average inside diameter})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.88$; $0.06 \leq (\text{average thickness})/(\text{average outside diameter}) \leq 0.35$; and $0.8 \leq (\text{tube axial length})/(\text{average thickness}) \leq 12$. The forged copper alloy product satisfies the formulae: $0 \leq (\text{thickness deviation}) \leq 30\%$, and $0 \leq (\text{thickness deviation}) \leq 75 \times 1/((\text{tube axial length})/(\text{average thickness}))^{1/2}$, at any point along the tube axis thereof.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 (中文/英文)

銅合金熱鍛件

HOT FORGED COPPER ALLOY PRODUCT

【技術領域】

本發明係有關一種銅合金熱鍛件。尤其有關一種成型性、耐蝕性、強度、切削性優異之管狀銅合金熱鍛件。

本申請基於 2011 年 11 月 4 日在日本申請之日本專利申請 2011-242413 號主張優先權，其內容援用於此。

【先前技術】

通常銅合金熱鍛件的熱鍛性、切削性、抗菌性或殺菌性優異，且具有較高的強度、良好的耐蝕性及導電性，因此使用於各種產業機械或設備、汽車的機械組件或電器組件，作為構件使用於閥、球閥、聯軸器、交聯聚乙烯管的聯軸器及連接金屬零件、交聯聚異丁烯管的管聯軸器及連接金屬零件、供排水的連接金屬零件、軟管螺紋接管、園藝用軟管的連接金屬零件、氣體軟管的連接金屬零件、水錶的上蓋、水龍頭金屬零件、液壓容器、噴嘴、自動噴水器、鍛壓螺母、螺母、供水/供熱水設備、空調設備、消防設備及氣體設備的容器或連接金屬零件或器具、水、溫水、製冷劑、空氣、城市煤氣及丙烷氣體所通過之容器或器具等中。

尤其，銅合金具有良好的強度、耐蝕性、抗菌性或殺菌性，因此多使用於飲用水相關之構件中。然而，作為飲用水相關之構件之聯軸器、連接金屬零件、水龍頭金屬零件等為

具有用於使飲用水通過之孔部之管狀，因此，即使具有銅合金的優異之熱加工性、熱鍛性，在習知技術中，亦只能製作與近淨形（接近完成形狀之形狀）具有相當差距之形狀，毛刺等較多且鍛造成品率較差，熱鍛後的切削量較多，根據情況，存在因在高溫下鍛造而耐蝕性或強度下降之類之問題。

上述的該些熱鍛銅合金係溶解原料並藉由鑄造製作鑄塊，將進行熱擠壓之圓棒切斷成預定長度後熱鍛，並將其熱鍛材料切削加工成預定尺寸者。作為棒材的材料主要有基於 JIS H 3250 規格之熱鍛性與切削性優異之鍛造用黃銅棒 C3771（代表組成：59Cu-2Pb-剩餘 Zn）或者根據最近的無 Pb 化的要求由 Bi 置換該 C3771 的 Pb 之銅合金材料。尤其需要優異之耐脫鋅腐蝕性時，有將銅濃度提高至 61～63mass%，含有 0.5～2.5%的 Pb 且具有耐脫鋅腐蝕性之鍛造用黃銅及由 Bi 置換該材料的 Pb 之具有耐脫鋅腐蝕性之鍛造用黃銅材料。

但是，若按習知技術熱鍛圓棒材料，則理所當然無法設為管狀、亦即無法製作孔部，或者至少是不簡單的。並且，為了提高鍛造的成品率而減薄成為孔之部份的壁厚，在鍛造負載方面亦是有限的。另外，施加於鍛造素材之變形能量中，由於消耗在孔部成型之能量的比例較大，因此無法將孔部以外部位的形狀成型至預定形狀。尤其為鍛件的口徑（孔徑、內徑）較大且外徑亦較大的壁厚較薄的產品時，很難成型至近淨形。即使為具有較大鍛造能力之鍛造設備，可多少改善成為孔之部份及壁厚部的薄壁化，但薄壁化亦是有限的。並且，設備能力較大的鍛造設備其價格當然亦是較高的，鍛造時的能量成本因功率加大而進一步上升。當無法成

型為預定形狀時，使用之材料增加，材料成本大幅上升的同時切削量增加，因此對材料中所要求之切削性的性能的要求變高，切削加工所需之時間亦增加。

一直以來，關於具有該種孔部之銅合金製鍛件，從成品率觀點來看有時由鑄件製作。然而，鑄件中存在缺陷較多、尺寸精確度較差、強度及延展性較低、並且生產性較低及工作環境較差等問題。

從以上內容來看，期望如下：使用不耗費大量設備成本之功率較小的鍛造設備來減少消耗能量；鍛造成品率良好，亦即不耗費大量材料成本，且接近最終的精加工形狀或尺寸的近淨形且具有孔部之亦即管狀熱鍛銅合金。

關於材質面，如前述，若欲用通常的熱鍛方法製作最終產品為空心構件亦即管狀構件時，無法成型為近淨形。亦即，無法製作空心部，在空心部以外的部位亦只能成型比預定尺寸更大者，因此用於設為最終產品形狀之切削量增加。其結果，作為鍛造素材要求切削性優異之銅合金。為了提高銅合金的切削性，通常添加 Pb，添加至少 0.5mass%以上，最多 1mass%以上約 2mass%的 Pb。然而，由於 Pb 是有害的，因此，飲用水相關的構件中將 Pb 含量設為 0.3mass%或 0.2mass%以下為較佳，必須極力減少其量。當然，若考慮地球環境問題，則在飲用水以外領域中使用的鍛件中亦必須極力將有害的 Pb 的使用抑制在最小限度。

然而，由於具有提高切削性之功能之 Pb 幾乎不與銅合金固溶，因此若熱鍛溫度脫離最佳的溫度範圍，則容易產生鍛造破裂。雖然有將 Pb 置換為 Bi 之鍛造用銅合金，但關於銅合金的切削性提高，Bi 稍差於 Pb 因此需要較多的量。含

有 Bi 之銅合金比含有 Pb 之銅合金對熱鍛破裂更敏感，所以存在熱變形能較差之問題點。因此，為含有 Bi 之銅合金時，必須將熱鍛的溫度範圍設定為較窄，或將鍛件的壁厚設為較厚。並且，含有 Bi 之鍛件其延展性、韌性較低，存在在 130~300℃ 下脆化之類之問題點。

另外，若熱鍛 Cu 濃度為 57~59mass%，且含有 Pb 或 Bi 之熱鍛用黃銅棒，則鍛件中殘留較多的 β 相，耐蝕性較差。將 Cu 濃度設為 61mass% 或其以上的耐蝕性被提高之 Cu-Zn-Pb 或 Cu-Zn-Bi 合金，其熱變形阻力變高的同時熱變形能變差。若銅濃度較高，則很難製作近淨形的鍛件，鍛件的形狀越是複雜且薄壁，成型性、破裂越成為嚴重的問題。

期望如下：使用功率較小的鍛造設備，在 1 次熱鍛中減少消費能量；無熱鍛時的破裂，鍛造成品率良好，藉由較少使用材料來降低成本製作接近最終精加工形狀或尺寸之近淨形的內部為空心之熱鍛銅合金。若能夠成型為近淨形，則切削加工量變少，因此不需要尤其優異之切削性，亦即能夠將有害的 Pb 或未經安全性確認之 Bi 的含量控制在最小限度。另外，迫切期待著藉由具備優異之耐蝕性、較高的強度而進一步小型化之管狀鍛件。

並且，已知有以提高耐蝕性、切削性及生產性為目之黃銅鍛件（例如，參閱專利文獻 1）。但是，以該種黃銅鍛件無法將管狀鍛件鍛造為近淨形。

（先前技術文獻）

（專利文獻）

專利文獻 1：日本專利公開 2002-12928 號公報

【發明內容】

（本發明所欲解決之課題）

本發明係為了解決該種習知技術的問題而完成者，其課題在於提供一種成型性、耐蝕性、強度及切削性優異之管狀銅合金熱鍛件。

（用以解決課題之手段）

為了解決前述課題，本發明具有以下態樣。

[1] 一種管狀銅合金熱鍛件，其具有含有 59.0～84.0mass% 的 Cu、0.003～0.3mass% 的 Pb、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量 [Cu]mass% 與 Pb 的含量 [Pb]mass% 之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$ 的關係，前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

在本發明中，設為管狀銅合金熱鍛件及鍛造素材中還包括管軸方向的長度相比管的外徑較短之所謂環狀銅合金熱鍛件及鍛造素材。管狀銅合金熱鍛件及鍛造素材的管的內側的空心部份稱作孔部。

厚度偏差度係根據鍛造素材的與管軸方向垂直之截面上之最小壁厚與最大壁厚定義為 $((1 - (\text{最小壁厚}) / (\text{最大壁厚})) \times 100) \%$ 。

上述態樣[1]之銅合金熱鍛件中，熱鍛的變形阻力較低，變形能、成型性及耐蝕性優異，強度較高且切削性良好。

[2]一種管狀銅合金熱鍛件，其合金組成含有 59.0～84.0mass%的 Cu、0.003～0.3mass%的 Pb、0.05～4.5mass%的 Si、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質，於 Cu 的含量 [Cu]mass%、Pb 的含量 [Pb]mass%及 Si 的含量 [Si]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si]) \leq 64$ 的關係，前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

由於前述態樣[2]的銅合金熱鍛件具有 Si，因此除前述形態[1]的效果之外，成型性、耐蝕性、強度及切削性更優異。

[3]一種管狀銅合金熱鍛件，其具有含有 73.0～84.0mass%的 Cu、0.003～0.3mass%的 Pb、2.5～4.5mass%的 Si、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量 [Cu]mass%、Pb 的含量 [Pb]mass%及 Si 的含量 [Si]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si]) \leq 64$ 的關係，前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} /$

平均外徑) ≤ 0.88 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

由於前述態樣[3]的銅合金熱鍛件中 Cu、Si 較多，因此在前述態樣[1]的效果的基礎上，耐蝕性、強度及切削性更優異。

[4]前述形態[1]~[3]中的任一個，其中，進一步含有 0.01 ~ 0.3mass% 的 As、0.01 ~ 0.3mass% 的 Sb、0.01 ~ 0.3mass% 的 P、0.01 ~ 0.3mass% 的 Mg、0.01 ~ 1.5mass% 的 Sn、0.01 ~ 1.0mass% 的 Al、0.01 ~ 4.0mass% 的 Mn、0.01 ~ 4.0mass% 的 Ni、0.0005 ~ 0.05mass% 的 Zr 及 0.0005 ~ 0.05mass% 的 B、0.003 ~ 0.3mass% 的 Bi 中的至少 1 種以上，

於 Cu 的含量[Cu]mass%、Pb 的含量[Pb]mass%、Si 的含量[Si]mass%、Ni 的含量[Ni]mass%、Mn 的含量[Mn]mass%、As 的含量[As]mass%、Zr 的含量[Zr]mass%、B 的含量[B]mass%、Bi 的含量[Bi]mass%、Sb 的含量[Sb]mass%、Sn 的含量[Sn]mass%、Mg 的含量[Mg]mass%、Al 的含量[Al]mass%及 P 的含量[P]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si] + 2.2 \times [Ni] + 1.4 \times [Mn] + 0.5 \times ([As] + [Zr] + [B] + [Bi]) - 1.2 \times ([Sb] + [Sn] + [Mg]) - 2.2 \times [Al] - 3 \times [P]) \leq 64$ 的關係。

此時，由於具有 As 等，因此耐蝕性、強度及切削性更優異。

[5]前述形態[1]～[4]中的任一個，其中，前述熱鍛後，常溫下的金屬組織中之 α 相的面積率為30%以上且不到100%， β 相的面積率、 γ 相的面積率及 μ 相的面積率的總計為0%以上且25%以下。

各相的面積率係從管軸方向的端面距5mm以上的內側且從外周面及內周面距壁厚的1/4以上的內側的金屬組織中的面積率。

[6]前述形態[1]～[4]中的任一個，其中，該銅合金熱鍛件係藉由將前述鍛造素材加熱為熱鍛溫度進行熱鍛來製造，前述熱鍛溫度為650～800℃，該熱鍛溫度下的前述鍛造素材的金屬組織中之 α 相的面積率為3～60%。

[7]前述形態[1]～[4]中的任一個，其中，當加熱為720℃時，金屬組織中之 α 相的面積率為3～60%。

[8]前述形態[1]～[4]中的任一個，其中，前述鍛造素材為連續鑄造管。

[9]前述形態[1]～[4]中的任一個，其使用於閥、球閥、聯軸器、交聯聚乙烯管的聯軸器及連接金屬零件、交聯聚異丁烯管的管聯軸器及連接金屬零件、供排水的連接金屬零件、軟管螺紋接管、各種軟管類的連接金屬零件、閥門、蓋子、上蓋、水錶的上蓋、接頭、水龍頭金屬零件、液壓容器、噴嘴、自動噴水器、鍛壓螺母、螺母、供水/供熱水設備、空調設備、消防設備及氣體設備的容器或連接金屬零件或器具、水等液體或空氣等氣體所通過之容器或器具中。

（發明之效果）

依本發明，管狀銅合金熱鍛件的成型性、耐蝕性、強度及切削性優異。

【實施方式】

對本發明的實施形態之銅合金熱鍛件進行說明。

作為本發明之銅合金提案第 1 發明合金～第 4 發明合金。在本說明書中，表示合金組成時，如[Cu]般附加括號[]之元素符號表示前述元素的含量值（mass%）。在本說明書中，利用該含量值的表示方法提示複數個計算公式，但在各計算公式中，關於未含有前述元素，或者例如含量不到 0.003mass%的 Pb、含量不到 0.05mass%的 Si、本申請中選擇性含有之其他元素，少於申請專利範圍的下限含量之情況以及不可避免雜質係設為 0 來計算的。將第 1～第 4 發明合金總稱為發明合金。

第 1 發明合金具有含有 59.0～84.0mass%的 Cu、0.003～0.3mass%的 Pb、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量[Cu]mass%與 Pb 的含量[Pb]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$ 的關係。

本說明書中，將由 $([Cu] + 0.5 \times [Pb])$ 公式表示之值稱為第 1 組成係數。

第 2 發明合金具有含有 59.0～84.0mass%的 Cu、0.003～0.3mass%的 Pb、0.05～4.5mass%的 Si、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量[Cu]mass%、Pb 的含量[Pb]mass%及 Si 的含量[Si]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si]) \leq 64$ 的關係。

本說明書中，將由 $([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si])$ 公式表示之值稱為第 2 組成係數。

第 3 發明合金具有含有 73.0～84.0mass%的 Cu、0.003～0.3mass%的 Pb、2.5～4.5mass%的 Si、剩餘部份包括

Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量 [Cu]mass%、Pb 的含量 [Pb]mass% 及 Si 的含量 [Si]mass% 之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si]) \leq 64$ 的關係。

第 4 發明合金中，Cu、Pb 及 Si 的組成範圍與第 1 發明合金～第 3 發明合金中的任一個相同，進一步含有 0.01～0.3mass% 的 As、0.01～0.3mass% 的 Sb、0.01～0.3mass% 的 P、0.01～0.3mass% 的 Mg、0.01～1.5mass% 的 Sn、0.01～1.0mass% 的 Al、0.01～4.0mass% 的 Mn、0.01～4.0mass% 的 Ni、0.0005～0.05mass% 的 Zr 及 0.0005～0.05mass% 的 B、0.003～0.3mass% 的 Bi 中的至少 1 種以上，於 Cu 的含量 [Cu]mass%、Pb 的含量 [Pb]mass%、Si 的含量 [Si]mass%、Ni 的含量 [Ni]mass%、Mn 的含量 [Mn]mass%、As 的含量 [As]mass%、Zr 的含量 [Zr]mass%、B 的含量 [B]mass%、Bi 的含量 [Bi]mass%、Sb 的含量 [Sb]mass%、Sn 的含量 [Sn]mass%、Mg 的含量 [Mg]mass%、Al 的含量 [Al]mass% 及 P 的含量 [P]mass% 之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si] + 2.2 \times [Ni] + 1.4 \times [Mn] + 0.5 \times ([As] + [Zr] + [B] + [Bi]) - 1.2 \times ([Sb] + [Sn] + [Mg]) - 2.2 \times [Al] - 3 \times [P]) \leq 64$ 的關係。

本說明書中，將由該 $([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si] + 2.2 \times [Ni] + 1.4 \times [Mn] + 0.5 \times ([As] + [Zr] + [B] + [Bi]) - 1.2 \times ([Sb] + [Sn] + [Mg]) - 2.2 \times [Al] - 3 \times [P])$ 公式表示之值稱為第 4 組成係數。

將上述之第 1 組成係數、第 2 組成係數及第 4 組成係數總稱為組成係數。在組成係數的計算中，除不可避免雜質及 Cu 之外的前述元素的含量為申請專利範圍的下限含量，亦

即具體而言 Pb 小於 0.003mass%、Si 小於 0.05mass%、As 小於 0.01mass%、Sb 小於 0.01mass%、P 小於 0.01mass%、Mg 小於 0.01mass%、Sn 小於 0.01mass%、Al 小於 0.01mass%、Mn 小於 0.01mass%、Ni 小於 0.01mass%、Zr 小於 0.0005mass%、B 小於 0.0005mass%及 Bi 小於 0.003mass%時，由於不會影響組成公式，因此將係數設為 0 來計算。

接著，對本發明之銅合金熱鍛件的製造製程進行說明。

對被加熱之鍛造素材進行熱鍛來製造。

管狀鍛造素材可為鑄材、擠壓材、軋製材及鍛材等藉由任何製程製造之素材，但管狀連續鑄造管為較佳。連續鑄造管有時稱作中空連續鑄造棒、空心連續鑄造棒。例如為了使飲用水通過而為管狀，因此設為管狀鍛件，但其與內部為空心、中空之鍛件的意義相同。

熱鍛溫度為 650～800℃。

熱鍛後，對從鍛造結束時的熱鍛件的溫度至 300℃，或 650℃至 300℃的溫度區域以 0.1～60℃/秒的平均冷卻速度進行冷卻。

相對於鍛件的形狀為管狀且為 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的銅合金熱鍛件，鍛造素材的形狀為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 。

接著，對各元素的添加理由進行說明。

Cu 係構成本發明合金之主要元素，不會較大影響與 Pb、Si 及 Zn 等的關係，但為了具有良好的熱鍛性、成型性，並具有熱鍛後的較高的強度與延展性、優異之耐蝕性，Cu 需要在 59.0mass% 以上。需要更優異之耐蝕性與延展性時，60.5mass% 以上為較佳。另一方面，若含有超過 84.0mass% 之 Cu，則與 Si、Zn 及 Pb 等的含量無關地，熱鍛時的變形阻力及在比熱鍛更低的溫度下鍛造時的變形阻力變高，變性能、成型性變差。在特性方面，切削性變差、強度變低、耐蝕性亦飽和。Cu 為高價所以經濟上存在問題。含有 2.5mass% 以上的後述 Si 時，為了確保優異之耐蝕性、延展性、較高的強度，Cu 需要在 73.0mass% 以上。

為了提高切削性而含有 Pb。因此，Pb 需要在 0.003mass% 以上。0.002mass% 大致相當於 Pb 固溶於 Cu-Zn 合金之量，若 Pb 含量在 0.003mass% 以上，則由於 Pb 在金屬組織中以 Pb 粒子存在，所以發揮提高切削性的效果。0.005mass% 以上為更佳。另一方面，若含有超過 0.3mass% 之 Pb，則尤其在本發明品使用於飲用水器具等時，令人擔憂的是對人體帶來惡劣影響。來自銅合金製的飲用水器具之 Pb 向飲用水中的溶出隨著器具中所含有之 Pb 的量的增加而增加，因此需要將 Pb 的含量限制在最小限度。在其他領域中利用時，將來將熱鍛件作為廢棄物處理時，亦存在對環境問題帶來重大影響之可能性。若藉由含有以粒子狀存在之 Pb 與後述之 Si 或 Sn 來在金屬組織中形成 κ 、 γ 相，則能夠進一步提高切削性。鑒於對人體的影響，Pb 含量在 0.2mass% 以下為較佳，0.1mass% 以下為更佳，0.05mass% 以下為最佳。

Si 對 Cu、Zn 的含量以及該些元素之間的關係帶來較大影響，但提高熱鍛中的鍛造性亦即熱鍛時的變形能、降低變形阻力、提高熱鍛中的材料的流動性、成型性。管狀鍛造素材的厚度偏差度為 20~30%時，亦為了使材料均勻地流動而需要 Si。Si 提高熱鍛後的鍛件的強度、提高切削性、耐蝕性。為了獲得該些特性，Si 需要在 0.05mass% 以上，0.2mass% 以上為較佳。尤其，若將 Si 含有 2.5mass%，2.7mass% 以上為較佳，則能夠具有更高的強度、優異之切削性、耐蝕性。另一方面，若含有超過 4.5mass% 之 Si，則熱鍛中的變形阻力變高、熱鍛變形能亦變得較差，且耐蝕性、切削性亦飽和。4.3mass% 以下為較佳，3.9mass% 以下為最佳。根據 Si 含量，前述 Cu 含量的較佳範圍亦變動。Si 含量在 2.7mass% 以上時，Cu 含量在 74.0mass% 以上為較佳，另一方面，Si 含量在 4.3mass% 以下時，Cu 含量在 83mass% 以下為較佳，Si 含量在 3.9mass% 以下時，Cu 含量在 80mass% 以下為較佳。Cu、Si 在較佳組成範圍內時，熱鍛時降低變形阻力之 β 、 κ 相所佔之比例增加，鍛造後的冷卻中，大部份 β 相向 α 相或 κ 相相變，因此，耐蝕性、強度及切削性優異。

藉由 Cu-Zn-Pb 合金，進而 Cu-Zn-Pb-Si 合金可達到本申請的最初目的，但需要進一步優異之耐蝕性、強度及切削性時，有效的是含有 P、Sb、As、Al、Sn、Mg、Zr、B、Mn、Ni 及 Bi。Sn、Al 提高流水中的耐蝕性。Mg 提高耐晶界腐蝕。Si、Mn、Ni、Al 及 Sn 提高強度、耐磨損性。在 Cu-Zn-Pb 合金中形成之 β 相有改善切削性之效果，含有 Si、Sn 及 Al 等之 γ 、 κ 、 β 、 μ 各相有改善強度、耐磨損性、耐蝕性

及切削性之效果。尤其在後者中，由於該些添加元素優選分配於 γ 、 κ 等相，添加元素的濃度變高， γ 、 κ 等相的性質、特性變得良好，因此能夠改善耐磨損性、強度、耐蝕性和切削性。當素材使用中空連續鑄造棒時，Zr、P、B 及 Mg 具有使晶粒成微細之效果，且降低熱鍛時的變形阻力、提高變形能、成型性。尤其，共同添加 Zr、P 以及 Mg 時具有使晶粒顯著微細化之效果，若 P 的含量多於 Zr 的含量，則其效果變得顯著。此時，晶粒的大小成為 $300\mu\text{m}$ 以下或 $200\mu\text{m}$ 以下。含有 Bi 可提高切削性。

關於耐蝕性，當實施基於 ISO-6509 之脫鋅腐蝕試驗時，最大腐蝕深度為 $600\mu\text{m}$ 以下，這是具有良好耐蝕性之最低限條件， $400\mu\text{m}$ 以下為較佳， $200\mu\text{m}$ 以下為更佳， $100\mu\text{m}$ 以下為進一步較佳， $50\mu\text{m}$ 以下為最佳。若最大腐蝕深度在 $400\mu\text{m}$ 或 $200\mu\text{m}$ 以下，則成為實際應用上不存在問題之水平。關於強度，由於本申請中作為對象的是熱鍛件因此無法測定拉伸強度，但能夠以硬度大體代替使用。硬度為維氏硬度，70 以上為較佳，85 以上為更佳，95 以上為進一步較佳。由於能夠藉由近淨形鍛造成型為更薄壁的形狀，因此若可獲得 110 以上的較高的強度則為最佳。本發明合金中，維氏硬度 95 為相當於約 400N/mm^2 之較高拉伸強度。由於耐磨損性依賴於硬度，因此，硬度指數越高耐磨損性變得越佳。

為了更有效地發揮以上的優異之耐蝕性、較高的強度、優異之耐磨損性、良好的切削性，需要分別為 0.01～0.2mass% 的 As、Sb、P、Mg、0.01～1.5mass% 的 Sn、0.01～1.0mass% 的 Al、分別為 0.1～4mass% 的 Mn、Ni、分別為

0.001~0.04mass%的 Zr、B 及 0.003~0.3mass%的 Bi 中的任一種以上，根據所要求之特性適當地選擇性含有。若 P、Sb、As、Al、Sn、Mg、Zr、Mn 及 Ni 的含量超過上限，則該些諸多特性的效果均飽和、理所當然，鍛造時的變形阻力變高，或變形能變差，並且阻礙常溫下的延展性。若 Sb、As 超過上限，則對人體帶來惡劣影響。關於 Bi，與 Pb 相同，切削性隨著含量的增加而上升。但是，令人擔憂的是 Bi 對人體帶來惡劣影響，且為稀有金屬，並且因 Bi 鍛造時的變形能、成型性下降。因此，考慮該些情況並根據切削性的必要程度決定 Bi 含量的上限。Bi 的含量在 0.2mass%以下為較佳，0.1mass%以下為更佳。

接著對其他雜質進行說明。由於銅合金的再利用性優異，且以較高的再利用率回收來進行再利用，因此再利用時混入其他銅合金。例如，切削加工時，因工具的磨損不可避免地混入 Fe、Cr 等。因此，關於在 JIS 等各種規格中被規格化為雜質之元素，將該雜質的規格還應用於本合金中。例如，在 JISH 3250 的銅及銅合金棒中記載之快削性銅合金棒 C3601 中，將 0.3mass%以下的 Fe 當作不可避免雜質。在 ASTM B16 的 C36000 及 ASTM B124 的 C37700 中，亦將 0.3mass%以下的 Fe 當作不可避免雜質。因此，在本發明的銅合金熱鍛件中，將 0.3mass%以下的 Fe 當作不可避免雜質。

有關發明合金的熱鍛性、耐蝕性、切削性及強度，單純以各元素的組成範圍是並不充份的，重要的是與 Cu、Zn、Pb、Si 及選擇性含有之元素的關係。亦即，重要的是組成係數（組成係數 1、2 及 4）。

若總結組成係數，則能夠由如下關係式表示。

$$59 \leq ([\text{Cu}] + a_1c_1 + a_2c_2 + a_3c_3 + a_4c_4 + a_5c_5 + a_6c_6 + a_7c_7 + a_8c_8 + a_9c_9 + a_{10}c_{10} + a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} + a_{13}c_{13}) \leq 64$$

a_1 為 Pb 的係數：0.5、 c_1 為 Pb 的含量：mass%、 a_2 為 Si 的係數：-4.5、 c_2 為 Si 的含量：mass%、 a_3 為 Ni 的係數：2.2、 c_3 為 Ni 的含量：mass%、 a_4 為 Mn 的係數：1.4、 c_4 為 Mn 的含量：mass%、 a_5 為 As 的係數：0.5、 c_5 為 As 的含量：mass%、 a_6 為 Zr 的係數：0.5、 c_6 為 Zr 的含量：mass%、 a_7 為 B 的係數：0.5、 c_7 為 B 的含量：mass%、 a_8 為 Bi 的係數：0.5、 c_8 為 Bi 的含量：mass%、 a_9 為 Sb 的係數：-1.2、 c_9 為 Sb 的含量：mass%、 a_{10} 為 Sn 的係數：-1.2、 c_{10} 為 Sn 的含量：mass%、 a_{11} 為 Mg 的係數 -1.2、 c_{11} 為 Mg 的含量：mass%、 a_{12} 為 Al 的係數：-2.2、 c_{12} 為 Al 的含量：mass%、 a_{13} 為 P 的係數：-1.2、 c_{13} 為 P 的含量：mass%。

在如下含量的範圍內適用組成係數：在第 1~4 發明合金中含有之 0.003~0.3mass% 的 Pb、第 2~4 發明合金中含有之 0.05~4.5mass% 的 Si 以及在第 4 發明合金中進一步選擇性含有之 0.01~0.3mass% 的 As、0.01~0.3mass% 的 Sb、0.01~0.3mass% 的 P、0.01~0.3mass% 的 Mg、0.01~1.5mass% 的 Sn、0.01~1.0mass% 的 Al、0.01~4.0mass% 的 Mn、0.01~4.0mass% 的 Ni、0.0005~0.05mass% 的 Zr、0.0005~0.05mass% 的 B 及 0.003~0.3mass% 的 Bi。各元素低於前述各濃度範圍的下限值時，幾乎不會影響組成係數，因此視為與不可避免雜質相等，在上述關係式中，將含量設為 0mass%。

作為組成係數的另一記載方法，能夠由第 4 組成係數表示，

由 $59 \leq ([\text{Cu}] + 0.5 \times [\text{Pb}] - 4.5 \times [\text{Si}] + 2.2 \times [\text{Ni}] + 1.4 \times [\text{Mn}] + 0.5 \times ([\text{As}] + [\text{Zr}] + [\text{B}] + [\text{Bi}]) - 1.2 \times ([\text{Sb}] + [\text{Sn}] + [\text{Mg}]) - 2.2 \times [\text{Al}] - 3 \times [\text{P}]) \leq 64$ 表示。

各元素的含量例如 Pb 少於 0.003mass%時、Si 少於 0.05mass%時、Ni 少於 0.01mass%時、Mn 少於 0.01mass%時、As 少於 0.01mass%時、Zr 少於 0.0005mass%時、B 少於 0.0005mass%時、Bi 少於 0.003mass%時、Sb 少於 0.01mass%時、Sn 少於 0.01mass%時、Mg 少於 0.01mass%時、Al 少於 0.01mass%時及 P 少於 0.01mass%時，將該元素的含量設為 0mass%。

組成係數係將 Cu 以及各有效元素對鍛造時的變形阻力、成型性、變形能、金屬組織、鍛造後的金屬組織、強度、延展性及耐蝕性之影響數學公式化者，因此實驗性求出各元素的係數。尤其組成係數與鍛造時及鍛造後的金屬組織有較強關聯。因此，各個元素滿足各個預定組成範圍，並且滿足該組成係數的範圍，藉此可獲得本申請的管狀熱鍛件。

組成係數的下限 59 係為了確保鍛件的成型性、強度、延展性及耐蝕性而所需之下限值。這是因為，若組成係數低於 59，則鍛造時的 α 相的面積率成為 0%或不到 3%，另一方面，鍛造後的 β 相的面積率較高，或者 α 相所佔之比例變得較低。為了改善金屬組織並使該些特性成為進一步高度者，60 以上為較佳，在 61 以上為最佳。

另一方面，若組成係數超過 64，則鍛造時的 α 相的面積率增加而熱變形阻力增大，因此即使為管狀鍛造素材，熱變

形阻力亦變高，鍛造時材料的流動性較差，因此有時無法成型為預定尺寸，變性能變差且產生破裂。在功率較小的熱鍛設備中很難成型為近淨形。組成係數在 63.5 以下為較佳。尤其，使用由連續鑄造管製作之鍛造素材時，若鍛造素材的晶粒未微細化成 $300\ \mu\text{m}$ 以下，則變形阻力變高、需要功率、成型性、變性能較差，因此組成係數在 63.5 以下為較佳。為了獲得較高的強度，組成係數亦為 64 以下，63.5 以下為較佳。若組成係數超過 64，則切削上產生問題。

如上述般，本發明合金中雖含有 Fe 等不可避免雜質，但不可避免雜質在總計含量中不到 1mass%，則不會對組成係數帶來較大影響，因此無需在計算組成係數之公式中編入不可避免雜質。

接著，熱鍛溫度亦即鍛造之前的鍛造素材的溫度為 650°C 以上且 800°C 以下。若低於 650°C ，則熱變形阻力變低，很難用功率較小的熱鍛設備製造。 670°C 以上為較佳。另一方面，若超過 800°C ，則 α 相所佔之比例變少而晶粒粗大化、容易產生鍛造破裂並且模具的壽命變短。 780°C 以下為較佳。鍛造後的冷卻速度主要影響耐蝕性，對從結束時的材料溫度至 300°C ，或者 650°C 至 300°C 的溫度區域，以 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ~ $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 的平均冷卻速度進行冷卻為較佳。

熱鍛時的金屬組織成為用於實現本發明的課題之關鍵要點。亦即，關於 Cu-Zn-Pb 合金及 Cu-Zn-Pb 合金中例如含有 Si 之 Cu-Zn-Pb-Si 合金，在發明合金的組成範圍內，在 $650\sim 800^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍出現之相主要為 α 相、 β 相這 2 相。 α 相的熱變形阻力較高， β 相的熱變形阻力較低，因此熱鍛時需要增加 β 相所佔之比例。另一方面，藉由相變熱鍛時的

β 相相變為 α 相，但若熱鍛時 β 相所佔之比例過多，則殘留在鍛件之 β 相較多。若鍛件中存在之 β 相較多，則耐蝕性、延展性變差，因此需要較少的 β 相，設定鍛造時存在之 β 相的上限或 α 相的下限為較佳。若 Si 濃度超過 1.5mass%，則出現 κ 、 γ 、 μ 相，若 Si 的含量進一步增加，則有時還出現 ζ 相、X 相等。若在 Cu-Zn-Pb 合金中含有 0.4mass% 以上的 Sn 或者 0.7mass% 以上的 Al，則有時出現 γ 相。

由溫度以及主要是該些相的比例或者組成係數決定熱變形阻力或鍛造時的材料的流動性。若將 α 單相的熱變形阻力設為 100，則本發明的銅合金中幾乎不依賴於組成， β 相為約 20， γ 相、 κ 相、 ζ 相及 X 相為約 30，主要藉由 α 相所佔之比例決定熱變形阻力。但是，熱變形阻力不是單純由 α 相的比例來決定，若將 α 相合金的熱變形阻力設為 100，則在 α 相的面積率為 0~70% 時， α 相所佔之比例為 Y% 的 Cu-Zn-Pb 合金的熱變形阻力大概能夠由 $2000/(100-Y)$ 表示。亦即， α 相所佔之比例為 0% 時熱變形阻力為 20，同樣地， α 相的面積率為 10% 時為 22， α 相的面積率為 25% 時為 27， α 相面積率為 40% 時為 33， α 相的面積率為 50% 時為 40，只不過表示變形阻力最低的 α 相的面積率 0% 時的約 2 倍的熱變形阻力。然而， α 相比為 60% 時， $2000/(100-Y)$ 的值為 50， α 相比為 65% 時同樣為 57，尤其以 α 相比 60% 時為邊界，熱變形阻力急速變高，達到在鍛造機的功率方面無法容許之水平。藉此， α 相在熱鍛之前的鍛造素材的金屬組織中所佔之面積率為 3~60%，進而將熱鍛素材加熱成標準的熱鍛溫度 720℃ 時的 α 相的面積率為 3~60% 為較佳。

若 α 相的面積率少於 3%，亦即 β 相、 γ 相、 κ 相、 ζ

相及 X 相的總計所佔之比例成為 97% 以上，則熱鍛時，晶粒粗大化、變得容易產生鍛造破裂。鍛造後的金屬組織中 α 相的面積率變少、延展性、耐蝕性變差。若 α 相的面積率超過 60%，則如前述熱變形阻力變高，無法成型為近淨形，需要功率較大的熱鍛設備，很難成型本發明中作為對象之厚度偏差度例如為 10~30% 之鍛造素材。熱鍛時或者將鍛造素材加熱為 720℃ 時 α 相所佔之比例需要在 3% 以上，10% 以上為較佳，若考慮鍛造後的鍛件的耐蝕性、延展性，則鍛造時的 α 相的面積率越大則越佳，25% 以上為較佳，35% 以上為進一步較佳。另一方面，從鍛造機的功率、成型性觀點來看，熱鍛時或者將鍛造素材加熱為 720℃ 時的 α 相的面積率在 60% 以下，55% 以下為較佳，50% 以下為進一步較佳。若將管狀鍛件再加熱為 720℃ 並且快速冷卻來確認金屬組織，則能夠再現以 720℃ 熱鍛時的相組織。晶粒的大小超過 300 μm 之連續鑄造管的情況，成型性變差，並且變形阻力亦變得稍微高，因此熱鍛時或將鍛造素材加熱為 720℃ 時的 α 相的面積率在 50% 以下為較佳。

鍛造後的金屬組織中，存在之相因所含有之元素及該元素的含量而不同，但在本發明鍛件的組成範圍內的合金中， α 相基體中有時存在 β 相、 γ 相，將 Si 含有 1.5mass% 以上，尤其含有 2.5mass% 以上之 Cu-Zn-Pb-Si 合金的情況，有時存在 β 、 γ 、 κ 、及 μ 等相。若在鍛件中 β 相、 γ 相這 2 相的總計面積率或者 β 相、 γ 相、 μ 相這 3 相的總計面積率超過 25%，則在耐蝕性、延展性上產生問題。前述總計的面積在 15% 以下為較佳，10% 以下為進一步較佳。另一方面，為了使熱鍛件的延展性變得良好，含有 2.5mass% 以上 Si 之

合金的情況， α 相的面積率在 30% 以上，含有 2.5mass% 以上 Si 之合金以外之情況， α 相的面積率在 75% 以上，90% 以上為較佳。另外，將 Si 含有 2.5mass% 以上之 Cu-Zn-Pb-Si 合金的情況， κ 相具備與 α 相相同的延展性、耐蝕性，因此若 α 相與 κ 相的總計面積率在 85% 以上為較佳，90% 以上為最佳，此時顯示尤其優異之耐蝕性與良好的延展性。如以上，從金屬組織方面觀察時，鍛造時的成型性及鍛造性與鍛件的耐蝕性及延展性為相反的內容，且由於組成係數與金屬組織聯動因此是非常重要的。

在含有 1.5~5mass% 的 Si 之 Cu-Zn-Pb-Si 合金中形成之 α 、 κ 、 γ 、 β 及 μ 各相，相對於含有 3mass% 的 Si 之 Cu-Zn-Si-Zn 合金，從使用 X 射線顯微分析儀之定量分析結果，能夠將在本發明的 Cu-Zn-Pb-Si 合金中將 Si 含有 2.5mass% 至 3.9mass% 之第 3 發明合金的情況及以第 3 發明合金為基礎之第 4 發明合金的情況，定義為如下。

基體的 α 相中，Cu: 73~81mass%、Si: 1.5~3.2mass% 且剩餘部份包括 Zn 及其他添加元素。

(典型的組成: 76Cu-2.4Si-剩餘 Zn)

作為必須相之 κ 相中，Cu: 73~80mass%、Si: 3.3~4.7mass% 且剩餘部份包括 Zn 及其他添加元素。

(典型的組成: 76Cu-3.9Si-剩餘 Zn)

γ 相中，Cu: 66~75mass%、Si: 4.8~7.2mass% 且剩餘部份包括 Zn 及其他添加元素。

(典型的組成: 72Cu-6.0Si-剩餘 Zn)

β 相中，Cu: 63~74mass%、Si: 1.8~4.7mass% 且剩餘部份包括 Zn 及其他添加元素。

(典型的組成：69Cu-2.4Si-剩餘 Zn)

μ 相中，Cu：76～89mass%、Si：7.3～11mass%且剩餘部份包括 Zn 及其他添加元素。

(典型的組成：83Cu-9.0Si-剩餘 Zn)

其中，典型的組成是指含有 3mass% 的 Si 之 Cu-Zn-Pb-Si 合金的情況。

藉此， μ 相與 α 、 κ 、 γ 、 β 相在 Si 濃度上有區別， γ 相與 α 、 κ 、 β 、 μ 相在 Si 濃度上有區別。 μ 相與 γ 相的 Si 含量接近，但能夠根據 Cu 濃度以 76mass% 為邊界來加以區別。 β 相與 γ 相在 Si 濃度上有區別，與 α 、 κ 、 μ 相在 Cu 濃度上有區別。 α 相與 κ 相接近，但以 Si 濃度 3.25mass% 或者 3.2～3.3mass% 為邊界來加以區別。由 EBSD 檢查晶體結構之結果， α 相為 fcc， β 相為 bcc， γ 相為 bcc， κ 相為 hcp，所以能夠加以區別。 κ 相的晶體結構雖為 hcp，但在 α 相存在 30% 以上的基礎上具有良好的延展性。

關於前述熱鍛用的素材形狀進行敘述。

鍛造素材為管狀，藉由熱擠壓、連續鑄造或熱軋製作。藉由熱擠壓製作時，暫且製作圓柱狀鑄塊，切斷成預定長度之後，藉由熱鍛而擠壓加工成管狀來進行製作，因此需要鑄造與擠壓這 2 個製程。另一方面，藉由連續鑄造製作之管狀棒材可藉由連續鑄造這 1 個製程製作，省略 1 個製程。但是，藉由熱擠壓製作之鍛造素材經過熱塑性加工，因此晶粒較細，熱鍛時的成型性、變形能或耐蝕性優異。另一方面，藉由連續鑄造程序製作之鍛造素材通常來講，其晶粒粗大，例如粗視組織的晶粒大小為 500 μm 以上，因此成型性或變性能較差。本發明的情況，由於使用管狀素材，因此在熱鍛

中不需要較大的變形，因此以連續鑄造棒管亦能應對，但根據情況，有時要求局部的較大變形或細微成型、變形，較細的晶粒為較佳。藉由熱鍛，鑄件的金屬組織被破壞且晶粒變細，但是若在熱鍛時存在一部份不易變形之部位、及加工度較低的部位，則與鑄件的金屬組織殘留之或者加工度較高的部位相比晶粒較大，因此強度變低且耐蝕性變差。將鍛造素材設為連續鑄造管（中空連續鑄造棒）時，在鍛造階段中粗視組織的晶粒變細為 $300\ \mu\text{m}$ 以下，進一步變細為 $200\ \mu\text{m}$ 以下為更佳。藉由將晶粒的大小設為較細，能夠改善鍛造時的變形能、成型性、局部強度下降及耐蝕性下降。如前述，若在 Cu-Zn-Pb 合金中，含有 Zr、B、Mg，尤其同時含有 Zr 與 P，則連續鑄造管的晶粒變細至 $300\ \mu\text{m}$ 以下或 $200\ \mu\text{m}$ 以下，因此較佳。

熱鍛中，相對於鍛造素材，基本上壓縮變形是主體，但藉由對截面的一部份附加相當於後方擠壓之應力、或者對中空鍛造素材附加相當於擴張之應力，從而向長邊方向伸展且擴張而被成型。本申請所要求之鍛件與其素材具有密切關係。

作為目的之管狀熱鍛件中，若將（平均內徑）/（平均外徑）設為 A，則 $0.4 \leq A \leq 0.92$ ，亦即（平均壁厚）/（平均外徑）為 0.04 以上且 0.3 以下。亦即，若將熱鍛件的平均內徑設為 DI、平均外徑設為 DO、平均壁厚設為 T，則 $0.4 \leq DI/DO \leq 0.92$ ，或者 $0.04 \leq T/DO \leq 0.3$ 。另外，前述熱鍛件中，平均壁厚 T 為 3mm 以上且 15mm 以下，若將（管軸方向長度）/（平均壁厚）設為 B，則 $1 \leq B \leq 10$ ，相對於作為目的之尺寸、形狀，尺寸公差在 $\pm 2\%$ 以內，精確度良好，且

被精加工成近淨形。其中，鍛件的長度係相當於原管狀鍛造素材的長度（管軸方向的長度）之部份。並且，最佳近淨形是指，未進行熱鍛後的鍛造件中必要之旋入、以鍛造無法完成之成型、開孔並且用於確保尺寸精確度或表面狀態之切削之、所要求形狀之形狀。熱鍛件為外周部複雜的形狀，外周部附加有突起物等，雖然不是單純的形狀，但從鍛造的模具圖面等計算平均外徑（平均的外側直徑）、平均內徑（平均的內側直徑）及平均壁厚並不是很難的。平均外徑如下求出。求出包含鍛件的空心部份之狀態下的體積（能夠以埋沒空心部份之狀態將鍛件沉浸在水中來求出），求出的體積除以鍛件的長邊方向的長度（高度）來計算平均截面積，將面積與其截面積相等的真圓半徑設為該鍛件的平均外徑即可。平均內徑亦由空心部份的容積相同地求出即可。從附圖等當然能夠求出平均外徑、平均內徑。 $DO=DI+2T$ ，因此可導出 $0.04 \leq T/DO \leq 0.3$ 的關係。熱鍛件的（平均內徑）/（平均外徑）的值越大，孔部所佔之比例就越大，若（平均內徑）/（平均外徑）的值為 0.4 以上，則使用管狀鑄造素材之效果變大。當然，若（平均內徑）/（平均外徑）的值在 0.5 以上為較佳，進一步為 0.6 以上的鍛件，則效果進一步變大。熱鍛件的（平均內徑）/（平均外徑）的值越大越有效果，但存在成型性的問題，因此上限為 0.92。另外，本申請中作為對象之鍛件的平均壁厚在 3mm 以上，3.5mm 以上為較佳，4.0mm 以上為進一步較佳，且在 15mm 以下，13mm 以下為較佳，還取決於長度的關係，但 11mm 以下為更佳。從作為鍛件的目的之水錶的上蓋或聯軸器等的形狀來看，（管軸方向長度）/（平均壁厚）：B 將 1 以上作為對象，2 以上為較

佳，2.5 以上為更佳。上限在 10 以下，但 8 以下為較佳，6 以下為更佳。

為了成品率較好地成型管狀熱鍛件，在管狀鍛造用素材中，（平均內徑）/（平均外徑）：A 必須在 0.3 以上且 0.88 以下，（管軸方向長度）/（平均壁厚）：B 必須在 0.8 以上且 12 以下。為了將作為目的之熱鍛件的（平均內徑）/（平均外徑）：A 設為 0.4 以上，在空心鍛造用素材中，A 需要設為 0.3 以上。若 A 超過 0.88，則成型性上產生問題。另一方面，關於 B，若小於 0.8，則切斷素材時，例如基於通常鋸進行切斷時，發生較多切屑、損失增大，雖然還取決於鍛造形狀，但需要較大的功率。尤其，若採用剪切切斷等不產生切屑之切斷方法，則損失問題消失。B 在 1 以上為較佳，1.2 以上為進一步較佳，1.5 以上為最佳。另一方面，若 B 超過 12，則切斷時的損失減少，但熱鍛銅合金開始壓曲，產生成型性的問題。B 在 10 以下為較佳，8 以下為進一步較佳，A、B 值根據熱鍛件的形狀適當決定。通常，自由鍛造時，若 B 值超過 3 則壓曲，設為 2.5 以下為較佳者為良，但是若使用本發明的管狀素材，則 B 值能夠容許至約 12。壁厚不到 3mm 之素材不管是由連續鑄造管，還是熱擠壓管製作，製造時耗費成本，熱鍛時容易變形或壓曲，無法成型為預定形狀。另一方面，若壁厚超過 25mm，則熱鍛時的功率變得過大，雖然還取決於最終鍛件的形狀，但切斷素材時損失過多。鍛造素材的外形大概為圓形，但可為例如 6 角形，取決於作為目的之鍛造形狀。

另外，儘管鍛造素材是連續鑄造管、熱擠壓管，截面並不是均勻的同心圓，多少有些厚度偏差。即使存在厚度偏

差，作為目的之管狀熱鍛必須尺寸精確度良好地成型為預定形狀，並且成品率必須良好。厚度偏差度 C 定義為與鍛造素材的管軸方向垂直之截面中之 $(1 - (\text{最小壁厚} / \text{最大壁厚})) \times 100$ %，實驗性求出，若為具有如前述組成之材料，且在管軸方向的任意部位的 $C\%$ 在 30% 以下，則成品率良好，能夠成型為尺寸公差在 $\pm 2\%$ 以內，且成型為預定近淨形。

通常，銅和鋅的合金若加熱，則會熱膨脹，例如，若從 20°C 加熱為 700°C ，則膨脹約 1.5%，包括模具的熱膨脹、熱鍛溫度或模具溫度的誤差在內，熱鍛件的尺寸精確度在預定尺寸為 50mm 者中容許 $\pm 2\%$ ， $\pm 1\%$ 以內為良好。其中，預定的形狀係以厚度偏差度 C 為 0% 時的各部的尺寸為基準，或以考慮設計模具時的材料收縮等之尺寸為基準，相對於該尺寸，關於在 $\pm 2\%$ 以內或在 10mm 以內者，若為 $\pm 0.2\text{mm}$ 以內的尺寸則設為“良好”，關於在 $\pm 1\%$ 以內或 10mm 以內者，若為 $\pm 0.1\text{mm}$ 以內的尺寸則設為“優異”。若要獲得優異之成型性，厚度偏差度 C 在 15% 以內為較佳。另外，關於 B 超過 6.25 者，若要成型為預定尺寸，需要滿足 $C \leq 75 \times 1/B^{1/2}$ ，滿足 $C \leq 50 \times 1/B^{1/2}$ 為較佳。亦即，若 B 值變大且厚度偏差度 C 變大，則成型時材料無法充份流動，所以發生成型性的問題。

[實施例]

使用上述之第 1 發明合金～第 4 發明合金及比較用組成的銅合金製作銅合金熱鍛件。表 1 表示製作銅合金熱鍛件之合金的組成。

[表 1]

合金 No.		合金組成 (mass%)															組成 係數	
		Cu	Zn	Pb	Si	P	Zr	As	Sb	Mg	Sn	Al	B	Bi	Ni	Mn		
1	第 1 發明合金	61.5	rem	0.06													61.53	
2	第 2 發明合金	61.4	rem	0.04	0.18												60.61	
3	第 4 發明合金	60.1	rem	0.008				0.05			0.6			0.05	1		61.43	
4	第 3 發明合金	75.6	rem	0.02	3.1												61.66	
5	第 1 發明合金	60.5	rem	0.04													60.52	
6	第 4 發明合金	62.6	rem	0.12		0.04	0.007		0.08	0.5							61.85	
7	第 4 發明合金	76.4	rem	0.004	3.2	0.08	0.004		0.03								61.73	
21	第 4 發明合金	61.6	rem	0.006						0.7							60.76	
22	第 4 發明合金	61	rem	0.14				0.04							0.35		61.79	
23	第 4 發明合金	62.4	rem	0.09		0.04			0.03	0.6						0.12	61.71	
24	第 4 發明合金	61.5	rem	0.06	0.23							0.03					60.51	
25	第 4 發明合金	64	rem	0.08		0.07	0.01			0.8	0.23						62.37	
26	第 4 發明合金	76.9	rem	0.02	4	0.05	0.02			0.07	0.6				1.2	0.6	60.49	
27	第 4 發明合金	76.3	rem	0.01	2.8	0.08	0.006		0.05		0.4			0.01			62.53	
28	第 4 發明合金	75.8	rem	0.007	3.1			0.04	0.03								61.84	
29	第 4 發明合金	77	rem	0.02	2.8	0.08	0.005	0.05		0.5							63.60	
30	第 4 發明合金	82.3	rem	0.04	4.3	0.08			0.04								62.68	
31	第 4 發明合金	81	rem	0.07	4			0.05	0.05				0.008				63.00	
32	第 4 發明合金	80.4	rem	0.02	3.9	0.08	0.008			0.03	0.5	0.03					61.92	
33	第 4 發明合金	64.8	rem	0.09	0.32												63.41	
101	比較用合金	64.7	rem	0.07													64.74	
102	比較用合金	58.5	rem	0.06				0.05									58.56	
103	比較用合金	60.1	rem	0.09	0.58				0.03								57.50	
104	比較用合金	65.4	rem	0.05				0.03	0.05	0.2	0.3			0.2			64.88	
105	比較用合金	76.9	rem	0.05	2.7	0.06	0.02	0.03									64.62	
106	比較用合金	75.1	rem	0.03	3.9	0.03					0.1						57.26	
107	比較用合金	61.3	rem	0.001													61.30	
108	比較用合金	62.5	rem	0.002	0.14	0.05	0.02		0.02								61.71	
109	比較用合金	58.3	rem	1.82						0.2							58.97	
110	比較用合金	62.9	rem	1.75		0.03		0.04		0.3							63.35	
111	比較用合金	61.4	rem	0.38	0.16												60.87	
112	比較用合金	75.7	rem	0.36	3.1			0.03	0.05								61.89	
113	比較用合金	64.8	rem	0.07	0.26												63.67	
114	比較用合金	78	rem	0.06	3.1												64.08	

準備配合成表 1 的各合金組成之直徑 240mm 的鑄塊。
對鑄塊進行面削來將直徑設為 200mm，對加熱為 720℃ 之鑄塊進行熱擠壓來獲得外徑為 72.5mm、壁厚為 8.25mm 的擠壓管和外徑為 76.5mm、壁厚為 15mm 的擠壓管。同樣，藉由連續鑄造準備外徑為 72.5mm、壁厚為 8.25mm 的連續鑄造管和外徑為 76.5mm、壁厚為 15mm 的連續鑄造管。關於外徑為 76.5mm、壁厚為 15mm 的擠壓管、連續鑄造管，為了調查厚度偏差等的影響，藉由切削成型成外徑為 72.5mm、壁厚為 8.25mm 的預定形狀。為了調查模具的影響，準備外徑為 72.5mm、壁厚為 23.0mm 的連續鑄造管。

因此，鍛造素材的（平均內徑）/（平均外徑）：A 為約 0.77，（管軸方向長度）/（平均壁厚）：B 為約 2.7（詳細後述）。

作為比較材，以一部份合金將直徑為 240mm 的鑄塊加熱為 720℃，由熱擠壓準備外徑為 40mm 的實心棒材（不是管）。

作為比較例，將直徑為 240mm 的圓柱狀鑄塊熱擠壓成外徑為 40mm。該素材是棒狀而不是管狀或環狀。

第 1 圖中示出作為熱鍛時的目標之鍛件的形狀。鍛件為管狀，將下側的外徑設為 a、上側的外徑設為 c、下側的內徑設為 j、上側的內徑設為 k、管軸方向長度設為 i、作為內徑 k 的部份的管軸方向長度之部份長度 1 設為 i1、作為內徑 j 的部份的管軸方向長度之部份長度 2 設為 i2。

依第 1 圖，平均外徑 a、c 為 77mm，平均內徑為約

64.8mm、平均壁厚為約 6.1mm、管軸方向長度 i 為 25mm，
鍛件的（平均內徑）/（平均外徑）：A 為約 0.84，（管軸
方向長度）/（平均壁厚）：B 為約 4.1。

若包含所要求之機械加工精加工部份則重量成為約
5 289g（根據準備之合金，密度稍微不同，為 283g~291g，
並且密度為約 $8.3 \sim 8.55\text{g/cm}^3$ ）者為無浪費的理想鍛件。若
藉由 1 次熱鍛，成為相對於作為目標之重量 289g 在 +10%
以內的鍛件，則可以說已熱鍛成型為接近理想的近淨形。鍛
造藉由壓縮與後方擠壓來實施，使用如產品內徑 56mm 的面
10 成為下表面且產品內徑 70mm 的面成為上表面的模具。

為了確認是否為符合實際產品之切削加工，如第 2 圖所
示般，在鍛件內徑 70mm 側還實施 72mm 的內徑精切削，以
及在鍛件內徑 56mm 側還實施內徑 58mm 的內徑精切削。

在鍛件的評價中，對於金屬組織、硬度、“ISO 6509”
15 的脫鋅腐蝕試驗、鑽頭切削試驗按如下進行。

<金屬組織>

觀察下面 3 種試料的金屬組織。

（1）熱鍛後空冷之試料

（2）將鍛造素材作為熱鍛用而加熱為預定溫度並保持
20 1 分鐘後，不進行鍛造而快速水冷之試料

（3）將熱鍛件加熱為約 720°C 並保持 1 分鐘後快速水
冷之試料

所有試料都以進入到從管軸方向的端面距 5mm 以上之
內側且從外周面距壁厚的 $1/4$ 的位置的垂直於管軸方向之截

面觀察金屬組織。熱鍛件中，在變形量較少的壁厚部份進行觀察。關於金屬組織，對試料的切斷面進行顯微鏡檢查，用過氧化氫和氨水的混合液來蝕刻，並藉由圖像分析來測定 α 相、 β 相、 κ 相、 γ 相及 μ 相的面積率（%）。藉由圖像處理軟件“WinROOF”（商品名）將 200 倍或 500 倍的光學顯微鏡組織二值化，藉此求出各相的面積率。在 3 視野進行面積率的測定，將其平均值作為各相的相比率。

當難以確認相時，藉由 FE-SEM-EBSP（Electron Back Scattering diffraction Pattern）法特定相，並求出各相的面積率。FE-SEM 時使用日本電子株式會社製 JSM-7000F（商品名），分析時使用株式會社 TSL Solutions 製 OIM-Ver.5.1（商品名），並根據分析倍率 500 倍和 2000 倍的相圖（Phase 圖）求出。

上述（1）的資料記載於後述之表 3 等的“鍛件的各相的面積率”欄內，（2）的資料記載於“鍛造之前的 α 相的面積率”欄內，（3）的資料記載於“720℃ α 相”欄內。

<硬度>

測定前述熱鍛件、鍛造素材的截面的維氏硬度（負載 9.8N）。

<“ISO 6509”的脫鋅腐蝕試驗>

在“ISO 6509”的脫鋅腐蝕試驗中，以暴露試料表面相對於前述熱鍛的流動方向呈直角或相對於原料的長邊方向呈直角之方式，將從各熱鍛件中抽樣之試料埋入苯酚樹脂材中，並藉由砂紙研磨試料表面至 1200 號之後，於純水中對

其進行超聲波清洗後乾燥。

將如此獲得之被腐蝕試驗試料浸漬於 1.0% 的氯化銅二水合物 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 的水溶液 (12.7g/L) 中，於 75℃ 的溫度條件下保持 24 小時之後，從水溶液中取出，並測定其
5 脫鋅腐蝕深度的最大值 (最大脫鋅腐蝕深度)。為了檢查耐蝕性，根據 ISO 6509 規定之試驗方法進行耐脫鋅腐蝕性試驗。

以暴露表面相對於熱鍛的流動方向或原料的長邊方向呈直角之方式，試料再次埋入苯酚樹脂材料中，接著切斷試料
10 以獲得最長的切斷部。接著研磨試料並使用 100 倍至 500 倍的金屬顯微鏡，在顯微鏡的視野 10 處觀察腐蝕深度。將最深的腐蝕點設為最大脫鋅腐蝕深度。根據該方法進行試驗時，若最大腐蝕深度為 400 μm 以下，則為良好，因此最大腐蝕深度在 100 μm 以下，則耐蝕性優異，若最大腐蝕深度
15 在 600 μm 以下，則“可實際應用”，超過 600 μm 時，設為“實際應用時耐蝕性存在問題”。

<鑽頭切削試驗>

在鑽床使用 $\phi 3.0\text{mm}$ 高速鋼製 JIS 標準鑽頭，對相當於鍛件下部之內經 56mm (在產品尺寸測定位置上相當於 h 之
20 部位) 的深處部份，以轉速 1250rpm、進給速度 0.17mm/rev. 進行深度 8.0mm 的鑽頭加工，且進行乾式切削。鑽頭加工時，用 AST 式工具動力儀在圓周方向、軸向上抽樣電壓變化，並計算鑽頭加工時的轉矩/推力。在各樣品中進行 4 次測定並採用其平均值，將包括 60mass%Cu-3mass%Pb-

0.2mass%Fe-0.2mass%Sn-剩餘部份包括 Zn 之市售的快削黃銅棒 C3604 設為 100 來進行相對評價。切削指數越高具有之切削性越良好。

亦即，如下求出切削指數。

5 試料的鑽頭試驗結果的指數（切削指數）=（轉矩指數＋推力指數）/2

試料的轉矩指數（%）=（C3604 的轉矩/試料的轉矩）
× 100

10 試料的推力指數（%）=（C3604 的推力/試料的推力）
× 100

如下改變熱鍛條件來評價成型性等。

<鍛造素材形狀的影響>

15 作為鍛造素材為管狀之本發明的比較例，將藉由熱擠壓獲得之棒材（ $\phi 40$ ）立置（使棒材的軸向呈鉛垂方向）及橫置（使棒材的軸向呈水平方向），並藉由熱鍛衝壓能力 150 噸滿功率進行鍛造。鍛造之前的溫度（熱鍛溫度）以 720℃ 為目標管理在 $\pm 10^\circ\text{C}$ 範圍內並保持 1 分鐘。鍛造素材的加熱藉由煤氣灶直接加熱，並在確認藉由放射溫度儀加熱為預定溫度範圍內之情況後進行鍛造。

20 在第 3 圖 A 及第 3 圖 B 中示出使用於棒狀鍛造素材及管狀鍛造素材之模具的概略圖。第 3 圖 A 係藉由棒狀鍛造素材用模具來鍛造棒狀鍛造素材時的截面的概略圖，在圖面中央的對稱軸的左右表示鍛造前與鍛造後。第 3 圖 B 係藉由管狀鍛造素材用模具來鍛造管狀鍛造素材時的截面的概略圖，

在圖面中央的對稱軸的左右表示鍛造前與鍛造後。

管狀鍛造素材用模具藉由安裝凸台，能夠以鍛件中無內毛刺之方式或使內毛刺較少地進行鍛造。藉此，能夠鍛造為近淨形，還能夠減輕鍛造後的切削負載。但是，由棒材進行鍛造時，由於無法空心化，因此不可避免產生內毛刺，所以需要產品重量上加上內毛刺量的重量之素材重量。為了減少內毛刺的重量，需要進一步提高鍛造負載，還有可能受到設備上的制約。

第 4 圖 A 中示出由棒狀鍛造素材鍛造時的鍛件的截面形狀，第 4 圖 B 中示出由管狀鍛造素材鍛造時的鍛件的截面形狀。

如上述，由棒材鍛造時，不可避免產生內毛刺，但還有熱鍛機的衝壓能力 150 噸的制約，需要根據目標鍛造形狀賦予較多切削餘量，除此以外還必須對角部賦予必要以上的 R。

表 2 中示出使用棒狀鍛造素材之結果。

[表 2]

合金 No.	放置方法	鍛造結果				鍛件的切削	
		鍛造溫度	成型性	鍛造負載	重量	粗切削	精加工
		℃		噸	g		
1	橫	718	×	150	467		
	橫	721	○	150	511	×	△
	縱	717	×	150	438		
	縱	718	○	150	481		
4	橫	718	×	150	473		
	橫	722	○	150	510	○	○
	縱	717	×	150	444		
	縱	718	○	150	480		
	橫	718	×	500	417		
	橫	720	○	500	450		
6	橫	720	×	150	472		
	橫	722	○	150	511	×	△
	縱	716	×	150	443		
	縱	723	○	150	478		
7	橫	724	×	150	468		
	橫	720	○	150	510	○	○
	縱	717	×	150	442		
	縱	721	○	150	481		

<評價方法>

5 成型性的評價以產品各部的有無缺壁亦即考慮設計模具時材料的收縮等之外表面的尺寸為基準來判斷。相對該尺寸，若超過 $\pm 2\%$ 則設為“×”，若在 $\pm 2\%$ 以內則設為“△”，若為 $\pm 1\%$ 以內的尺寸則設為“○”，需要至少在△以上。

10 關於切削的切削狀況以如下 3 個階段進行評價：將切屑亦被分斷、切削阻力亦較低、產品表面上未確認到缺陷能夠毫無問題地進行切削之狀態設為“○”；將切屑連續、或者切削阻力稍微高、在批量生產切削時工具壽命下降這一點多少有些擔憂，但批量生產時能夠進行切削，另外產品性質形

狀無問題者設為“△”；切屑較厚且未完全被分斷而對產品表面帶來瑕疵、或者纏繞於工具上、或者產品表面產生擠裂之類之缺陷而無法獲得良好的表面狀態者或切削時工具磨耗者設為“×”。

- 5 能夠成型為預定尺寸時所需重量在使用合金 No.1、4、6、7 時，立置時均為約 480g、橫置時均為約 510g。若為低於該重量之重量，則在內徑 $\phi 70$ 側的端面產生缺壁。當以合金 No.4 且橫置時，將鍛造時的功率提高為 500 噸來實施，但能夠以約 450g 成型，藉由將鍛造負載提高至 500 噸
10 來減少約 60g 素材。

將約 510g 的素材橫置進行鍛造者以各合金進行抽樣，並以成為第 2 圖的最終產品的方式實施切削加工。如還可從由第 4 圖 A 及第 4 圖 B 的棒材製造之鍛件的截面形狀可知，由於被賦予了內毛刺與內徑部份的餘量切削餘量，因此
15 藉由衝壓機衝壓內毛刺，並且藉由粗切削加工進一步切除內徑部份之後，實施精加工。該精切削加工相當於由在表 11～表 13 中後述之本發明合金獲得之鍛件的切削。亦即，本發明的熱鍛件中，使用棒材素材時不需要必要的粗切削加工。合金 No.4、7，其後述之切削指數亦良好，粗加工時亦無問
20 題且精切削亦良好。合金 No.1、6，其後述之切削指數為“可”，但粗加工時厚度較厚的切屑連續且粗切削的加工量較多，因此切屑纏繞於工具上而發生故障，易判斷為實際生產時不可切削之狀態。精切削時雖存在切屑連續之傾向，但切削加工量較少，因此切屑不會纏繞於工具，所以產品自身

沒有問題。

<鍛造負載的影響>

參考表 3 對鍛造負載的影響進行說明。

[表 3]

合金 No.	鍛件的各相的面積率			鍛造之前 的 α 相的 面積率	*1 720℃ α 相	*2 鍛造 素材 的種類	鍛造素材的 平均 晶體粒徑	鍛造素材				鍛造結果		
	α 相	β + δ + μ	κ 相					管軸方向 長度	平均 壁厚	管軸方向長度/ 平均壁厚	厚度 偏差度	*3	鍛造溫度	成型性
	%	%	%					mm	mm		%			
1				44		B	40	22	8.25	2.7	0	45.9	724	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	720	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	715	△
	93	7						22	8.25	2.7	0	45.9	726	○
2				29		B	25	22	8.25	2.7	0	45.9	722	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	717	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	721	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	716	○
3	84	16		39		B	30	22	8.25	2.7	0	45.9	718	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	722	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	720	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	714	×
4	92	8		38	41	B	15	22	8.25	2.7	0	45.9	722	△
								22	8.25	2.7	0	45.9	716	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	715	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	718	×
5	59	2	39	-	40	C	1000	22	8.25	2.7	0	45.9	722	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	720	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	719	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	721	△
6	81	19		44	26	C	120	22	8.25	2.7	0	45.9	714	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	719	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	720	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	716	×
7	94	6		42	46	C	30	22	8.25	2.7	0	45.9	722	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	724	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	721	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	717	×
	58	1	41		43			22	8.25	2.7	0	45.9	718	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	722	×
								22	8.25	2.7	0	45.9	714	○
								22	8.25	2.7	0	45.9	726	○

*1 將熱鍛件加熱為約 720℃且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 75×1/ (管軸方向長度/平均壁厚) ^{1/2}

將外徑為 76.5mm、壁厚為 15mm 的擠壓管、連續鑄造管藉由機械加工設為外徑為 72.5mm、壁厚為 8.25mm、厚度偏差度為 0%的形狀，變更鍛造時的負載來評價成型性。鍛造素材設為長度 22mm、重量約 311g。

- 5 使用熱鍛衝壓能力 500 噸的鍛造機，將衝壓負載限制為衝壓能力的 5、10、15、20、25%（若換算為負載，則為 25 噸、50 噸、75 噸、100 噸、125 噸）來實施鍛造。成型性的評價以產品各部有無缺壁、灰霧、有無凹凸等表面缺陷（雖然抽象，但其指在鍛件產生之表面缺陷）及厚度偏差度 C 為
- 10 0%時的產品各部的尺寸為基礎，相對於該尺寸，若超過±2%則設為“×”，若在±2%以內則設為“△”，若為±1%以內的尺寸則設為“○”，需要至少在△以上。

- 所有合金 No.的發明合金在其鍛造負載在 50 噸以下時均無法充份成型，但所有發明合金都能夠以 100 噸以下的負載
- 15 成型。因此，能夠從由上述之棒材鍛造時的最小鍛造負載 150 噸（參考表 2）將鍛造負載減輕至 2/3。

<鍛造素材重量的影響>

參考表 4 對鍛造素材重量的影響進行說明。

[表 4]

合金 No.	鍛件的各相的面積率			鍛造之 的 α 相 面積率	*1 720℃ α 相	*2 鍛造素 的種類	鍛造素材 平均 晶體粒徑	鍛造素材					鍛造結果			
	α 相	β + δ + κ 相	%					管軸 方向	平均 壁厚	管軸方向長 度/ mm	厚度 偏差度 %	*3	鍛造溫 度 ℃	成型性	鍛造負 載	重量 g
1				44		B	40	23	8.25	2.8	0	44.9	724	○	○	326
	93	7			22			8.25	2.7	0	45.9	720	○	◎	312	
					21			8.25	2.5	0	47.0	719	△	○	297	
2				29		B	25	23	8.25	2.8	0	44.9	720	○	◎	327
	84	16			22			8.25	2.7	0	45.9	717	○	◎	310	
					21			8.25	2.5	0	47.0	726	△	◎	298	
3				39		B	30	23	8.25	2.8	0	44.9	720	○	○	325
	92	8			22			8.25	2.7	0	45.9	715	○	◎	310	
					21			8.25	2.5	0	47.0	726	△	◎	297	
4				38		B	15	23	8.25	2.8	0	44.9	718	○	○	324
	59	2	39		22			8.25	2.7	0	45.9	724	○	◎	311	
					21			8.25	2.5	0	47.0	716	△	○	295	
5				-		C	1000	23	8.25	2.8	0	44.9	715	○	◎	323
	81	19			22			8.25	2.7	0	45.9	726	○	◎	309	
					21			8.25	2.5	0	47.0	718	△	◎	295	
6				44		C	120	23	8.25	2.8	0	44.9	720	○	○	323
	94	6			22			8.25	2.7	0	45.9	724	○	○	312	
					21			8.25	2.5	0	47.0	713	△	○	298	
7				42		C	30	23	8.25	2.8	0	44.9	717	○	○	326
	58	1	41		22			8.25	2.7	0	45.9	715	○	○	310	
					21			8.25	2.5	0	47.0	710	△	○	297	

*1 將熱鍛件加熱為約 720℃且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 75×1/（管軸方向長度/平均壁厚）^{1/2}

改變鍛造素材的長度亦即重量來進行實驗。素材重量設為約 325g（長度 23mm）、約 311g（長度 22mm）及約 297g（長度 21mm）這 3 個階段。鍛造之前的溫度以 720℃ 為標準。成型性以產品各部有無缺壁、灰霧、有無凹凸等表面缺陷及厚度偏差度 C 為 0% 時的產品各部的尺寸為基準，相對於該尺寸，若超過 $\pm 2\%$ 則設為“×”，若在 $\pm 2\%$ 以內則設為“△”，若為 $\pm 1\%$ 以內的尺寸則設為“○”，需要至少在△以上。鍛造時讀取衝壓負載，將以 130 噸以下成型者設為“△”，以 110 噸以下成型者設為“○”，以 90 噸以下的非常小的功率成型者設為“◎”。

素材重量約 325g、約 311g 時成型性良好。若成為約 297g，則產品尺寸處於△水平，但幾乎沒有發生外毛刺，因此亦可考慮為能夠成型之素材重量的下限。因此，將作為比較用實施之素材橫置來鍛造時的最小素材重量能夠從約 510g 減輕約 40% 的素材重量。該傾向均適合合金 No.1~7，確認到良好的成型性。能夠以均較小的功率成型。鍛造負載影響熱鍛時的 α 相的面積率或組成係數，顯示出 α 相的面積率越小、組成係數越小則能夠以越小的功率鍛造之傾向。

<厚度偏差的影響>

參考表 5 及表 6 對鍛造素材的厚度偏差的影響進行說明。

[表 5]

合金 No.	鍛件的 各相的面積率			鍛造之 的 α 相 面積率	*1 720℃ α 相	*2 鍛造素材 的種類	鍛造素材 的平均 晶體粒徑	鍛造素材				鍛造結果									
	α 相	β + □ +	κ 相					管 軸 方	平均 壁厚	管軸方向 長度/平均 壁厚	厚度 偏差	*3	鍛造溫 度 ℃	成形性					鍛造 負載		
														a 下側 外徑	c 上側 外徑	h 下表 面寬度	i 高度	j 下側 內徑		k 上側 內徑	
1								22	8.25	2.7		5	45.9	724		○	○	○	○	○	◎
	93	7			43	B	40	22	8.25	2.7		10	45.9	720		○	○	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		15	45.9	715		○	○	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		20	45.9	720		○	△	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		30	45.9	723		○	△	○	○	○	○
2								22	8.25	2.7		40	45.9	715		○	×	○	○	○	△
	84	16			29	B	25	22	8.25	2.7		5	45.9	717		○	○	○	○	○	◎
								22	8.25	2.7		10	45.9	720		○	○	○	○	○	◎
								22	8.25	2.7		15	45.9	715		○	○	○	○	○	◎
								22	8.25	2.7		20	45.9	726		○	○	○	○	○	◎
3								22	8.25	2.7		30	45.9	718		○	△	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		40	45.9	721		○	×	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		5	45.9	720		○	○	○	○	○	◎
	92	8			39	B	30	22	8.25	2.7		10	45.9	723		○	○	○	○	○	◎
								22	8.25	2.7		15	45.9	720		○	○	○	○	○	○
4								22	8.25	2.7		20	45.9	716		○	△	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		30	45.9	710		○	△	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		40	45.9	716		○	×	○	○	○	△
								22	8.25	2.7		5	45.9	718		○	○	○	○	○	◎
	60	2	38		42	B	15	22	8.25	2.7		10	45.9	716		○	○	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		15	45.9	720		○	○	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		20	45.9	714		○	○	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		30	45.9	719		○	△	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		40	45.9	719		○	△	○	○	○	○
								22	8.25	2.7		40	45.9	724		○	×	○	○	○	△

*1 將熱鍛件加熱為約 720°C 且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 $75 \times 1/(\text{管軸方向長度/平均壁厚})^{1/2}$

[表 6]

合金 No.	鍛件的 α相β+α+κ			鍛造之α相的面積率	*1 720℃ α相	*2 鍛造素材 的種類	鍛造素材 的平均 晶體粒徑	鍛造素材					鍛造結果								
	α相	β+α+κ	%					管軸	平均 壁厚	管軸方 向	厚度 偏差度	*3	鍛造 溫度 ℃	成形性						鍛造 結果	
														a 下側 外徑	c 上側 外徑	h 下表 面寬度	i 高度	j 下側 內徑	K 上側 內徑		
5	82	18			26	C	1000	22	8.25	2.7	5	45.9	715	○	○	○	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	10	45.9	720	○	○	○	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	15	45.9	711	○	○	△	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	20	45.9	713	○	○	△	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	30	45.9	725	○	○	△	○	○	○	○	
6						C	120	22	8.25	2.7	40	45.9	720	○	○	×	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	5	45.9	720	○	○	○	○	○	○	○	
	94	6		43				22	8.25	2.7	10	45.9	720	○	○	○	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	15	45.9	716	○	○	○	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	20	45.9	724	○	○	△	○	○	○	○	
7						C	30	22	8.25	2.7	30	45.9	721	○	○	△	○	○	○	△	
								22	8.25	2.7	40	45.9	716	○	○	×	○	○	○	△	
								22	8.25	2.7	5	45.9	717	○	○	○	○	○	○	○	
	58	1	41	42	45			22	8.25	2.7	10	45.9	719	○	○	○	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	15	45.9	726	○	○	○	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	20	45.9	713	○	○	△	○	○	○	○	
								22	8.25	2.7	30	45.9	711	○	○	△	○	○	○	△	
								22	8.25	2.7	40	45.9	720	○	○	×	○	○	○	△	

*1 將熱鍛件加熱為約 720℃且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 75×1/（管軸方向長度/平均壁厚）^{1/2}

將外徑為 76.5mm、壁厚為 15mm 的擠壓管及連續鑄造管藉由切削加工，準備外徑為 72.5mm、內徑為 56mm 的有目的地使厚度有偏差之試料，藉由熱鍛衝壓能力 150 噸的鍛造機進行鍛造。將鍛造素材的長度設為 22mm、重量設為約 311g。311g 係與鍛造素材為棒材時能夠鍛造為預定尺寸之重量約 510g 相比成為約 60%者。

熱鍛時讀取衝壓負載，將以 130 噸以下成型者設為“△”，以 110 噸以下成型者設為“○”，以 90 噸以下的非常小的功率成型者設為“◎”。

關於鍛造素材的厚度偏差度，由於在管軸方向上幾乎沒有厚度偏差，因此在鍛造素材的端面進行。在鍛造素材的圓周方向的 8 個方向上，亦即以從鍛件的中心觀察時 22.5° 的間隔對置之壁厚進行測定。藉由 $(1 - (\text{最小壁厚} / \text{最大壁厚})) \times 100$ % 的公式進行計算。

在鍛件的圓周方向的 8 個方向上，亦即以從鍛件的中心觀察時 22.5° 的間隔對第 1 圖所示之 6 個部位（a、c、h、i、j 及 k）的尺寸進行測定，並由測定值如下評價成型性。

藉由與厚度偏差度為 0% 時的鍛件的比較來進行評價。成型性以厚度偏差度 C 為 0% 時的各部的尺寸為基準，相對於該尺寸，若超過 ±2% 則設為“×”，若在 ±2% 以內則設為“△”，若為 ±1% 以內的尺寸則設為“○”，需要至少在 △ 以上。

關於鍛造時的負載，各合金中厚度偏差對鍛造負載的影響幾乎未被確認到，受鍛造時的 α 相的面積率或組成係數的

影響較大。在鍛件的尺寸測定部位中，若厚度偏差度成為40%，則在 h 部尺寸波動超過 2%，但在其外的各部不受厚度偏差之影響。因此，在合金 No.1~7 中，若厚度偏差度在30%以下，則能夠以預定精確度鍛造。得知為了獲得更高的尺寸精確度，厚度偏差度需要在約 15%以下。未含有 Si 之合金 No.5 中，晶粒的大小以 $1000\mu\text{m}$ 粗大化，所以受到晶粒的影響，厚度偏差度需要在 10%以下，但是含有少量 Si 之合金 No.2 中，即使厚度偏差度為 20%亦可獲得尺寸精確度較高的鍛件。合金 No.1~7 的鍛造負載受熱鍛時的 α 相的面積率、組成係數的影響， α 相的面積率越小、或者組成係數越小，則顯示出能夠以越小的功率鍛造之傾向。在鍛造負載中，合金 No.5 中，鍛造素材的晶粒的大小以 $1000\mu\text{m}$ 粗大化，所以想到使其受到晶粒的影響。

<鍛造溫度的影響>

參考表 7 對鍛造溫度的影響進行說明。

[表 7]

合金 No.	鍛件的 各相的面積率		鍛造之 α相 面積率	*1 720℃ α相	*2 鍛造素 的種類	鍛造素 的平均 晶體粒 μ	鍛造素材					鍛造結果				
	α相	β + □ + κ相					管軸 方向 長度	平均 壁厚	管軸方向長度/ 平均壁厚	厚度 偏差度	*3	鍛造 溫度	成型性	鍛造 負載	重量	
	%	%	%	%	B、C	μ m	mm	mm		%						g
2	85	15		2	31		22	8.25	2.7	0	45.9	824	×	◎		312
	88	12		57	30		22	8.25	2.7	0	45.9	620	△	×		310
3	91	9		6	42		22	8.25	2.7	0	45.9	825	×	◎		313
	93	7		77	43		22	8.25	2.7	0	45.9	628	×	×		312
4	57	3	40	9	41		22	8.25	2.7	0	45.9	824	×	◎		309
	60	3	37	77	44		22	8.25	2.7	0	45.9	627	×	×		311
5	83	17		1	27	1000	22	8.25	2.7	0	45.9	819	×	◎		310
	84	16		55	28		22	8.25	2.7	0	45.9	625	△	×		312

*1 將熱鍛件加熱為約 720°C 且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 $75 \times 1 / (\text{管軸方向長度} / \text{平均壁厚})^{1/2}$

以鍛造溫度脫離適當的溫度範圍亦即 $650\sim 800^{\circ}\text{C}$ 之約 620°C 和約 820°C 進行。成型性以產品各部有無缺壁、灰霧、有無凹凸等表面缺陷及厚度偏差度 C 為 0% 時的產品各部的尺寸為基準，相對於該尺寸，若超過 $\pm 2\%$ 則設為“ $\times$ ”，若在 $\pm 2\%$ 以內則設為“ $\triangle$ ”，若為 $\pm 1\%$ 以內的尺寸則設為“ $\bigcirc$ ”，需要至少在 $\triangle$ 以上。鍛造時讀取衝壓負載，將成型時需要 130 噸以上者設為“ $\times$ ”，以 130 噸以下成型者設為“ $\triangle$ ”，以 110 噸以下成型者設為“ $\bigcirc$ ”，以 90 噸以下的非常小的功率成型者設為“ $\odot$ ”。

鍛造溫度為約 620°C 時，合金 No.2、3、4、5 中，鍛造負載均評價為“ $\times$ ”，成型性亦均評價為“ $\times$ ”或“ $\triangle$ ”。

鍛造溫度為約 800°C 時，合金 No.2、3、4、5 中，鍛造負載均評價為“ $\odot$ ”，但成型性均評價為“ $\times$ ”。

這樣，若鍛造溫度脫離 $650\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，則無法良好地進行鍛造。

<模具的形狀及素材的影響>

在如上述之各試驗中，使用以第 1 圖所示之形狀的鍛件為目標之模具（將該模具適當稱為基準模具）來進行，但卻使用基準模具的形狀與作為目標之鍛件的形狀不同之 8 種模具（模具 1～模具 8），調查波及到鍛造成型性之模具的尺寸要素，針對模具 8 使用改變尺寸之 3 種素材來調查素材的尺寸要素。

表 8 中示出各模具作為目標之鍛件的尺寸。表 8 中的 a、c、k、i、i1、i2、j 的各符號表示第 1 圖中的各部位。表

9 中示出使用於各模具之試料（素材）的尺寸。

[表 8]

	外徑	內徑 1	鍛件 長度	部份 長度 1	部份 長度 2	內徑 2	平均 內徑	平均 壁厚	DI/DO	T/DO	L/T
	DO	DI1	L			DI2	DI	T			
	a、c	k	i	i1	i2	j					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
基準模具	77	70	25	15	10	56	64.8	6.1	0.841	0.079	4.09
模具 1	77	70	50	40	10	56	67.4	4.8	0.876	0.062	10.45
模具 2	77	70	40	30	10	56	66.8	5.1	0.867	0.066	7.82
模具 3	77	60	9.5	4.5	5	56	57.9	9.5	0.752	0.124	1.00
模具 4	77	60	12.5	7.5	5	56	58.4	9.3	0.759	0.121	1.35
模具 5	77	60	15	10	5	56	58.7	9.2	0.762	0.119	1.64
模具 6	77	32	25	15	10	28	30.5	23.3	0.396	0.302	1.07
模具 7	77	36	25	15	10	28	33.0	22.0	0.429	0.285	1.14
模具 8	77	60	40	30	10	56	59.0	9.0	0.767	0.117	4.45

[表 9]

模具名	(素材) 試料 No.	平均 外徑	平均 內徑	平均 壁厚	管軸方向 長度	(平均內 徑) / (平均外	(平均壁厚) (平均外徑)	(管軸方向長 度/平均壁厚)	*1
		mm	mm	mm	mm				
基準模具	M0	72.5	56	8.25	22	0.772	0.114	2.67	45.9
模具 1	M1	72.5	56	8.25	35	0.772	0.114	4.24	36.4
模具 2	M2	72.5	56	8.25	29.7	0.772	0.114	3.60	39.5
模具 3	M3	72.5	56	8.25	12.4	0.772	0.114	1.50	61.2
模具 4	M4	72.5	56	8.25	15.9	0.772	0.114	1.93	54.0
模具 5	M5	72.5	56	8.25	18.8	0.772	0.114	2.28	49.7
模具 6	M6	72.5	28	22.25	30	0.386	0.307	1.35	64.6
模具 7	M7	72.5	28	22.25	29	0.386	0.307	1.30	65.7
模具 8	M81	67.9	56	5.95	71.5	0.825	0.088	12.02	21.6
	M82	70	56	7	59.5	0.800	0.100	8.50	25.7
	M83	72	56	8	51.2	0.778	0.111	6.40	29.6

*1 $75 \times 1 / (\text{管軸方向長度} / \text{平均壁厚})^{1/2}$

以模具 1~5 試驗之試料係藉由與由第 1 圖的基準模具調查鍛造的成型性、負載、諸多特性者相同的實際機器製作之試料，長度有所改變。關於在模具 8 的試驗中使用之試料，藉由車床將在第 1 圖的基準模具中使用之試料的外徑精加工為預定尺寸。在模具 6、7 中使用之試料由外徑為 72.5mm、壁厚為 23.0mm 的連續鑄造管藉由車削將其內徑精加工為預定尺寸。各試料中使用合金 No.1、2、4、6、7 的合金。

表 10 中示出各試驗中的鍛造溫度、成型性及厚度偏差度。

[表 10]

模具名	試料 No.	合金 No.1			合金 No.2			合金 No.4			合金 No.6			合金 No.7		
		鍛造溫度	成型性	厚度 偏差度 (%)	鍛造溫度	成型性	厚度 偏差度 (%)	鍛造溫度	成型性	厚度 偏差度 (%)	鍛造溫度	成型性	厚度 偏差度 (%)	鍛造溫度	成型性	厚度 偏差度 (%)
基準模具	M0	724	○	10	717	○	18	718	○	8	720	○	14	717	○	6
模具 1	M1	723	×	10	722	×	18	719	×	8	717	×	14	724	×	6
模具 2	M2	724	○	10	719	○	18	722	○	8	718	○	14	720	○	6
模具 3	M3	718	△	10	716	△	18	720	○	8	720	×	14	720	△	6
模具 4	M4	717	○	10	722	△	18	716	○	8	718	△	14	718	○	6
模具 5	M5	716	○	10	720	○	18	722	○	8	722	○	14	722	○	6
模具 6	M6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	1	723	×	2
模具 7	M7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	3	724	○	1
模具 8	M81	718	×	16	720	×	28	718	×	13	716	×	22	720	×	11
	M82	719	△	13	722	×	26	720	△	10	723	△	17	718	○	9
	M83	721	○	11	719	○	18	721	○	8	718	○	14	723	○	7

*1 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

成型性的評價以產品各部有無缺壁、灰霧、有無凹凸等表面缺陷及參考設計模具時的材料的收縮等之外表面的尺寸為基準來判斷。相對於該尺寸，若超過 $\pm 2\%$ 則設為“ $\times$ ”，如在 $\pm 2\%$ 以內則設為“ $\triangle$ ”，若為 $\pm 1\%$ 以內的尺寸則設為“ $\circ$ ”，需要至少在 $\triangle$ 以上。

若鍛件的長度/平均厚度（ L/T ）超過 10，則所有鍛件都是成型不良（模具 1），若成為 7.8 位，則所有試料其成型性良好（模具 2）。相反，若 L/T 成為 1.00 位，則關於成型性，厚度偏差稍大的合金 No.6 不及格，而其他合金成為 $\triangle$ ，是能夠容許（模具 3）。素材的長度變短（此時使用之素材的長度為 12.4mm），若關於切斷例如藉由刀刃的厚度為 3mm（管素材的切斷中通常是該厚度）的切斷進行，則切屑的比例相對於素材的長度變多，成品率較差（模具 3）。若鍛件的 L/T 成為 1.3、1.6 位，則成型性變得良好，還可改善成品率（模具 4、5）。

若素材的平均內徑/平均外徑低於 0.4，則成為近淨形效果減弱的形狀，成型性較差（模具 6、7）。若超過 0.4，則可改善成型性。

對模具 8 調查素材的管軸方向長度/平均壁厚的影響。若管軸方向長度/平均壁厚超過 12，則產生均被認為壓曲是原因之成型不良（試料 No.M81）。即使管軸方向長度/平均壁厚為 8.5，亦由於未滿足厚度偏差度另一限制條件：厚度偏差度 $\leq 75 \times 1 / (\text{管軸方向長度/平均壁厚})^{1/2}$ ，因此，厚度偏差度較大者產生成型不良（試料 No.M82），若管軸方向

長度/平均壁厚成為 6.4，則均顯示出良好的成型性（試料 No.M83）。

<使用藉由實際生產設備製造之素材進行鍛件評價>

使用藉由實際生產設備製造之熱擠壓管及連續鑄造管，
5 評價鍛造性、諸多特性。使用從公稱外徑為 72.5mm、壁厚
為 8.25mm 的熱擠壓管及連續鑄造管切出之鍛造素材，藉由
熱鍛衝壓能力 500 噸的鍛造機來鍛造。各組成均任意抽樣 2
個樣本，因此厚度偏差度理所當然是不同的，圓度亦根據各
個素材而稍微不同，但將鍛造素材的重量設為約 311g。關於
10 熱鍛後的冷卻速度，以 4℃/秒的平均冷卻速度對從鍛造結束
時的鍛件的溫度至 300℃的溫度區域進行冷卻。

若由 JIS 中規定之擠壓管的壁厚的容許差計算厚度偏差
度的容許差，則可容許至 14.8%的厚度偏差度。實際製造製
程的擠壓管中有如下傾向：在擠壓材的頭部（前頭）側厚度
15 偏差度較差，越接近尾部厚度偏差變得越良好。頭側的厚度
偏差度還受材質/尺寸/擠壓條件的影響，有時還超過 30%，
通常來講，該部份在切斷產品時被處理而不會被產品化。雖
然連續鑄造管的厚度偏差度受碳製模型的加工精確度的影
響，但還受由經長時間鑄造引起之模型損耗的影響，由臥式
20 模具鑄造時，在上下表面隨凝固之收縮量不同。厚度偏差度
至多為 20%左右。以厚度偏差度成為 2 種之方式，從實際製
造製程中任意抽樣鍛造素材，並且確認其厚度偏差度之後進
行鍛造。

熱鍛時讀取衝壓負載，將成型時需要 130 噸以上者設為

“×”，以 130 噸以下成型者設為“△”，以 110 噸以下成型者設為“○”，以 90 噸以下的非常小的功率成型者設為“◎”。

成型性評價以產品各部有無缺壁、灰霧、有無凹凸等表面缺陷及厚度偏差度 C%為 0%時的產品各部的尺寸為基準，相對於該尺寸，若超過±2%則設為“×”，若在±2%以內則設為“△”，若為±1%以內的尺寸則設為“○”，需要在△以上。

表 11、表 12 及表 13 表示使用合金 No.1~7、21~33、101~114 藉由實際生產設備製造之鍛件的特性。對各個試驗附加批量生產試驗 No.。

[表 11]

合金 No.	批 量 生 產 試 驗 No.	鍛件的面積率		鍛造 之 前 的 α相 的 面 積 率	*1 720℃ α相 的 硬 度	*2 鍛造 材 的 種 類	鍛造素 材的平 均 晶 體 粒 徑	鍛造素材						鍛造結果				脫 鋅 腐 蝕 試 驗	切 削 指 數	鍛件的 切 削 性
		α相	β+γ+μ					管軸 方向 長 度	平均 壁 厚	管軸方 長 度/ 平 均 壁	厚 度 偏 差 度	*3	鍛造 溫 度	成 型 性	鍛造 負 載 重 量					
%	%	%	mm	mm	%	℃	g	μm												
1	P1	92	8		43	-	B	40	22	8.25	2.7	10	45.6	724	○	○	308	480	43	△
	P2								22	8.25	2.7	22	45.6	720	△	○	310			
2	P3	84	16		29	-	B	25	22	8.25	2.7	18	45.6	717	○	◎	310	530	46	△
	P4								22	8.25	2.7	26	45.6	715	△	◎	309			
3	P5	91	9		42	41	B	30	22	8.25	2.7	15	45.6	720	○	◎	315	340	47	△
	P6								22	8.25	2.7	33	45.6	713	×	○	315			
4	P7	60	2	38	40	41	B	15	22	8.25	2.7	8	45.6	718	○	○	311	150	81	○
	P8								22	8.25	2.7	17	45.6	722	○	○	307			
5	P9	82	18			29	C	1000	22	8.25	2.7	6	45.6	715	○	◎	312	560	45	△
	P10								22	8.25	2.7	13	45.6	718	△	◎	311			
6	P11	93	7		47	47	C	120	22	8.25	2.7	14	45.6	720	○	○	307	280	50	△
	P12								22	8.25	2.7	21	45.6	714	△	○	315			
7	P13	58	1	41	42	43	C	30	22	8.25	2.7	6	45.6	717	○	○	311	25	80	○
	P14								22	8.25	2.7	18	45.6	728	○	○	308			

*1 將熱鍛件加熱為約 720℃且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 $75 \times 1 / (\text{管軸方向長度/平均壁厚})^{1/2}$

[表 12]

合金 No.	批 量 生 產 試 驗 No.	鍛件的各相的 面積率			鍛造 之前 的 α 相 的 面積率	*1 720℃ α 相	鍛造後 的硬度 HV	*2 鍛造素 材的 種類 B、C	鍛造素 材的平 均 晶體粒 徑 μ m	鍛造素材						鍛造結果			脫鋅 腐蝕 試驗 μ m	切削 指數	鍛件的 切削性	
		α 相 □ +	β +	κ 相 +						管軸 方向 長度 mm	平均 壁厚 mm	管軸方向/ 度/ 平均壁厚	厚度 偏差度 %	*3 偏差度	鍛造 溫度 ℃	成型性	鍛造 負載	重量				
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		%
21	P15	83	17		-	33	90	B	25	22	8.25	2.7	11	45.6	718	o	◎	308	550	45	△	
	P16				-					22	8.25	2.7	16	45.6	712	o	◎	315				
22	P17	92	8		49	-	79	C	900	22	8.25	2.7	12	45.6	724	△	o	310	450	46	△	
	P18									22	8.25	2.7	15	45.6	720	△	o	309				
23	P19	93	7		46	-	86	B	40	22	8.25	2.7	16	45.6	722	o	o	309	290	49	△	
	P20									22	8.25	2.7	34	45.6	724	x	o	307				
24	P21	80	20		-	23	97	C	200	22	8.25	2.7	6	45.6	716	o	◎	312	580	50	△	
	P22				-					22	8.25	2.7	13	45.6	724	o	◎	306				
25	P23	94	6		51	-	90	C	80	22	8.25	2.7	4	45.6	725	o	o	316	240	50	△	
	P24									22	8.25	2.7	16	45.6	720	o	o	308				
26	P25	55	2	39	34	-	155	C	100	22	8.25	2.7	5	45.6	718	o	o	309	50	70	△	
	P26									22	8.25	2.7	17	45.6	726	o	o	311				
27	P27	60	2	38	47	-	148	C	50	22	8.25	2.7	7	45.6	723	o	o	310	35	75	o	
	P28									22	8.25	2.7	15	45.6	715	o	o	306				
28	P29	64	1	35	41	-	144	C	800	22	8.25	2.7	7	45.6	714	o	o	308	25	81	o	
	P30									22	8.25	2.7	13	45.6	716	△	o	312				
29	P31	66	6	28	55	56	139	C	30	22	8.25	2.7	5	45.6	726	o	△	307	20	77	o	
	P32									22	8.25	2.7	14	45.6	720	△	△	312				
30	P33	53		47	-	50	145	C	700	22	8.25	2.7	8	45.6	726	△	o	306	20	62	△	
	P34				-					22	8.25	2.7	13	45.6	717	△	△	308				
31	P35	57		43	52	-	143	B	45	22	8.25	2.7	5	45.6	728	o	△	307	20	60	△	
	P36									22	8.25	2.7	10	45.6	720	o	△	310				
32	P37	49	4	47	46	-	150	C	60	22	8.25	2.7	4	45.6	725	o	o	308	30	65	△	
	P38									22	8.25	2.7	11	45.6	720	o	o	310				
33	P39	95	5		58	57	85	B	50	22	8.25	2.7	3	45.6	724	△	△	314	240	42	△	
	P40									22	8.25	2.7	10	45.6	723	△	△	312				

*1 將熱鍛件加熱為約 720℃且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 75×1/（管軸方向長度/平均壁厚）^{1/2}

[表 13]

合金 No.	批量 生產 試驗 No.	鍛件的各相的 面積率			鍛造之 前 的 α 相的 面積率	*1 720℃ α 相	鍛造後 的硬度	*2 鍛造 材 的種類	鍛造素 材的平 均 晶體粒 徑	鍛造素材						鍛造結果				脫鋅 腐蝕 試驗	切削 指數	鍛件的 切削性				
										α 相	β + □ + μ .	κ 相	管軸平均 方向 長度	管軸平均 壁厚	管軸方向 長度/ 平均壁厚	厚度 偏差度	*3	鍛造 溫度	成型性				鍛造 負載	重量		
101	P41	97	3		%	%	HV	B, C	μ m	mm	mm		%		℃				g	μ m				×	37	×
102	P42	69	31			1	-	106	B	25	22	8.25	2.7	5	45.6	715	×	◎	308	950	50	△			50	△
103	P43	65	35			0	-	116	C	1000	22	8.25	2.7	14	45.6	717	×	◎	310	1050	55	△			55	△
104	P44	98	2			95	-	65	B	70	22	8.25	2.7	10	45.6	723	×	×	313	160	38	×			38	×
105	P45	85	0	15		77	-	136	C	40	22	8.25	2.7	4	45.6	723	×	×	310	40	65	△			65	△
106	P46	56	34	10		-	0	173	C	900	22	8.25	2.7	8	45.6	718	×	◎	309	450	68	△			68	△
107	P47	91	9			-	42	78	B	30	22	8.25	2.7	13	45.6	718	○	○	314	500	38	×			38	×
108	P48	93	7			-	47	85	C	150	22	8.25	2.7	11	45.6	715	○	○	316	420	37	×			37	×
109	P49	72	26			-	7	93	B	25	22	8.25	2.7	12	45.6	718	○	◎	314	900	89	○			89	○
110	P50	92	6			72	-	66	B	30	22	8.25	2.7	13	45.6	718	×	×	314	230	87	○			87	○
111	P51	85	14			31	-	94	B	25	22	8.25	2.7	16	45.6	719	○	◎	311	540	51	△			51	△
112	P52	65	1	34		41	-	142	C	800	22	8.25	2.7	8	45.6	716	○	○	309	30	82	○			82	○
113	P53	97	3			63	64	79	C	1200	22	8.25	2.7	8	45.6	723	△	×	313	220	38	×			38	×
114	P54	79	2	19		57	58	130	C	900	22	8.25	2.7	5	45.6	722	×	△	307	120	69	△			69	△

*1 將熱鍛件加熱為約 720℃且保持 1 分鐘後快速水冷之試料中的 α 相的面積率

*2 關於鍛造素材的種類，將熱擠壓管設為 B、連續鍛造管設為 C。

*3 $75 \times 1/(\text{管軸方向長度/平均壁厚})^{1/2}$

首先，對成型性與鍛造後的特性進行敘述。

觀察未含有 Si 之合金 No.1、5、21、22、101、102、107，即使將 Pb 量變動至發明合金的組成範圍的上下限附近（合金 No.21、22），對鍛造時的成型性亦無影響，切削性只會若干上升或下降。若 Cu 量低於發明合金的組成範圍的下限（合金 No.102），則鍛造時的 α 相的面積率成為 0% 左右，產生較大皺折或破裂，成型性下降，但是在鍛造負載方面能夠以低負載進行鍛造。並且，耐蝕性亦顯著變差。若組成係數超過發明合金的範圍的上限 64（合金 No.101），則鍛造時的 α 相的面積率超過 80%，即使提高鍛造負載亦無法成型至預定尺寸。

由於 β 相隨 Cu 量的減少或組成係數的減少而增加，因此鍛造後的硬度有隨 Cu 量的減少或組成係數的減少而增加之傾向。相反，若組成係數超過 64，則硬度下降。同時，基於擠壓管與連續鑄造管之組織差亦成為硬度差的一種原因（合金 No.5、21）。耐蝕性主要依賴鍛件的 β 相的面積率，合金 No.102 在 ISO 6509 中超過 $600\ \mu\text{m}$ 。

若觀察相當於未含有 Si 之第 4 發明合金之合金 No.3、6、21、23 與比較用合金 104，即使在第 4 發明合金的組成範圍內使添加元素變動（合金 No.3、6、21、23），對成型性亦無影響。並且，對硬度的影響亦較小。由於藉由添加 Sn 生成 γ 相從而硬度指數變高、隨此改善耐蝕性/切削性/磨損性。

但是，若組成係數脫離 59 以上且 64 以下的範圍（合金

No.104)，則成型性顯著受阻且硬度較低。

觀察相當於含有少量 Si 之第 2、第 4 發明合金之合金 No.2、24、33 與比較用合金 No.103、108、111、113，鍛造負載或成型性良好且硬度指數較高（合金 No.2、24）。即使
5 Cu 超過 60mass%，若不滿足組成係數，則成型性較差（合金 No.103）。若 Pb 量稍微低於發明合金的組成範圍，則切削性變差（合金 No.2、108）。關於合金 No.33，雖然組成係數、鍛造時 α 相所佔之比例在本申請範圍的上限附近，但能夠在實際應用時能夠同時實現與鍛造負載、成型性、切
10 削。另一方面，關於比較合金 No.113，組成係數在本申請的範圍內，但鍛造時 α 相所佔之比例稍微超過 60%，因此很難在實際應用中同時實現鍛造負載、切削。藉此可知，組成係數 64、鍛造時所佔之 α 相的比例 60%係在鍛造負載、成型性、切削方面關鍵的數值。

15 觀察 Cu 為 73mass%以上且 Si 濃度較高的第 3、第 4 發明合金亦即合金 No.4、7、26~32、105、106、112、114，即使使 Si 在發明合金的組成範圍內變動（合金 No.26~32），在成型性上無問題，還可維持高強度、良好的耐蝕性/切削性。但是，若組成係數脫離 59 以上且 64 以下的範圍
20 （合金 No.105、106），則由於鍛造時的 α 相的面積率超出可獲得良好成型性之範圍，因此阻礙成型性。並且，切削性亦下降。但是，若因 Si 量而成份係數變小，則鍛造負載下降。即使組成係數在 64 附近，鍛造時的 α 相的面積率亦稍微低於 60%，結果，鍛造負載雖無問題，但成型性變差。由

此可知，關於組成係數 64、鍛造時所佔之 α 相比例為 60% 係在鍛造負載、成型性、切削方面關鍵的數值（合金 No.29、105、114）。若 Si 濃度為 4mass% 左右（合金 No.30~32），則 κ 相所佔之比例變高，硬度指數較高，耐
5 蝕性良好，但鍛造負載稍微變高。

如上述，從實際製造製程中抽樣熱擠壓管或連續鑄造管並鍛造了各種厚度偏差度的素材，但厚度偏差度在 30% 以下的素材中未確認到對成型性或鍛造負載的惡劣影響。但是在熱擠壓管中厚度偏差度超過 30% 的素材中，觀察到了成型性
10 下降或者鍛造負載增加者。

接著，對藉由上述之實際生產設備製造之熱鍛件的切削狀況進行說明。

鍛造加工後，在鍛件的內徑 $\phi 70$ 側實施 $\phi 72$ 的內徑精切削及在鍛件內徑 $\phi 56$ 側實施將內徑精切削為 $\phi 58$ 。以 K10
15 相當削片、2000rpm、0.20mm/rev. 的製程切削條件實施。判斷為比較用合金中缺壁等成型性不良者亦不會影響切削加工性來實施了切削加工。

關於內徑精切削的切削狀況，以如下 3 個階段進行評價：將切屑亦被分斷、切削阻力亦較低、產品表面上未確認
20 到缺陷能夠毫無問題地進行切削之狀態設為“○”；將切屑連續、或者切削阻力稍微高、在批量生產切削時工具壽命下降這一點多少有些擔憂，但批量生產時能夠進行切削，另外產品性質形狀無問題者設為“△”；切屑較厚且未完全被分斷而對產品表面帶來瑕疵、或者纏繞於工具上、或者產品表

面產生擠裂之類之缺陷而無法獲得良好的表面狀態者或切削時工具磨耗者設為“×”。

第 1 發明合金的合金 No.1、5 中 Pb 量較低、有益於切削之 β 相的面積率較低，且亦未添加有 Bi 等對切削有效之元素，因此發生流動性連續之切屑，切削阻力亦較高，但判定為能夠對應批量生產而評價為 Δ 。

與合金 No.1 相比合金 No.21 係進一步將 Pb 量降低至 0.006mass%之組成，但因含有 Sn 之效果，切削性的傾向不會改變，所以評價為 Δ 。合金 No.22 中 Pb 量或 β 相 + γ 相 + μ 相的面積率均與合金 No.1 相同，雖然存在切屑連續、切削阻力較高的傾向，但判斷為能夠切削，所以評價為 Δ 。此次評價係鍛造為近淨形之鍛件的切削，係將切削餘量極力減小之產品，因此為勉強切削之水平。若為如第 4 圖 A 及第 4 圖 B 所示之由需要賦予較多切削餘量之棒材製造之鍛件，則在粗切削時發生切屑處理或工具磨損等故障，可容易想到無法切削。

關於將 Pb 量進一步降低為 0.001mass%量級之合金 No.107、108 及雖含有少量 Pb 但 α 相在鍛件的金屬組織中所佔之面積率超過 95%或者 β 相 + γ 相 + μ 相的比例不到 5%之合金 No.101、104，切屑未完全分斷且纏繞於工具而劃傷產品表面，因此評價為 ×。

第 2 發明合金及相當於以第 2 發明合金為基礎之第 4 發明合金之合金 No.2、24 及作為它們的比較用之合金 No.103 係有若干切屑連續之傾向，但切削時不至於發生故障而能夠

進行切削本身。可知因 Si 或 Sn 或 Al 等的添加而形成之 γ 相或 β 相有助於切削。但是，不至於大幅改善切削性，所以評價為 Δ 。

第 3 發明合金及相當於以第 3 發明合金為基礎之第 4 發明合金之合金 No.4、7、26、27、28、29、105、106 中，合金 No.4、7、27、28、29 由於因 Si 的添加而形成之 κ 相或 γ 相大量存在，因此切削本身無問題。另一方面，合金 No.26 由於有助於高強度化之 Mn、Ni 元素，合金 No.105、106 由於 Si 添加量不適當且 κ 相所佔之比例較少，因此，在藉由實際生產設備的切削中多少存在問題，切削阻力增加。因此，將合金 No.4、7、27、28、29 評價為 $\bigcirc$ ，合金 No.26、105、106 評價為 Δ 。由於合金 No.7 係以與合金 No.4 的相同成份藉由晶粒微細且藉由連續鍛造來製造，僅藉由如上成為機械性特性亦與合金 No.4 相同之材料，切削無任何問題，所以設為 $\bigcirc$ 。

關於 Cu、Si 濃度較高的合金（No.30、31、32），鍛造時的 α 相率稍微變高，熱鍛時有時在成型性、鍛造負載方面評價為 Δ ，但硬度較高且耐蝕性優異。

實驗室中的切削試驗結果大概與實際生產設備的結果一致，作為將含有 3% 的 Pb 之快削黃銅棒 C3604 的切削性指數設為 100 時切削性指數超過約 70 者之在本發明中獲得之鍛件能夠成型至近淨形，切削量較少即可，因此顯示出在實際生產設備中無任何問題就可進行切削。並且，若切削性指數超過 40，則在實際生產設備中可進行切削性多少有些問題

但能夠容許之水平的切削，在 40 以下時，無法在實際生產設備中進行切削。若滿足組成係數、金屬組織的條件並且含有 0.003% 以上的 Pb，則能夠達到超過切削性指數 40 之水準而能夠解決本申請課題。

5 比較合金 No.111、112 係含有較多 Pb 之試料。類似的組成合金為 No.2、28。若對比較合金、發明合金雙方進行比較，則在鍛造結果（成型性、鍛造負載）、硬度、耐蝕性及切削性上未發現較大的差。關於切削性，藉由含有 0.38mass%、0.36mass% 的 Pb，實驗室的切削試驗結果，切
10 削性指數改善 5 個百分點、2 個百分點，但在實際機器中的鍛件的切削試驗結果中未發現差距。亦即，本發明鍛造為近淨形，因此切削量較少，即使不具備尤其優異之切削性，亦能夠進行切削。本發明合金與比較合金中，Pb 含量上存在約 10 倍（數倍至 100 倍）之差，由於從由鍛件做出之飲用
15 水器具向飲用水中溶出之 Pb 依賴於器具的 Pb 含量，因此鑒於對人體之影響度，若為具備大致相等加工型、特性者，則 Pb 含量就算少一點，亦為越少越良好。

根據藉由實際生產設備製造之熱鍛件可敘述如下內容。

（1）鍛造負載依賴於組成係數、鍛造時的 α 相的面積
20 率。若組成係數不到 61，則能夠以較小的功率成型，即使為 61~63 亦不需要較大的功率。若組成係數超過 63.5，則需要稍大的功率，若超過 64，則需要較大的功率。熱鍛時，若 α 相的面積率在 35% 以下，則能夠以較小的功率成型，即使為 35~50%，亦不需要較大的功率。若超過 55%，

則需要稍大的功率，若超過 60%，則需要較大的功率。

(2) 若在本發明之銅合金熱鍛件的範圍內，則只要鍛造素材的厚度偏差度不超過 30%，就能夠成型為近淨形。為了獲得成型性更良好者、亦即尺寸公差在 1%以內者，厚度偏差度需要在 15 或 20%以內。若鍛造素材為連續鑄造棒且晶粒較大，則若厚度偏差度不在 10%以內，則無法獲得嚴謹公差的成型性。關於晶粒的大小較小的連續鑄造管，可獲得與熱擠壓管相同的公差的鍛件。若組成係數超過 64、或者鍛造時的 α 相的面積率超過 60%，則以 150 噸的衝壓均無法完整成型。另一方面，若組成係數不到 59、或者鍛造時的 α 相的面積率不到 3%，則能夠以較小的鍛造負載鍛造，但在鍛件上發生皺折、破裂等，成型性均較差。

(3) 關於耐蝕性，除含有 2.5mass%以上的多量 Si 之合金以外，與上述 (1) 的結果相反。為了使耐蝕性所需的最低限的水平，在 ISO6509 的試驗中最大腐蝕深度在 $600\mu\text{m}$ 以下，組成係數需要至少在 59 以上，鍛造時的 α 相的面積率需要至少在 3%以上，或者在鍛造後的金屬組織中，需要將 β 相 + γ 相 + μ 相所佔之比例設為 25%以下。為了使耐蝕性成為良好的水平，在 ISO6509 的試驗中最大腐蝕深度在 $400\mu\text{m}$ 以下，將組成係數設為 60 以上或者 61 以上、鍛造時的 α 相的面積率設為 35%以上，或者在鍛造後的金屬組織中將 β 相 + γ 相 + μ 相所佔之比例設為 10%以下為較佳。關於 Sn、As、P 等提高耐蝕性之元素，若不滿足如下條件，亦即組成係數在 59 以上、在 61 以上為較佳，鍛造時的 α 相的

面積率至少在 3% 以上，35% 以上為較佳，或者鍛造後的金屬組織中將 β 相 + γ 相 + μ 相所佔之比例設為 25% 以下，10% 以下為較佳，則效果較小。關於含有 2.5mass% 以上 Si 之合金，依賴於鍛造後的金屬組織的 β 相 + γ 相 + μ 相的面積率，若 β 相 + γ 相 + μ 相的面積率在 10% 以下尤其在 8% 以下，或者 α 相 + κ 相的面積率在 85% 以上 90% 以上為較佳，則顯示出非常優異之耐蝕性。這基於 κ 相的耐蝕性具有與 α 相相等以上的耐蝕性。

(4) 材料的強度依賴於組成係數、鍛造後的 β 相 + γ 相 + μ 相及 κ 相的面積率或者 α 相的面積率，Sn、Al 等強化材料之元素產生影響。若組成係數超過 64、或者鍛造後的 β 相 + γ 相 + μ 相及 κ 相的面積率較少、或者 α 相的面積率例如超過 95%，則維氏硬度亦即強度變低，設為薄壁時，存在強度上產生問題之虞。換言之，存在如下傾向：組成係數越小於 64、鍛造後的 β 相 + γ 相 + μ 相及 κ 相的面積率越大、或者 α 相的面積率越少，強度越變高，維氏硬度超過 70 為較佳，超過 85 或 95 為更佳。含有 2.5mass% 以上的 Si 之發明合金中， α 相的面積率較低，若在 κ 相的面積率加上 β 相 + γ 相 + μ 相的面積率，則 κ 相 + β 相 + γ 相 + μ 相的面積率變高，因此為高強度。

(5) 鍛造非空心棒材而獲得之鍛件的切削並不是近淨形，因此粗切削（精切削加工前）的切削量（切入深度較大等）變多，在合金 No.1、6 中產生纏繞於工具等的問題。精切削加工中切削量較少，因此為能夠在批量生產中容許之水

平。確認到若切削量較少，則即使含有 0.2mass% 以下的 Pb、進而含有 0.1mass% 以下的 Pb，在批量生產切削中亦能夠容許。

(6) 實驗室的切削試驗與批量生產中的精切削加工的關係以在實驗室中獲得之切削性指數約 40 為邊界，分為在批量生產中能夠切削或不能切削，或者以在實驗室中獲得之切削性指數 70 或 75 為邊界，分為能夠切削或切削優異。

(7) 存在 Pb 的含量越少、組成係數越大於 64、 κ 相 + β 相 + γ 相 + μ 相的面積率越小、 α 相的面積率越大或者 Sn、Si 等的含量越少，切削加工性變得越差的傾向。若 Pb 量不到 0.003mass% (合金 No.107、108)，並且即使 Pb 量在發明合金的組成範圍內，若組成係數大於 64 (合金 No.101、104)，則精切削加工變差。關於添加元素，Sn、Si、Al 等改善切削性之添加元素，相比基體的 α 相更多配分於 β 相、 γ 相，亦即關於添加元素的濃度，相比 α 相， β 相、 γ 相、 μ 相、 κ 相變得更高，添加元素濃度較高的 β 相、 γ 相、 μ 相、 κ 相比在 Cu-Zn 合金中形成之 β 相、 γ 相具有更高的切削改善功能。因此， β 相、 γ 相、 κ 相的量越多並且具有改善切削性之功能之添加元素的濃度變得越高、切削性變得越良好。含有 2.5mass% 以上 Si 之合金，除 β 相、 γ 相以外、 κ 相亦較多，因此具有優異之切削加工性。但是， β 相、 γ 相等的量在約 20% 時切削性改善效果飽和，因此，即使在 β 相等為 31%、35% 存在較多之合金 No.102、103 中，切削性指數亦停留在 50 及 55。

(8) 在藉由鍛造製作之飲用水器具中使用了包含約 2mass% 的 Pb 之銅合金 (合金 No.109、C3771)，但本發明的管狀鍛件能夠成型為近淨形，因此切削量較少即可，即使將 Pb 含量設為以往合金的約 1/10 的 0.3mass% 以下，進一步為 0.1mass% 以下，亦能夠進行工業性切削。不僅大幅改善依賴於 Pb 含量之來自飲用水器具的 Pb 溶出、而且成本低且耐蝕性其以外的特性優異，因此，不僅在供水/排水/供熱水設備等容器或器具中，還優選利用於空調設備、氣體設備、各種產業機械/設備、汽車的機械組件或電機組件中。

進行試驗的結果，可敘述如下內容。

(1) 第 1 發明合金的管狀銅合金熱鍛件，前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，熱鍛之前的鍛造素材為管狀且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式之鍛件，其熱鍛的變形阻力較低、變形能優異、成型性、耐蝕性優異、強度較高、且切削性良好 (參閱批量生產試驗 No.P1、P9 等)。

(2) 第 2 發明合金的管狀銅合金熱鍛件，前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) /$

(平均壁厚) ≤ 10 的公式, 熱鍛之前的鍛造素材為管狀且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$, 在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式之鍛件由於具有 Si, 因此耐蝕性、強度、成型性及切削性進一步優異 (參閱批量生產試驗 No.P3 等)。

(3) 第 3 發明合金的管狀銅合金熱鍛件, 前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式, 熱鍛之前的鍛造素材為管狀且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$, 在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式之鍛件由於 Cu、Si 較多, 因此耐蝕性、強度及切削性進一步優異 (參閱批量生產試驗 No.P7 等)。

(4) 第 4 發明合金的管狀銅合金熱鍛件, 前述鍛件的形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式, 熱鍛之前的鍛造素材為管狀且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁$

厚) / (平均外徑) ≤ 0.35 、 $0.8 \leq$ (管軸方向長度) / (平均壁厚) ≤ 12 ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq$ (厚度偏差度) $\leq 30\%$ 、 $0 \leq$ (厚度偏差度) $\leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式之鍛件由於具有 As 等，因此
5 耐蝕性、強度及切削性進一步優異 (參閱批量生產試驗 No.P5、P11 等)。

(5) 上述 (1) ~ (4) 的鍛件中，熱鍛後，常溫下的金屬組織中之 α 相的面積率為 30% 以上且不到 100%， β 相的面積率、 γ 相的面積率及 μ 相的面積率的總計為 0% 以上
10 且 25% 以下 (參閱批量生產 No.P1、P3、P5、P7、P9、P11 等)。

(6) 上述 (1) ~ (4) 的鍛件中，該鍛件係藉由將前述鍛造素材加熱為熱鍛溫度進行熱鍛來製造，前述熱鍛溫度為 $650 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ，該熱鍛溫度下的前述鍛造素材的金屬組織
15 中之 α 相的面積率為 3~60% (參閱批量生產試驗 No.P1、P3、P5、P7、P11 等)。

(7) 上述 (1) ~ (4) 的鍛件中，當加熱為 720°C 時，金屬組織中之 α 相的面積率為 3~60% (參閱批量生產試驗 No.P5、P7、P9、P11 等)。

20 (8) 在各鍛件中，將鍛造素材作為熱鍛用加熱為預定溫度並保持 1 分鐘後未鍛造而快速水冷之試料的 α 相的面積率係與將熱鍛件加熱為約 720°C 並保持 1 分鐘後進行快速水冷之試料的 α 相的面積率大致相同 (參閱批量生產試驗 No.P5、P7、P11、P13 等)

【產業上的可利用性】

本發明的銅合金熱鍛件例如作為各種產業機械/設備、汽車的機械組件或電機組件、構件，優選使用於閥、球閥、聯軸器、交聯聚乙烯管的聯軸器及連接金屬零件、交聯聚異丁烯管的管聯軸器及連接金屬零件、供排水的連接金屬零件、軟管螺紋接管、園藝用軟管的連接金屬零件、氣體軟管的連接金屬零件、水錶的上蓋、水龍頭金屬零件、液壓容器、噴嘴、自動噴水器、鍛壓螺母、螺母、供水/供熱水設備、空調設備、消防設備及氣體設備的容器或連接金屬零件或器具、水、溫水、製冷劑、空氣、城市煤氣及丙烷氣體所通過之容器或器具等中。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係表示熱鍛中作為目標之鍛件的形狀之圖。

第 2 圖係表示切削後的鍛件的形狀之圖。

第 3 圖中第 3A 圖係使用於棒狀鍛造素材之模具的概略圖。

第 3 圖中第 3B 圖係使用於管狀鍛造素材之模具的概略圖。

第 4 圖中第 4A 圖係由棒狀鍛造素材進行鍛造時的鍛件的截面形狀的概略圖。

第 4 圖中第 4B 圖係由管狀鍛造素材進行鍛造時的鍛件的截面形狀的概略圖。

申請專利範圍

1. 一種銅合金熱鍛件，其係管狀銅合金熱鍛件，其特徵為，

具有含有 59.0~84.0mass% 的 Cu、0.003~0.3mass% 的 Pb、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量 [Cu]mass% 與 Pb 的含量 [Pb]mass% 之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb]) \leq 64$ 的關係，形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，

被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之銅合金熱鍛件，其中，

進一步含有 0.01~0.3mass% 的 As、0.01~0.3mass% 的 Sb、0.01~0.3mass% 的 P、0.01~0.3mass% 的 Mg、0.01~1.5mass% 的 Sn、0.01~1.0mass% 的 Al、0.01~4.0mass% 的 Mn、0.01~4.0mass% 的 Ni、0.0005~0.05mass% 的 Zr 及 0.0005~0.05mass% 的 B、0.003~0.3mass% 的 Bi 中的至少 1 種以上，

於 Cu 的含量[Cu]mass%、Pb 的含量[Pb]mass%、Si 的含量 [Si]mass%、Ni 的含量 [Ni]mass%、Mn 的含量 [Mn]mass%、As 的含量[As]mass%、Zr 的含量[Zr]mass%、B 的含量 [B]mass%、Bi 的含量 [Bi]mass%、Sb 的含量 [Sb]mass%、Sn 的含量[Sn]mass%、Mg 的含量[Mg]mass%、Al 的含量[Al]mass%及 P 的含量[P]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si] + 2.2 \times [Ni] + 1.4 \times [Mn] + 0.5 \times ([As] + [Zr] + [B] + [Bi]) - 1.2 \times ([Sb] + [Sn] + [Mg]) - 2.2 \times [Al] - 3 \times [P]) \leq 64$ 的關係。

3. 一種銅合金熱鍛件，其係管狀銅合金熱鍛件，其特徵為，

具有含有 59.0~84.0mass%的 Cu、0.003~0.3mass%的 Pb、0.05~4.5mass%的 Si、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量[Cu]mass%、Pb 的含量 [Pb]mass%及 Si 的含量[Si]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si]) \leq 64$ 的關係，形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，

被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁$

厚))^{1/2} 的公式。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之銅合金熱鍛件，其中，

進一步含有 0.01~0.3mass% 的 As、0.01~0.3mass% 的 Sb、0.01~0.3mass% 的 P、0.01~0.3mass% 的 Mg、0.01~1.5mass% 的 Sn、0.01~1.0mass% 的 Al、0.01~4.0mass% 的 Mn、0.01~4.0mass% 的 Ni、0.0005~0.05mass% 的 Zr 及 0.0005~0.05mass% 的 B、0.003~0.3mass% 的 Bi 中的至少 1 種以上，

於 Cu 的含量[Cu]mass%、Pb 的含量[Pb]mass%、Si 的含量[Si]mass%、Ni 的含量[Ni]mass%、Mn 的含量[Mn]mass%、As 的含量[As]mass%、Zr 的含量[Zr]mass%、B 的含量[B]mass%、Bi 的含量[Bi]mass%、Sb 的含量[Sb]mass%、Sn 的含量[Sn]mass%、Mg 的含量[Mg]mass%、Al 的含量[Al]mass%及 P 的含量[P]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5 \times [Si] + 2.2 \times [Ni] + 1.4 \times [Mn] + 0.5 \times ([As] + [Zr] + [B] + [Bi]) - 1.2 \times ([Sb] + [Sn] + [Mg]) - 2.2 \times [Al] - 3 \times [P]) \leq 64$ 的關係。

5. 一種銅合金熱鍛件，其係管狀銅合金熱鍛件，其特徵為，

具有含有 73.0~84.0mass% 的 Cu、0.003~0.3mass% 的 Pb、2.5~4.5mass% 的 Si、剩餘部份包括 Zn 及不可避免雜質之合金組成，於 Cu 的含量[Cu]mass%、Pb 的含量[Pb]mass% 及 Si 的含量[Si]mass%之間具有 $59 \leq ([Cu] + 0.5 \times [Pb] - 4.5$

$\times [\text{Si}] \leq 64$ 的關係，形狀滿足 $0.4 \leq (\text{平均內徑}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.92$ 、 $0.04 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.3$ 、 $1 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 10$ 的公式，

被熱鍛之前的鍛造素材為管狀，且為 $0.3 \leq (\text{平均內徑} / \text{平均外徑}) \leq 0.88$ 、 $0.06 \leq (\text{平均壁厚}) / (\text{平均外徑}) \leq 0.35$ 、 $0.8 \leq (\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}) \leq 12$ ，在管軸方向上的任一位置都滿足 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 30\%$ 、 $0 \leq (\text{厚度偏差度}) \leq 75 \times 1 / ((\text{管軸方向長度}) / (\text{平均壁厚}))^{1/2}$ 的公式。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之銅合金熱鍛件，其中，

進一步含有 $0.01 \sim 0.3\text{mass\%}$ 的 As、 $0.01 \sim 0.3\text{mass\%}$ 的 Sb、 $0.01 \sim 0.3\text{mass\%}$ 的 P、 $0.01 \sim 0.3\text{mass\%}$ 的 Mg、 $0.01 \sim 1.5\text{mass\%}$ 的 Sn、 $0.01 \sim 1.0\text{mass\%}$ 的 Al、 $0.01 \sim 4.0\text{mass\%}$ 的 Mn、 $0.01 \sim 4.0\text{mass\%}$ 的 Ni、 $0.0005 \sim 0.05\text{mass\%}$ 的 Zr 及 $0.0005 \sim 0.05\text{mass\%}$ 的 B、 $0.003 \sim 0.3\text{mass\%}$ 的 Bi 中的至少 1 種以上，

於 Cu 的含量 $[\text{Cu}]\text{mass\%}$ 、Pb 的含量 $[\text{Pb}]\text{mass\%}$ 、Si 的含量 $[\text{Si}]\text{mass\%}$ 、Ni 的含量 $[\text{Ni}]\text{mass\%}$ 、Mn 的含量 $[\text{Mn}]\text{mass\%}$ 、As 的含量 $[\text{As}]\text{mass\%}$ 、Zr 的含量 $[\text{Zr}]\text{mass\%}$ 、B 的含量 $[\text{B}]\text{mass\%}$ 、Bi 的含量 $[\text{Bi}]\text{mass\%}$ 、Sb 的含量 $[\text{Sb}]\text{mass\%}$ 、Sn 的含量 $[\text{Sn}]\text{mass\%}$ 、Mg 的含量 $[\text{Mg}]\text{mass\%}$ 、Al 的含量 $[\text{Al}]\text{mass\%}$ 及 P 的含量 $[\text{P}]\text{mass\%}$ 之間具有 $59 \leq ([\text{Cu}] + 0.5 \times [\text{Pb}] - 4.5 \times [\text{Si}] + 2.2 \times [\text{Ni}] + 1.4 \times [\text{Mn}] + 0.5 \times$

$([As] + [Zr] + [B] + [Bi]) - 1.2 \times ([Sb] + [Sn] + [Mg]) - 2.2 \times [Al] - 3 \times [P] \leq 64$ 的關係。

7. 如申請專利範圍第 1~6 項中任一項所述之銅合金熱鍛件，其中，

5 前述熱鍛後，常溫下的金屬組織中之 α 相的面積率為 30% 以上且 100% 以下， β 相的面積率、 γ 相的面積率及 μ 相的面積率的總計為 0% 以上且 25% 以下。

8. 如申請專利範圍第 1~6 項中任一項所述之銅合金熱鍛件，其中，

10 該銅合金鍛件係藉由將前述鍛造素材加熱為熱鍛溫度進行熱鍛來製造，

前述熱鍛溫度為 $650 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ，該熱鍛溫度下的前述鍛造素材的金屬組織中之 α 相的面積率為 3~60%。

9. 如申請專利範圍第 1~6 項中任一項所述之銅合金熱鍛件，其中，

15 當加熱為 720°C 時，金屬組織中之 α 相的面積率為 3~60%。

10. 如申請專利範圍第 1~6 項中任一項所述之銅合金熱鍛件，其中，

20 前述鍛造素材為連續鑄造管。

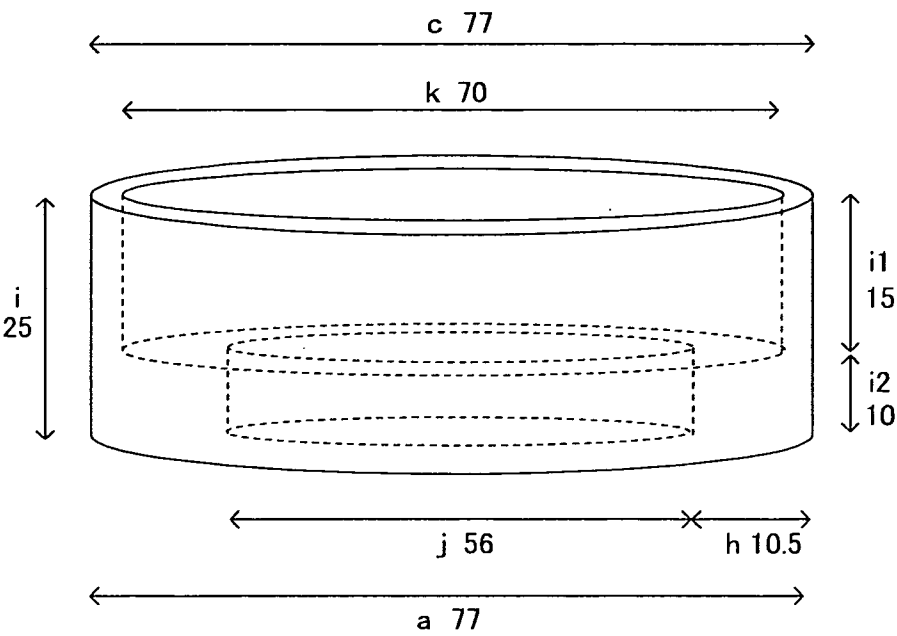
11. 如申請專利範圍第 1~6 項中任一項所述之銅合金熱鍛件，其中，

其使用於閥、球閥、聯軸器、交聯聚乙烯管的聯軸器及連接金屬零件、交聯聚異丁烯管的管聯軸器及連接金屬零

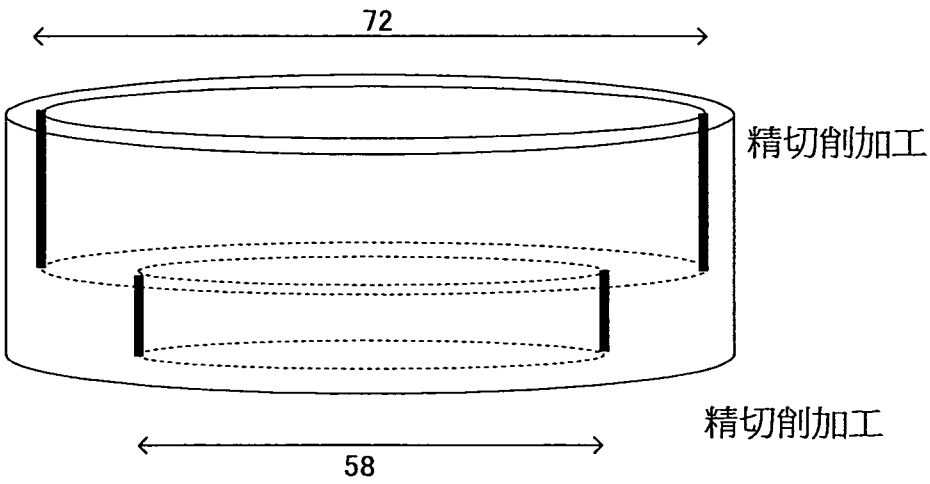
- 件、供排水的連接金屬零件、軟管螺紋接管、園藝用軟管的連接金屬零件、氣體軟管的連接金屬零件、水錶的上蓋、水龍頭金屬零件、液壓容器、噴嘴、自動噴水器、鍛壓螺母、螺母、供水/供熱水設備、空調設備、消防設備及氣體設備
- 5 的容器或連接金屬零件或器具、水、溫水、製冷劑、空氣、城市煤氣及丙烷氣體所通過之容器或器具中。

1/3

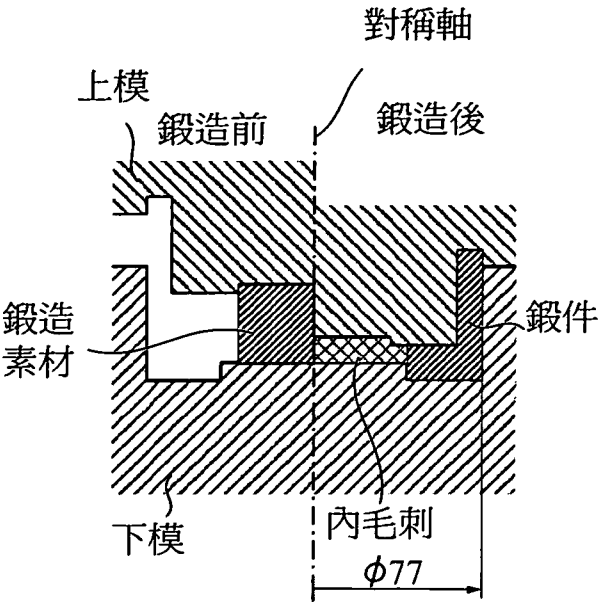
第1圖



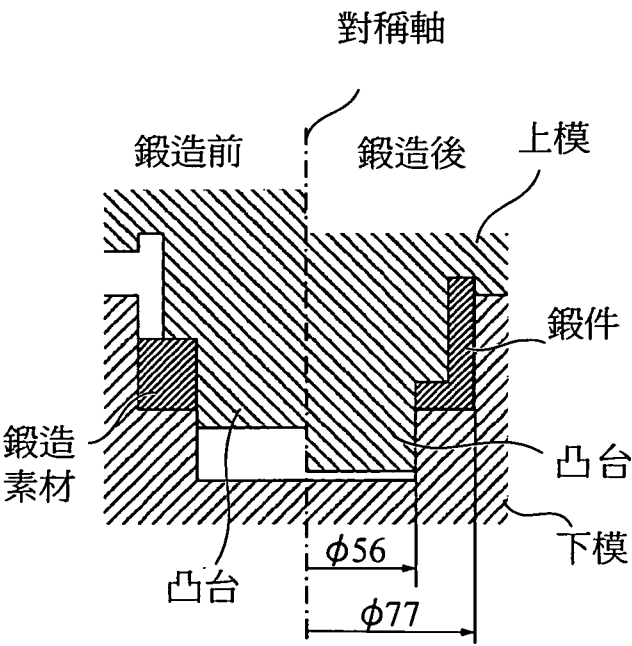
第2圖



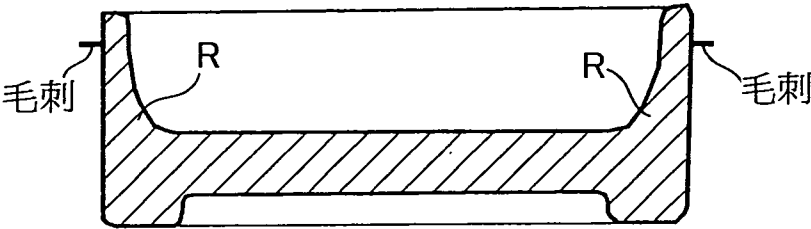
第3A圖



第3B圖



第4A圖



第4B圖

