



(21)申請案號：112119140 (22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 23 日
(51)Int. Cl. : C22C9/04 (2006.01) C22F1/08 (2006.01)
C21D8/06 (2006.01) C21D8/10 (2006.01)
(30)優先權：2022/08/11 德國 102022002927.8
(71)申請人：德商威蘭 握克公司 (德國) WIELAND-WERKE AG (DE)
德國
(72)發明人：寇夫勒 安德利亞 KAEUFLER, ANDREA (DE)；博伽茲 丹尼爾 BOGATZ,
DANIEL (DE)；歐曼帝格 堤姆 ALLMENDINGER, TIMO (DE)；歐柏特 蘇珊
OBERT, SUSANNE (DE)
(74)代理人：劉法正；尹重君
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：0 共 29 頁

(54)名稱

銅鋅可鍛合金、由銅鋅可鍛合金構成之半成品及此種半成品之製造方法

(57)摘要

本發明係有關於一種用於製造線狀、管狀或桿狀半成品的銅鋅可鍛合金，具有以下組成(單位為 wt%)：

Cu： 58.0 至 63.0%，

Si： 0.04 至 0.32%，

P： 0.05 至 0.20%，

Sn： 可選地至多 0.25%，

Al： 可選地至多 0.10%，

Fe： 可選地至多 0.30%，

Ni： 可選地至多 0.30%，

Pb： 可選地至多 0.25%，

Te、Se、In 可選地各自至多 0.10%，

Bi： 最大 0.009%，

其餘為鋅及不可避免之雜質，

其中，不可避免之雜質的比例低於 0.2 wt%。P 與 Al 之重量份額比為至少 1.0。該合金具有由球狀 α 相、 β 相及磷化物顆粒構成之構造。 β 相在 α 相與 β 相之加總中的比例為至少 20 vol% 且至多 70 vol%。Si 既存在於 α 相中亦存在於 β 相中。在 $21000 \mu\text{m}^2$ 面積中存在 7 至 200 個等效直徑為 0.5 至 $1 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒，4 至 150 個等效直徑為 1 至 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒，以及最大 30 個等效直徑大於 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒。

【發明摘要】

【中文發明名稱】

銅鋅可鍛合金、由銅鋅可鍛合金構成之半成品及此種半成品之製造方法

【中文】

本發明係有關於一種用於製造線狀、管狀或桿狀半成品的銅鋅可鍛合金，具有以下組成(單位為 wt%)：

- Cu： 58.0 至 63.0%，
- Si： 0.04 至 0.32%，
- P： 0.05 至 0.20%，
- Sn： 可選地至多 0.25%，
- Al： 可選地至多 0.10%，
- Fe： 可選地至多 0.30%，
- Ni： 可選地至多 0.30%，
- Pb： 可選地至多 0.25%，
- Te、Se、In 可選地各自至多 0.10%，
- Bi： 最大 0.009%，

其餘為鋅及不可避免之雜質，

其中，不可避免之雜質的比例低於 0.2 wt%。P 與 Al 之重量份額比為至少 1.0。該合金具有由球狀 α 相、 β 相及磷化物顆粒構成之構造。 β 相在 α 相與 β 相之加總中的比例為至少 20 vol% 且至多 70 vol%。Si 既存在於 α 相中亦存在於 β 相中。在 21000 μm^2 面積中存在 7 至 200 個等效直徑為 0.5 至 1 μm 的磷化物顆粒，4 至 150 個等效直徑為 1 至 2 μm 的磷化物顆粒，以及最大 30 個等效直徑大於 2 μm 的磷化物顆粒。

【指定代表圖】(無)

【代表圖之符號簡單說明】

(無)

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

銅鋅可鍛合金、由銅鋅可鍛合金構成之半成品及此種半成品之製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種用於製造線狀、管狀或桿狀半成品的銅鋅可鍛合金，一種由銅鋅可鍛合金構成之半成品，以及一種製造此類半成品的的方法。

【先前技術】

【0002】 具有 3 至 5 wt% 之鉛的銅鋅合金具有出色的可切削性，以及極佳的熱成型及冷成型性能。因此，含鉛銅鋅合金用途廣泛，例如應用於汽車工業、建築技術、機械製造、電動設備及電子元件、電信中之連接件及組件，以及用作水中設施中的配件。

【0003】 鉛在銅鋅可鍛合金中的積極作用係基於以下事實：鉛以元素形式作為顆粒存在於構造中，此等顆粒用作斷屑劑(Spanbrecher)。實施切削加工時，鉛因工件中局部嚴重變形及所引起之局部升溫而以液相存在。鉛在液態下無法吸收應力，遂使應力集中在傳遞負荷之被削弱的基質上，從而更容易發生斷屑。此外，鉛會在切削加工時一同嵌入材料與工具之間的磨潤層，從而起有效潤滑作用，進而減少摩擦及磨損。此外由於溶解度較低，鉛幾乎不對電導率產生影響。此點對於用於電氣應用的材料特別有利。此外，眾所周知，鉛在銅鋅合金中會引起顯著的晶粒細化。此點有助於實現特別是桿狀之半成品的直線性及尺寸精度。壓接電子線材時亦需較高的尺寸精度。此外，鉛價格低廉。

【0004】 但鉛對環境有害。攝入極少量的鉛就會在人體內積聚，並可能對健康造成損害。因此，歐盟、美國、中國及其他國家不斷降低銅合金中的極限值，並且尋求用少鉛或無鉛之可切削銅合金來替代含鉛黃銅。極限值係在歐盟指令框架內規定，如 RoHS (指令 2011/65/EU)，其中規定 1000 ppm (0.1%) 的 Pb 為上

限。為了確保材料即使在鉛含量如此低的情況下亦具有良好的可切削性，提出各種合金元素作為鉛的替代品。

【0005】 多個公開案中將鉍(Bi)用作鉛的替代品以改善可切削性。為了減輕 Bi 沿晶界成膜的問題以及相關之易發生應力裂紋及熱裂紋的問題，提出添加更多合金元素。對此特別是參閱公開案 KR 10 0 555 854 B1、KR 10 2006 096 877 A、JP 2005 290 475 A、JP 2014 122 427 A 及 JP 2006 083 443 A。儘管如此，Bi 仍非理想之選，因其係難以獲得之稀缺金屬，且在銅材料之物質循環內會造成熱脆性。

【0006】 此外，公開案 EP 2 194 150 B1 揭露一種銅鋅合金，其含有 0.1 至 1.5 wt%的 Si，0.03 至 0.4 wt%的 Al，0.01 至 0.36 wt%的 P，0.05 至 0.5 wt%的 Sn 及 0.001 至 0.05 wt%的稀土元素。此等金屬由於形成 α 、 β 及可能之 γ 構造而易於切削加工。因 Al 比例而形成磷化鋁。 γ 相及磷化鋁改善切屑形成，但工具之使用壽命縮短。此外，稀土元素的比例可能會引起構造脆化。此等合金係應用於鑄件及熱壓件。

【0007】 此外，在公開案 WO 2020/261 604 A1 中，針對含有 58.5 至 63.5 wt%的 Cu、0.4 至 1.0 wt%的 Si、0.005 至 0.19 wt%的 P、0.003 至 0.25 wt%的 Pb、其餘為鋅及其他可選元素的材料，描述了用磷來替代鉛，磷在合金中形成脆性磷化物。在該案中，透過添加 0.005 至 0.19 wt%的 P 來形成磷化物，以及添加 0.4 至 1.0 wt%的 Si 來加固 α 相及 β 相，產生易於切削的材料。然而，由於 Si 比例較高，傳導性較之於含鉛之黃銅有所減小。這一方面不利於用作電子裝置構件，另一方面，磷化物特別是在例如在鑽削中出現之較高溫度下喪失其脆性，進而喪失其斷屑功能。材料之導熱性及電導率愈差，此效應便愈明顯。

【發明內容】

【0008】 本發明之目的在於提供一種用於製造線狀、管狀或桿狀半成品的

銅鋅可鍛合金，其具有尤其在鑽削中的出色的可切削性、良好的電導率、以及儘可能少量的對生態有害的合金組分。此外，此種合金按工業標準易於加工。這要求：該合金可例如透過擠壓成型而被良好地熱成型，可例如透過拉拔或壓接而被良好地冷成型，並且用該合金製成之半成品具有優越的直線性及極佳的尺寸精度。本發明之另一目的在於提供一種用此種合金製造線狀、管狀或桿狀半成品的的方法。

【0009】 本發明在銅鋅可鍛合金方面的目的由請求項 1 之特徵達成，在製造方法方面的目的由請求項 16 之特徵達成。更多回溯引用的請求項係有關於本發明之有利的構建方案與改良方案。

【0010】 本發明係有關於一種用於製造線狀、管狀或桿狀半成品的銅鋅可鍛合金，具有以下組成(單位為 wt%)：

Cu： 58.0 至 63.0%，

Si： 0.04 至 0.32%，

P： 0.05 至 0.20%，

Sn： 可選地至多 0.25%，

Al： 可選地至多 0.10%，較佳地至多 0.05%，

Fe： 可選地至多 0.30%，較佳地至多 0.10%，

Ni： 可選地至多 0.30%，

Pb： 可選地至多 0.25%，較佳地至多 0.10%，

Te、Se、In 可選地各自至多 0.10%，

Bi： 最大 0.009%，

其餘為 Zn 及不可避免之雜質，

其中不可避免之雜質的比例低於 0.2 wt%。P 與 Al 之重量份額比為至少 1.0。

該合金具有由球狀 α 相、 β 相及磷化物顆粒構成之構造。 β 相在 α 相與 β 相之加

總中的比例為至少 20 vol%，較佳為至少 30 vol%，至多 70 vol%，較佳為至多 50 vol%。矽既存在於 α 相中亦存在於 β 相中。在 $21000 \mu\text{m}^2$ 面積中存在 7 至 200 個等效直徑為 0.5 至 $1 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒，4 至 150 個等效直徑為 1 至 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒，以及最大 30 個等效直徑大於 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒。

【0011】 本發明基於以下理念：儘可能減少 Pb 在銅鋅合金中的比例，而不影響合金的可切削性。為此，針對性地為該合金添加 Si 及 P 元素並調節 β 相之比例，使得既產生尤其在鑽削中的有利的切削特性以及高傳導性，亦不使合金的熱成型及冷成型性能變差，以及，使得用該合金製成之半成品具有優越的直線性。此外，特別是在鑄造及熱成型時如此地選擇製程控制，從而產生期望之特性。

【0012】 球狀 α 相係半成品之良好的直線性及尺寸精度的前提條件。 α 相在熱成型後自 β 相產生。因而 β 相必然在鑄造狀態下呈細粒狀。本發明意外地發現，均勻精細分佈的含銅及/或含鋅磷化物有助於鑄造狀態下之細粒 β 相。在 β 微晶的初級結晶過程中，殘餘熔體富含 P，從而引起 β 相的細分。在凝固過程中，形成磷化物與 β 相之共晶體。除了 β 相基本基質的晶粒細化以外，亦觀察到 α 微晶之晶粒細化。鑄造構造因 P 而發生的此晶粒細化有助於熱成型，在熱成型後延續至構造中，因而引起最終狀態下的晶粒細化。在 P 比例為至少 0.05 wt% 的情況下，磷化物顆粒在最終狀態下存在於 β 相中。在 P 含量高於 0.20 wt% 的情況下，合金之延展性較小。

【0013】 此外，較高的 P 比例與 Si 一起對電導率造成不利影響。因此，在本發明之一較佳實施方式中，Si 與 P 之比例加總較佳為至多 0.45 wt%。

【0014】 此外，對於球狀 α 相而言必要的是，在熱成型後以受控方式將材料冷卻。在 550°C 至 350°C 的溫度範圍內，該冷卻速度必須至少為每分鐘 30°C ($30^\circ\text{C}/\text{min}$)，較佳至少為每分鐘 40°C ，並且至多為每分鐘 60°C ，較佳至多為每分鐘 50°C 。隨鑄造狀態下的細粒 β 相而產生的均勻精細分佈的磷化物在熱成型期

間溶解在基質中，且隨後在熱成型中的冷卻操作期間重新形成。如此一來，磷化物在鑄造狀態下的特徵性分佈最終映射至最終狀態下的構造。因此，磷化物在最終狀態下的分佈以及 α 相之球狀並非僅由合金之化學組成決定，而是亦由在鑄造過程中及熱成型過程中之製程控制決定。因此，磷化物在最終狀態下的特徵性如同特殊的製程控制在產品上留下的指紋。磷化物在最終狀態下的分佈可具有如下特徵：在 $21000 \mu\text{m}^2$ 面積中存在 7 至 200 個等效直徑為 0.5 至 $1 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒，4 至 150 個等效直徑為 1 至 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒，以及最大 30 個等效直徑大於 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒。磷化物顆粒之等效直徑係指與磷化物顆粒面積相同的圓的直徑。等效直徑為至少 $0.5 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒的主要部分具有至多 $2 \mu\text{m}$ 的等效直徑。較佳地，在所有等效直徑為 $0.5 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒中，等效直徑為 0.5 至 $2 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒的比例為至少 70%。尤佳地，此比例為至少 75%。此外較佳地，所有等效直徑為至少 $0.5 \mu\text{m}$ 的磷化物顆粒中的至少 30%、較佳至少 50% 具有至多 $1 \mu\text{m}$ 的等效直徑。不排除合金中存在等效直徑小於 $0.5 \mu\text{m}$ 的磷化物的情況。

【0015】 為了實現合金之可切削性，較佳採用脆性構造組分，其在切削中充當分離點且進而協助斷屑。 β 相係脆性，並且對可切削性有利。透過提昇 Zn 含量以及/或者透過添加矽元素，能夠增大 β 相之比例，因為矽將 β 相穩定化。此外，為了實現良好的可切削性，較佳減小 α 相之延展性。此舉透過添加矽元素並將矽嵌入 α 相實現。因此，合金中之 Si 比例必須為至少 0.04 wt%。在 Si 比例高於 0.32 wt% 的情況下，電導率小於 12 MS/m，進而不足。至少 0.05 wt% 的 P 比例在鑽削中導致有利的切屑。此外，Pb 的較小的可選比例對可切削性有有利影響。

【0016】 該合金之 Cu 含量為 58.0 至 63.0 wt%。在 Cu 比例低於 58.0 wt% 的情況下，合金之延展性過小。在 Cu 比例高於 63.0 wt% 的情況下，合金中之鋅

比例過小，無法實現良好的可切削性。

【0017】 P 與 Al 之重量份額比為至少 1.0。鋁與磷形成磷化鋁。然而，磷化鋁並不改善切削特性，故非期望之產物。為了有足夠過量的 P 來形成含銅及/或含鋅的磷化物，合金中 P 與 Al 的重量份額比必須為至少 1.0。

【0018】 可選的元素 Sn 及 Al 協助形成 β 相。在 Sn 比例高於 0.20 wt% 的情況下，合金之切削特性惡化。然而，直至 0.25 wt% 的 Sn 比例為止，可透過熱處理對此惡化進行補償。較佳地，錫之比例應為至多 0.20 wt%，尤佳為至多 0.10 wt%。

【0019】 鋁與磷形成磷化鋁。然而不期望形成磷化鋁，故 Al 比例應不超出 0.10 wt%、較佳不超出 0.05 wt%。

【0020】 鐵導致構造之晶粒細化。此外，鐵形成堅硬的磷化物，其在切削過程中對工具之使用壽命造成負面影響。因此，允許的鐵的比例為至多 0.30 wt%，尤佳為至多 0.10 wt%。

【0021】 鎳協助形成 α 相，進而改善冷成型性能。此外，鎳形成對可切削性無任何有益影響的磷化物。因此，允許的鎳的比例為至多 0.30 wt%，較佳為至多 0.10 wt%。

【0022】 Bi 元素作為雜質存在於諸如廢金屬的次生原材料中。此元素能夠改善合金之可切削性。然而，高於 0.009 wt% 的比例可能會對熱成型性能造成負面影響。因此，在該合金中至多允許 0.009 wt% 的 Bi。

【0023】 元素 Te、Se 以及 In 可對該合金之可切削性造成有益影響。在量各自至多不超過 0.1 wt% 的情況下，此等元素對合金無負面影響。因此，在該合金中分別容許至多 0.1 wt% 的 Te、Se 以及 In。

【0024】 該合金組成之其餘部分由鋅以及不可避免之雜質構成。為了避免雜質對合金之特性造成無法控制的影響，此等雜質之比例最大為 0.2 wt%。較佳

地，Mn 以及 Mg 之比例特別是應各自為至多 0.1 wt%，尤佳各自為至多 0.07 wt%，因為此等元素可能形成與含銅及/或含鋅磷化物發生衝突的磷化物。

【0025】 在本發明之較佳技術方案中，該合金中之 Pb 比例可為至少 0.02 wt%。如此小的 Pb 比例即已改善切削特性並對晶粒細化產生積極影響。

【0026】 較佳地，P 比例應為至多 0.15 wt%，尤佳為至多 0.12 wt%。藉此對合金之熱成型性能造成有利影響。

【0027】 在本發明之一有利實施方式中，P/Fe 比可為至少 1.0。鐵與磷形成堅硬的磷化鐵。然而不期望形成磷化鐵，因為其使工具之使用壽命縮短。為了在合金中有足夠過量的 P 來形成含銅及/或含鋅的磷化物，P 與 Fe 的重量份額比必須為至少 1.0。

【0028】 在本發明之一較佳技術方案之範圍內，Fe 比例可小於 0.10 wt%，並且 Ni 比例可為至多 0.07 wt%。透過此限制，較之於有助於切削的含銅及/或含鋅磷化物之形成，阻礙磷化鐵及磷化鎳之形成。在同時滿足 P/Fe 比為至少 1.0 條件的情況下，實現特別有利的特性。此外尤佳地，Fe 比例為至多 0.05 wt% 以及/或者 Ni 比例為至多 0.04 wt%。

【0029】 在本發明之一有利實施方式中，Si 比例可為至少 0.23 wt%。這有助於合金之切削特性。此外，至少 0.23 wt% 的 Si 比例對產物之表面品質造成有利影響。

【0030】 在本發明之一替代性實施方式中，Si 比例可為至多 0.15 wt%，較佳至多 0.12 wt%，尤佳至多 0.08 wt%。Si 比例之此種限制對合金之電導率產生有利影響。

【0031】 在本發明之此替代性實施方式中，P 比例較佳可為至多 0.10 wt%。這特別有助於合金之電導率。

【0032】 此外，在本發明之此替代性實施方式中，Cu 比例可為至多

59.5 wt%。基於此針對 Cu 比例的上限，產生傳導性、可切削性、機械特性以及可加工性的特別有利的組合。

【0033】 在本發明之另一實施方式中，元素 Cu、Zn、Si、P 以及 Pb 之比例加總可為至少 99.75 wt%。藉此確保該合金之特性大體由合金元素 Cu、Zn、Si、P 以及 Pb 決定，而其他元素之影響僅起非常小的作用。作為替代或補充方案，可如此選擇該合金之組成，使得元素 Cu、Zn、Si、P、Sn 以及 Pb 之比例加總為至少 99.85 wt%。由於不形成磷化錫，故其作為合金組份的關鍵性低於諸如 Fe、Ni 或 Al。

【0034】 較佳地，該銅鋅可鍛合金可具有至少 120 HV10、較佳至少 150 HV10 的硬度。

【0035】 較佳地，該銅鋅可鍛合金可具有至少 500 MPa、較佳至少 530 MPa 的抗拉強度 R_m 。

【0036】 較佳地，該銅鋅可鍛合金可具有至少 12.5 MS/m、較佳至少 12.7 MS/m、尤佳至少 13.0 MS/m 的電導率。

【0037】 具有特別有利的特性組合的合金的組成如下(單位為 wt%)：

Cu：	58.5 至 59.0%
Si：	0.04 至 0.09%
P：	0.05 至 0.10%
Pb：	0.04 至 0.08%
Fe：	可選地至多 0.10%
Ni：	可選地至多 0.07%
Sn：	可選地至多 0.20%
Al：	可選地至多 0.05%

其餘為鋅及不可避免之雜質，其中，不可避免之雜質的比例低於 0.1 wt%。

透過低比例的合金元素 Si 及 P，實現至少 14 Ms/m、較佳至少 15 MS/m 的極高的電導率。0.04 至 0.08 wt% 的 Pb 比例有助於可切削性。

【0038】 本發明之主題亦在於由前述銅鋅可鍛合金構成之線狀、管狀或桿狀半成品，以及一種構件，該構件係用此種半成品透過切削以及其他可選加工步驟製造而成。

【0039】 本發明之另一態樣係有關於一種製造線狀、管狀或桿狀半成品的的方法。該方法包括以下步驟：

- a) 將具有前述組成的銅合金熔化，
- b) 藉由水冷式冷硬鑄模連續鑄造出管狀或銷狀鑄造形式，
- c) 在 620 至 700°C 的溫度下對該鑄造形式進行熱壓，隨後在 550 至 350°C 的溫度範圍內以每分鐘 30 至 60°C 的冷卻速度進行冷卻，
- d) 可選地，在 525 至 625°C 的溫度範圍內進行為時 1 至 5 小時的熱處理，隨後在 500 至 350°C 的溫度範圍內以每分鐘 20 至 40°C 的冷卻速度進行冷卻，
- e) 可選地進行冷成型。

【0040】 為了將合金熔化，可使用 Cu 陰極、Zn 錠、黃銅廢料、Cu-P 母合金以及 Cu-Si 母合金。較佳在感應爐中進行熔化。在水冷式冷硬鑄模中將熔體鑄造成管狀或銷狀鑄造形式。

【0041】 可選地，可對鑄造形式進行銑削，且隨後在 620 至 700°C 的溫度下對其進行熱壓。隨後將經熱壓之中間產物冷卻，其中，在 550 至 350°C 的溫度範圍內，以每分鐘 30 至 60°C、較佳每分鐘 40 至 50°C 的冷卻速度進行冷卻。透過該定義的冷卻，實現 α 相與 β 相之有利的份額比，以及含銅及/或鋅之磷化物之有利的顆粒分佈。在熱壓前，可選地，可進行熱處理，以將鑄造產物均勻化。

【0042】 在第一製造方法中，可在熱壓後以不設其他中間步驟的方式進行酸洗，且隨後進行冷成型。在冷成型中，成型度較佳介於 3 與 30% 之間。在此，

成型度係指產物之橫截面積之相對減小。在熱壓與冷成型之間，除酸洗操作以外不設任何其他工作步驟，故此第一製造方法非常便利。

【0043】 在第二製造方法中，在熱壓後，在介於 525 與 625°C 之間、較佳介於 550 與 600°C 之間的溫度下進行為時 1 至 5 小時的熱處理，隨後在 500 至 350°C 的溫度範圍內以每分鐘 20 至 40°C 的冷卻速度進行冷卻。透過選擇熱處理之條件，結合以在熱處理後進行的定義的冷卻，能夠實現 α 相與 β 相之有利的份額比，以及含銅及/或鋅之磷化物之有利的顆粒分佈。若目的為增大 β 相之比例，則應在約 600°C 下進行熱處理。若目的為增大 α 相之比例，則應在約 550°C 下進行熱處理。因此，透過熱處理能夠調節及優化 α 相與 β 相之份額比以及磷化物之顆粒分佈。藉此特別是能改善延展性。在熱處理後，如第一製造方法那般跟隨有酸洗及冷成型步驟。

【0044】 就本發明之方法之其他技術特徵及優點而言，明確參照結合本發明之銅鋅可鍛合金以及實施例所作的闡述。

【實施方式】

【0045】 結合實施例對本發明進行詳細說明。

【0046】 在感應爐中將 1 號至 44 號試樣熔化，隨後對其進行鑄造。該等試樣之組成記錄在表 1 至 4 中。10 號試樣代表含鉛的參比合金 CuZn39Pb3。對該等試樣進行銑削，進行為時 1 小時的均勻化，隨後進行熱成型。在 630°C 下藉由壓製對 8 號及 9 號試樣進行熱成型，在 650°C 下藉由滾壓對其餘試樣進行熱成型。在熱成型後的冷卻過程中，在介於 550 與 350°C 之間的溫度範圍內，就滾壓試樣而言冷卻速率為每分鐘約 40°C，就壓製試樣而言冷卻速率為每分鐘約 30°C。

【0047】 在熱成型後，對 1 號至 7 號以及 10 號至 23 號試樣進行銑削，隨後以 20% 的成型度對其進行冷成型。在熱成型後，對 8 號至 9 號試樣進行酸洗，隨後以 7% 的成型度對其進行冷成型。

【0048】 在熱成型後，對 24 號至 44 號試樣進行為時 3 小時的退火。就 26 號、27 號以及 38 號至 41 號試樣而言，退火溫度為約 550°C，而就 24 號、25 號、28 號至 37 號、以及 42 號至 44 號試樣而言，退火溫度為約 600°C。在退火後，在介於 500 與 350°C 之間的溫度範圍內，以每分鐘約 25°C 的冷卻速率進行冷卻。隨後對 24 號至 44 號試樣進行銑削，隨後以 20% 的成型度對其進行冷成型。

【0049】 在最終狀態下，依據拉伸試驗測定抗拉強度 R_m 及斷裂伸長率 A ，並且測定硬度(維氏硬度 HV10)以及電導率 λ 。藉由光學顯微鏡研究試樣之縱向切片。據此測定 α 相以及 β 相之與體積份額對應的面積份額以及 α 粒度。為了定量測定磷化物顆粒之尺寸分佈，使用未經蝕刻之試樣之光學顯微影像。選擇尺寸為 167 μm x 126 μm (對應於 21000 μm^2 的面積)的影像片段，並藉由 ImageJ 以放大 1000 倍的方式對影像片段進行評估。如此便可檢知各顆粒，並測定其等效直徑及其面積。根據磷化物顆粒之等效直徑將其劃分成 0.5 至 1 μm 、1 至 2 μm 、以及大於 2 μm 的類別。

【0050】 在最終狀態下藉由鑽孔試驗對可切削性進行評估。藉由配備儀器的鑽頭實施鑽孔試驗。以如下參數實施鑽孔試驗：

- 螺旋鑽，直徑 5 mm
- 轉速 3200 rpm
- 進給率 0.04 mm/rev
- 為每個試樣鑽 5 個孔，為每個試樣使用新鑽具
- 鑽孔深度 10 mm

【0051】 沿成型方向進行鑽孔。量測作用於鑽具之刃部的轉矩及法向力。處於未退火狀態下之 CuZn39Pb3 合金用作參考。對在各試樣上測得之轉矩進行歸一化，其中，將在參比合金上測得之轉矩與在各試樣上測得之轉矩關聯起來。

亦即，在試樣上測定之轉矩愈小，此試樣之歸一化轉矩便愈大。類似地，針對每個試樣將測得之法向力歸一化。自歸一化轉矩 M^{norm} 以及歸一化法向力 F_N^{norm} 計算出此二量之算術平均值。如此計算出之算術平均值低於 0.75 的試樣不符合實現良好可切削性的前提條件。

【0052】 依據德國銅學會(Deutsches Kupferinstitut)所出版的文獻「針對銅及銅合金之切削加工的指導值(Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen)」的資訊項 i.18，對切屑形狀進行分類。以此為基礎，將切屑評為良好(2)、中等(1)、差(0)。在此，褶皺式切屑(Faltspäne)特別是導致不利的評估。

【0053】 在表 1 至 4 中列出了測定之歸一化轉矩及法向力，以及據此計算出之在表頭中稱作 $(M+F_N)/2$ 的算術平均值，並且還列出切屑形狀以及拉伸試驗及硬度量測中之特性值。

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他元素	α 相	β 相	α 粒 度	磷化物 0.5 - 1 μm	磷化物 1 - 2 μm	磷化物 > 2 μm
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	vol%	vol%	μm	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2
1	60.92	38.69	0.277	0.102			67	33	20	195	79	
2	59.89	39.78	0.274	0.051			54	46	24	21	10	
3	59.98	39.61	0.298	0.102			62	38	18	45	37	1
4	59.68	39.79	0.272	0.133	0.118		61	39	15	102	41	1
5	59.82	39.59	0.284	0.104		Fe : 0.195	59	41	13	59	34	8
6	60.09	39.49	0.284	0.057		Mn : 0.068	62	38	20	55	12	
7	60.59	38.85	0.269	0.154	0.125		67	33	22	132	66	3
8	59.27	40.218	0.37	0.14	0.002		59	41	35	19	7	11
9	58.62	41.09	0.081	0.091	0.06		54	46	32	18	8	7

表 1：本發明之試樣，未退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他元素	硬度	R _m	A	λ	M ^{norm}	F _N ^{norm}	(M+F _N)/2	切屑 形狀
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	HV10	MPa	%	MS/m	-	-	-	-
1	60.92	38.69	0.277	0.102			167	531	14.6	12.73	0.91	0.67	0.79	2
2	59.89	39.78	0.274	0.051			197	573	14	13.47	0.96	0.54	0.75	1
3	59.98	39.61	0.298	0.102			176	583	10.3	13.00	1.00	0.64	0.82	2
4	59.68	39.79	0.272	0.133	0.118		175	550	14.4	12.96	1.08	0.47	0.78	2
5	59.82	39.59	0.284	0.104		Fe : 0.195	174	561	14.9	13.62	0.91	0.65	0.78	1
6	60.09	39.49	0.284	0.057		Mn : 0.068	179	558	15.2	13.33	0.85	0.65	0.75	2
7	60.59	38.85	0.269	0.154	0.125		171	536	11.8	12.74	0.95	0.56	0.76	2
8	59.27	40.22	0.37	0.14	0.002		163	559	13.9	12.95	0.86	0.64	0.75	1-2
9	58.62	41.09	0.081	0.091	0.06		168	521	16.7	15.71	0.88	0.63	0.76	1-2

表 1(續)：本發明之試樣，未退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他元素	α 相	β 相	α 粒度	磷化物 0.5 - 1 μm	磷化物 1 - 2 μm	磷化物 > 2 μm
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	vol%	vol%	μm	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2
10	57.64	39.00			3.358		70	30	17			
11	57.63	40.32			2.047		63	37	19			
12	59.52	40.17					59	41	21			
13	60.85	38.87	0.269				65	35	23			
14	62.4	37.06	0.53				73	27	25			
15	62.3	37.02	0.579	0.102			71	29	22	94	103	2
16	58.96	41.03					62	38	16			
17	59.85	39.87	0.272				60	40	17			
18	59.98	39.36	0.269	0.383			63	35	12	128	103	47
19	58.75	41.13		0.109			63	37	25	76	82	2
20	61.33	38.03	0.552	0.075			62	38	21	50	47	3
21	59.93	39.53	0.272	0.056		Sn : 0.215	53	47	12	51	3	
22	58.79	40.91		0.294			73	27	11	33	27	6
23	60.88	38.53	0.286	0.295			76	24	15	385	74	3

表 2：對比試樣，未退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他元 素	硬度	R _m	A	λ	M ^{norm}	F _N ^{norm}	(M+F _N)/2	切屑 形狀
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	HV10	MPa	%	MS/m	-	-	-	-
10	57.64	39.00			3.358		161	489	15.8	16.29	1.00	1.00	1.00	2
11	57.63	40.32			2.047		155	501	21.8	16.9	1.14	0.61	0.88	2
12	59.52	40.17					156	492	22.3	16.78	0.34	0.54	0.44	0
13	60.85	38.87	0.269				173	525	20.4	13.58	0.95	0.62	0.79	0
14	62.4	37.06	0.53				174	538	16.2	11.4	0.83	0.44	0.64	0
15	62.3	37.02	0.579	0.102			174	560	10.6	10.7	0.91	0.62	0.77	1
16	58.96	41.03					161	515	25	17.28	0.77	0.37	0.57	0
17	59.85	39.87	0.272				179	556	21	14	0.87	0.68	0.78	0
18	59.98	39.36	0.269	0.383			191	565	6.8	12.43	0.93	0.56	0.75	2
19	58.75	41.13		0.109			172	519	15.8	16.31	0.85	0.58	0.72	2
20	61.33	38.03	0.552	0.075			174	558	16.9	11.23	0.78	0.63	0.71	1-2
21	59.93	39.53	0.272	0.056		Sn : 0.215	180	562	12	13.23	0.85	0.51	0.68	1
22	58.79	40.91		0.294			174	527	12.1	15.74	0.85	0.37	0.61	1
23	60.88	38.53	0.286	0.295			185	564	10.2	12.06	0.80	0.60	0.70	2

表 2(續)：對比試樣，未退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他元素	α 相	β 相	α 粒 度	磷化物 0.5 - 1 μm	磷化物 1 - 2 μm	磷化物 > 2 μm
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	vol%	vol%	μm	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2
24	60.774	38.888	0.281	0.051			64	36	31	22	15	0
25	60.922	38.69	0.277	0.102			69	31	39	23	38	18
26	59.886	39.781	0.274	0.051			55	45	28	30	18	0
27	59.984	39.61	0.298	0.102			59	41	26	23	32	15
28	59.684	39.787	0.272	0.133	0.118		62	38	33	48	30	18
29	59.82	39.59	0.284	0.104		Fe : 0.195	56	44	32	17	21	9
30	60.09	39.49	0.284	0.057		Mn : 0.068	51	49	33	28	13	
31	59.93	39.53	0.272	0.056		Sn : 0.215	54	46	32	38	17	

表 3：本發明之試樣，經退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他元素	硬度	R _m	A	λ	M ^{norm}	F _N ^{norm}	(M+F _N)/2	切屑 形狀
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	HV10	MPa	%	MS/m	-	-	-	-
24	60.774	38.888	0.281	0.051			161	511	17.7	13.13	0.95	0.58	0.77	2
25	60.922	38.69	0.277	0.102			163	515	15.6	12.72	1.00	0.57	0.79	2
26	59.886	39.781	0.274	0.051			190	541	12.6	13.4	1.03	0.66	0.85	2
27	59.984	39.61	0.298	0.102			174	557	16.2	12.99	1.00	0.61	0.81	2
28	59.684	39.787	0.272	0.133	0.118		172	536	12.4	13.03	0.95	0.61	0.78	2
29	59.82	39.59	0.284	0.104		Fe : 0.195	170	551	18.1	13.66	0.79	0.71	0.75	1
30	60.09	39.49	0.284	0.057		Mn : 0.068	171	549	14.1	13.48	1.00	0.56	0.78	1
31	59.93	39.53	0.272	0.056		Sn : 0.215	163	551	11.6	13.2	0.93	0.62	0.78	2

表 3(續)：本發明之試樣，經退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他 元素	α 相	β 相	α 粒度	磷化物 0.5 - 1 μm	磷化物 1 - 2 μm	磷化物 > 2 μm
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	vol%	vol%	μm	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2	每 21000 μm^2
32	57.64	39.00			3.358		66	34	32			
33	57.63	40.32			2.047		61	39	29			
34	59.52	40.17					63	37	39			
35	60.85	38.87	0.269				70	30	31			
36	62.4	37.06	0.53				69	31	38			
37	62.3	37.02	0.579	0.102			65	35	33	20	27	24
38	58.96	41.03					66	34	19			
39	59.85	39.87	0.272				59	41	24			
40	59.98	39.36	0.269	0.383			62	38	15	105	106	50
41	58.75	41.13		0.109			60	40	29	39	57	1
42	61.33	38.03	0.552	0.075			59	41	37	17	24	7
43	58.79	40.91		0.294			63	37	23	20	25	59
44	60.88	38.53	0.286	0.295			61	39	21	73	47	48

表 4：對比試樣，經退火

試樣 編號	Cu	Zn	Si	P	Pb	其他 元素	硬度	R _m	A	λ	M ^{norm}	F _N ^{norm}	(M+F _N)/2	切屑 形狀
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	HV10	MPa	%	MS/m	-	-	-	-
32	57.64	39.00			3.358		148	434	4.4	16.3	1.11	0.91	1.01	2
33	57.63	40.32			2.047		151	446	3.5	16.77	1.21	0.80	1.01	2
34	59.52	40.17					157	468	25.8	16.97	0.22	0.50	0.36	0
35	60.85	38.87	0.269				150	489	21.5	13.7	0.43	0.83	0.63	0
36	62.4	37.06	0.53				164	510	20.6	11.51	0.45	0.77	0.61	1
37	62.3	37.02	0.579	0.102			156	531	12.7	10.71	1.03	0.68	0.86	1
38	58.96	41.03					155	489	24.6	16.96	0.78	0.67	0.73	0
39	59.85	39.87	0.272				171	536	19	13.95	0.98	0.69	0.84	0
40	59.98	39.36	0.269	0.383			173	555	15	12.45	1.00	0.62	0.81	2
41	58.75	41.13		0.109			158	518	18	16.16	0.85	0.62	0.74	2
42	61.33	38.03	0.552	0.075			171	537	13.6	11.28	0.80	0.71	0.76	1
43	58.79	40.91		0.294			169	501	17.6	15.6	0.58	0.49	0.54	1
44	60.88	38.53	0.286	0.295			172	526	13.4	12.06	1.05	0.70	0.88	1-2

表 4(續)：對比試樣，經退火

【0054】 1 號至 9 號試樣(表 1)為處於未退火狀態下的本發明的試樣。 β 相之體積份額為至少 33 %且至多 46 %。就經滾壓之試樣而言， α 粒度為最大 24 μm ，就經壓製之試樣而言為最大 35 μm 。5 號試樣之較小的 α 粒度可歸因於合金元素 Fe。硬度為至少 160 HV10，且抗拉強度 R_m 為至少 520 MPa。斷裂伸長率為至少 10%。所有試樣之電導率為至少 12.7 MS/m，就試樣中之數個而言為至少 13.0 MS/m。9 號試樣之電導率高於 15.5 MS/m。均一化轉矩介於 0.85 與 1.08 之間。均一化法向力介於 0.45 與 0.7 之間。均一化轉矩與均一化法向力之算術平均值總是至少為 0.75。切屑形狀總是被評為良好(2)或中等(1)。

【0055】 10 號至 23 號試樣(表 2)為處於未退火狀態下的對比試樣。10 號參比試樣包含 3.3 wt%的鉛，並且顯示出極佳的切削特性。含有 2.0 wt%鉛的 11 號試樣亦顯示出良好的切削特性。12 號及 16 號試樣顯示，在不採用鉛及其他合金元素的情況下，切削特性非常差。

【0056】 除 Cu 及 Zn 以外，13 號及 17 號試樣僅包含 0.27 wt%的 Si。

【0057】 作用於鑽具之力處於可接受之範圍內，但切屑形狀較差，這可能歸因於缺少充當斷屑劑的磷化物顆粒。較之於 13 號試樣，14 號試樣之 Cu 比例以及 Si 比例有所提昇。作用於鑽具之力不在可接受之範圍內，且切屑形狀較差。此外，電導率較低。

【0058】 較之於 14 號試樣，15 號試樣之 Si 比例略微提昇，並且添加了 0.1 wt%的 P 元素。因此，作用於鑽具之力有所減小，且切屑形狀略有改善。但斷裂伸長率及電導率較低。與 1 號試樣相比，15 號試樣在 P 含量相似且 β 相之體積份額相似的情況下具有更高的 Si 比例。作用於鑽具之力同樣地良好，但 15 號試樣之切屑形狀更加不利且傳導性更差。

【0059】 18 號試樣與 17 號試樣的區別在於 0.38 wt%的 P。這大體上使得切屑形狀顯著改善。但斷裂伸長率非常低。

【0060】 除 Cu 及 Zn 以外，19 號試樣僅包含 0.11 wt% 的 P。這有助於切屑形狀，但作用於鑽具之力不令人滿意。較之於 19 號試樣，22 號試樣之 P 比例提昇至 0.29 wt%，致使法向力變差。

【0061】 20 號試樣與 15 號試樣的區別大體在於略有減小的 P 比例。這使斷裂伸長率改善。但較高的 Si 比例使得電導率不處於所需水平。

【0062】 除 0.27 wt% 的 Si 以及 0.06 wt% 的 P 以外，21 號試樣還包含 0.22 wt% 的 Sn。較之於不含錫的 2 號試樣，添加錫元素使得作用於鑽具之力有所變差。近乎僅觀察到直徑為 0.5 至 1 μm 的磷化物顆粒。電導率近乎不受 0.22 wt% 的 Sn 影響。

【0063】 23 號試樣包含 0.29 wt% 的 Si 以及 0.30 wt% 的 P。儘管切屑形狀如 18 號試樣那般良好，但斷裂伸長率、傳導性、以及在鑽削過程中起作用之力不令人滿意。

【0064】 24 號至 31 號試樣(表 3)為處於經退火狀態下的本發明的試樣。在 550°C 下對 26 號及 27 號試樣進行退火，而表 3 之其他試樣則在 600°C 下被退火。 β 相之體積份額為至少 31 % 且至多 49 %。 α 粒度介於 25 與 40 μm 之間，其中，26 號及 27 號試樣具有最小的粒度。硬度為至少 160 HV10，且抗拉強度 R_m 為至少 510 MPa。斷裂伸長率為至少 11.5 %。所有試樣之電導率為至少 12.7 MS/m，就試樣中之數個而言為至少 13.0 MS/m。均一化轉矩介於 0.79 與 1.03 之間。均一化法向力介於 0.56 與 0.71 之間。均一化轉矩與均一化法向力之算術平均值總是至少為 0.75。切屑形狀總是被評為良好(2)或中等(1)。就組成等同於未經退火的 21 號試樣的 31 號試樣而言，透過退火能夠顯著改善在鑽削過程中起作用之力以及切屑形狀。此外發現，退火使得磷化物顆粒之分佈重心朝向較大之顆粒移動。

【0065】 32 號至 44 號試樣(表 4)為處於經退火狀態下的對比試樣。含鉛

的 32 號及 33 號試樣在經退火狀態下顯示出良好的切削特性。僅含 Cu 及 Zn 的 34 號試樣(在 600°C 下退火)以及 38 號試樣(在 550°C 下退火)即使在經退火之狀態下亦表現出在鑽削過程中的較差特性。

【0066】 較之於在 10 號參比試樣上測定之轉矩，在 600°C 下退火的含矽但無磷的 35 號及 36 號試樣所產生的轉矩為兩倍以上。36 號試樣之較大的 Si 比例使切屑形狀改善，但使電導率減小。較之於 35 號及 36 號試樣，在 550°C 下退火的含矽但無磷的 39 號試樣所具有的在鑽削過程中的力更加有利。這可歸因於顯著提昇的 β 相的比例。但切屑形狀較差。

【0067】 37 號試樣包含 0.58 wt% 的 Si 以及 0.10 wt% 的 P 並且在 600°C 下被退火，在鑽削過程中，該試樣之特性比處於未退火狀態下之具有相同組成的 15 號試樣更加有利，但較大的 Si 比例致使電導率不足。

【0068】 就在 550°C 下退火且組成等同於 18 號或 19 號試樣的 40 號及 41 號試樣而言，透過退火能夠改善作用於鑽具之力，並且特別是就 40 號試樣而言亦顯著改善延展性。但高比例的 Si 及 P 使得 40 號試樣的電導率低。就 41 號試樣而言，無法透過退火以使鑽削過程中之力處於可接受之水平的方式，對 Si 之缺失進行補償。

【0069】 包含 0.55 wt% 的 Si 比例以及 0.075 wt% 的 P 比例的 42 號試樣因該較高的 Si 比例而具有過低的電導率。

【0070】 就組成等同於未退火之 22 號及 23 號試樣的 43 號及 44 號試樣而言，透過在 600°C 下退火能夠顯著改善延展性。在退火後，43 號試樣之切削特性不令人滿意。就 44 號試樣而言，0.3 wt% 的 P 比例與 0.29 wt% 的 Si 比例的組合導致低電導率。

【0071】 1 號至 44 號試樣顯示，透過針對性地選擇 Si 及 P 元素，能夠製造出具有有利的特性組合的合金。Si 減小作用於鑽具之力，並藉此改善切削特

性。然而，高於 0.32 wt% 的 Si 比例會減小電導率。0.05 至 0.2 wt% 的 P 比例有助於形成切屑。較高比例的 P 與 Si 的組合導致延展性及電導率變差。毋需退火便已能製造出具有此等屬性之有利組合的合金。在採用某些元素組合的情況下，透過特別是在介於 550°C 與 600°C 之間的溫度下的退火，能夠透過針對性地調節 β 相比例及磷化物顆粒後續地改善切削特性。

【0072】 具有前述組成的合金亦可用作針對鑄件的鑄造合金。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用於製造線狀、管狀或桿狀半成品的銅鋅可鍛合金，具有單位為 wt% 的以下組成：

Cu： 58.0 至 63.0%，

Si： 0.04 至 0.32%，

P： 0.05 至 0.20%，

Sn： 可選地至多 0.25%，

Al： 可選地至多 0.10%，

Fe： 可選地至多 0.30%，

Ni： 可選地至多 0.30%，

Pb： 可選地至多 0.25%，

Te、Se、In 可選地各自至多 0.10%，

Bi： 最大 0.009%，

其餘為 Zn 及不可避免之雜質，

其中，不可避免之雜質的比例低於 0.2 wt%，

其中，P 與 Al 之重量份額比為至少 1.0，

其中，該合金具有由球狀 α 相、 β 相及磷化物顆粒構成之構造，以及， β 相在 α 相與 β 相之加總中的比例為至少 20 vol% 且至多 70 vol%，

其中，Si 既存在於 α 相中亦存在於 β 相中，

其中，在 21000 μm^2 面積中存在 7 至 200 個等效直徑為 0.5 至 1 μm 的磷化物顆粒，4 至 150 個等效直徑為 1 至 2 μm 的磷化物顆粒，以及最大 30 個等效直徑大於 2 μm 的磷化物顆粒。

【請求項2】 如請求項 1 之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，Pb 比例為至少 0.02 wt%。

【請求項3】 如請求項 1 至 2 之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，P 比例為至多 0.15 wt%。

【請求項4】 如請求項 1 至 3 之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，P/Fe 之比為至少 1.0。

【請求項5】 如請求項 1 至 4 之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，Fe 比例小於 0.10 wt%並且 Ni 比例為至多 0.07 wt%。

【請求項6】 如請求項 1 至 5 之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，Si 比例為至少 0.23 wt%。

【請求項7】 如請求項 1 至 5 之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，Si 比例為至多 0.15 wt%。

【請求項8】 如請求項 7 之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，P 比例為至多 0.10 wt%。

【請求項9】 如請求項 7 或 8 之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，Cu 比例為至多 59.5 wt%。

【請求項10】 如前述請求項之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，元素 Cu、Zn、Si、P 以及 Pb 之比例加總為至少 99.75 wt%。

【請求項11】 如前述請求項之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，該合金具有至少 120 HV10、較佳至少 150 HV10 的硬度。

【請求項12】 如前述請求項之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，該合金具有至少 500 MPa、較佳至少 530 MPa 的抗拉強度 R_m 。

【請求項13】 如前述請求項之其中一項之銅鋅可鍛合金，其特徵在於，該合金具有至少 12.5 MS/m 的電導率。

【請求項14】 一種由如前述請求項之其中一項之銅鋅可鍛合金構成的線狀、管狀或桿狀半成品。

【請求項15】 一種用如請求項 14 之半成品透過切削及可選的其他加工步驟製成的構件。

【請求項16】 一種製造如請求項 14 之線狀、管狀或桿狀半成品的的方法，其中，該方法包括以下步驟：

- a) 將具有如請求項 1 至 10 之其中一項之組成的銅合金熔化，
- b) 藉由水冷式冷硬鑄模連續鑄造出管狀或銷狀鑄造形式，
- c) 在 620 至 700°C 的溫度下對該鑄造形式進行熱壓，隨後在 550 至 350°C 的溫度範圍內以每分鐘 30 至 60°C 的冷卻速度進行冷卻，
- d) 可選地，在 525 至 625°C 的溫度範圍內進行為時 1 至 5 小時的熱處理，隨後在 500 至 350°C 的溫度範圍內以每分鐘 20 至 40°C 的冷卻速度進行冷卻，
- e) 可選地進行冷成型。