



(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 I700380 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 08 月 01 日

(21) 申請案號：108130055 (22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 22 日

(51) Int. Cl. : C22C9/04 (2006.01) C22F1/08 (2006.01)

(30) 優先權：2018/12/19 南韓 10-2018-0165425

(71) 申請人：韓商豐山股份有限公司 (南韓) POONGSAN CORPORATION (KR)  
南韓

(72) 發明人：全甫珉 JEON, BO MIN (KR)；鄭元碩 JEONG, WON SEOK (KR)；郭源信 KWAK,  
WON SHIN (KR)

(74) 代理人：呂紹凡；洪珮瑜

(56) 參考文獻：

TW	201335391A1	CN	1517446A
CN	1521281A	CN	104831115A
CN	107974573A	JP	2001-64742A

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：3 共 21 頁

(54) 名稱

不含鉛和鈹的易切削無鉛銅合金

(57) 摘要

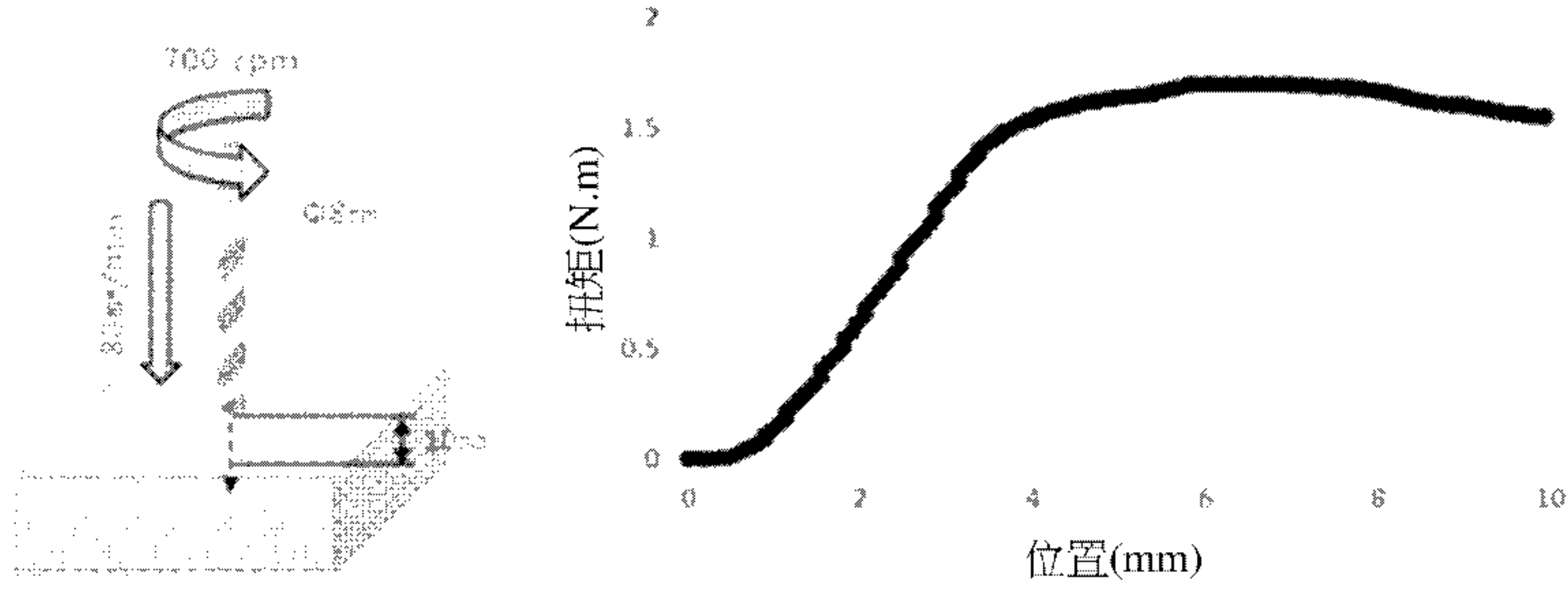
本發明揭露了一種具有優異切削性和耐腐蝕性的高強度易切削無鉛銅合金。該易切削無鉛銅合金含有 58 wt% 至 70 wt% 的銅 (Cu)、0.5 wt% 至 2.0 wt% 的錫 (Sn)、0.1 wt% 至 2.0 wt% 的矽 (Si)、餘量的鋅 (Zn) 以及不可避免的雜質，但不含鉛。

Disclosed is a high-strength free-cutting leadless copper alloy with excellent machinability and corrosion-resistance. The free-cutting leadless copper alloy contains 58 to 70 wt% of copper (Cu), 0.5 to 2.0 wt% of tin (Sn), 0.1 to 2.0 wt% of silicon (Si), a balance amount of zinc (Zn), and inevitable impurities but does not contain lead.

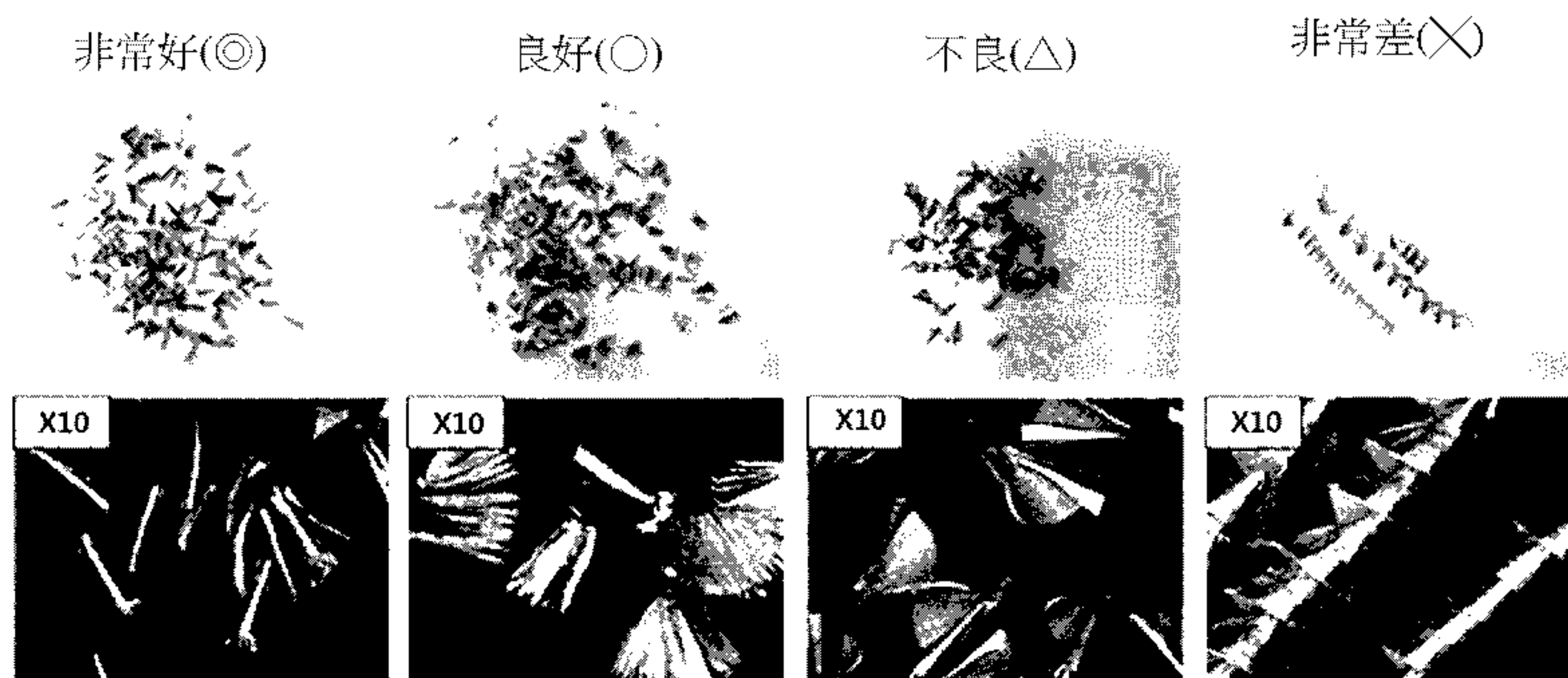
指定代表圖：

符號簡單說明：

無



第一圖



第二圖



I700380

【發明摘要】

【中文發明名稱】 不含鉛和鉍的易切削無鉛銅合金

【英文發明名稱】 FREE-CUTTING LEADLESS COPPER ALLOY WITH

NO LEAD AND BISMUTH

【中文】

本發明揭露了一種具有優異切削性和耐腐蝕性的高強度易切削無鉛銅合金。該易切削無鉛銅合金含有58 wt%至70 wt%的銅 (Cu)、0.5 wt%至2.0 wt%的錫 (Sn)、0.1 wt%至2.0 wt%的矽 (Si)、餘量的鋅 (Zn) 以及不可避免的雜質，但不含鉛。

【英文】

Disclosed is a high-strength free-cutting leadless copper alloy with excellent machinability and corrosion-resistance. The free-cutting leadless copper alloy contains 58 to 70 wt% of copper (Cu), 0.5 to 2.0 wt% of tin (Sn), 0.1 to 2.0 wt% of silicon (Si), a balance amount of zinc (Zn), and inevitable impurities but does not contain lead.

【指定代表圖】 第一圖

【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】 不含鉛和鉍的易切削無鉛銅合金

【英文發明名稱】 FREE-CUTTING LEADLESS COPPER ALLOY WITH

NO LEAD AND BISMUTH

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種具有優異切削性和耐腐蝕性的易切削無鉛銅合金，更具體地說，係關於一種不含鉛和鉍，且含有58%至70%重量的銅（Cu）、0.5%至2.0%重量的錫（Sn）、0.1%至2.0%重量的矽（Si）、餘量的鋅（Zn）和其他不可避免的雜質之易切削無鉛銅合金。

### 【先前技術】

【0002】 作為非鐵金屬材料的銅（Cu）依使用目的，藉由向其中添加各種添加劑來使用。為了提高黃銅的可加工性，向黃銅中添加1.0 wt%至4.5 wt%的鉛（Pb）以確保切削性。鉛（Pb）不影響銅（Cu）的晶體結構，因為銅（Cu）金屬在其中沒有固溶性。此外，鉛（Pb）在工具和待切割物體之間的接觸界面處起到潤滑的作用，並且起到研磨切削屑的作用。含有這種鉛（Pb）的易切削黃銅具有優異的切削性，因此含有這種鉛（Pb）的易切削黃銅廣泛用於閥門、螺栓、螺母、汽車零件、齒輪、相機零件等。

【0003】 然而，鉛是一種對人體和環境有不利影響的有害物質。隨著2003年歐洲頒布了有害物質限制（RoHS），環境法規變得嚴格，並實施對人體危險

元素的管理。因此，鉛的使用受到了規範。依據這種情況，已經對新合金進行了研究以取代易切削黃銅，其藉由添加鉛（Pb）改善了切削性。

【0004】 結果，開發了無鉛黃銅，其中將鉍（Bi）添加至銅（Cu）而不是鉛（Pb）中。然而，由於粗晶粒和晶界偏析而發生裂縫，因此，必須經由熱處理使晶粒細化和球化。因此，避免使用含有鉍（Bi）的無鉛黃銅。此外，鉍（Bi）是一種重金屬物質，如鉛（Pb），雖然它沒有被明確認定為對人體有害，並且很可能在未來被選為與鉛相同的規定之目標。

【0005】 最近，在美國，用於水龍頭的銅合金中的鉛（Pb）含量受到很大限制。此外，預計未來鉛（Pb）含量主要在先進國家將受到更多限制。在傳統的不含鉛的銅合金的情況下，由於缺乏切削性，傳統的銅合金不能用作易切削材料。因此，迫切需要開發無鉛的易切削銅合金。

【0006】 在一個實施例中，由於耐腐蝕性差，易切削銅合金不能用於涉及流體的產品，例如水龍頭、閥門、儀表部件等。為了解決這個問題，藉由用Ni等電鍍來使用易切削銅合金，但鍍層並非永久性的，而且在鍍層剝離後仍存在內部銅合金快速腐蝕的問題。

【0007】 另外，易切削銅合金難以用於需要高強度的產品，因為鉛（Pb）和鉍（Bi）在微觀結構中不固溶，因此不能確保強度。

【0008】 為了解決上述問題，需要開發具有優異切削性和同時具有優異耐腐蝕性的無鉛易切削銅合金。

【0009】 韓國專利申請公開案No.10-2012-0104963揭露了一種無鉛易切削銅合金，其含有65%至75%的銅（Cu）、1%至1.6%的矽（Si）、0.2%至3.5%的鋁（Al），其餘由不可避免的雜質組成，但不含鉍。通常，在銅合金中添加鋁（Al）

可有效地提高強度和耐腐蝕性。然而，上述專利文獻的銅合金藉由添加高達3.5%的鋁而由於高鋅當量而增加了 $\beta$ 相分率，並且增加了脆性和強度。因此，難以確保可加工性。

**【0010】** 韓國專利公開案No.10-2001-0033101揭露了一種易切削銅合金，其含有69%-79%的銅（Cu）、2%-4%的矽（Si）、0.02%-0.04%的鉛（Pb）和鋅（Zn）。上述專利文獻的銅合金含有鉛，並藉由在金屬微觀結構中形成 $\gamma$ 相來提高切削性。然而，當添加3%或更高的具有高熔點和小比重的矽（Si）時，會產生大量的氧化矽，使得難以生產高品質的鑄錠。另外，由於需要69%或更高的銅（Cu）來形成 $\gamma$ 相，因此與傳統的易切削銅合金相比，原料成本過高。

**【0011】** 韓國專利申請公開案No.10-2013-0035439揭露了一種易切削無鉛銅合金，其含有56%至77%的銅（Cu）、0.1%至3.0%的錳（Mn）、1.5%至3.5%的矽（Si）、0.1%至1.5%的鈣（Ca）和鋅（Zn）。藉由添加鈣改善切削性。然而，由於鈣的高氧化性，在空氣鑄造過程中產生大量氧化物，並且難以生產高品質的鑄錠，因為難以確保目標組成。

### **【發明內容】**

[技術目的]

**【0012】** 本發明旨在提供一種銅合金，其具有優異的切削性和耐腐蝕性，而不含鉛（Pb）或鉍（Bi）組成。

[技術解決方案]

**【0013】** 在本發明的第一態樣，提供了一種易切削無鉛銅合金，其包含：  
58 wt%至70 wt%的銅（Cu）、0.5 wt%至2.0 wt%的錫（Sn）、0.1 wt%至2.0 wt%

的矽 (Si)、餘量的鋅 (Zn) 和不可避免的雜質，其中錫 (Sn) 和矽 (Si) 的含量總和為  $1.0 \text{ wt}\% \leq \text{Sn} + \text{Si} \leq 3.0 \text{ wt}\%$ 。

【0014】在第一態樣的一個實施方式中，易切削無鉛銅合金還可含有0.04 wt%至0.20 wt%的磷 (P)。此外，易切削無鉛銅合金還可含有小於0.2 wt%的鋁 (Al)。此外，易切削無鉛銅合金還可含有小於0.1 wt%的鎳 (Ni) 或錳 (Mn)。

【0015】在第一態樣的一個實施方式中，易切削無鉛銅合金可包含所有的 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相和 $\epsilon$ 相。在銅合金的金屬基質中， $\epsilon$ 相的面積百分比為3%至20%。

【0016】在本發明的第二態樣，提供了一種製造上述本發明的易切削無鉛銅合金之方法，其包含：在450°C至750°C的溫度下進行30分鐘至4小時的熱處理。

[技術效果]

【0017】依據本發明的易切削無鉛銅合金具有切削性和耐腐蝕性。另外，添加至本發明的易切削無鉛銅合金中的所有元素都是環保的並且能夠充分替代常規使用的含鉛和鈹的易切削黃銅。

### 【圖式簡單說明】

【0018】第一圖示出了切削性試驗條件和實施例2的試驗結果圖。

【0019】第二圖示出了藉由鑽孔過程形成的切削屑分類形狀照片。

【0020】第三圖係分別示出實施例1、比較例2和比較例4的 $\epsilon$ 相分佈的微觀結構之掃描電子顯微鏡照片。

【0021】第四圖係示出了其中分別分佈有金屬間化合物之實施例9的微觀結構與比較例9和比較例10的微觀結構之掃描電子顯微鏡照片。

【0022】 第五圖係分別示出實施例6和比較例15的脫鋅試驗結果的光學顯微鏡照片。

【0023】 第六圖係示出實施例13的脫鋅試驗結果的光學顯微鏡照片。

### 【實施方式】

【0024】 在下文中，將更詳細地描述本發明。然而，以下描述應僅被理解為用於實現本發明的最佳具體實施例。本發明的範圍被解釋為被所附申請專利範圍之範圍所涵蓋。

【0025】 本發明揭示了一種易切削無鉛銅合金，其含有58 wt%至70 wt%的銅（Cu）、0.5 wt%至2.0 wt%的錫（Sn）、0.1 wt%至2.0 wt%的矽（Si）、餘量的鋅（Zn）和不可避免的雜質，其中錫（Sn）和矽（Si）的含量總和為 $1.0 \text{ wt}\% \leq \text{Sn} + \text{Si} \leq 3.0 \text{ wt}\%$ 。

【0026】 在依據本發明的銅合金中，由於將錫（Sn）和矽（Si）添加至Cu-Zn合金中，因此 $\epsilon$ 相分佈並在金屬微觀結構中產生，從而顯示出改善的切削性。

【0027】 依據本發明的易切削無鉛銅合金之組成和含量的具體含義如下。

【0028】 （1）銅（Cu）：58 wt%至70 wt%

【0029】 在依據本發明的易切削無鉛銅合金中，銅（Cu）是銅合金的主要成分，依據鋅（Zn）和添加元素的含量而形成具有鋅和添加元素的 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相和 $\epsilon$ 相微觀結構，以改善切削性和可加工性。依據本發明的易切削無鉛銅合金中銅的含量為58 wt%至70 wt%。當銅（Cu）含量低於58 wt%時，過量地生成 $\epsilon$ 相和 $\beta$ 相，這降低了冷加工性、增加了脆性，並且進一步降低了耐腐蝕性。當銅（Cu）含量



高於70 wt%時，不僅原料價格上漲，而且由於 $\epsilon$ 相的形成不充分且過量產生軟的 $\alpha$ 相，因此無法充分確保切削性。

**【0030】 (2) 錫 (Sn) : 0.5 wt%至2.0 wt%**

**【0031】** 在依據本發明的易切削無鉛銅合金中，錫 (Sn) 有助於形成 $\epsilon$ 相並增加 $\epsilon$ 相的尺寸和分率，以改善切削性並改善耐腐蝕性，如抗脫鋅腐蝕性。在本發明的銅合金中，錫 (Sn) 含量在0.5 wt%至2.0 wt%的範圍內。當錫含量低於0.5 wt%時， $\epsilon$ 相的形成不充分。因此，錫不會有助於提高切削性，並且可能無法獲得提高耐腐蝕性的效果。當錫含量高於2.0 wt%時，材料固化、 $\epsilon$ 相粗化且 $\epsilon$ 相分率增加，從而不利地影響冷加工性和切削性。

**【0032】 (3) 矽 (Si) : 0.1 wt%至2.0 wt%**

**【0033】** 在依據本發明的易切削無鉛銅合金中，矽 (Si) 促進 $\epsilon$ 相形成並改善耐腐蝕性。在依據本發明的易切削無鉛銅合金中，矽 (Si) 含量在0.1 wt%至2.0 wt%的範圍內。當矽 (Si) 含量低於0.1 wt%時，矽 (Si) 不會有助於促進 $\epsilon$ 相產生並改善耐腐蝕性。隨著矽 (Si) 含量增加， $\epsilon$ 相的量增加並改善切削性。然而，當矽 (Si) 含量高於2.0 wt%時，過量地產生 $\epsilon$ 相。因此，最終產生的銅合金被固化以降低切削性改善效果並對可鑄性和冷加工性產生不利影響。

**【0034】 (4) 鋅 (Zn) : 餘量**

**【0035】** 鋅與銅 (Cu) 形成Cu-Zn基合金，依據添加的含量有助於形成 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相和 $\epsilon$ 相微觀結構，並影響可鑄性和可加工性。在本發明中，鋅作為餘量添加。當鋅含量太高時，產品固化不僅會增加脆性而且還會降低耐腐蝕性。另一方面，當鋅含量太低時，過量形成 $\alpha$ 相，導致切削性劣化。

**【0036】 (5) 錫 (Sn) 和矽 (Si) 總和之範圍**

【0037】 錫 (Sn) 和矽 (Si) 的含量總和應滿足  $1.0 \text{ wt}\% \leq \text{Sn} + \text{Si} \leq 3.0 \text{ wt}\%$ 。

當矽和錫的總和低於  $1.0 \text{ wt}\%$  時， $\epsilon$  相的形成不充分，因此對改善切削性和耐腐蝕性沒有顯示出很大的效果。當錫 (Sn) 和矽 (Si) 的含量總和高於  $3.0 \text{ wt}\%$  時， $\epsilon$  相粗化、 $\epsilon$  相分率增加且產品固化，從而對切削加工性和冷加工性產生不利影響。

【0038】 (6) 磷 (P) :  $0.04 \text{ wt}\%$  至  $0.20 \text{ wt}\%$

【0039】 依據本發明的易切削無鉛銅合金還可包含磷 (P)。磷 (P) 藉由  $\alpha$  相穩定化和微觀結構細化提高耐腐蝕性，並且在鑄造期間藉由充當脫氧劑來改善熔融金屬的流動性。當含有磷時，磷含量為  $0.04 \text{ wt}\%$  至  $0.20 \text{ wt}\%$ 。當磷 (P) 含量低於  $0.04 \text{ wt}\%$  時，幾乎沒有改善微觀結構細化和耐腐蝕性的效果。當磷 (P) 含量高於  $0.20 \text{ wt}\%$  時，微觀結構細化存在限制，熱加工性降低，Si-P 基化合物與矽 (Si) 一起形成以提高硬度，和 Si 在微觀結構中的固溶度降低，從而降低了耐腐蝕性。

【0040】 (7) 鋁 (Al) : 小於  $0.2 \text{ wt}\%$

【0041】 鋁 (Al) 通常改善熔融金屬的耐腐蝕性和流動性。然而，在本發明中，由於鋁 (Al) 使冷加工性劣化並抑制  $\epsilon$  相的形成，從而使切削性劣化，因此鋁 (Al) 的添加限制在  $0.2 \text{ wt}\%$  以下。添加低於  $0.2 \text{ wt}\%$  的鋁 (Al) 不會顯著影響本發明合金的切削性。

【0042】 (8) 鎳 (Ni) 和錳 (Mn) : 分別低於  $0.1 \text{ wt}\%$

【0043】 鎳 (Ni) 和錳 (Mn) 藉由以固溶體元素和其他元素形成精細化合物而具有提高強度的效果。然而，在本發明中，生產 Ni-Si 基化合物或 Mn-Si 基化合物以消耗 Si，從而降低切削性和耐腐蝕性。另外，由於錳 (Mn) 降低了脫鋅性，因此鎳 (Ni) 和錳 (Mn) 各自的添加量均限制在  $0.1 \text{ wt}\%$  以下。當鎳和錳以

小於0.1 wt%的少量添加時，鎳和錳不會顯著影響依據本發明的易切削無鉛銅合金之化合物的形成和性質。

**【0044】** (9) 不可避免的雜質

**【0045】** 不可避免的雜質是在生產過程中不可避免地添加的元素。不可避免的雜質包括，例如鐵 (Fe)、鉻 (Cr)、硒 (Se)、鎂 (Mg)、砷 (As)、銻 (Sb)、鎘 (Cd) 等。不可避免的雜質總含量控制在等於或低於0.5 wt%，並且不可避免的雜質在上述含量範圍內不會顯著影響銅合金的性能。

**【0046】** 依據本發明的易切削無鉛銅合金包含 $\epsilon$ 相。在這種情況下， $\epsilon$ 相的形成提高了強度和耐磨性，並且 $\epsilon$ 相用作斷屑器以改善切削性。在銅合金的金屬基質中， $\epsilon$ 相的面積百分比為3%至20%。然而，當在銅合金的金屬基質中 $\epsilon$ 相的面積百分比低於3%時，可能無法充分確保工業使用程度的切削性。此外，當銅合金的金屬基質中 $\epsilon$ 相的面積百分比高於20%時，銅合金材料的強度和脆性迅速增加，這對切削性和可加工性產生不利影響。 $\epsilon$ 相的面積百分比可依需要，藉由在450°C至750°C下熱處理30分鐘至4小時來減少或增加，以確保切削性。

**【0047】**

**【0048】** 製造依據本發明的易切削無鉛銅合金之方法

**【0049】** 依據本發明的易切削無鉛銅合金可依以下方法製造。

**【0050】** 將上述依據本發明的易切削無鉛銅合金之合金組成在約950°C至1050°C的溫度下熔融以製備熔融金屬。將熔融金屬維持預定時間，例如20分鐘，然後澆鑄。由於依據本發明的銅合金之組成在鑄造期間含有相當多的氧化物，因此較佳在熔融後儘可能多地除去熔融金屬的氧化物之後進行鑄造。

【0051】 將藉由鑄造製程生產的鑄錠切割成一定長度，在500°C至750°C下加熱1小時至4小時，以等於或大於70%的應變百分比熱擠壓，然後再經由酸洗製程除去其表面上的氧化膜。

【0052】 使用拉製機對從上述獲得的熱材料進行冷加工，以具有所期望的直徑和公差。此後，依據需要，可在450°C至750°C下進行熱處理30分鐘至4小時。 $\epsilon$ 相亦藉由熱擠壓產生。在這種情況下，當 $\epsilon$ 相分率小於或大於目標分率時，可經由額外的熱處理將 $\epsilon$ 相分率調節至目標水平。當經由熱擠壓步驟獲得高品質的產品時，可省略相應的熱處理步驟。當在低於450°C或低於30分鐘的溫度下進行熱處理時，加熱不充分導致 $\epsilon$ 相的相變態很差。當在750°C以上或超過4小時的溫度下進行熱處理時， $\beta$ 相過量生成和微觀結構粗化導致切削性和冷加工性降低。

【0053】 此後，本領域的技術人員可添加必要的處理，如重複實現熱處理和拉製處理，處理成所期望的規格，使用矯直機確保直線度等。

【0054】

【0055】 實施例

【0056】 表1示出了本發明的實施例和比較例之組成。在本發明中，基於表1中所示的組成鑄造鑄錠，並經由熱擠壓製程等製造實施例和比較例的銅合金樣品，以基於下面描述的試驗方案來評估所得到的銅合金樣品性能。

【0057】 實施例1至實施例19

【0058】 具體地，基於表1中所述的每種組成，在約1000°C的溫度下熔融合金組成以產生熔融金屬，將熔化鋼料熔融並儘可能地除去熔融金屬中的氧化物，將熔融金屬維持20分鐘，然後澆鑄成依據實施例1至實施例19的樣品（直徑50 mm）。將藉由鑄造製程生產的鑄錠切割成一定長度，在650°C下加熱2小時，熱

擠壓成直徑14 mm（應變百分比為71%），然後經由酸洗製程去除95%或更高的氧化膜。

【0059】 使用拉製機對由上述獲得的熱材料進行冷加工，使其直徑在12.96 mm至13.00 mm的範圍內。

【0060】 【表1】

類別	含量 (Wt%)									
	Cu	Zn	Si	Sn	Si+Sn	P	Al	Ni	Mn	Pb
實施例 1	62.4	餘量	1.27	1.22	2.49	-	-	-	-	-
實施例 2	65.5	餘量	1.90	0.50	2.40	-	-	-	-	-
實施例 3	58.5	餘量	1.40	1.10	2.50	0.04	-	-	-	-
實施例 4	68.0	餘量	1.70	1.30	3.00	-	-	-	-	-
實施例 5	65.7	餘量	0.10	2.00	2.10	0.04	-	-	-	-
實施例 6	61.7	餘量	1.48	0.56	2.04	0.05	-	-	-	-
實施例 7	63.0	餘量	1.48	1.23	2.71	-	-	-	-	-
實施例 8	60.0	餘量	1.01	0.50	1.51	-	-	-	-	-
實施例 9	58.0	餘量	1.00	1.00	2.00	0.05	-	-	-	-
實施例 10	59.2	餘量	0.97	0.50	1.47	0.06	-	-	-	-
實施例 11	59.0	餘量	1.25	1.00	2.25	0.06	-	-	-	-
實施例 12	66.9	餘量	1.82	0.53	2.35	0.11	-	-	-	-
實施例 13	65.8	餘量	0.76	0.78	1.54	0.14	-	-	-	-
實施例 14	68.0	餘量	1.80	0.50	2.30	-	-	-	-	-
實施例 15	65.6	餘量	1.70	0.70	2.40	0.15	-	-	-	-
實施例 16	64.0	餘量	0.98	0.99	1.97	-	0.08	-	-	-
實施例 17	59.5	餘量	1.18	1.04	2.22	-	0.16	-	-	-
實施例 18	59.2	餘量	0.99	1.01	2.00	-	-	0.02	-	-
實施例 19	60.0	餘量	0.77	1.02	1.79	-	-	-	0.03	-

【0061】 比較例1至比較例17

【0062】 基於表2中所述的比較例1至比較例17之組成，以與製備上述實施例1至實施例19的樣品之方法相同的方式製備每個樣品。

【0063】 在一個實施例中，在表2中，比較例15是JIS C3604（一種易切削黃銅），比較例16是JIS C3771（鍛用黃銅），而比較例17是JIS C4622（一種具有優異耐腐蝕性的海軍黃銅）。

【0064】 【表2】

類別	含量 (Wt%)									
	Cu	Zn	Si	Sn	Si+Sn	P	Al	Ni	Mn	Pb
比較例 1	68.6	餘量	2.18	0.41	2.59	-	-	-	-	-
比較例 2	62.2	餘量	0.55	0.40	0.95	-	-	-	-	-
比較例 3	70.5	餘量	1.00	0.60	1.60	-	-	-	-	-
比較例 4	60.7	餘量	1.56	1.70	3.26	-	-	-	-	-
比較例 5	69.0	餘量	0.00	1.90	1.90	-	-	-	-	-
比較例 6	64.4	餘量	1.98	0.04	2.02	-	-	-	-	-
比較例 7	59.5	餘量	0.94	0.73	1.69	-	0.23	-	-	-
比較例 8	59.3	餘量	1.48	0.56	2.04	-	-	0.11	-	-
比較例 9	58.1	餘量	0.95	1.14	2.09	-	-	0.17	-	-
比較例 10	65.0	餘量	2.00	0.87	2.87	-	-	-	0.13	-
比較例 11	57.5	餘量	1.87	0.90	2.77	-	-	-	-	-
比較例 12	66.0	餘量	0.70	2.20	2.90	-	-	-	-	-
比較例 13	66.5	餘量	1.90	0.50	2.40	0.23	-	-	-	-
比較例 14	67.7	餘量	2.00	0.52	2.52	0.41	-	-	-	-
比較例 15 (JIS C3604)	59.2	餘量	-	-	0.00	-	-	-	-	3.4
比較例 16 (JIS C3771)	58.5	餘量	-	-	0.00	-	-	-	-	2.0
比較例 17 (JIS C4622)	61.0	餘量	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-

## 【0065】 測試實施例

## 【0066】 (1) 切削性測試 (切削扭矩和切屑形狀)

【0067】 藉由切削扭矩和切屑形狀評估銅合金的切削性。

【0068】 首先，如第一圖所示，使用切削性試驗機來測量和評估鑽孔期間傳遞至鑽具的扭矩。在切削過程中，切削鑽的尺寸為 $\Phi 8$  mm，其轉速為700 rpm、移動速度為80 mm/min、移動距離為10 mm、移動方向為重力方向，且4 mm至10 mm切削截面的扭矩平均值 (以N.m為單位) 描述於下面將要描述的表3和表4中。高切削扭矩意味著切削加工性低，並且小切削扭矩意味著切削加工性高，因為即

使在加工相同深度時亦需要較小的力。實施例2的試樣之切削性試驗結果如第一圖右側的圖表所示。

【0069】 另外，觀察上述鑽孔過程中形成的切屑形狀，並示於表3和表4中。用於確定切削性的標準示於第二圖中。亦即，切削片的形狀分為四類：非常好（◎）、良好（○）、不良（△）和非常差（X）。在這方面，對應於非常好（◎）和良好（○）的切屑形狀具有優異的分散性和切屑可排出性，並適用於工業領域。然而，對應於不良（△）和非常差（X）的切削屑形狀不適合用於工業領域，因為切削表面和切削工具被損壞且切屑可排出性差。

【0070】 如下面的表3和表4所示，比較切削扭矩和切屑形狀，發現的是，實施例1至實施例19中製備的樣品之切削性遠優於不含鉛的比較例17（C4622）。此外，發現的是，依據本發明實施例製備的銅合金之切削性與比較例15（C3604）和比較例16（C3771）相同或相似，後者是含鉛的常規合金。

【0071】 在一個實施例中，儘管比較例2的樣品包含矽和錫，但由於矽（Si）+錫（Sn）的含量小於1 wt%，因此可發現的是，切削性未得到改善（表4）。在這方面，參照第三圖，儘管矽和錫的每種含量在本發明中限定的含量範圍內，但當矽（Si）+錫（Sn）的含量小於1 wt%時，發現的是， $\epsilon$ 相低於3%，因此不足以改善切削性。而且，如第三圖所示，發現的是，添加大於3 wt%的矽（Si）+錫（Sn）含量之比較例4的樣品中形成等於或大於20%的過量 $\epsilon$ 相。這種 $\epsilon$ 相的過量形成反而降低了可加工性和切削性。此亦在表4的切削性測試結果中被識別。

【0072】 在比較例7中，發現的是，當鋁（Al）含量高於0.2 wt%時， $\epsilon$ 相的形成受到抑制，從而降低了切削性。在比較例8至比較例10中，發現的是，當錳（Mn）或鎳（Ni）的含量高於0.1 wt%時，錳和鎳形成Mn-Si基化合物和Ni-Si基

化合物。此外，發現的是，基於化合物的形成消耗矽（Si）減少了 $\epsilon$ 相的形成，從而降低了切削性。在這方面，參照第四圖，可看出依據比較例9和比較例10的樣品形成Mn-Si基化合物和Ni-Si基化合物（虛線圓圈）。

**【0073】**（2）微觀結構圖像觀察

**【0074】** 使用光學顯微鏡和掃描電子顯微鏡鑑定依據上述實施例和比較例獲得的樣品之微觀結構圖像。

**【0075】**（3）脫鋅腐蝕試驗

**【0076】** 藉由使用KS D ISO6509（金屬和合金的腐蝕-黃銅的脫鋅腐蝕試驗）方法測量平均脫鋅腐蝕深度，來測量銅合金樣品的耐腐蝕性。脫鋅腐蝕是由於去合金化或選擇性浸濾腐蝕而從黃銅合金中選擇性地除去鋅的現象。通常，例如，用於水管材料的黃銅中需要優異的抗脫鋅腐蝕。在韓國，用於水管材料的無鉛防腐黃銅之脫鋅腐蝕試驗的驗收標準平均為300  $\mu\text{m}$ 。評估的是，當脫鋅深度等於或低於300  $\mu\text{m}$ 時，耐腐蝕性優異。

**【0077】** 為了依據實施例和比較例的樣品測量基於KS D ISO6509的脫鋅深度，用拋光紙將每個樣品表面拋光至2000次，用純水超音波洗滌，然後乾燥。將洗滌過的樣品浸入1%  $\text{CuCl}_2$ 水溶液中，在75°C的溫度下加熱，維持24小時，然後測量其最大脫鋅深度。獲得的結果顯示在表3和表4中。

**【0078】** 在表3的脫鋅腐蝕試驗結果中，發現的是，依據本發明實施例1至實施例19的所有樣品等於或低於300  $\mu\text{m}$ ，並具有無鉛防腐黃銅的性質。

**【0079】** 比較表3和表4的脫鋅深度結果，發現的是，依據本發明實施例1至實施例19的樣品具有優於比較例15（C3604）和比較例16（C3771）（比較例15和比較例16皆為含鉛的常規合金）的耐腐蝕性。發現的是，即使與比較例17



(C4622) (在常規銅合金中具有最高耐腐蝕性) 相比，依據本發明實施例的樣品亦具有更優異的耐腐蝕性。

【0080】 在這方面，第五圖示出實施例6和比較例15 (C3604) 的脫鋅腐蝕試驗結果。從第五圖中，可發現的是，依據實施例6的樣品之脫鋅深度遠小於依據比較例15的樣品之脫鋅深度，這表示依據實施例6的樣品之脫鋅腐蝕優於依據比較例15的樣品之脫鋅腐蝕。

【0081】 另外，分別與表3和表4中揭露的實施例1和比較例2相比，可發現的是，添加錫 (Sn) 和矽 (Si) 降低了脫鋅深度。此外，與實施例7和比較例6相比，可發現的是，特別是隨著錫 (Sn) 的添加量增加，合金的脫鋅腐蝕增加。

【0082】 另外，第六圖是實施例13的脫鋅腐蝕試驗結果。發現的是， $\beta$ 相被選擇性腐蝕。亦即，發現的是，在實施例13中，添加磷 (P) 增強了所得樣品中的 $\alpha$ 相，從而提高了耐腐蝕性。

#### 【0083】 (4) 硬度測試

【0084】 藉由使用維克氏硬度計施加1 kg的負載來測量銅合金的硬度。在表3和表4的硬度 (Hv) 測量結果中，發現實施例1至實施例19的銅合金樣品的硬度高於比較例15 (C3604)、比較例16 (C3771) 和比較例17 (C4622) (比較例15、比較例16和比較例17皆為常規合金) 的硬度。

【0085】 【表3】

類別	切削扭矩(N.m)	切屑形狀	脫鋅深度(μm)	硬度(Hv)
實施例 1	1.41	◎	0	215
實施例 2	1.60	○	246	196
實施例 3	1.52	◎	92	226
實施例 4	1.98	○	117	156
實施例 5	1.76	○	0	243
實施例 6	1.58	◎	32	194
實施例 7	1.64	○	110	194
實施例 8	1.62	○	194	207
實施例 9	1.76	○	135	197
實施例 10	1.50	◎	194	188
實施例 11	1.48	◎	91	221
實施例 12	1.54	◎	181	165
實施例 13	1.62	○	130	175
實施例 14	1.89	○	164	159
實施例 15	1.68	○	169	200
實施例 16	1.64	○	92	186
實施例 17	1.64	◎	150	217
實施例 18	1.64	○	130	197
實施例 19	1.76	○	184	190

【0086】 【表4】

類別	切削扭矩(N.m)	切屑形狀	脫鋅深度(μm)	硬度(Hv)
比較例 1	2.33	△	158	206
比較例 2	3.33	X	308	156
比較例 3	2.80	X	201	128
比較例 4	2.50	△	25	246
比較例 5	3.22	X	35	240
比較例 6	2.55	△	347	212
比較例 7	2.60	X	181	209
比較例 8	2.53	△	169	247
比較例 9	2.40	X	103	227
比較例 10	2.50	△	305	222
比較例 11	3.40	△	198	168
比較例 12	3.22	△	94	232
比較例 13	2.97	X	139	204
比較例 14	發生熱擠壓裂痕			
比較例 15	1.40	◎	1100	110
比較例 16	1.50	◎	1000	110
比較例 17	3.20	X	400	140

【0087】 因此，發現的是，依據本發明的易切削無鉛銅合金具有高硬度，同時實現優異的切削性和耐腐蝕性。

(產業可用性)

【0088】 如上所述，依據本發明的易切削無鉛銅合金可用於需要高強度和優異切削性和耐腐蝕性的產品中。

【符號說明】 無

【生物材料寄存】 無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種易切削無鉛銅合金，其包含：

58wt%至70wt%的銅（Cu）、0.5wt%至2.0wt%的錫（Sn）、0.1wt%至2.0wt%的矽（Si）、餘量的鋅（Zn）以及不可避免的雜質，其中錫（Sn）和矽（Si）的含量總和為 $1.0 \text{ wt}\% \leq \text{Sn} + \text{Si} \leq 3.0 \text{ wt}\%$ ，其中該銅合金不含鉛（Pb）與鉍（Bi），且其中該銅合金包含 $\alpha$ 相、 $\beta$ 相及 $\epsilon$ 相，且其中該 $\epsilon$ 相的面積百分比在該銅合金的金屬基質中為3%至20%。

【第2項】如申請專利範圍第1項之易切削無鉛銅合金，還含有0.04 wt%至0.20 wt%的磷（P）。

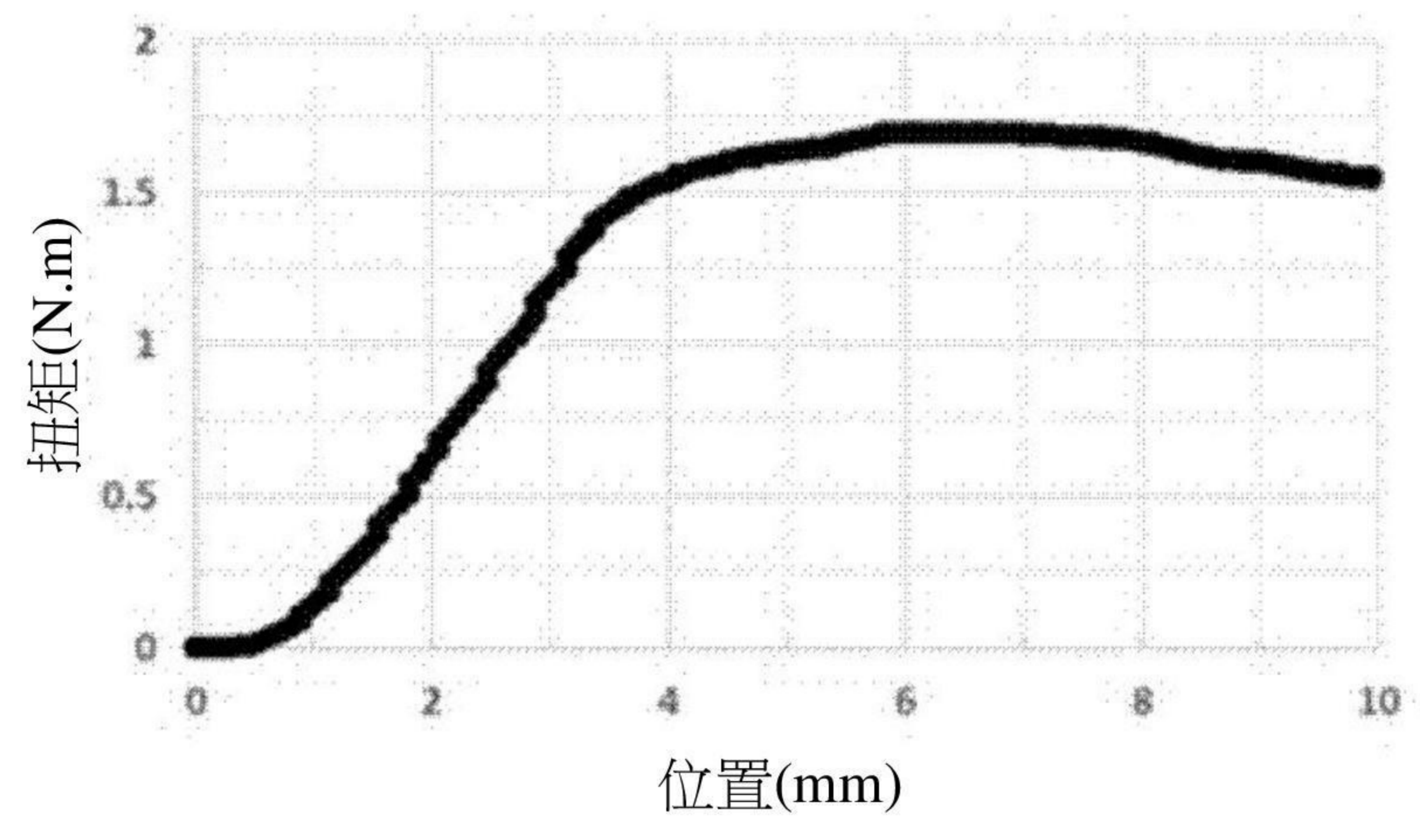
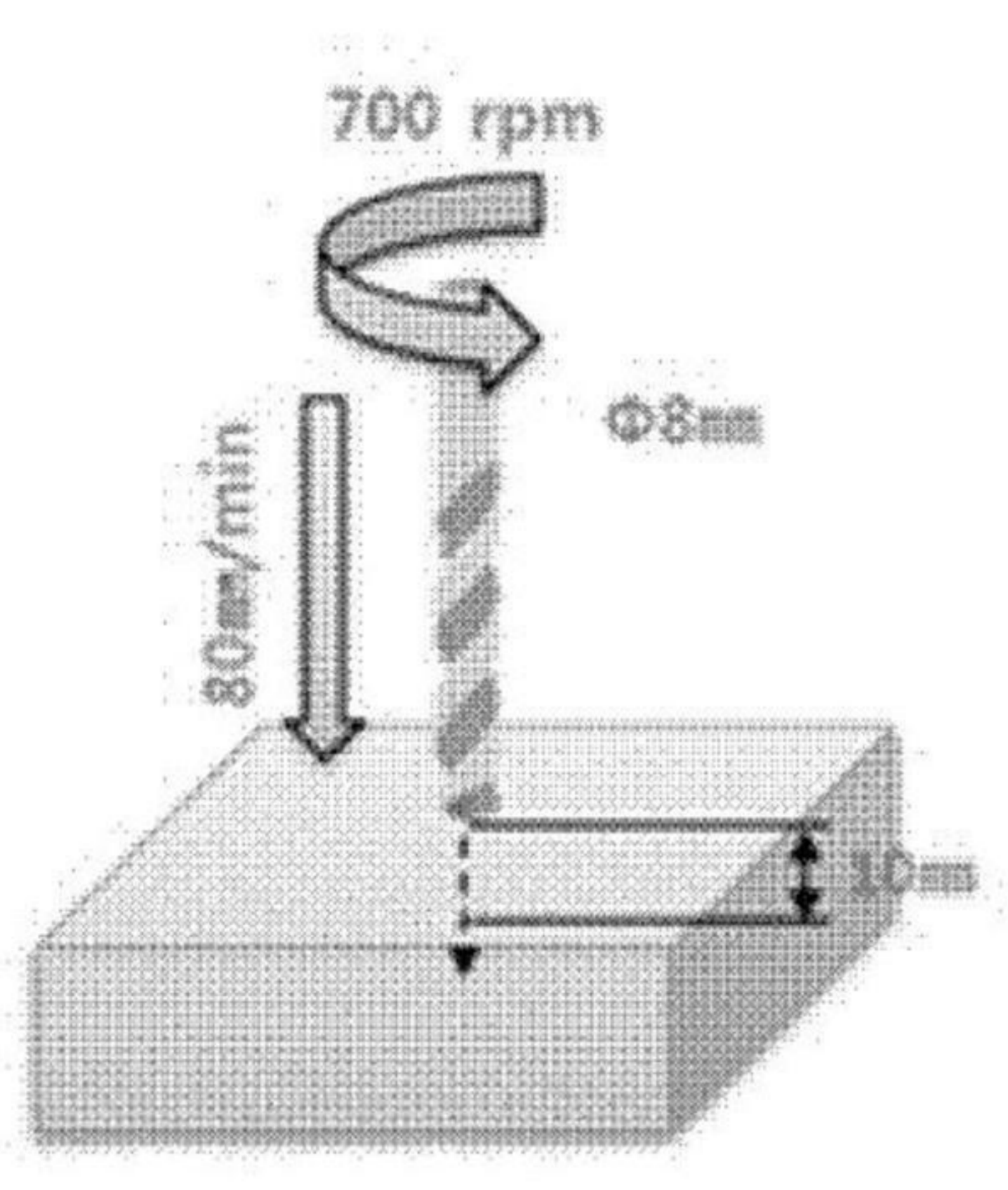
【第3項】如申請專利範圍第1項之易切削無鉛銅合金，還含有小於0.2 wt%的鋁（Al）。

【第4項】如申請專利範圍第1項之易切削無鉛銅合金，還含有小於0.1 wt%的鎳（Ni）或錳（Mn）。

【第5項】一種製造如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之易切削無鉛銅合金之方法，該方法包含：

在450°C至750°C的溫度下進行熱處理達30分鐘至4小時。

【發明圖式】



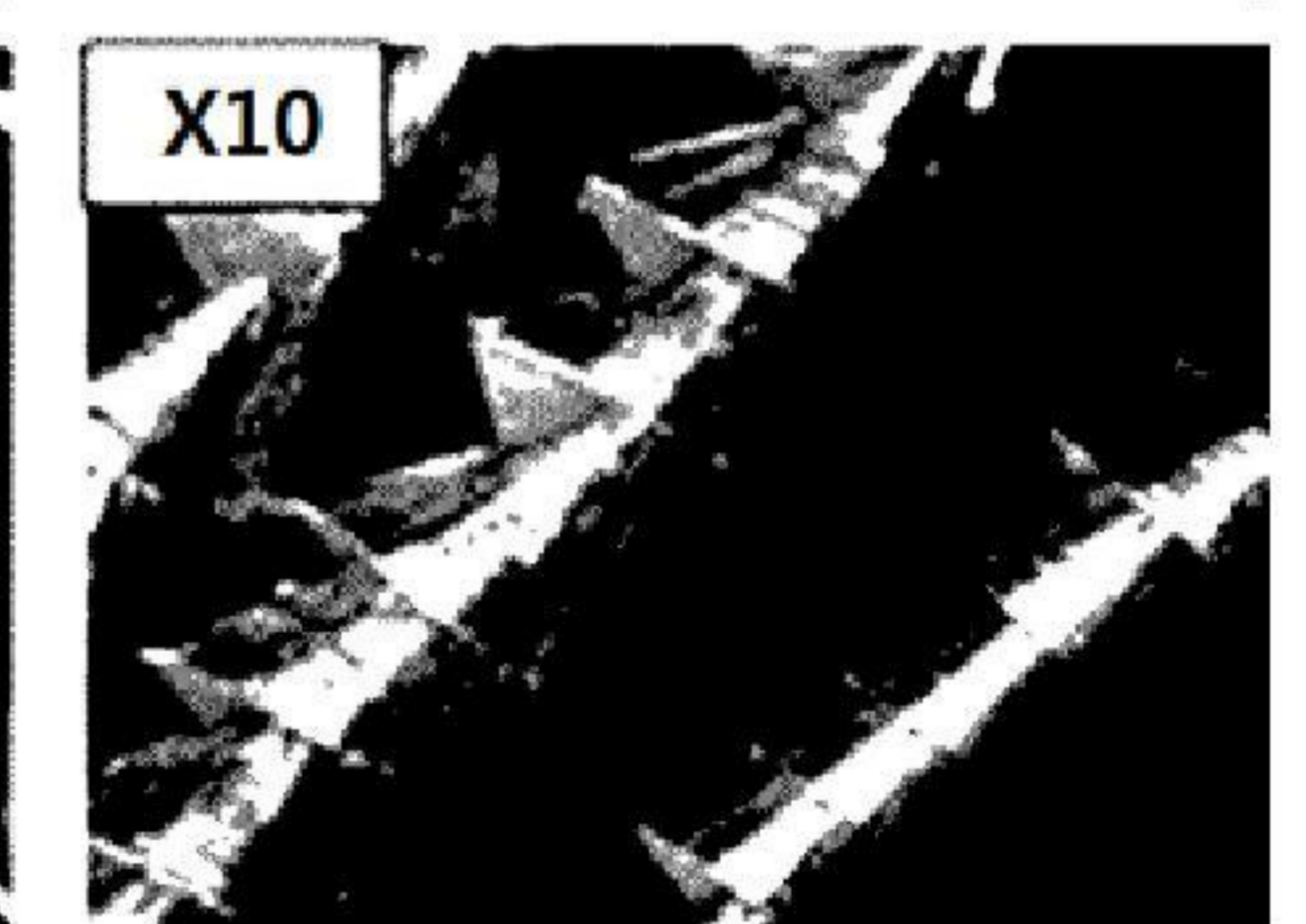
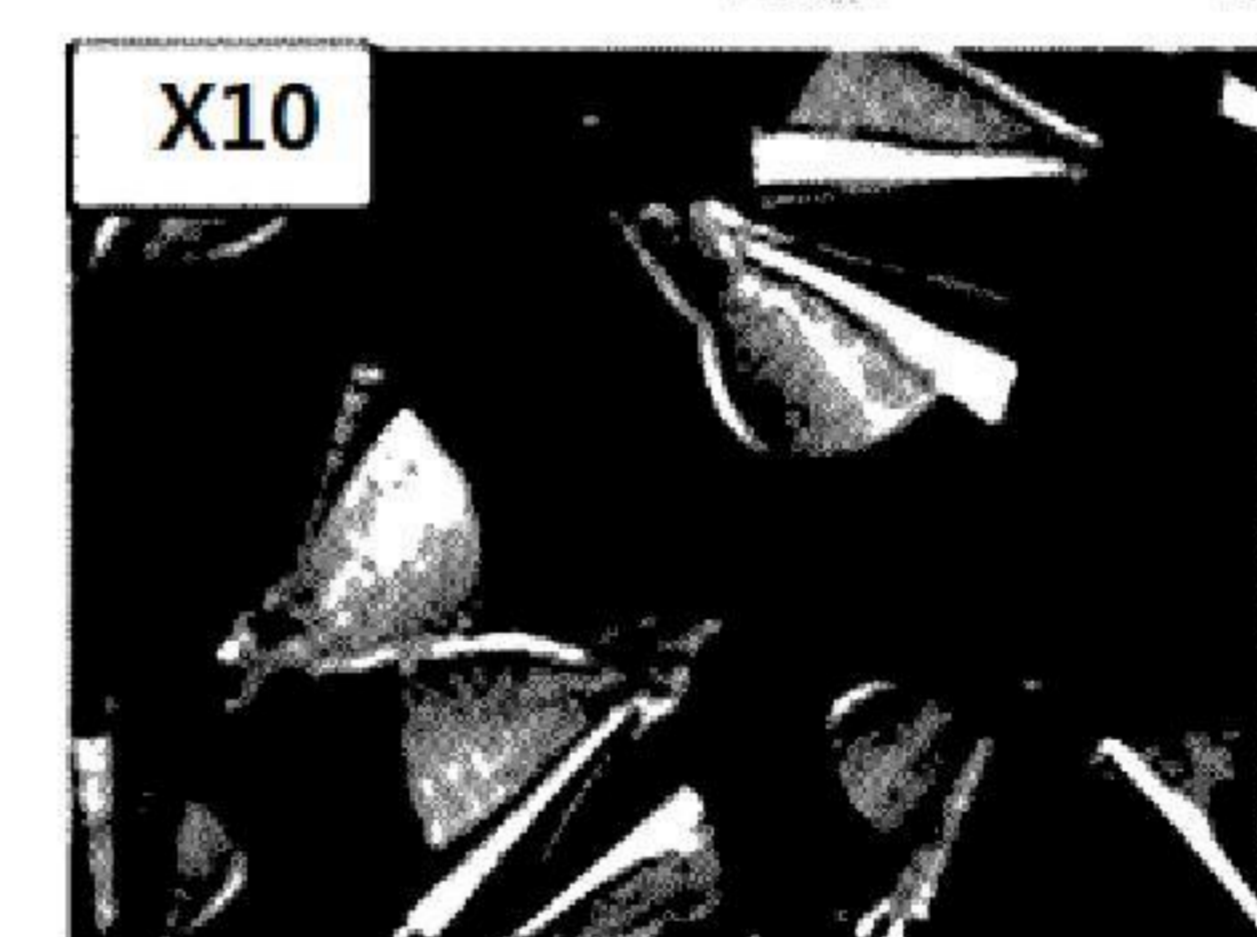
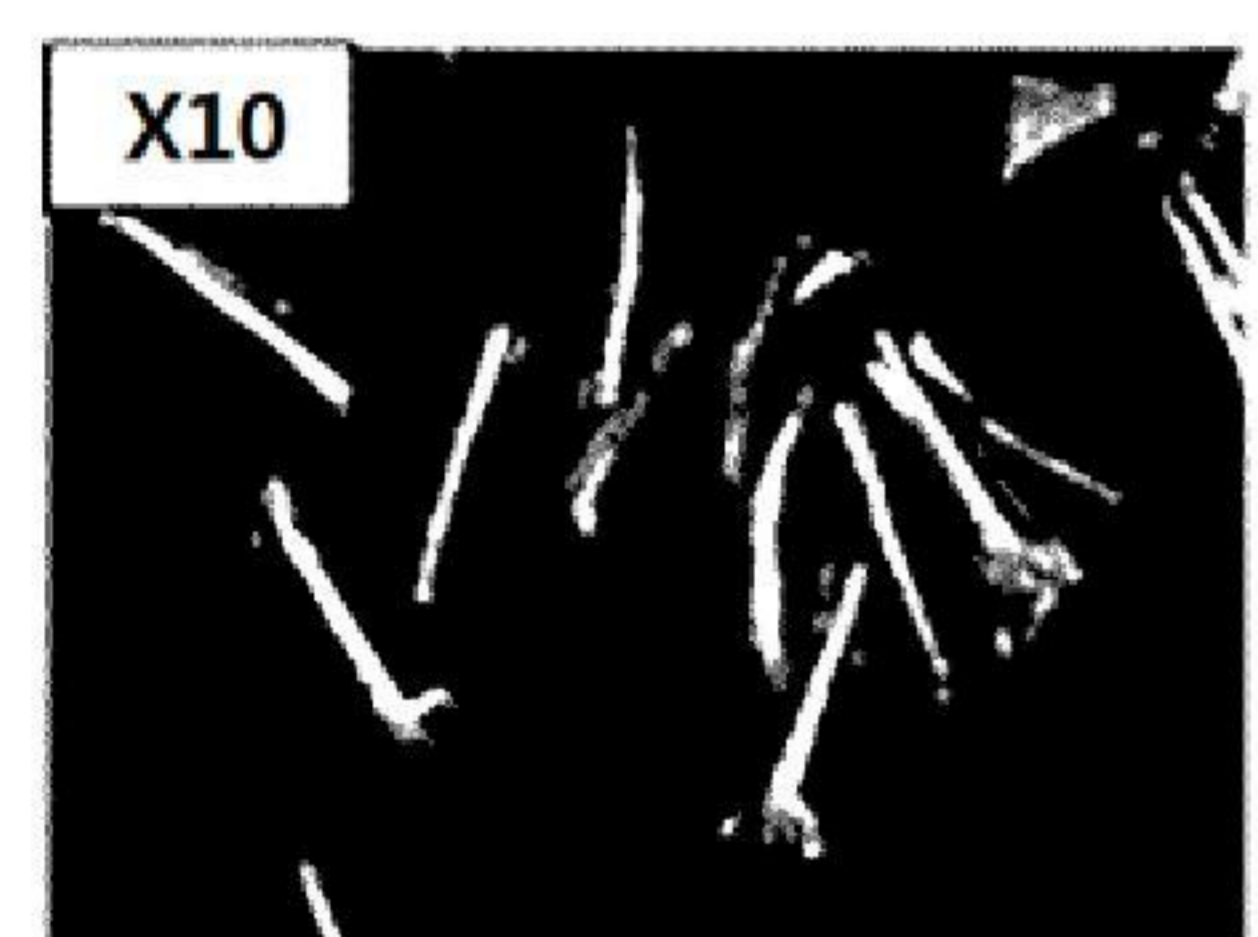
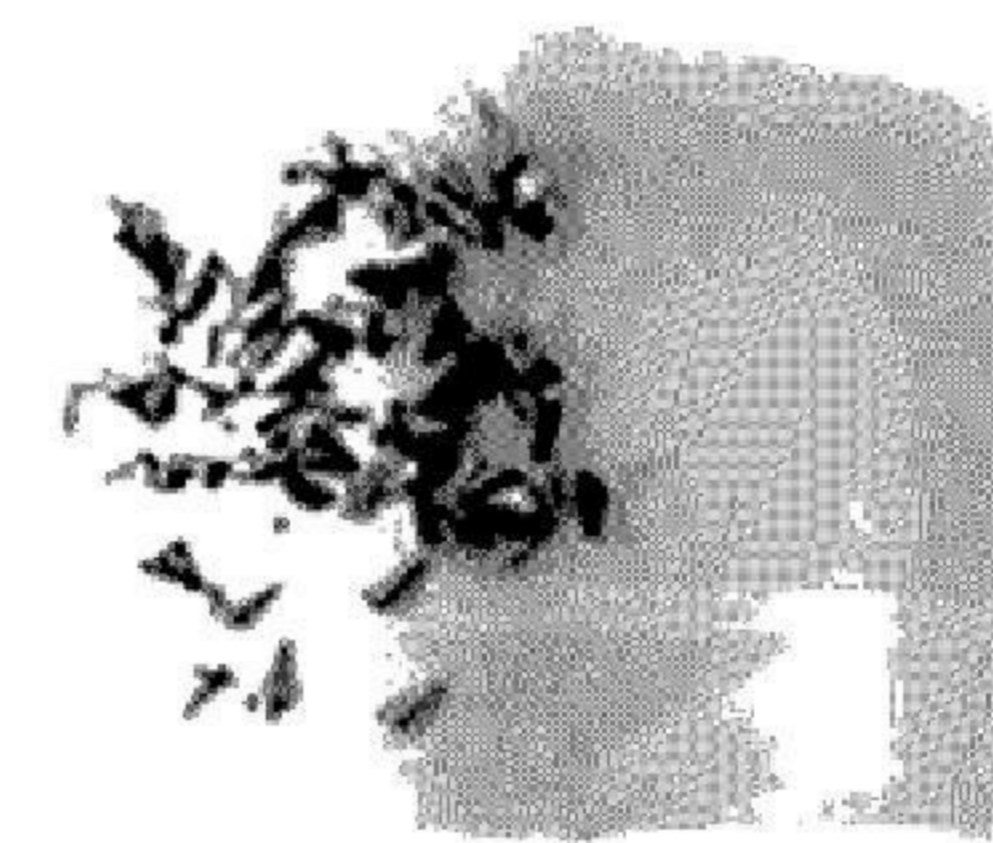
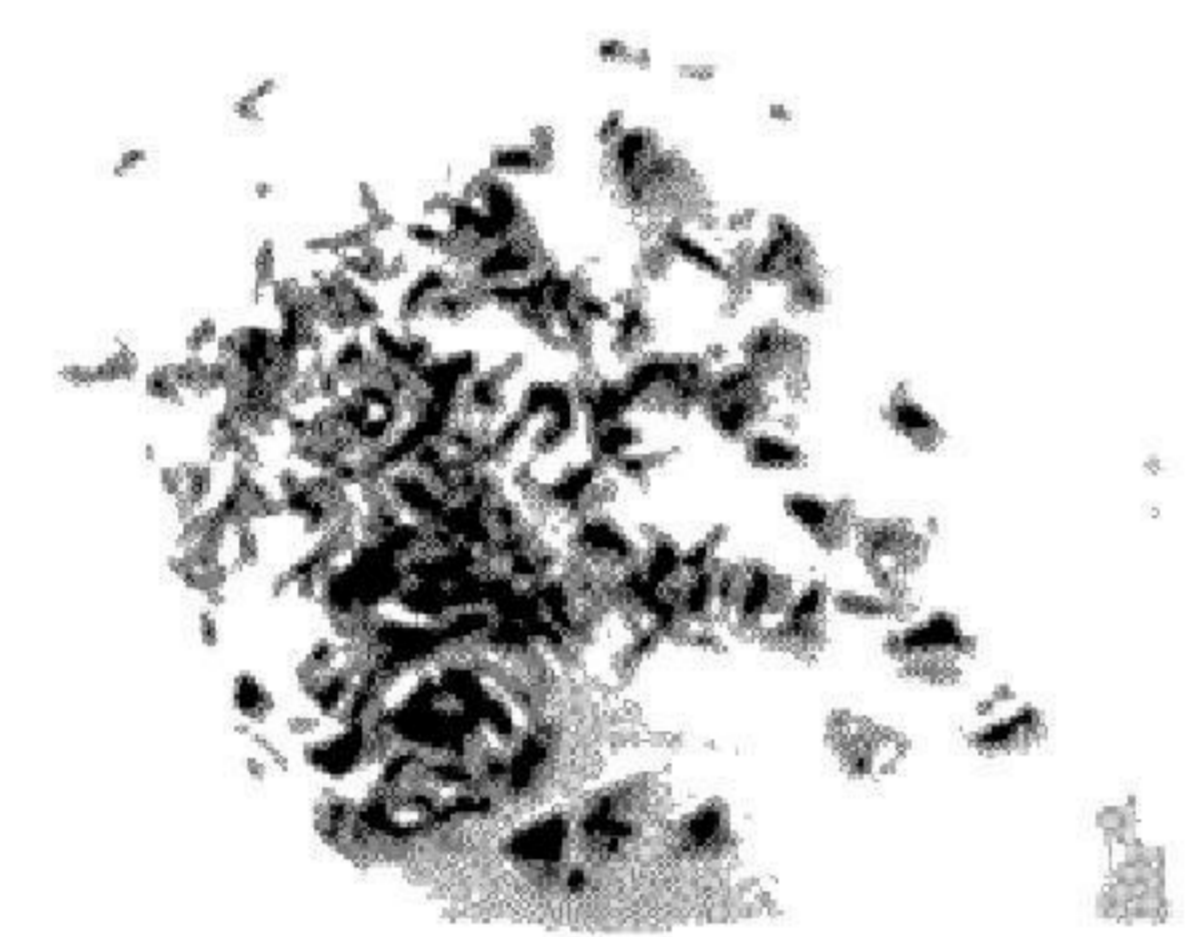
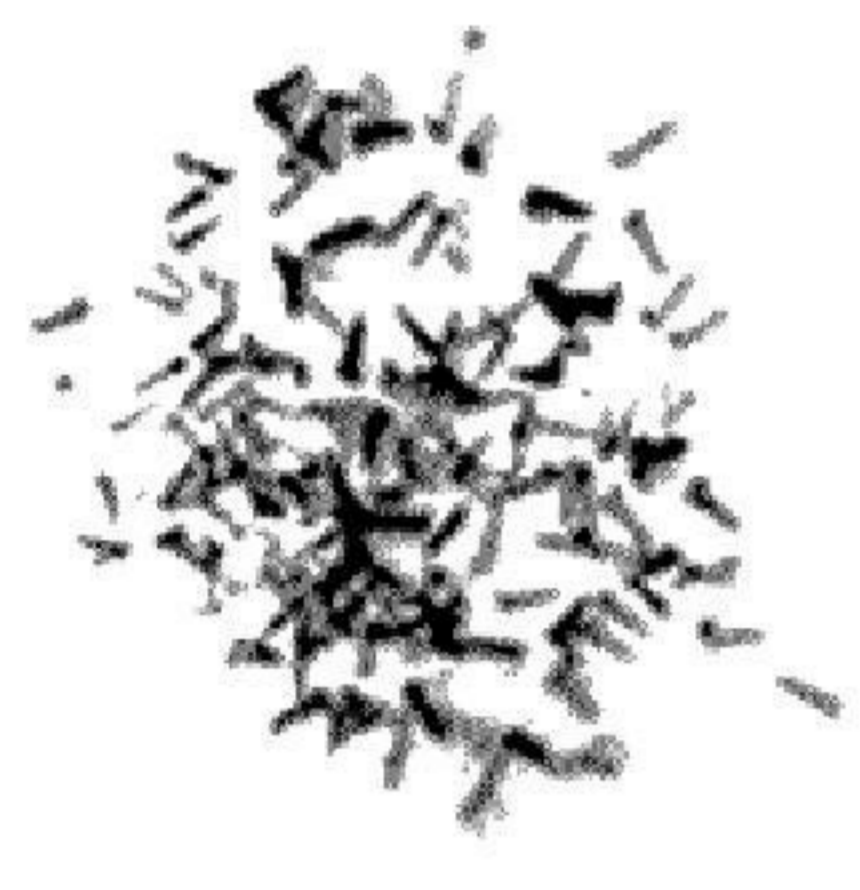
第一圖

非常好(◎)

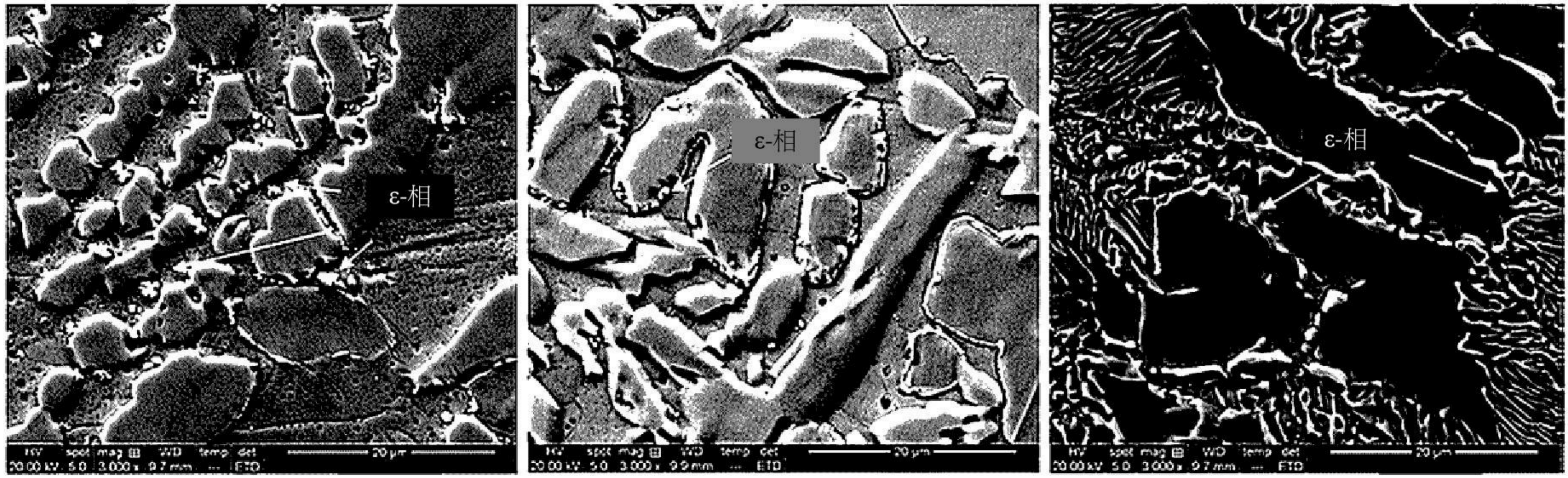
良好(○)

不良(△)

非常差(⊗)



第二圖

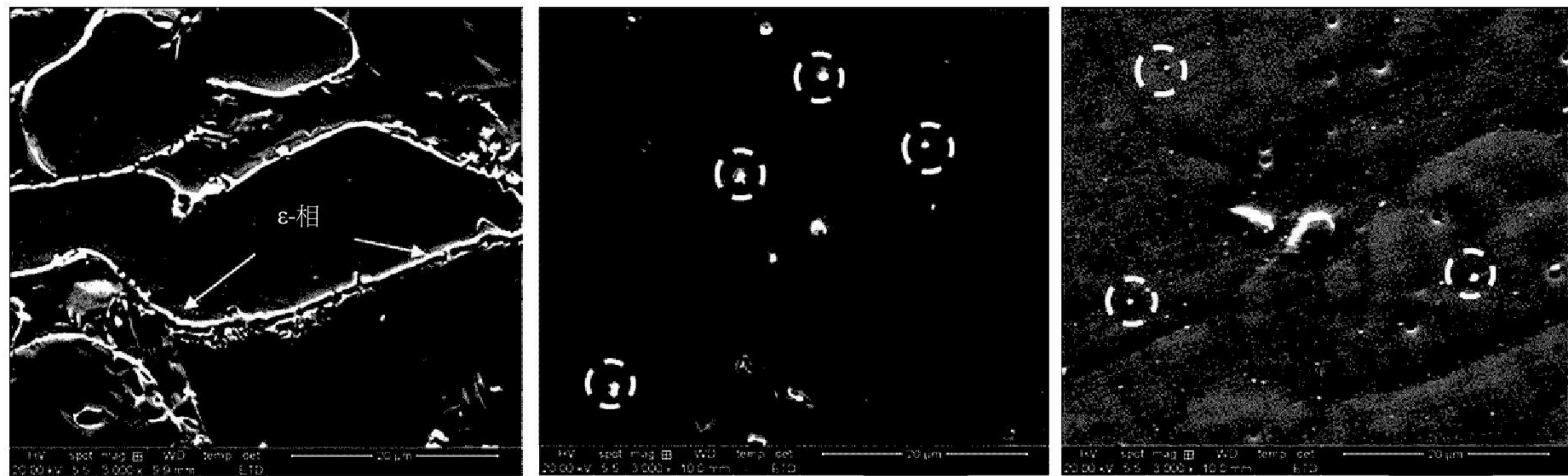


實施例 1

比較例 2

比較例 4

第三圖

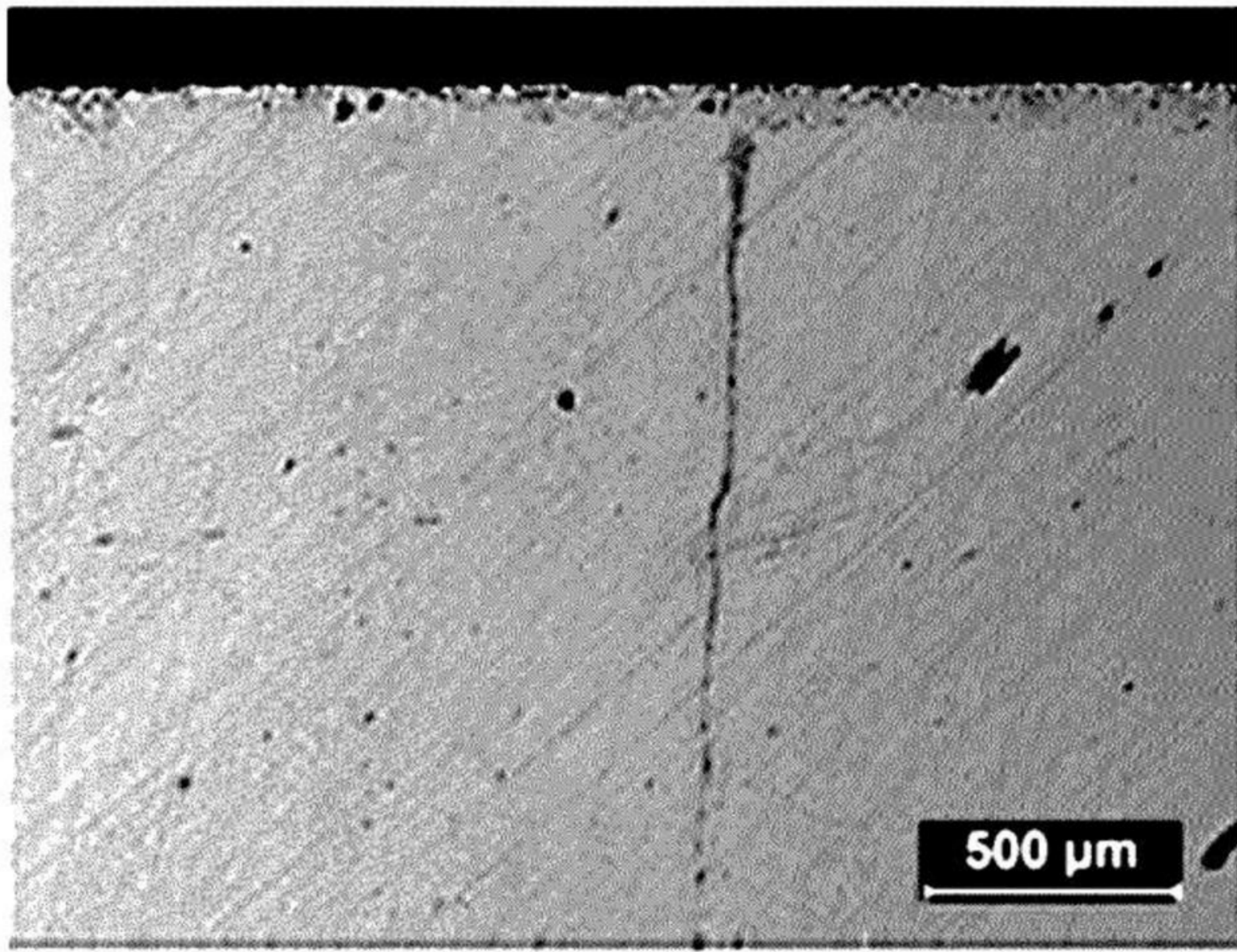


實施例 9

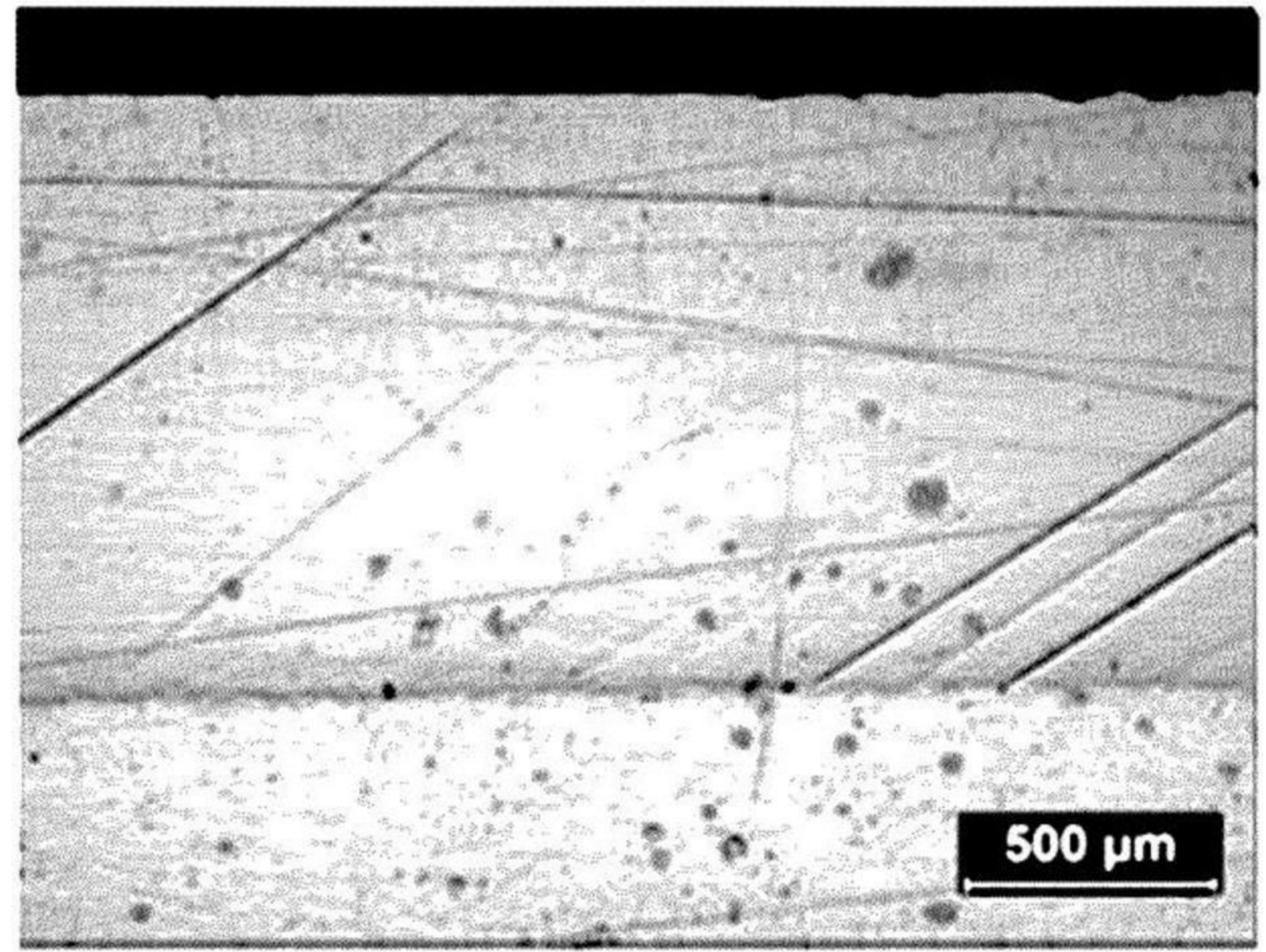
比較例 10

比較例 11

第四圖

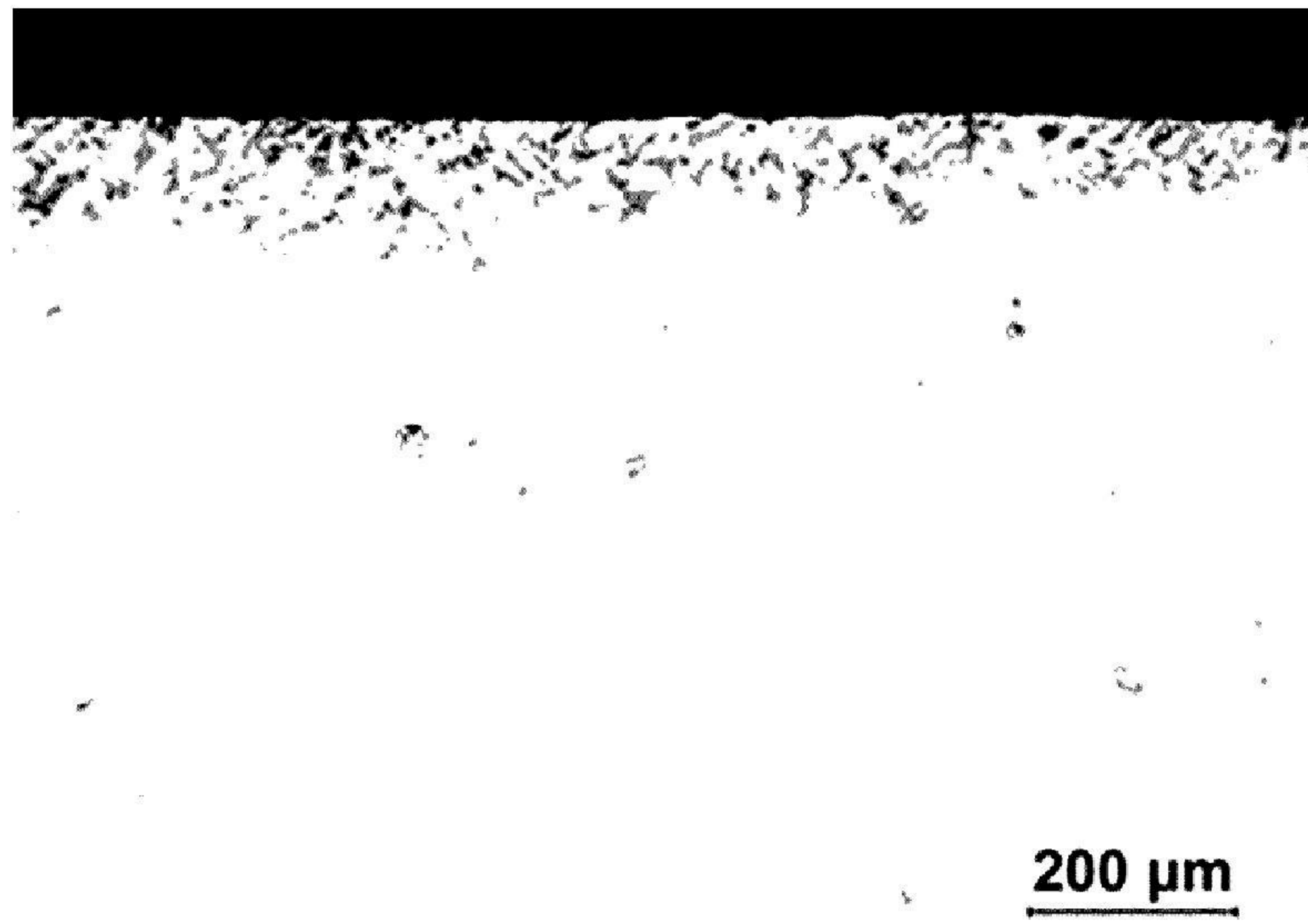


實施例 6



比較例 15

第五圖



實施例 13

第六圖