



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 3488.3-XXXX/ISO 4499-3:2016

代替GB/T 3488-1983

## 硬质合金 显微结构的金相测定

### 第3部分：Ti (C,N) 和 WC/立方结构碳化物类硬质合金的显微组织结构的金相测定

Hardmetals — Metallographic determination of microstructure — Part 3: Measurement of microstructural features in Ti (C, N) and WC/cubic carbide based hardmetals

(ISO 4499-3:2016, IDT)

(讨论稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本部分按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本部分代替GB/T 3488-1983《硬质合金 显微组织的金相测定》。

本部分与GB/T 3488-1983相比，主要变化如下：

——增加使用光学或电子显微镜来测定Ti(C,N)类硬质合金和包含其他立方相的WC/Co类硬质合金显微结构的金相测定方法；

——增加如何辨别和测量相关特征的描述；

——新增了使用截线法来测定晶粒的尺寸和分布的内容；

——将原标准中与ISO 4499-3:2008有差异的部分修改为一致。

GB/T 3488《硬质合金 显微组织的金相测定》分为四个部分：

——第1部分：金相照片和描述；

——第2部分：WC晶粒尺寸的测量；

——第3部分：Ti(C,N)和WC/立方结构碳化物类硬质合金的显微组织结构的金相测定；

——第4部分：孔隙度、渗碳相和 $\eta$ 相组成的描述。

本部分为GB/T 3488的第3部分。

本部分使用翻译法等同采用ISO 4499-3:2008《硬质合金 显微结构的金相测定 第3部分：Ti(N,C)、WC/立方碳化物类硬质合金显微结构的金相测定》。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

——用“本部分”代替“本国际标准”；

——用小数点“.”代替作为小数点的逗号“，”；

——删除国际标准的前言。

本部分由中国有色金属工业协会提出。

本部分由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本部分起草单位：厦门金鹭特种合金有限公司、

本部分主要起草人：

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 3488-1983。

## 硬质合金 显微结构的金相测定

### 第3部分：Ti (N, C)、WC/立方碳化物类硬质合金显微结构的金相测定

#### 1 范围

ISO 4499 的此部分规定了仅使用光学或电子显微镜来测定 Ti (C, N) 类硬质合金和包含其他立方相的 WC/Co 类硬质合金显微结构的金相测定方法。此方法主要用于烧结后的硬质合金（烧结碳化物硬质合金或金属陶瓷），此种合金的主要硬质相为无机碳化物和氮化物。此方法使用截线法来测定晶粒的尺寸和分布。

#### 2 规范性引用文件

本文件或部分或全部的引用了下列文件，这些文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅标注日期的版本适用于本文件；凡是没有标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 4499 - 1:2008 硬质合金 显微组织的金相测定 第1部分：金相照片和描述；

ISO 4499 - 2:2008 硬质合金 显微组织的金相测定 第2部分：WC 晶粒尺寸的测量。

#### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

##### 3.1 纳米晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸小于  $0.2\mu\text{m}$ 。

注释1：其尺寸参照 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

##### 3.2 超细晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸在  $0.2\mu\text{m}$  至  $0.5\mu\text{m}$ 。

注释1：其尺寸参照 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

##### 3.3 亚细晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸在  $0.5\mu\text{m}$  至  $0.8\mu\text{m}$ 。

注释1：其尺寸参照 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

##### 3.4 细晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸在  $0.8\mu\text{m}$  至  $1.3\mu\text{m}$ 。

注释1：其尺寸参照为 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

##### 3.5 中晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸在  $1.3\mu\text{m}$  至  $2.5\mu\text{m}$ 。

注释1：其尺寸参照 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

##### 3.6 粗晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸在 2.5 $\mu\text{m}$  至 6.0 $\mu\text{m}$ 。

注释 1：其尺寸参照 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

3.7 超粗晶粒

单个碳氮化物相和立方碳化物相尺寸大于 6.0 $\mu\text{m}$ 。

注释 1：其尺寸参照 ISO 4499-2 中描述的截线法测量。

3.8 Ti (C, N) 类金属陶瓷

Ti (C, N) 类金属陶瓷包含 3-30% 的粘结相金属，主要为 Co 和/或 Ni，有时会含有 Mo。

注释 1：过渡相包含一个硬质相和少部分杂质。

注释 2：硬质相主要为碳化钛，氮化钛和/或碳氮化钛，也有可能包含 (Ti, Ta)，(Ti, W)，或 (Ti, Ta, W) 的碳氮化物。

注释 3：这类材质中含有外层包覆内核形式的晶粒的硬质相。

3.9 WC/立方碳化物硬质合金

六方 WC 硬质合金含有一定量的六方晶格形式的碳化物，如 TiC 或 TaC，此碳化钨可以以固溶体的形式包含 W。

注释 1：这些材料带含有外层包覆内核形式的晶粒的硬质相。

注释 2：见表 1。

3.10 相域

硬质合金中的各组成部分：WC、立方碳化物、黏结金属。

4 符号和单位

|             |                                         |
|-------------|-----------------------------------------|
| A           | 面积，平方毫米 ( $\text{mm}^2$ )               |
| ECD         | 被测相的圆当量直径，微米 ( $\mu\text{m}$ )          |
| L           | 被测相的截线总长，毫米 (mm)                        |
| li          | 被测相中单次用截线法测量的长度，单位微米 ( $\mu\text{m}$ )  |
| $\Sigma li$ | 每次用截线法测量的长度的总和                          |
| LX          | 多次截线法测量的长度的算术平均值，单位微米 ( $\mu\text{m}$ ) |
| N           | 直线横穿待测相晶界的数量                            |
| n           | 被截取的 WC、碳氮化物、或立方碳化物晶粒的数量                |
| m           | 放大倍率                                    |
| mma         | 最大放大倍率                                  |
| mmin        | 最小放大倍率                                  |

5 原理

ISO 4499 此部分所表述的晶粒尺寸的常规做法是测量硬质合金中硬质相和粘结相的平均值，而不是直接测量 WC 相或 Co 相晶粒的尺寸。本标准推荐使用截线法获得晶粒尺寸的数据。该方法很好的应用于 ISO 4499-1 中所述制备试样的显微结构测量。

金相测量准备方法和金相腐蚀方法对晶粒尺寸测量同等重要(见参考文件[1] ASTM B 657 和[2]ASTM B 665)。基本方法见 ISO4499-1。更进一步的信息见条目 8。通常考虑的主要硬质合金的类型有两类：

含有立方碳化物/WC 的硬质合金和 TiC 或 T(C,N) 类金属陶瓷。立方碳化物相含有立方晶格的碳化物, 如 TiC、TaC, 此类相在烧结后会以固溶体的形式包含 W。这些材质含有外层包覆内核形式的晶粒的硬质相。测定内部结构信息的指导方法参照 ISO 4499-2:2008, 附件 A。

最直接测量晶粒尺寸的方法是将待测显微结构截面磨光并用腐蚀液腐蚀, 然后用面积计算法或截线法等金相方法来测量晶粒尺寸的平均值。

以下是各种晶粒的尺寸平均值的 3 种定义方式:

- 长度 (穿过晶粒 2 维截面的截线长度);
- 面积 (待测晶粒区域的 2 维截面的面积);
- 体积 (单个晶粒的体积)。

测量参数 (长度、面积、体积) 的总和除以参数的个数得到对应参数的平均值。

晶粒尺寸通常用长度来计算。可以通过以下几种途径来计算得出:

- 通过平行线或圆来测量, 详细方法参照 ASTM E112;
- 通过测量横穿待测结构的截线段长度来计算, 此法为截线法, 也叫 Heyn 法。
- 通过圆当量直径计算, 先测量硬质相晶粒的面积, 然后计算与其具有相等面积的圆的直径, 详细方法参照 ISO 4499-2。

## 6 仪器设备

6.1 金相光学显微镜, 或者其他有足够放大倍率能够观察和测量的仪器。

6.2 扫描电子显微镜 (SEM), 此仪器必须能够观察和测量因尺寸太小而光显微镜不能测量的特征相。

6.3 试样制备的设备

通过显微结构照片来测量晶粒尺寸。为使试样截面制备达到最优, 可以参考 ISO4499-1, ASTM B657 和 ASTM B665 中的方法。

通常使用光学显微镜或者扫描电子显微镜 (SEM) 来拍摄显微结构照片。如若精确测量, 最好选用扫描电子显微镜。即使在粗颗粒材质的试样中, 在截面照片上, 截线会穿过晶粒的边角处从而产生很短的截线段, 这些截线段只能用 SEM 精确测量。

在获取的照片中, 截线段长度的测量可以通过手动或半自动图像分析来实现。自动图像分析技术可以在低分辨率图像且差异性明显的环境下使用。但是对于许多材料, 尤其是对于非常细的颗粒, 效果好的照片很难获得, 其结果也不符合自动分析结果。

对于超细晶粒和纳米晶粒来说, 以往使用钨丝做电子源的扫描电子显微镜很拍摄出效果好的照片。要测定这些材料, 需使用场发射扫描电子显微镜。使用这种系统可以拍摄出更高分辨率的照片。在这些照片中可以测量平均粒径为  $0.1\ \mu\text{m}$  到  $0.2\ \mu\text{m}$  的晶粒。如果材料中晶粒的尺寸更小, 则需要使用透射电子显微镜 (TEM)。同时, 此种材质试样的取样和制样要求却相当严格。对于这些材料, 制备试样时小心谨慎对于获得质量好的图像是至关重要的, 通常腐蚀方法的组合使用会比较有效 (详细参考 ISO4499-1)。

## 7 校准

为了使定量测量结果可靠, 图像应校准到测微计的精度度, 或者达到国家标准里规定的要求。

在从光学显微镜得到的图像中, 图像的显微镜计数线标尺也应该使用相同的物镜 (且相同的内部倍率改变器和镜头变焦预位置) 和照明装置。显微镜需使用柯勒照明以获得分辨率最好的图像 (参考 6)。

在从扫描电子显微镜得到的图像中, 其显微镜计数线应在与测量硬质合金的相同条件下获得 (加速电压 Kv, 焦距, 照明光圈)。

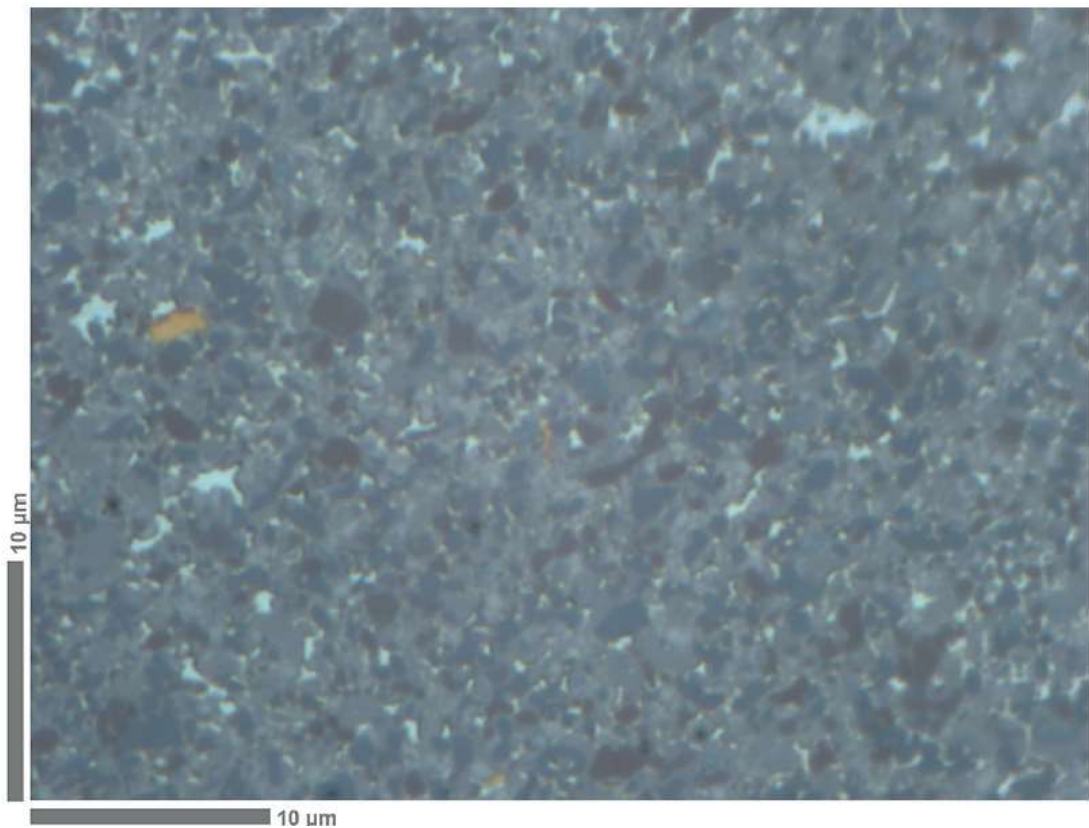
## 8 试样的制备

8.1 金相试样的制备

ISO4499-1:2008, 6.1 详细说明了制备符合要求的硬质材料金相截面的基本步骤：切割、镶样、粗磨、精磨、抛光和清洗，其中抛光需要用 40nm 的硅胶悬浊液在无毛的丝绸布上进行。8.2 和 8.3 分别描述了适合金属陶瓷和硬质合金的金相腐蚀方法。

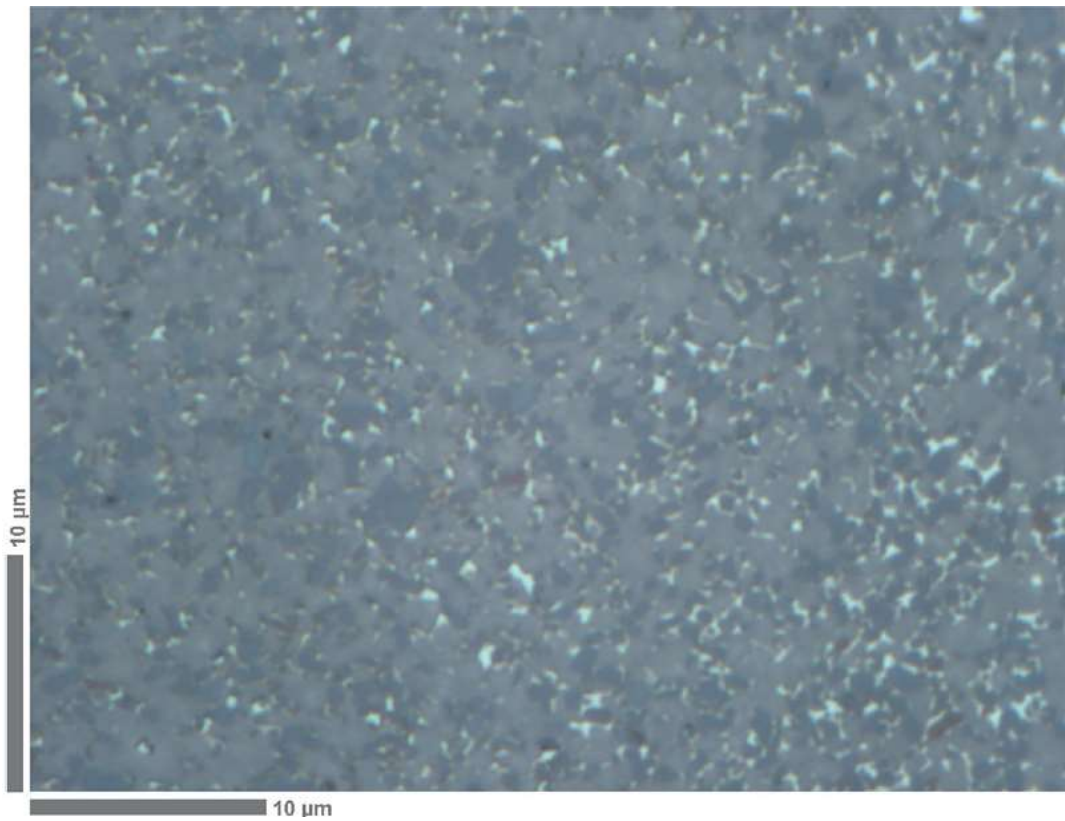
8.2 Ti (C,N) 类硬质合金，金属陶瓷

式样的制备需按照 ISO 4499-1:2008, 6.2.1 中介绍的金相腐蚀方法 1 进行。其中混合剂 A 的腐蚀条件变为 20℃ 腐蚀 30-60 秒。图 1 至图 5 展示了典型金属陶瓷具有代表性显微结构，包括光学照片和电镜照片。电镜照片显示许多硬质相晶粒具有外层包覆内核的结构，其中深色的内核是来自于原料粉末混合时未固溶的 Ti (C,N)，灰色块状物是 (Ti, W, X) (C,N)，其方向与内核在高温液相烧结时成长的方向相同。



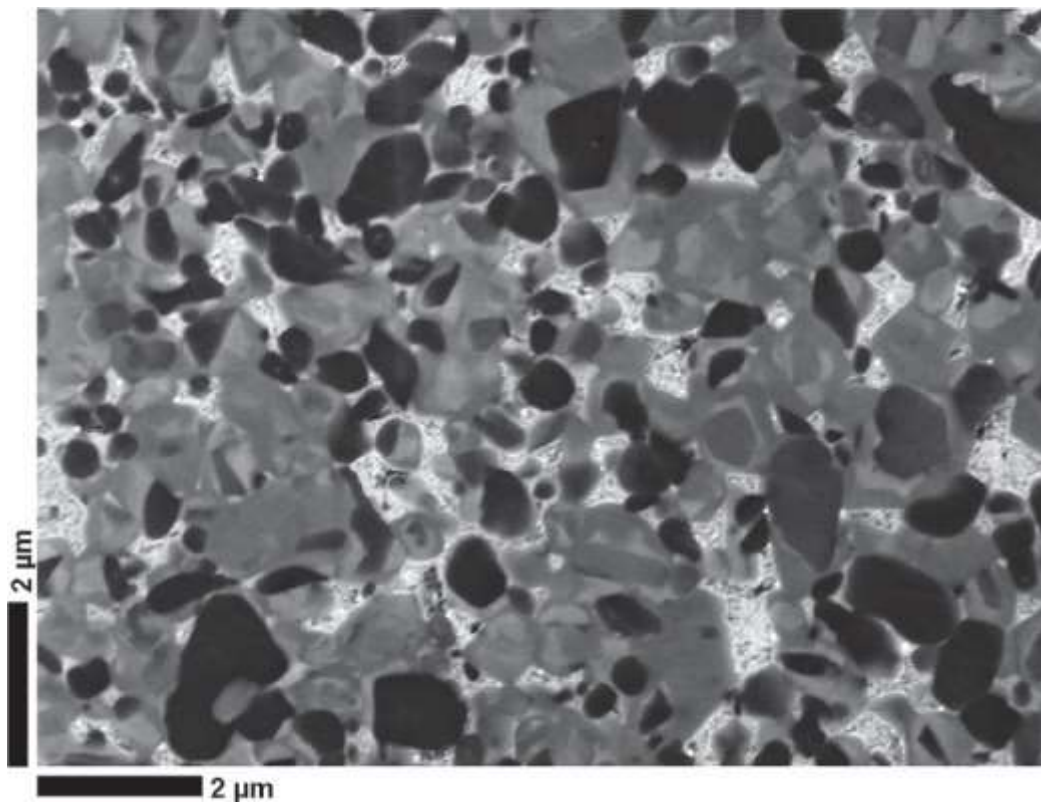
注释：在光学显微镜下，显现的主要相有粘结相（浅蓝色），原粉末剩余的未固熔的 Ti (C,N)（深蓝灰色），(Ti, W, X) (C,N) 相（灰色）和 TiN 杂质相（金色）。

图 1 低含量粘结剂（6%）金属陶瓷，光学，油浸物镜，放大倍数×1600



注释：在光学显微镜下，显现的主要相有粘结相（浅蓝色），原粉末剩余的未固熔的 Ti (C,N)（深蓝灰色）和(Ti, W, X) (C, N) 相（灰色）。

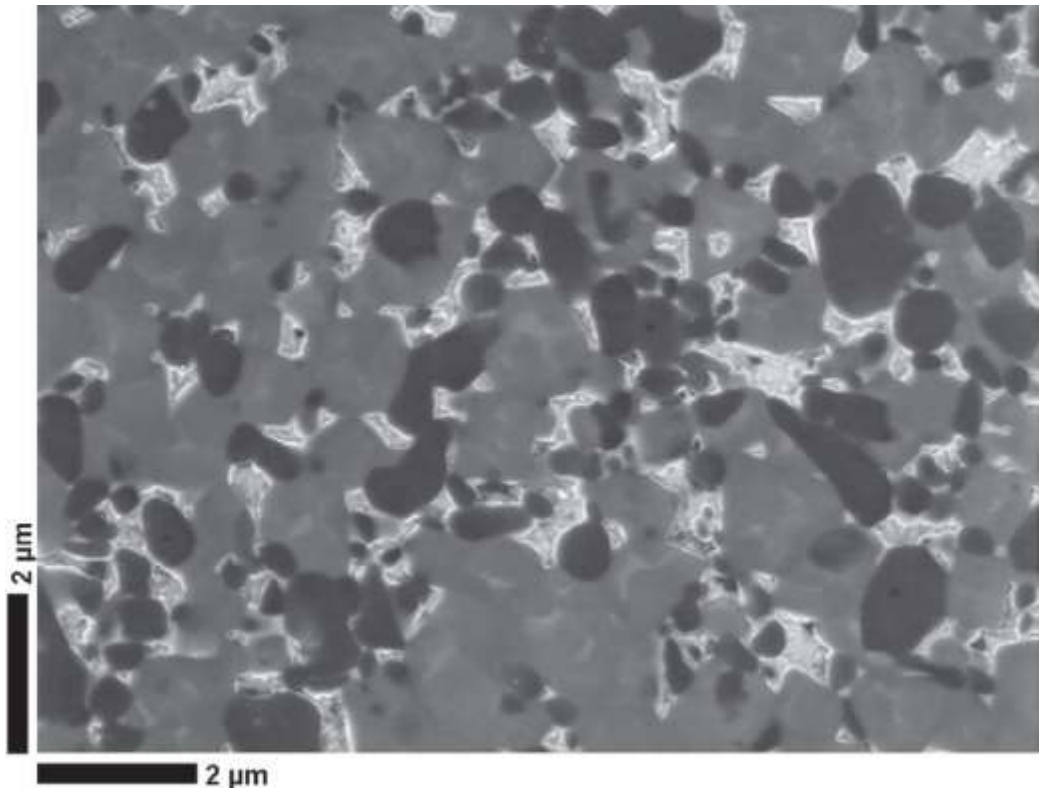
图2 中等含量粘结剂（11%）金属陶瓷，光学，油浸物镜，放大倍数×1600





注释：在扫描电子显微镜下，显现的主要相有粘结相（亮色），原粉末剩余的未固熔的 Ti（C,N）（深灰色）和组成不固定的 (Ti, W, X)（C,N）相（浅灰色）。

图 3 低含量粘结剂（6%）金属陶瓷，SEM，二次成像，放大倍数×30000



注释：在扫描电子显微镜下，显现的主要相有粘结相（亮色），原粉末剩余的未固熔的 Ti（C,N）（深灰色）和组成不固定的 (Ti, W, X)（C,N）相（浅灰色）。

图 4 中等含量粘结剂（11%）金属陶瓷，SEM，二次成像，放大倍数×30000

8.3 WC/立方碳化物类硬质合金

在 ISO 4499 前一版本中关于硬质合金显微结构的标准是用 3 个 WC/立方碳化物混合物的照片来描述的，其中硬质相用希腊字母  $\gamma$  表示。在此国际标准的更新版本中， $\gamma$  仍保留，但是对截线法测量尺寸的方法的描述更加合理。ISO 4499-1:2008, 6.2.1, i. e. 中描述了用金相腐蚀制备样品的方法：用 Murakami 试剂（混合剂 A）腐蚀 3min，接着用浓盐酸腐蚀 10s，然后用先水后酒精清洗样品，最后用混合剂 A 腐蚀 20s。

表 1 列举了 4 个等级的 WC/立方碳化物硬质合金的组成成分，并且附有对应照片。

表 1 WC/立方碳化物硬质合金的组成成分

|      | Co%  | Ta% | Ti% | Ni% |
|------|------|-----|-----|-----|
| 材质 1 | 5.7  | 1.9 | 微量  | 微量  |
| 材质 2 | 6.3  | 3.5 | 2.0 | 0.5 |
| 材质 3 | 11.5 | 1.9 | 微量  | 0.4 |
| 材质 4 | 9.5  | 5.5 | 2.0 | 2.5 |

图 5 至图 12 为具有代表性的光学照片；

图 13 至图 20 为具有代表性的 SEM 照片。



光学照片的拍摄条件为：使用 $\times 100$ 的油浸物镜，物镜的镜口率为1.3，放大倍率为 $\times 1000$ 和 $\times 1600$ 。在光学显微镜照片中，显现的相主要有粘结相（白色），碳化钨相（蓝/灰色）和立方碳化物相（浅橙色）。

SEM照片的拍摄条件都保持一致：加速电压9kV，焦距15mm，二次电子模式，在SEM照片中，显现的相主要有粘结相（黑色），碳化钨相（浅灰色）和立方碳化物相（较深灰色）。

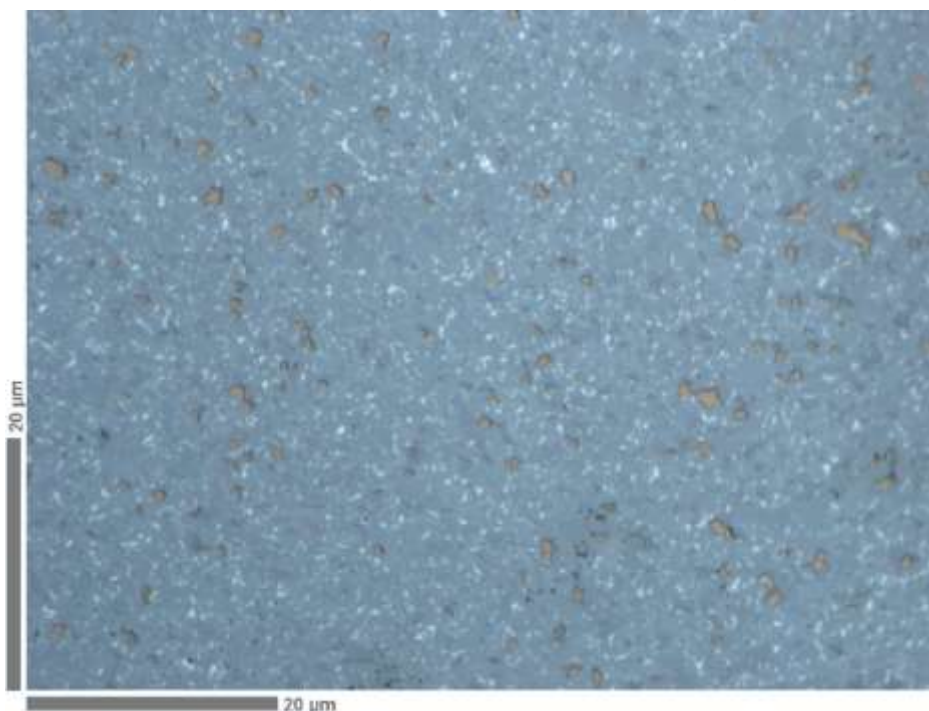


图5 材质1，光学，放大倍率 $\times 1000$

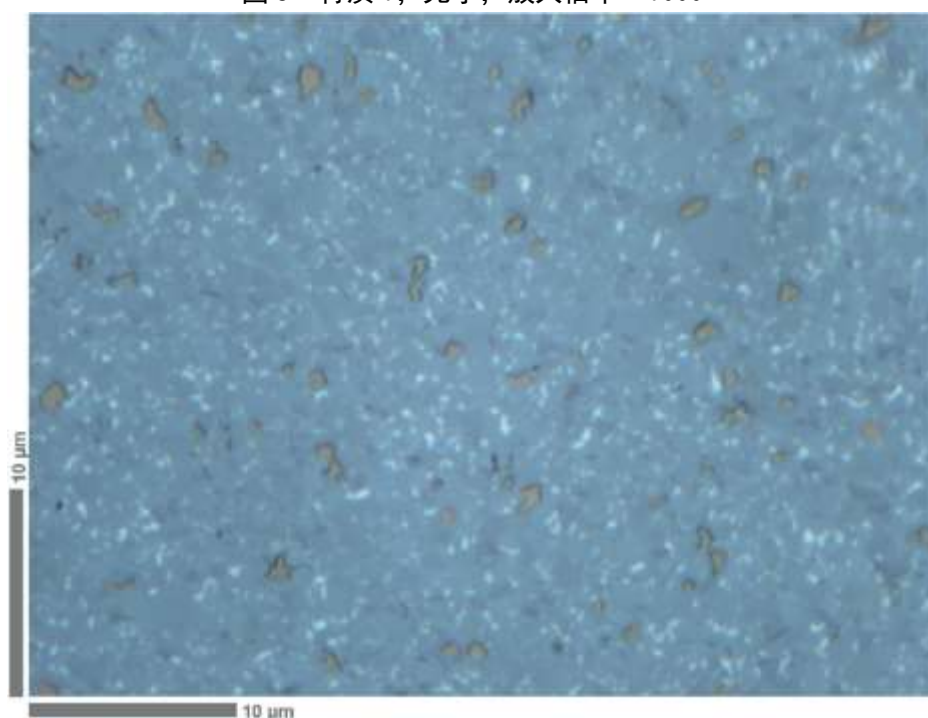


图6 材质1，光学，放大倍率 $\times 1600$

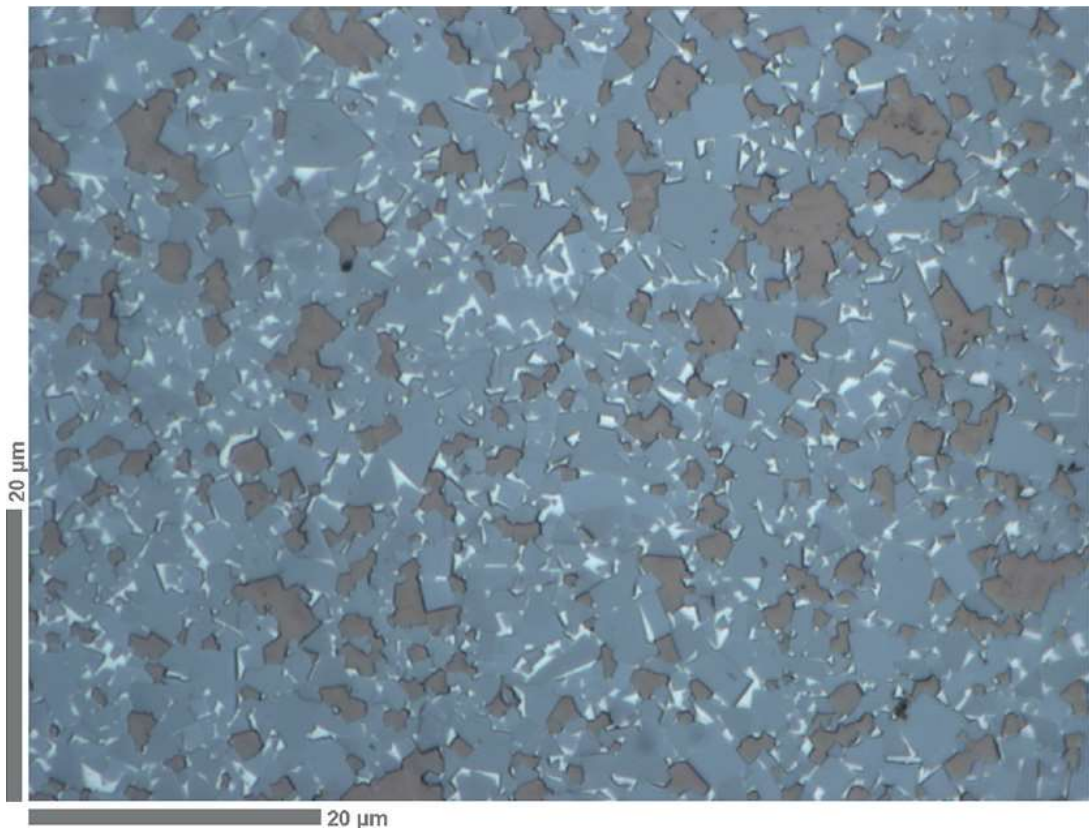


图 7 材质 2, 光学, 放大倍率 $\times 1000$

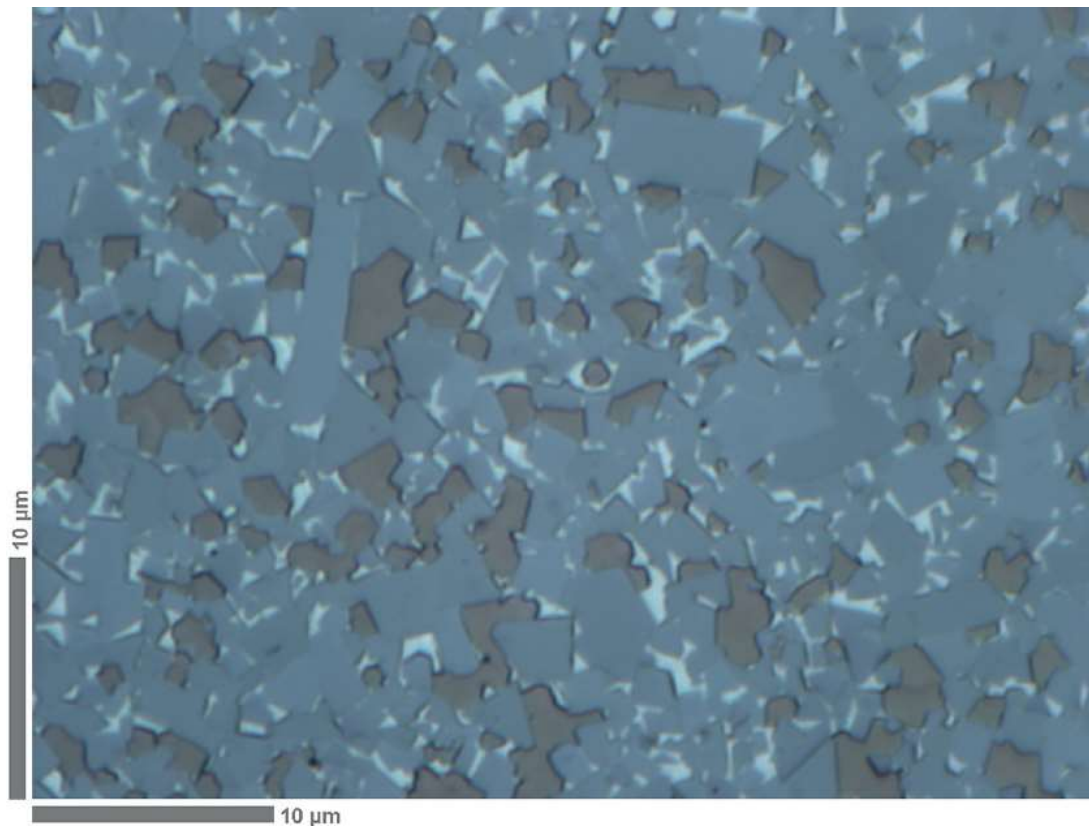


图 8 材质 1, 光学, 放大倍率 $\times 1600$



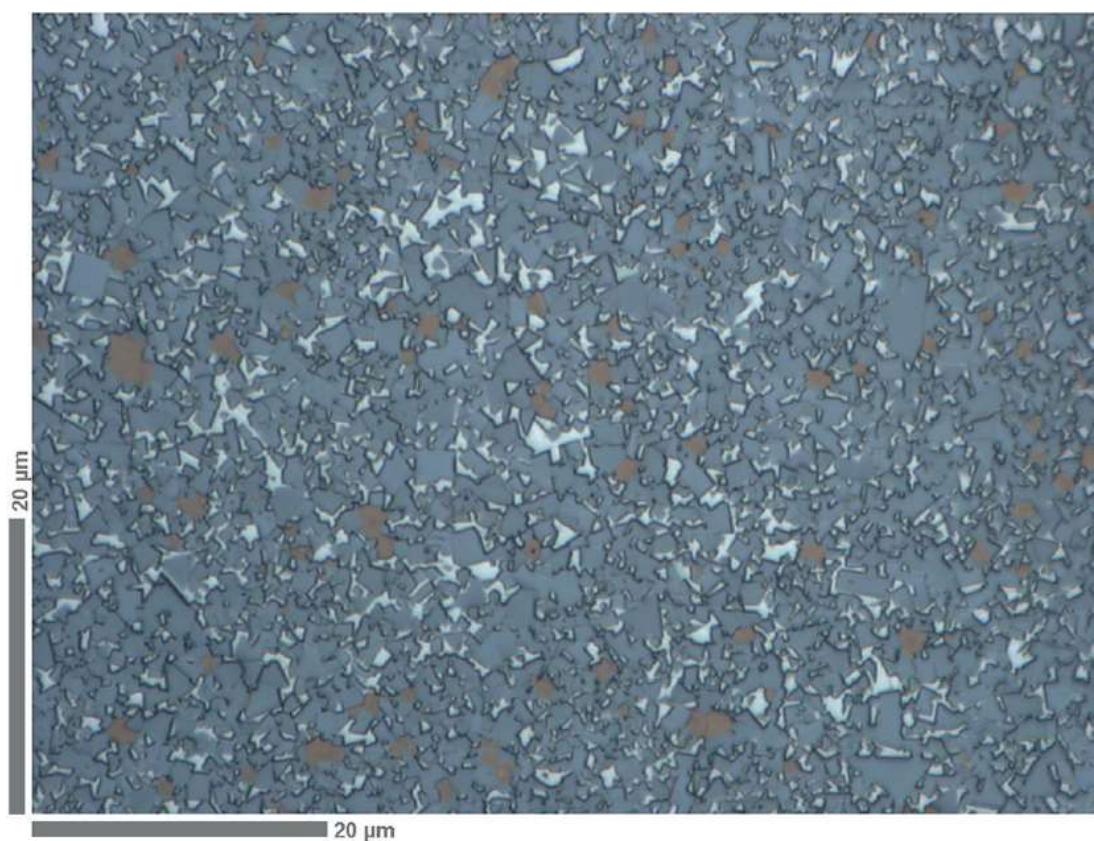


图9 材质3, 光学, 放大倍率 $\times 1000$

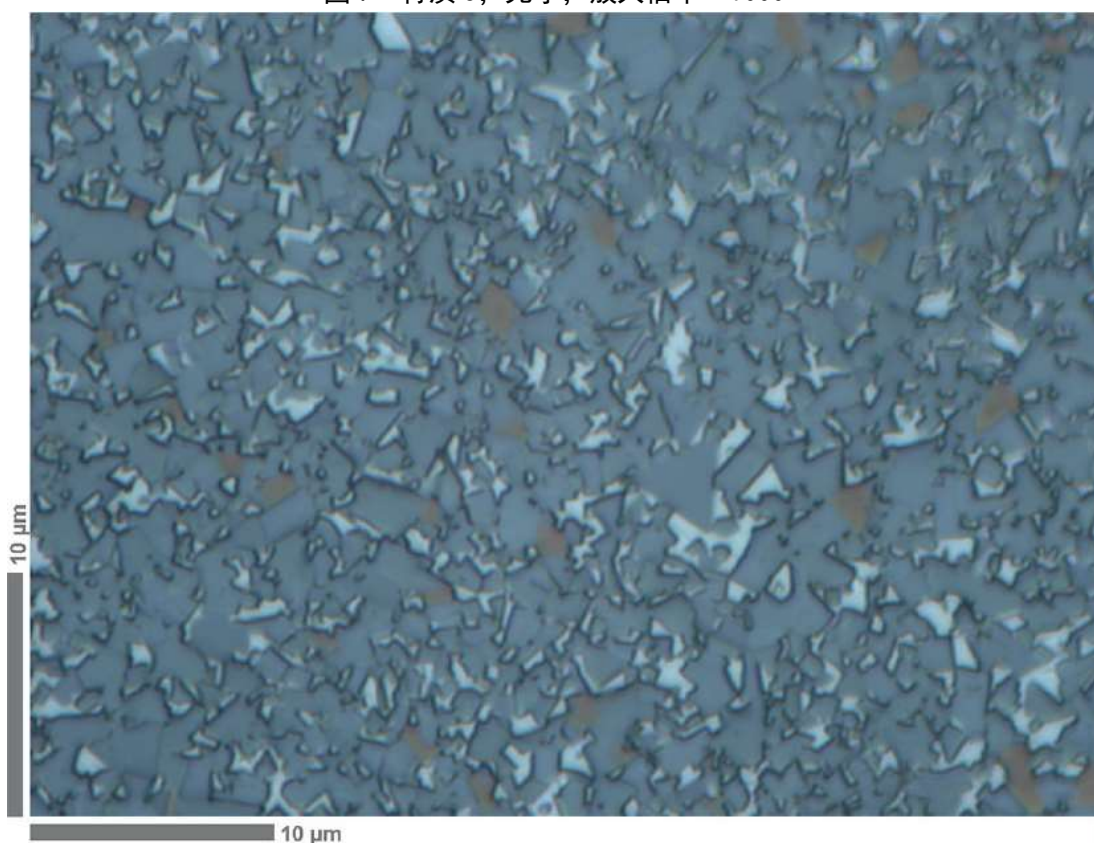


图10 材质3, 光学, 放大倍率 $\times 1600$



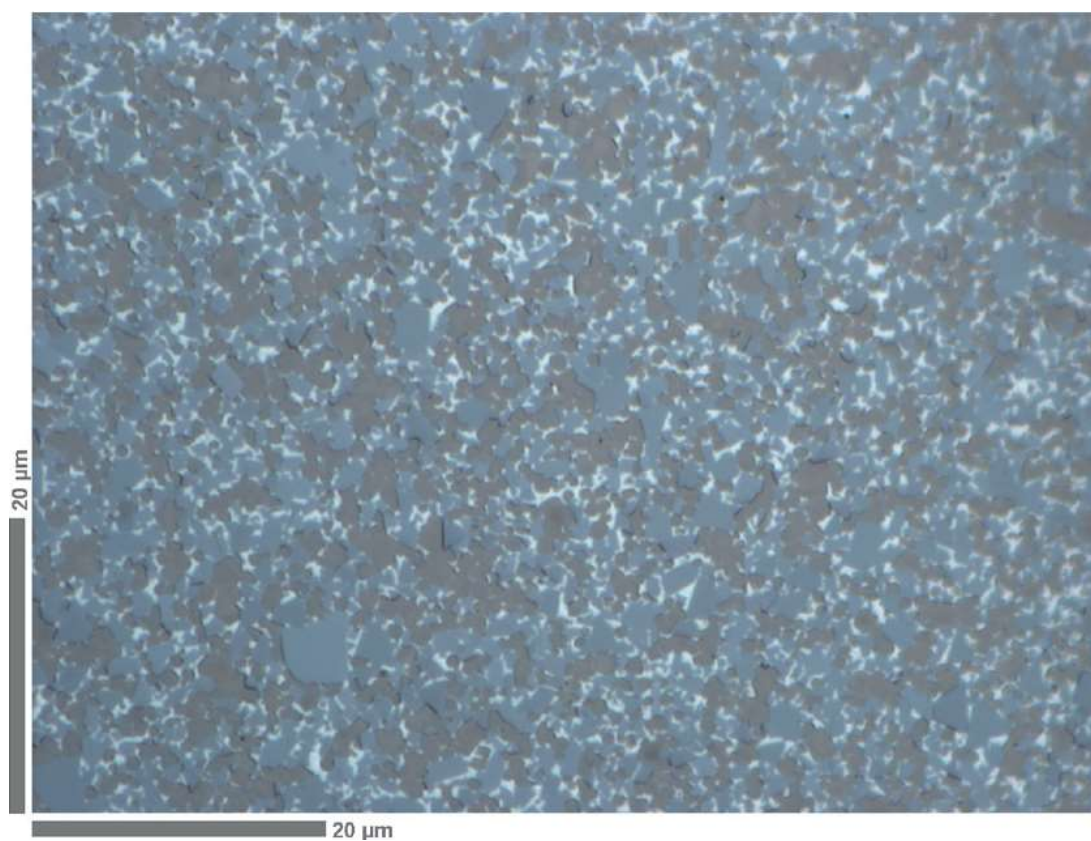


图 11 材质 4，光学，放大倍率×1000

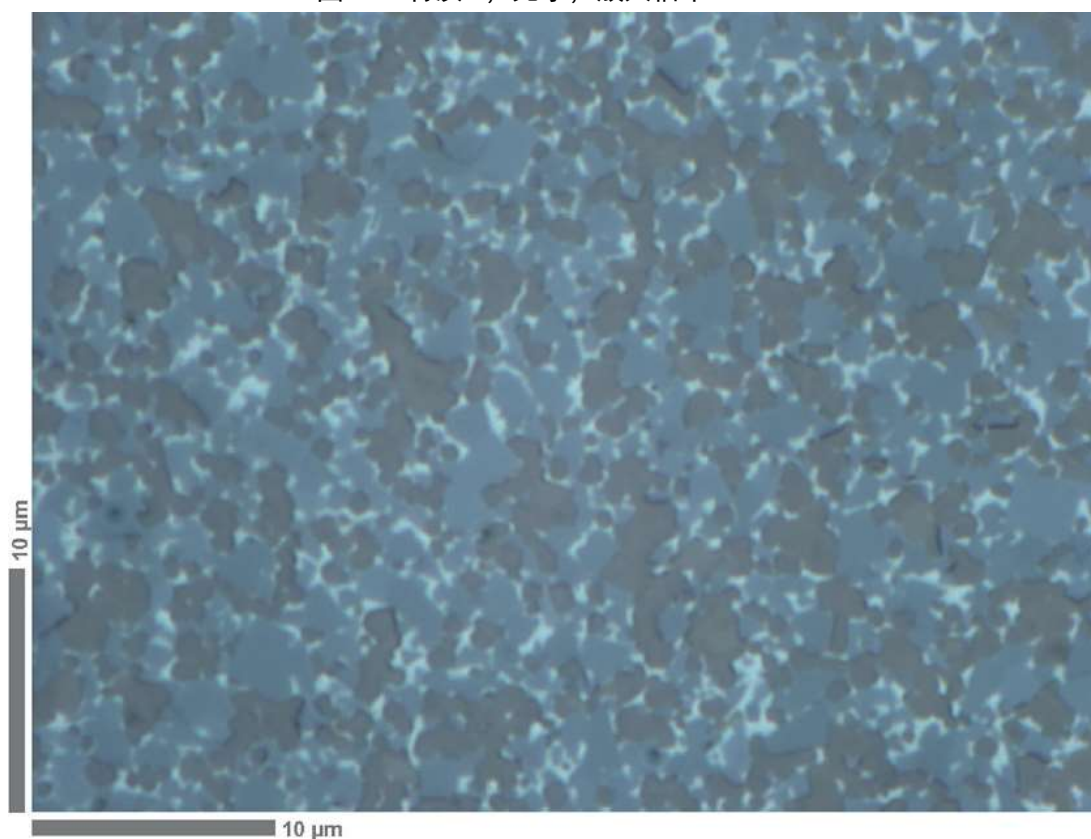


图 12 材质 4，光学，放大倍率×1600

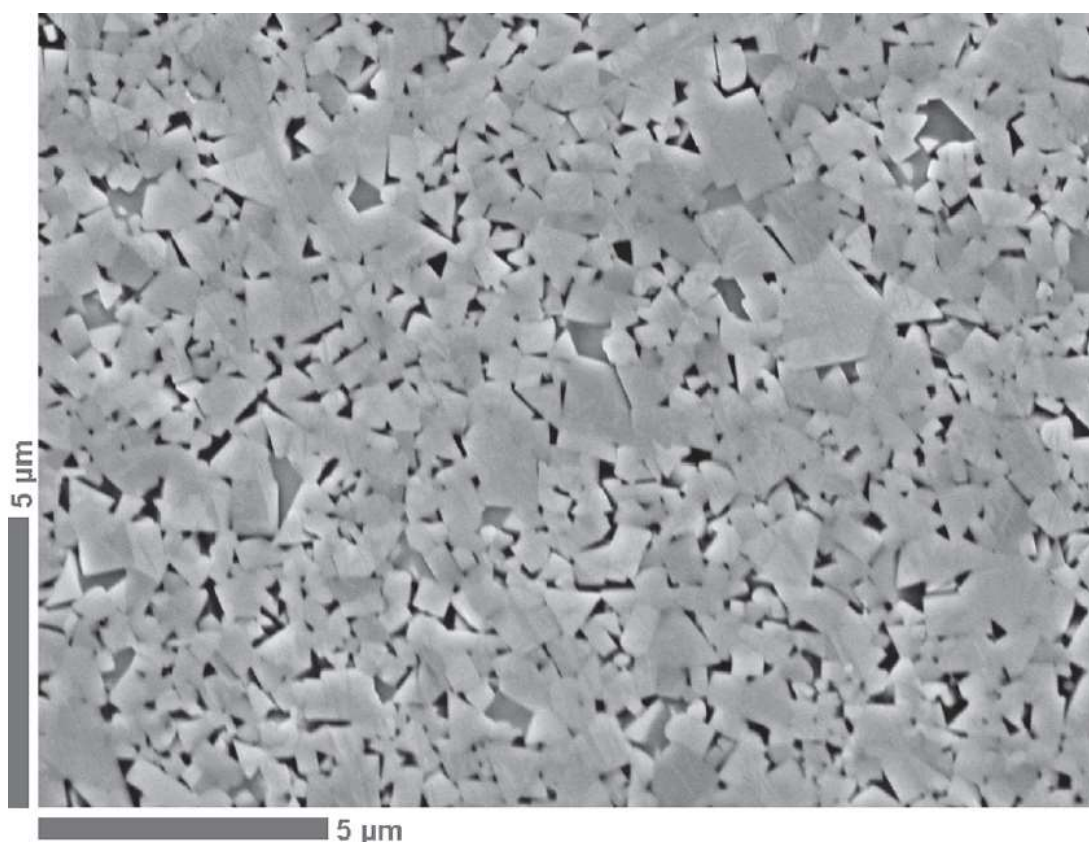


图 13 材质 1, SEM, 放大倍率×20000

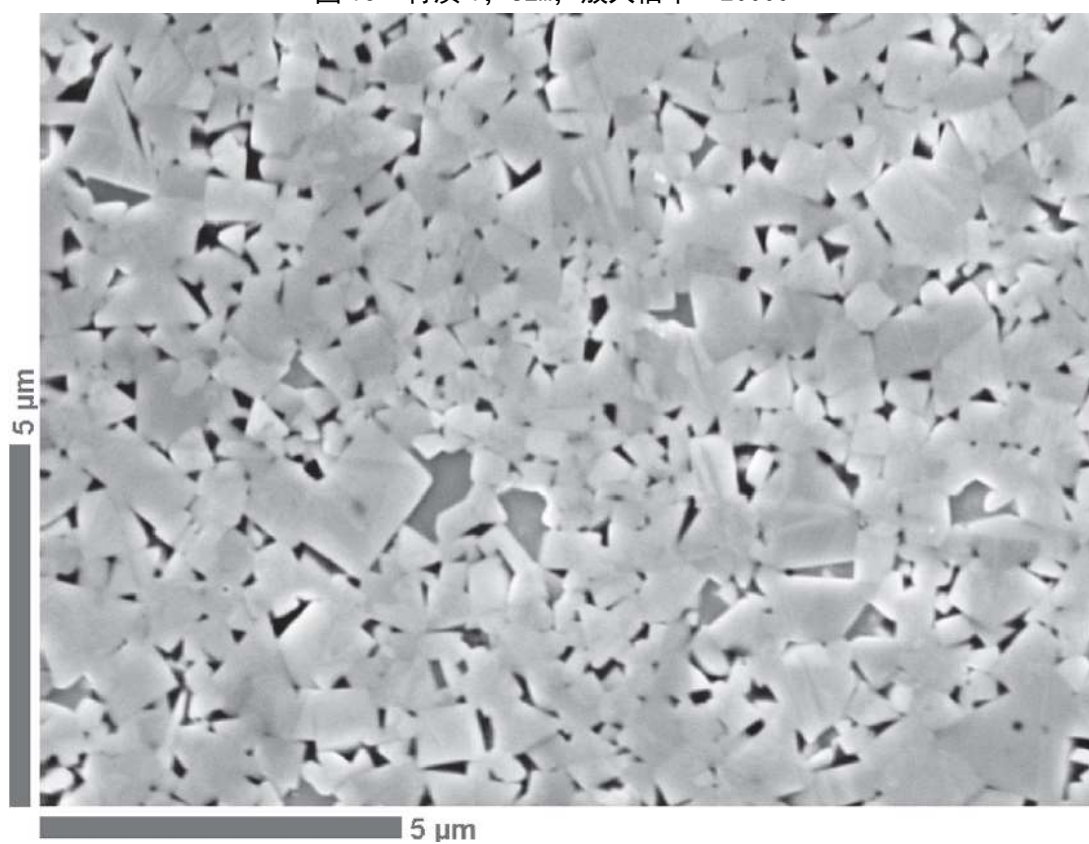


图 14 材质 1, SEM, 放大倍率×25000



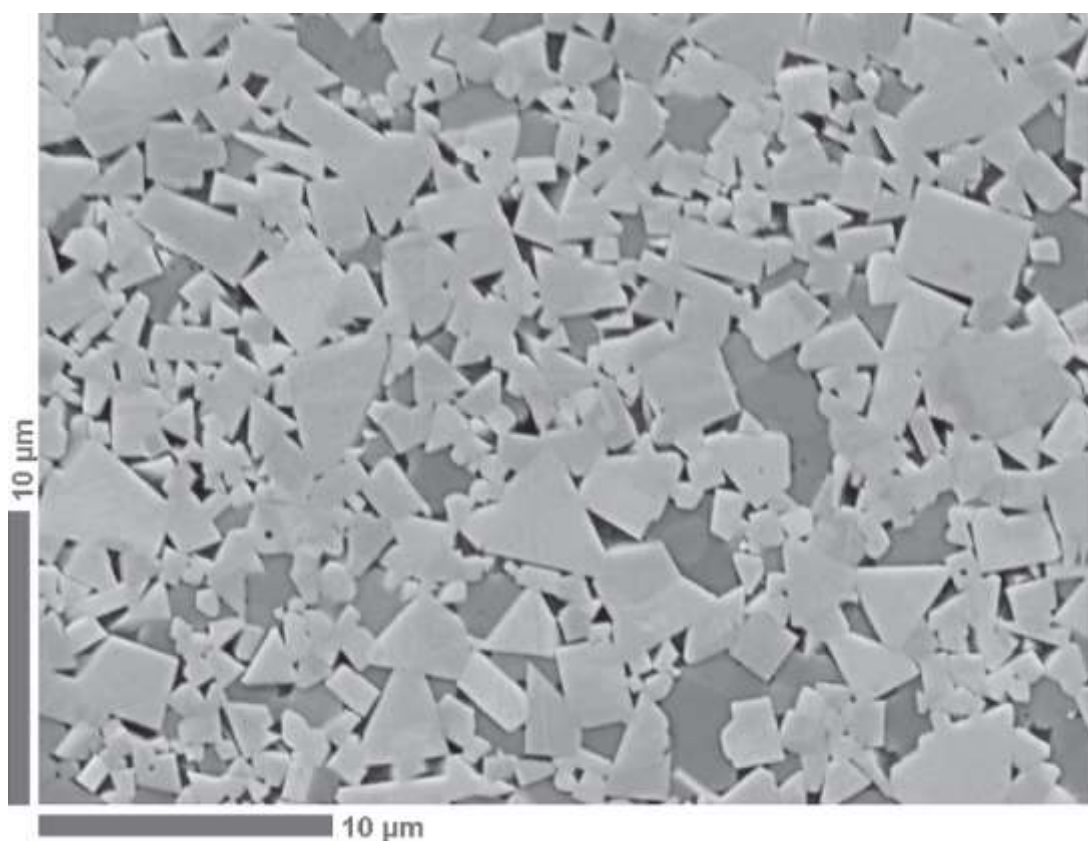


图 15 材质 2, SEM, 放大倍率×10000

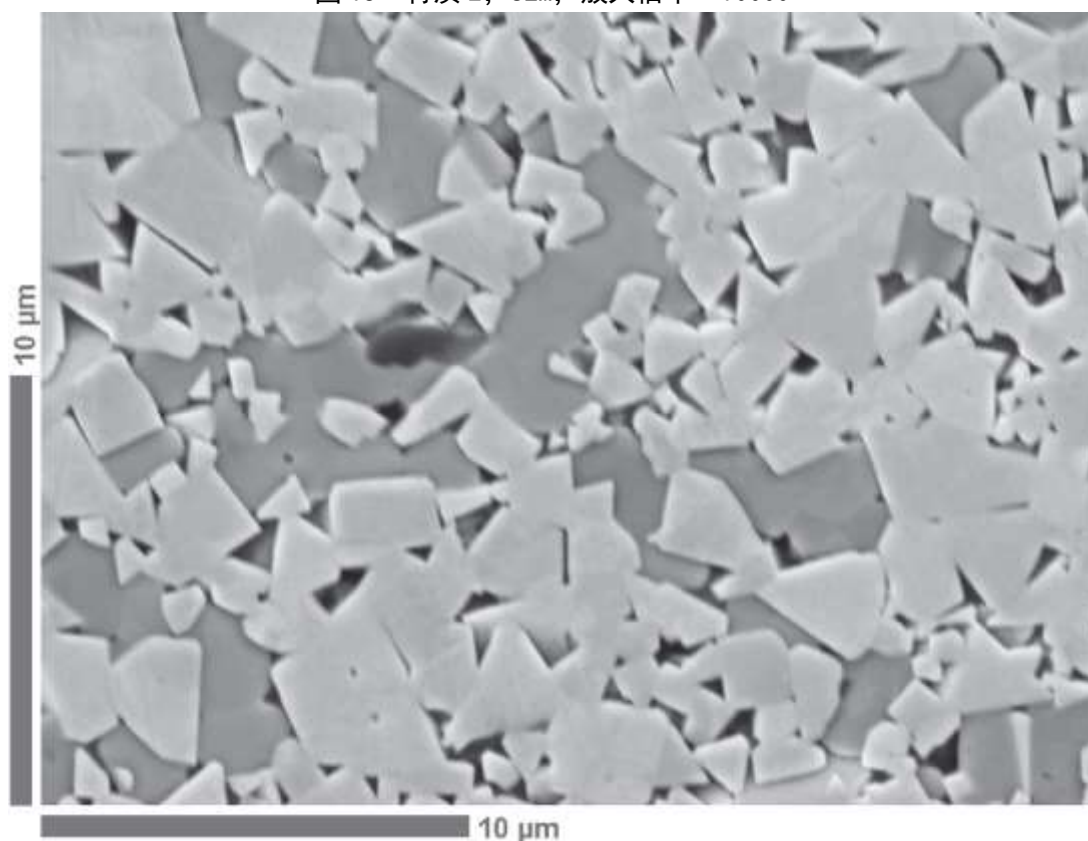


图 16 材质 2, SEM, 放大倍率×15000



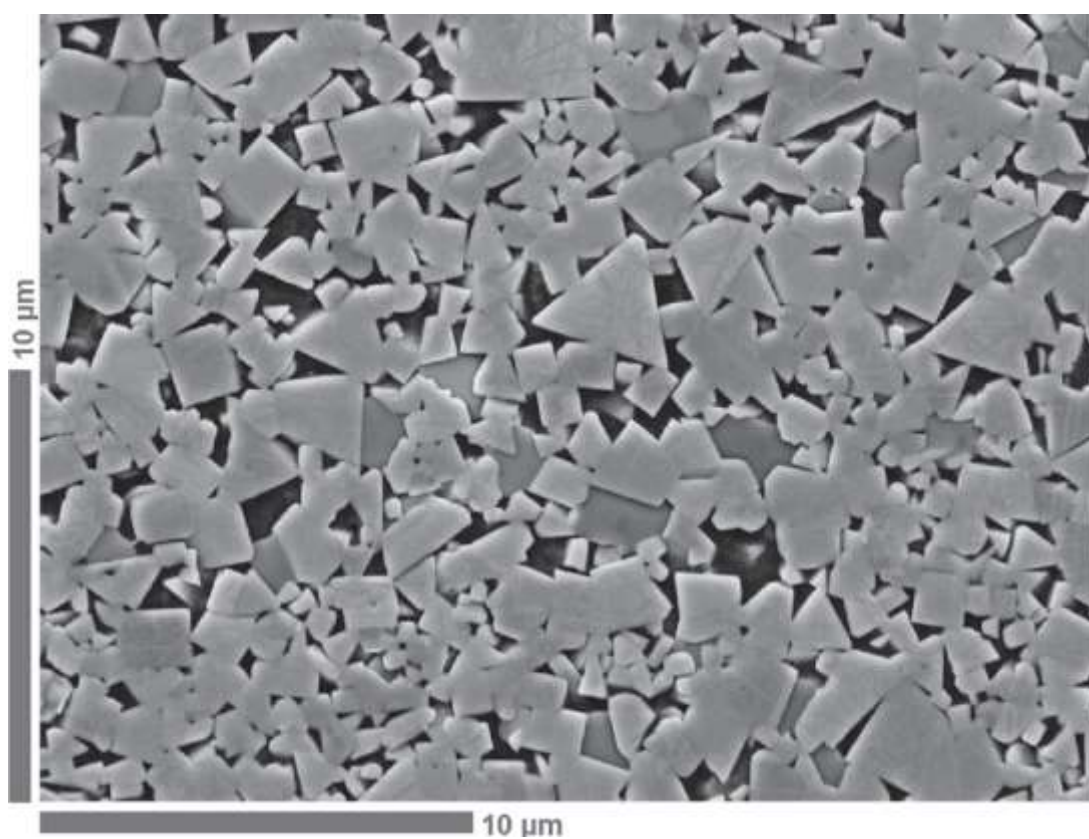


图 17 材质 3, SEM, 放大倍率×15000

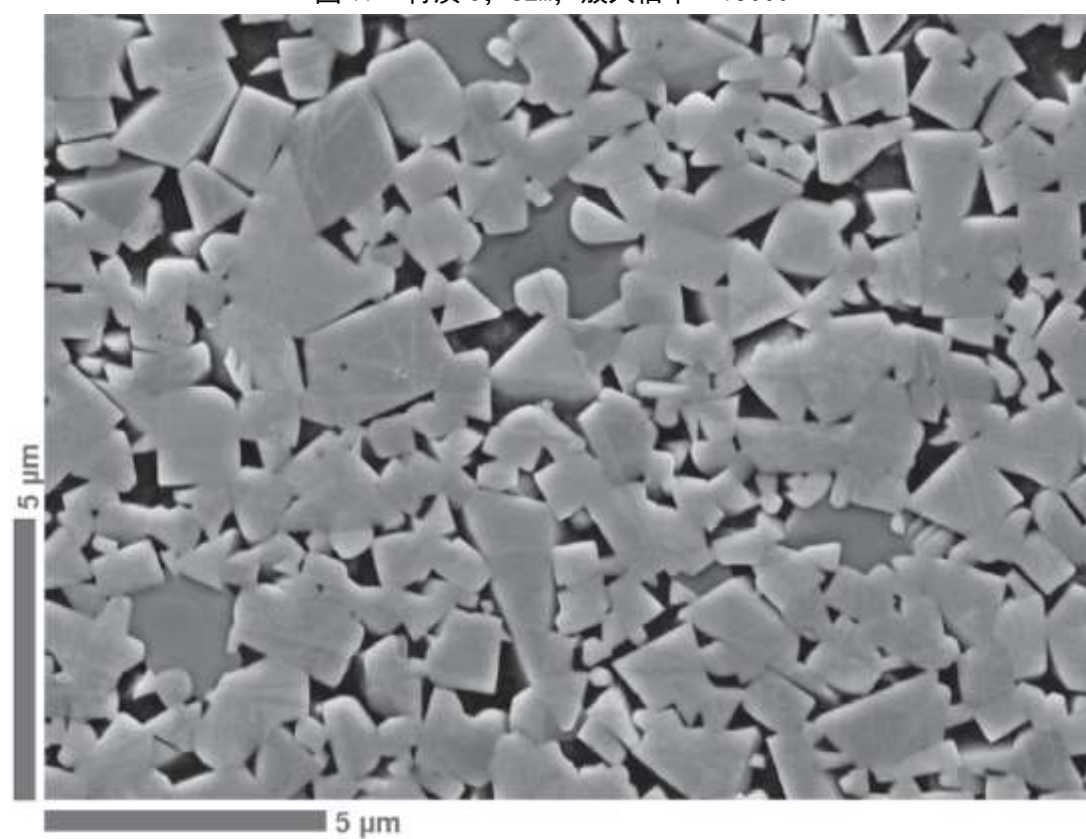


图 18 材质 3, SEM, 放大倍率×20000

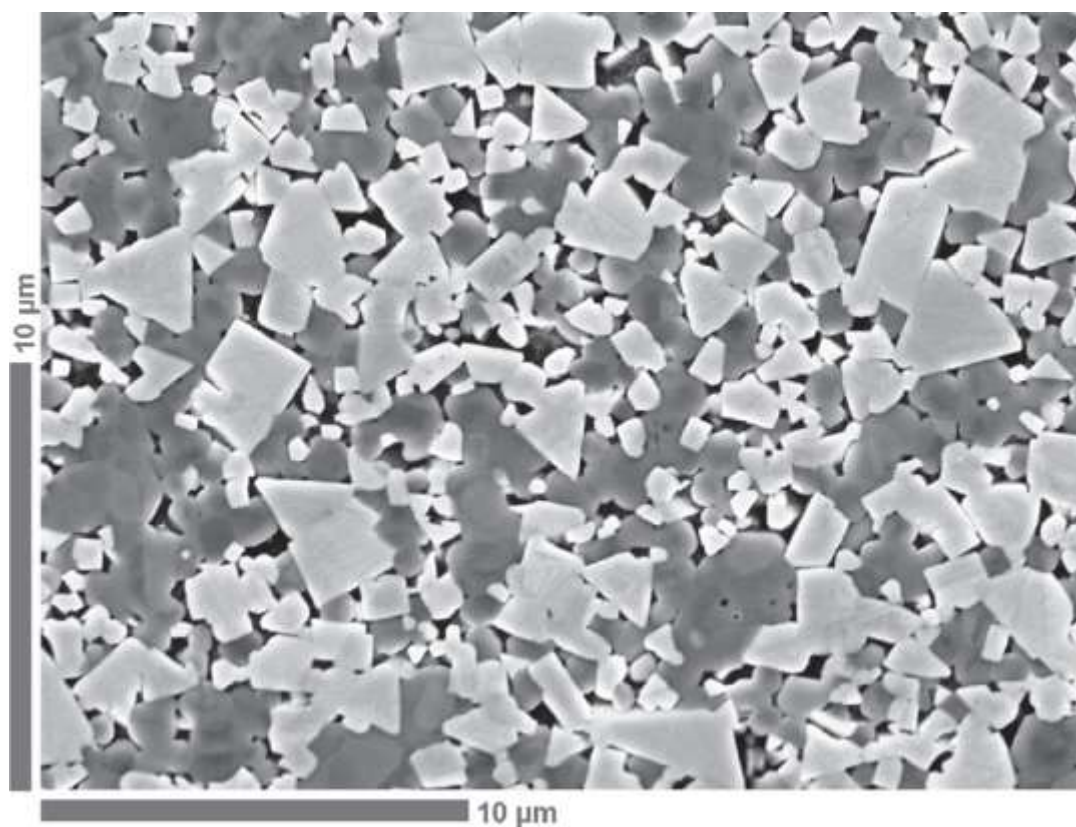


图 19 材质 4, SEM, 放大倍率×15000

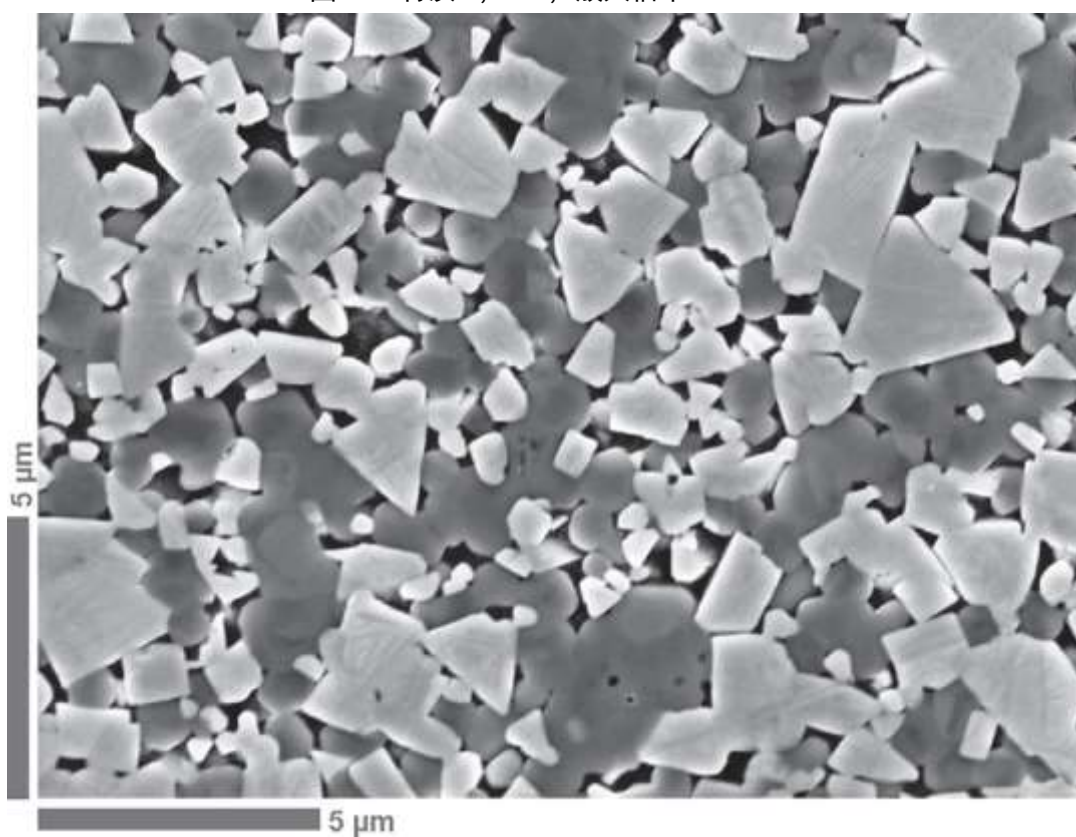


图 20 材质 4, SEM, 放大倍率×20000

9 显微结构描述的过程

9.1 显微结构选取

9.1.1 概述

需要注意 9.1.2 和 9.1.4 中的说明。

9.1.2 具有代表性的选择

照片的选择必须够代表整个截面并具有随机性。至少准备 4 张照片，以便集中分析，每种相关相域至少测量 200 个。

9.1.3 同类硬质相的判定

在截面上，需要拍摄并集中分析待测位置一系列的照片，每个区域至少测量 200 个相域。这样做可以使待判定样品的晶粒尺寸比测量的可能误差要大（相对误差会变成原来  $1/\sqrt{N}$  倍，N 为每个位置的相域数目）。

9.1.4 不同类材质

如果相邻两个观测区域内的微观结构不同，则需要增加用来判定的照片的数量，但减少判定照片的频度，同时测量结果总数要大于 200 个。

照片的放大倍率应达到使一个观测区域需包含 10 到 20 个相域的级别，在此放大倍率下每个被测的截线长度测量精确度比 10% 要好。这么做可以在照片上划 3 到 4 个截线，避免截取任何单个相域不止一次。大多数硬质相含有很少或不含有各向异性的结构，所以平行线多少对测量无重要影响。如果怀疑有各向异性过的结构，则最好随机的选取平行线，并允许它们有交叉。通过此方法以得到约 50 个来自各照片的截线段长度。

9.2 晶粒尺寸测定

9.2.1 概述

将截线法测量截线段长度的算术平均值定义为晶粒大小。这种方式最为简单，它对量化分布宽度具有额外优势。

对于一个具有 2、3 或 4 种晶粒的材质来说，例如 Ti (C, N) 或者 WC/立方碳化物混合晶硬质合金，由于每个晶粒都需要独立测量，截线法会变得复杂。然而截线法仍然可以提供晶粒尺寸分布信息。

在硬质合金样品经校准后的显微结构照片上画一条直线，当这条线截取了一个硬质相或粘结相区域时，用校准线测量此线段的长度（ $l_i$ ， $i=1, 2, 3, \dots, n$  对应第 1, 2, 3,  $\dots, n$  个晶粒）。最少计算 100 个线段的长度，最好计算超过 200 个截线段的长度，以减小晶粒尺寸平均值的误差，相对误差的绝对值要小于 10%。

晶粒尺寸平均值计算公式（1）如下：

$$d_x = \sum l_i / n \tag{1}$$

硬质合金晶粒尺寸一般在 0.01 到 10 μm 之间。由于存在测量误差，大于 1 μm 的结果保留一位小数，小于 1 μm 的结果保留两位小数。因此，最终报出结果会有两种形式，如 3.4 μm 或 0.18 μm。

9.2.2 截线法测量晶粒尺寸



图 21 展示了典型的 WC/CC/Co 显微结构，其中白色晶体为 WC，黑色是 Co 粘结相，立方相显示为带深灰色核心和浅灰色外层的晶体。通过截线法，所有这些组成相的尺寸和体积分数的测定都变得相当容易。图 21 展示了一种将 WC、Co、内核和外层辨别的典型划线方法。按照 9.2.1，每种类型的晶粒最好测量 200 个以上，所有与照片边缘相交的截线段都应忽略掉。要注意在某些材质中，会出现一层很薄的中间层，比外层颜色要浅一些（原子序数比外层更高）。如果出现此种情况，则中间层的尺寸和体积分数也要用截线法测量。

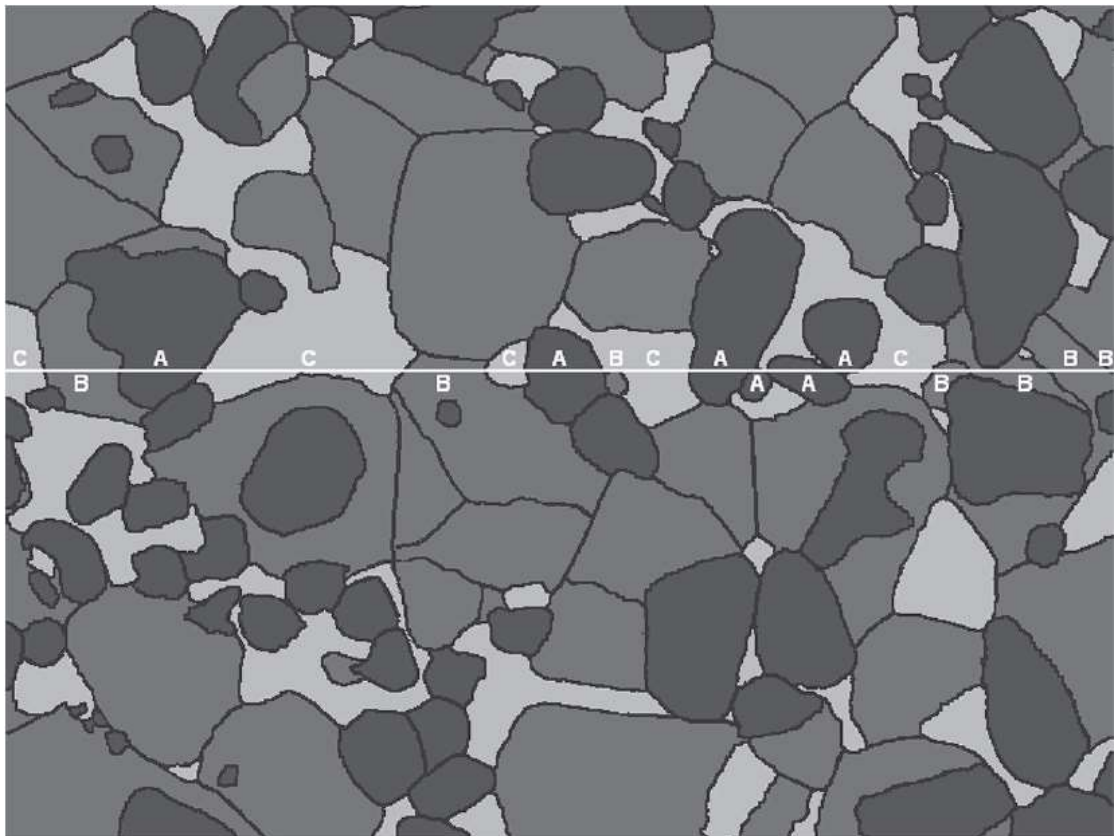
对于金属陶瓷, 尽管其纤维结构中没有 WC 相出现而仅有 Ti (C, N) 内核和 (Ti, W, X) (C, N) 外层, 上述方法仍然适用 (参照图 22)。此外, 图 22 还显示了亮度有差异的中间层和立方碳化物硬质合金相。



A: WC 相    B: Co 粘结相    C: 立方相核心    D: 立方相外层

图 21 典型立方碳化物硬质合金显微结构示意图，其中截线穿过显微结构中的每一部分（WC，Co，立方相核心，立方相外层）





A: Ti 基硬质相内核 B: (Ti: M) 硬质相外层 C: 粘结相

图 22 金属陶瓷显微结构示意图中截线段穿过粘结相，深灰色 Ti (C, N) 内核，浅灰色 (Ti, W, X) (C, N) 外层

10 测量误差

ISO4499-2:2008 中 7.3.1 项详细说明了系统误差和随机误差的来源。尽可能的减小随机误差和系统误差。当测量结果是由 200 个以上的截线段长度的平均值计算得到时，测量相对误差应在-10%至 10% 间。

11 试验报告

试验报告应包含以下信息：

- a) ISO 4499 本部分的编号：i.e.ISO 4499-3;
- b) 所有试样鉴别所需的详细资料;
- c) 腐蚀剂和腐蚀时间;
- d) 显微镜计数网格线数目和校准证明的来源;
- e) 成像方法：光学成像或电镜（SEM）;
- f) 所选放大倍率：一种或多种;
- g) 被测量视野的编号;
- h) 每个相关相被截取晶粒的总数;
- i) 被描述相的截线法晶粒尺寸的算术平均值，单位微米;
- j) 除非特别说明，请使用 ISO 4499 推荐的方法测量尺寸分布。

- k) 所有不在本部分规定之内的操作;
  - l) 所有影响试验结果的细节或操作。
- 此外, 实验报告还要包含以下信息:
- 如果有存档, 则需注明照片的编号;
  - 试样来源和客户要求的测试方法的信息;
  - 最大线段截取数量;
  - 最小线段截取数量;
  - 光学显微镜物镜的镜口率;
  - 电镜用的加速电压、焦点距离和照明孔径。
  - 测量误差的评定。

#### 参考文献:

- [1] Samuels L.E. *Metallographic Polishing by Mechanical Methods*. American Society for Metals. Third Edition, 1982, pp. 320.
- [2] De Hoff R.T., & Rhines F.N. *Quantitative Microscopy*. McGraw-Hill, USA, 1968, pp. 239–41.
- [3] Ettmayer P., Kolaska H., Lengauer W., Dreyer K. Ti(C,N) cermets – metallurgy and properties. *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* 1995, **13** p. 343
- [4] Pastor H. Titanium-carbonitride-based hard alloys for cutting tools. *Mater. Sci. Eng.* 1988, **105-106** pp. 401–409
- [5] Andrén H.-O. Microstructure development during sintering and heat-treatment of cemented carbides and cermets. *Mater. Chem. Phys.* 2001, **67** pp. 209–213
- [6] Bradbury S. *An Introduction to the Optical Microscope*. Royal Microscopical Society, Oxford Scientific Publications, 1989, pp. 20.
- [7] Yu H., Yiu Y., Ye J., Yang J., Li P. Zhu. Y. *Effect of (Ti, W, Mo, V)(C, N) powder size on microstructure and properties of (Ti, W, Mo, V)(C, N)-based cermets*. *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* 2012, **34** pp. 57–60
- [8] Zhu G., Liu Y., Ye J. Influence of Ce-Co pre-alloyed powder addition on the microstructure and mechanical properties of Ti(C, N)-based cermets. *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* 2013, **37** pp. 134–141
- [9] Ahn S.Y. Kang, S. *Formation of core/rim structures in Ti(C, N)-WC-Ni cermets via a dissolution and precipitation process*. *J. Am. Ceram. Soc.* 2000, **83** (6) pp. 1489–1494
- [10] Dong G., Xiong J., Chen J., Guo Z., Wan W., Yi C. Effect of WC on the microstructure and mechanical properties of nano Ti(C, N)-based cermets. *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* 2012, **35** pp. 159–162
- [11] ASTM E112, *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*
- [12] ASTM B657, *Guide for Metallographic Identification of Microstructure in Cemented Carbides*
- [13] ASTM B665, *Standard Guide for Metallographic Sample Preparation of Cemented Tungsten Carbides*