

Application News

No. P102

电子探针显微分析仪

高速工具钢的分析

在加工零部件、成品时，会使用各种工具。用于各种工具和刀具的钢称为工具钢，分为碳素工具钢（SK 材料）、合金工具钢（SKS 材料、SKD 材料、SKT 材料）、高速工具钢（SKH 材料），广泛应用于锉、压模、冲模、量规、车刀等工具中。工具钢要求具有耐热性和耐磨性，根据不同的使用目的还要求具有韧性和淬火性，特别是刀尖需要具有耐热性和耐磨性，可高速切削的高速工具钢用作高速钢钻头。

本文将介绍使用电子探针显微分析仪 EPMATM-8050G (FEEDMA) 对高速工具钢（SKH 材料）进行分析的示例。

S. Yoshimi

■ 高速工具钢（SKH 材料）

高速工具钢（High Speed Tool Steel）中添加大量的 V、Cr、Mo、W 等，淬火后进行回火，在 500°C 以上析出（二次硬化）碳化物，温度上升至回火温度附近后也不会软化，具有较好的耐热性、耐磨性和韧性。这种钢用作比较锋利的工具钢（高速工具钢），也称作高速钢。

高速工具钢分为 W 系高速工具钢、Mo 系高速工具钢和 V 系高速工具钢。W 系高速工具钢包含 0.8~1.5% 左右的 C、W18%、Cr4%、V1%，标准型 SKH2 被称为 18-4-1 型。Mo 系高速工具钢包含 0.8~1.5% 左右的 C、W6%、Mo5%、Cr4%、V2%，代表钢 SKH51 被称为 6-5-4-2 型。相较于 W、V 系高速工具钢，Mo 系高速工具钢的韧性更高，淬火温度更低，热传导性更好，因此具有易于进行热处理的特点。

图 1 所示为 Mo 系高速工具钢的面分析，显示了与二次硬化相关的 V、Cr、Mo、W 碳化物分布情况。

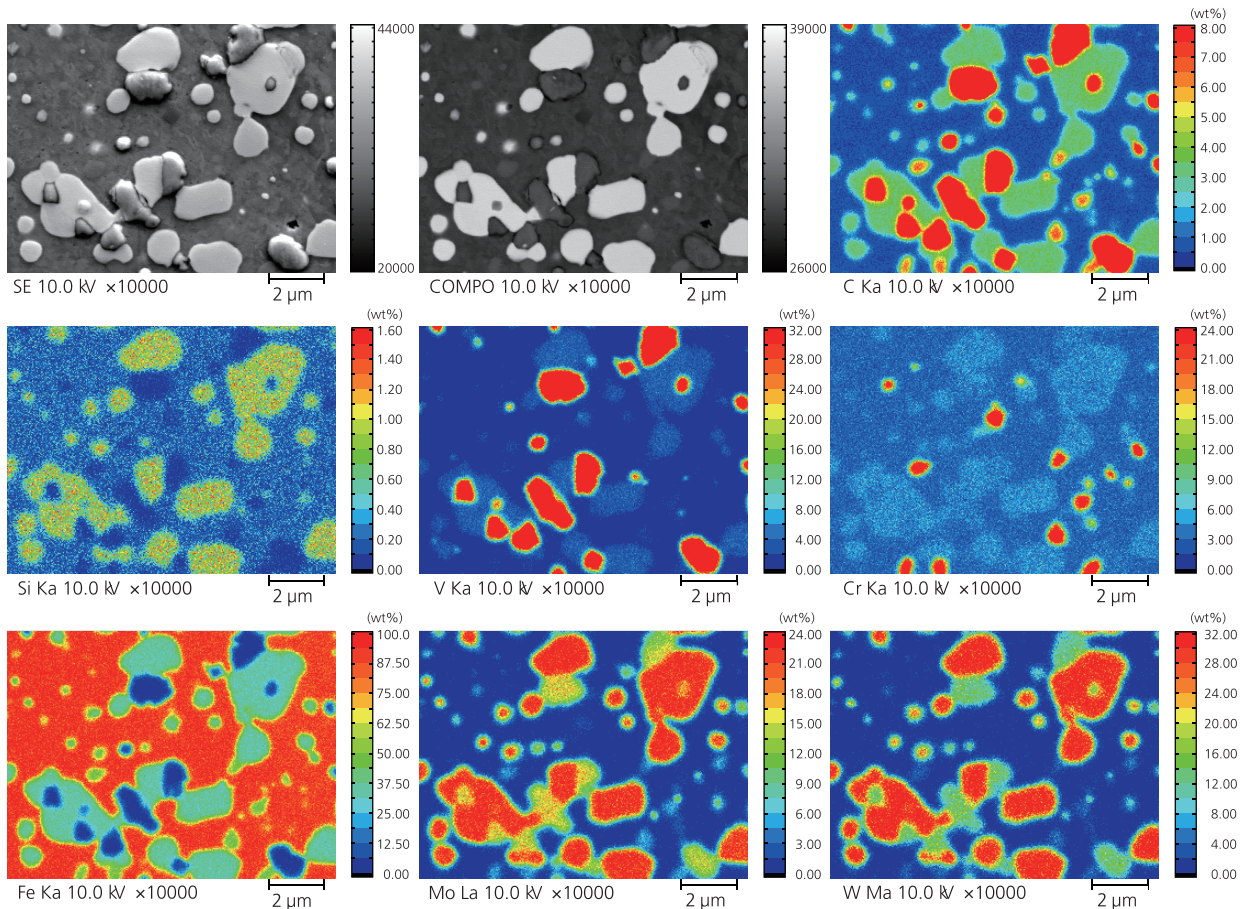


图 1 高速工具钢的面分析

合金元素的碳化物

在钢中同时添加多种特殊元素时，那些大量添加的元素易于形成碳化物，当各元素添加量固定时，元素与碳（C）的亲合力越大，则进入碳化物相中的量越多。在 Mo 系高速工具钢中添加的元素中，钒（V）的亲合力最高，之后依次为钨（W）、钼（Mo）、铬（Cr）、锰（Mn）、镍（Ni）、钴（Co）、铜（Cu）、硅（Si）的亲合力均低于铁（Fe）。

合金钢中含有多种与碳（C）亲合力较大的强碳化物形成元素时，可根据合金元素的含量和占比，还原从最初析出碳化物到最终形成稳定相碳化物的复杂过程，包括碳化物的种类、碳化物的变化顺序、碳化物的强度和硬度变化等。在 773 K（500 °C）以下回火温度较低的软化过程中，碳化物为 M₃C 型，超过 773 K（500 °C）后，随温度升高，在 Fe₃C 内固溶，达到固溶极限后形成 Fe₃C 以外的合金碳化物。在 Cr、V、W、Mo 中，Cr 以 Cr₇C₃ 的形式在 Fe₃C 内析出，V₄C₃、W₂C、Mo₂C 等在铁素体基体中析出，出现明显的二次硬化。

碳化物的相分析

通过相分析，将绘制在散点图上的强度（浓度）作为点集（簇）提取，因此可以准确地显示化合物相。根据图 1 的高速工具钢面分析数据，提取 V、Cr、Mo、W、C 的簇，V-Cr-Mo 的三维散点图显示结果如图 3 所示。在图 2 的相图中，可识别出蓝色为以碳化钼和碳化钨为主的化合物相，红色为以 V 碳化物为主的化合物相，绿色为以碳化铬为主的化合物相。

在平面图 3 的三维散点图中，绘制的点集重合，图 4 的 3D 散点图（三角形）可立体捕捉点集，因此易于掌握不同相的存在，这里可看出存在 2 相（图 2 的黄色固溶相及其上方的绿色碳化铬相）。

在图 5 的多维系（二维散点图矩阵）中，可同时显示各二维散点图，这里可根据水平线（横向的对应关系）掌握其他元素与碳的相关性。红色化合物相除 V 碳化物之外，还包含 Mo 碳化物和 W 碳化物。

在图 6 的 3D 散点图（XYZ）中，X、Y、Z 轴的正、负方向上最多可分配 6 个元素，这里是分别以 Cr、C、V 各轴最大值为顶点的三角形的三维散点图（蓝色）。此外，通过组合 X、Y、Z 轴，可形成最多 8 种模式的三维散点图。

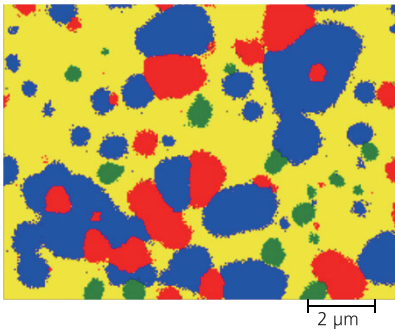


图 2 相图

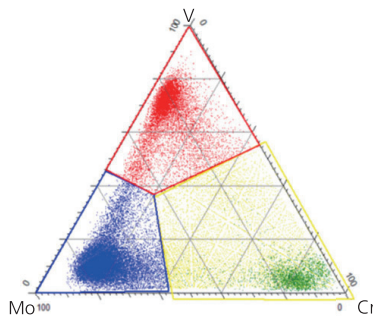


图 3 三维散点图

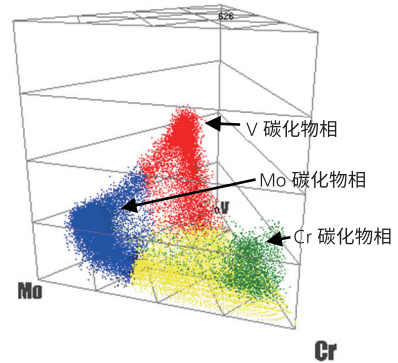


图 4 3D 散点图（三角形）

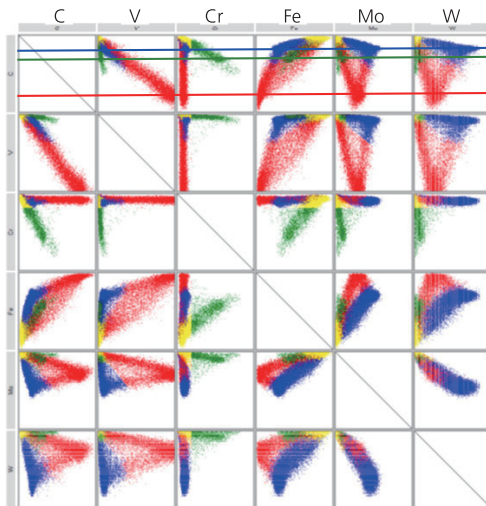


图 5 多维系（二维散点图矩阵）

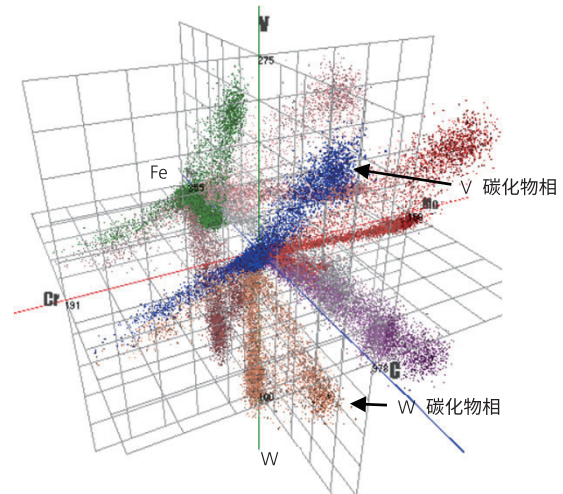


图 6 3D 散点图（XYZ）

岛津应用云



EPMA 是岛津制作所株式会社的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话：800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2018 年 3 月