

Application News

No. P102

電子線マイクロアナライザ

高速度工具鋼の分析

部品を加工したり、製品を完成させたりする際、様々な工具が、用いられています。各種工具や刃物などに使用される鋼は工具鋼と呼ばれ、炭素工具鋼（SK材）、合金工具鋼（SKS材、SKD材、SKT材）、高速度工具鋼（SKH材）に分類されて、やすり、プレス型、ダイス、ゲージ、バイトなど幅広く利用されています。工具鋼は、耐熱性と耐摩耗性が要求され、使用目的により靱性や焼入れ性などが要求され、特に、刃先に耐熱性と耐摩耗性が必要で、高速度で切削できる高速度工具鋼は、ハイスドリルとして利用されています。

今回は、電子線マイクロアナライザ EPMA™-8050G（FE-EPMA）を使用した、高速度工具鋼（SKH材）の分析例を紹介します。

S. Yoshimi

■ 高速度工具鋼（SKH材）

高速度工具鋼（High Speed Tool Steel）は、V、Cr、Mo、Wなどを多量添加し、焼入れ後に焼もどしすると500℃以上で炭化物が析出（二次硬化）して、焼きもどし温度付近まで温度上昇しても軟化せずに耐熱性と耐摩耗性と靱性を示します。この鋼は切れ味の良い工具鋼（高速度工具鋼）として使用され、ハイスとも呼ばれています。

高速度工具鋼はW系高速度工具鋼とMo系高速度工具鋼とV系高速度工具鋼があります。W系高速度工具鋼は、0.8～1.5%程度の炭素とW18%、Cr4%、V1%を含み、標準型のSKH2は18-4-1型と呼ばれています。Mo系高速度工具鋼は、0.8～1.5%程度の炭素とW6%、Mo5%、Cr4%、V2%を含み、代表鋼のSKH51（旧9）は6-5-4-2型と呼ばれています。Mo系高速度工具鋼は、W、V系高速度工具鋼と比較して靱性が高く、焼入れ温度が低く、熱伝導性が良いので熱処理がし易い特長があります。

図1は、Mo系高速度工具鋼のマッピング分析で、二次硬化に伴うV、Cr、Mo、W炭化物の分布が得られています。

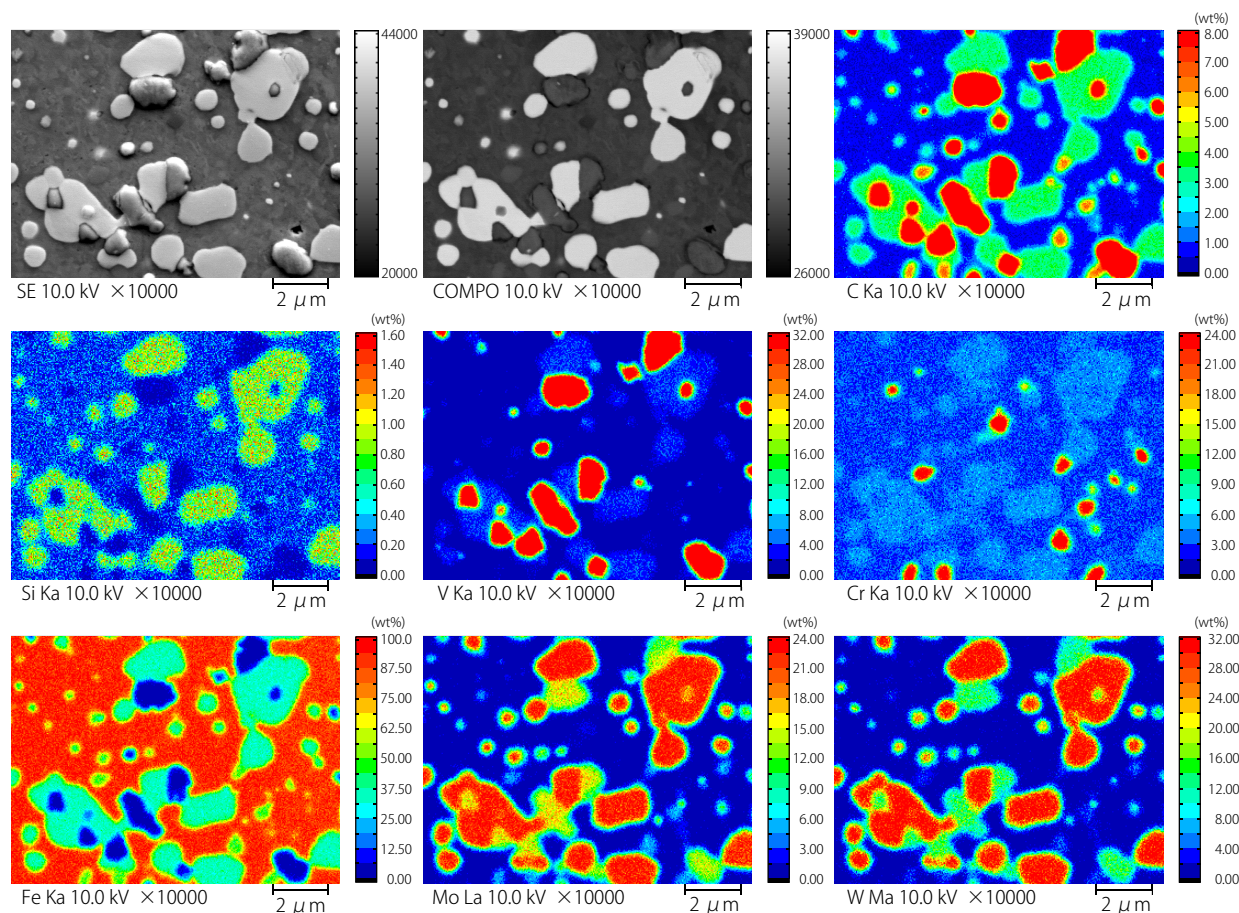


図1 高速度工具鋼のマッピング分析

■ 合金元素の炭化物

鋼に多種類の特殊元素を同時に添加した場合は、添加量の多い元素の炭化物が形成されやすく、各元素の添加量が一定の場合は、炭素（C）との親和力が大きい元素ほど炭化物相中に入り込む量は多くなります。Mo 系高速度工具鋼に添加する元素では、バナジウム（V）が最も親和力が大きく、続いてタングステン（W）、モリブデン（Mo）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）の順となり、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、銅（Cu）、ケイ素（Si）については、鉄（Fe）よりも親和力は小さくなります。

炭素（C）との親和力が大きい強炭化物形成元素を複数含有する合金鋼は、合金元素の含有量と含有比により最初に析出する炭化物から最終安定相の炭化物になるまで、炭化物の種類・炭化物の変化の順序・炭化物の強さやかたさの変化など複雑な過程をたどります。773 K（500℃）までの焼もどし温度が低い軟化過程では、炭化物は M3C 型であり、773 K（500℃）を超えると焼もどし温度の上昇とともに Fe3C 内に濃縮し、固溶限界後に Fe3C 以外の合金炭化物として形成されます。Cr、V、W、Mo のうち、Cr が Fe3C の中に Cr7C3 として析出しフェライト母相中に V4C3、W2C、Mo2C などが整合析出することで、大きく二次硬化があらわれます。

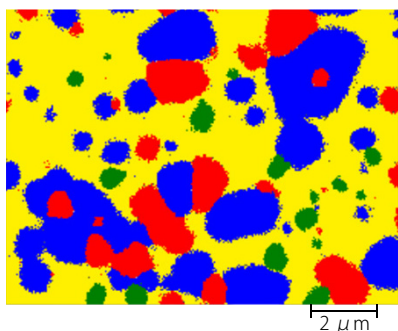


図2 相図

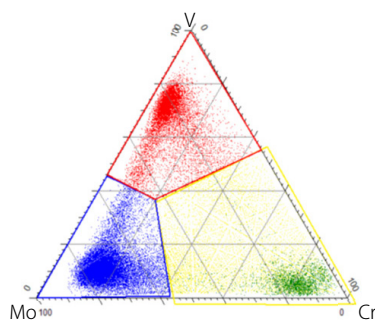


図3 3元散布図

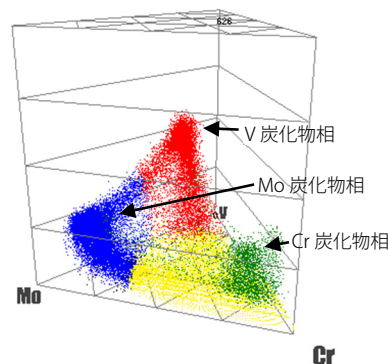


図4 3D 散布図（トライアングル）

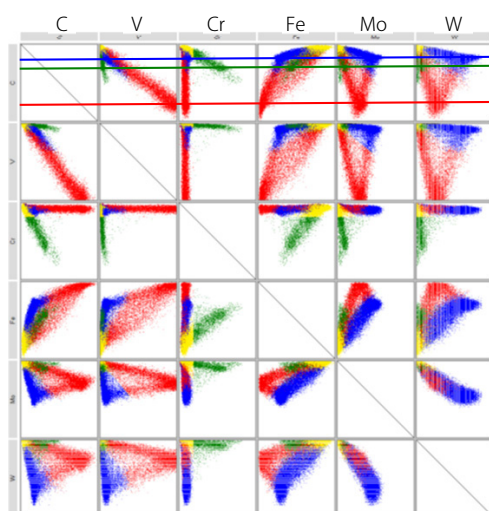


図5 多元系（2元散布図マトリクス）

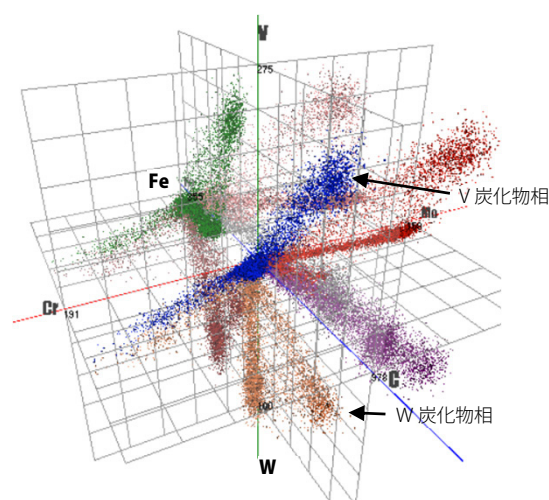


図6 3D 散布図（XYZ）

■ 炭化物の相解析

相解析は、散布図にプロットされた強度（濃度）を点集合（クラスター）として抽出するため、化合物相を正確に表示することができます。図1の高速工具鋼のマッピングデータから、V、Cr、Mo、W、Cのクラスターとして抽出し、V-Cr-Moの3元散布図表示した結果を図3に示します。図2の相図では、青色が Mo 炭化物および W 炭化物を主とする化合物相、赤色が V 炭化物を主とする化合物相、緑色が Cr 炭化物を主とする化合物相として識別することができます。

平面的な図3の3元散布図では、プロットされた点集合が重なりますが、図4の3D 散布図（トライアングル）は立体的に点集合を捉えることができるため、異なる相の存在を把握し易く、ここでは、2相（図2の黄色の固溶相とその上に緑色の Cr 炭化物相）の存在が確認できます。

図5の多元系（2元散布図マトリクス）では、各2元散布図を同時に表示できるため、ここでは水平線（横方向の対応）により炭素に対する他元素との相関で、赤色の化合物相には V 炭化物以外に Mo 炭化物や W 炭化物も含まれることが分かります。

図6の3D 散布図（XYZ）では、X、Y、Z軸のプラス、マイナス方向に最大6元素割り当て、ここでは Cr、C、V各軸の最大値を頂点とした三角形で、3元散布図（青色）をイメージできます。また、X、Y、Z軸の組み合わせで、最大8パターンの3元散布図をイメージとして捉えることができます。

EPMA は、株式会社 島津製作所の商標です。

株式会社 島津製作所

分析計測事業部
グローバルアプリケーション開発センター

初版発行：2018年3月

島津コールセンター 0120-131691
(075) 813-1691

※本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。
改訂版は下記の会員制 Web Solutions Navigator で閲覧できます。

<https://solutions.shimadzu.co.jp/solnavi/solnavi.htm>

会員制情報サービス「Shim-Solutions Club」にご登録ください。

<https://solutions.shimadzu.co.jp/>

会員制 Web の閲覧だけでなく、いろいろな情報サービスが受けられます。