

# Application News

## No. P101

電子線マイクロアナライザ

### 高炭素クロム軸受鋼の分析

機械部品や構造物に使用される高炭素鋼や合金鋼は特殊鋼と呼ばれ、自動車や航空機など幅広い分野で利用されています。特殊鋼は、焼入れ（Quenching：クエンチング）と焼戻し（Tempering：テンパリング）と呼ばれる熱処理により、強度や靱性などの機械的性質が調整されます。また、炭素濃度の高い軸受鋼や工具鋼などは、焼きなまし（Annealing：アニーリング）により目的とする特性を得るものもあります。

炭素（C）を0.6%以上含有する炭素鋼は、高炭素鋼に分類され、中でも軸受鋼はその代表的鋼材です。

今回は、フィールドエミッション型電子線マイクロアナライザ（島津 EPMA-8050G）を使用して、高炭素クロム軸受鋼（SUJ材）の分析例を紹介します。

S. Yoshimi

#### ■ 高炭素クロム軸受鋼（SUJ材）

軸受鋼は、パーライト組織鋼を共析温度で長時間加熱することで、網目状のセメントライト（Fe<sub>3</sub>C 鉄炭化物）が球状化されて切削加工性が向上し、Cr を添加してマルテンサイト組織内に1 μm 以下の非常に硬い球状のCr 炭化物を均一に分散させたもので、ベアリングなどに利用されています。

軸受鋼は、耐摩耗性と耐久性の機械的性質に加え、優れた転動疲労寿命を持つことが重要です。球状化焼なましにより、球状化した炭化物が均一に分散することで、機械的性質を改善します。一方、不純物や介在物などの材質的欠陥は転動疲労寿命に影響を及ぼします。特に不連続的に粒状に並んだB系介在物や不規則に分散したC系介在物（酸化物系非金属介在物）の影響は大きく、それら介在物の除去や、細かく分散させることが求められています。

図1は、高炭素クロム軸受鋼内部のマッピングデータで、約1 μm の球状Cr 炭化物が均一に分散分布していることがわかります。

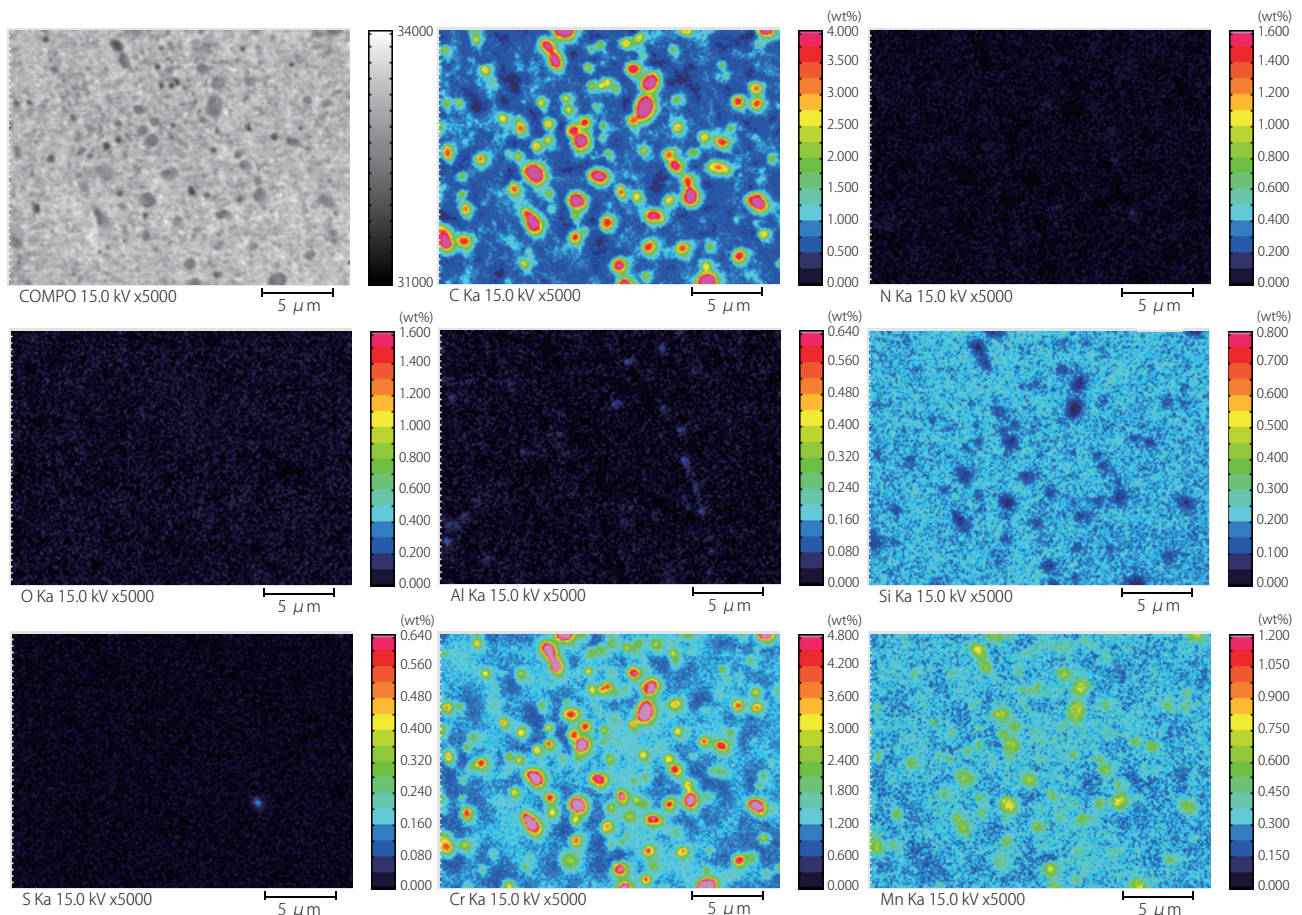


図1 高炭素クロム軸受鋼のマッピング分析

## ■窒化

窒化処理は、アルミニウム (Al)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo) など鉄 (Fe) よりも窒素 (N) との親和力の強い元素を含む鋼の表面層に、窒素を拡散浸透して微細な窒化物を生成させる熱化学処理です。

鋼の表面層に硬くて耐食性のある窒素化合物層を生成させて、耐摩耗性が向上する表面硬化法として利用されています。特に、アルミニウムは窒化層の硬さに影響及ぼす重要な元素です。

図2は、高炭素クロム軸受鋼 (SUJ) の窒化処理部である表層をマッピング分析した結果です。クロム炭化物の分布以外に 100 nm 程度の微細な窒化クロム (CrN) と 100 nm 以下の微細な窒化アルミニウム (AlN) の分布が認められます。

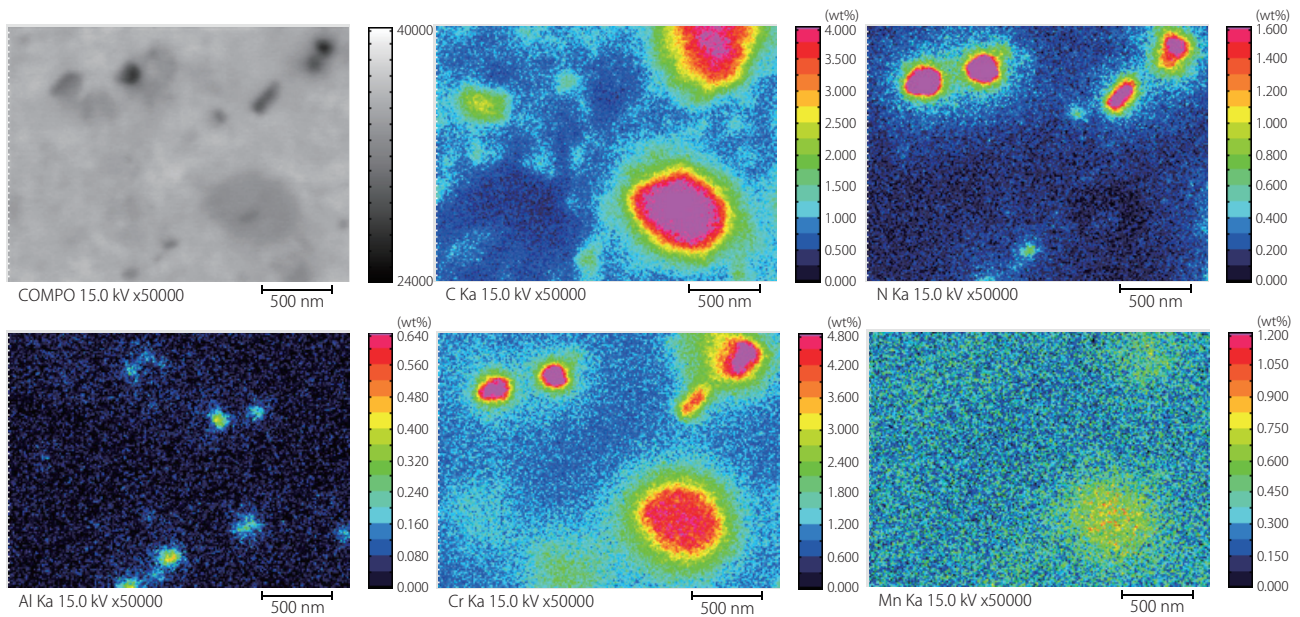


図2 高炭素クロム軸受鋼浸炭窒化部のマッピング

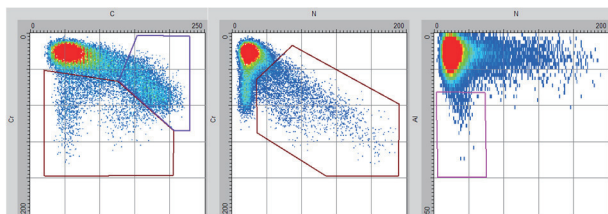


図3 2元散布図

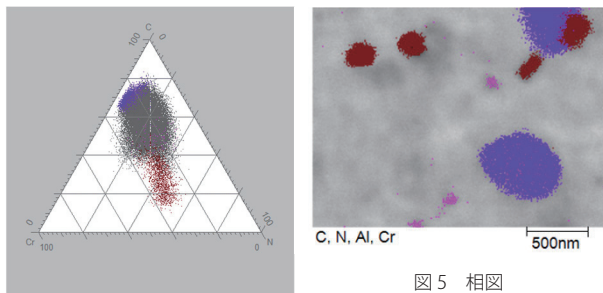


図4 3元散布図

図5 相図

## ■相解析と状態分析

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。C-Cr、N-Cr、N-Al の各 2 元散布図でクラスターとして抽出した結果を図3に示し、C-N-Cr の 3 元散布図に反映した結果を図4に示します。化合物であるクロム炭化物と窒化クロム、および窒化アルミニウムが、図5では、それぞれ紫色、茶色、マゼンタ色として識別することができます。

クロムは Cr-L 線を用いて状態分析することができます。クロムは化合物を形成すると Cr-Lβ/Cr-Lα の比率が、クロム単体と比較して変わります。化合物である窒化クロムは、酸化クロムと比較して Cr-Lα のピーク形状が変化することが知られており、その結果を図6に示します。

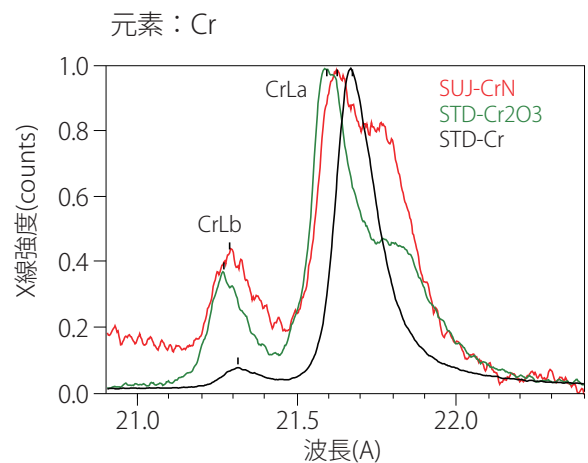


図6 Cr 状態分析