

プラズマイオン注入により窒素添加された鋼の トライボロジー特性評価

低摩擦損失・高耐摩耗性を実現する表面改質技術および潤滑油技術の発展が社会的に求められています。ここでは新規表面処理としてプラズマイオン注入法に着目して、そのトライボロジー特性に関する研究について紹介します。

はじめに

環境負荷低減・CO₂ 排出量削減が求められている昨今では、摺動部品の耐摩耗性の向上および摩擦損失の低減を実現するために種々の表面改質技術が応用されています。近年、イオンビームを利用した表面改質が注目され、中でも原料物質から生成されたイオンビームをターゲットである処理物に衝突させて内部にイオンを添加させるイオン注入は、添加するイオンにより表面硬度や耐摩耗性など様々な表面特性を付与できることが知られています。1980年代後半に開発されたプラズマイオン注入（Plasma based ion implantation 以下PBIIと表記）は、ターゲットの周囲にプラズマを発生させ、負のパルス電圧を印加することによりプラズマ中のイオンを引き出し、ターゲットにイオン注入することができます（図1参照）。大型の部材や三次元形状を有する処理物にイオン注入を施すことができる利点があるので、自動車など摺動部品への実用化が期待されています。

研究の目的

イオン注入を表面改質に応用した最たる例は、窒素イオン注入による硬化処理です。従来の窒化処理と同様に表面に鉄窒化物などの化合物層や内部の窒素拡散層を形成して表面を硬化させることができます。イオン注入の特徴的な点は、従来の窒化処理のように基板の加熱処理が不要である点で、これは処理物の精度に関わり工業的に重要です。また、図1のようにイオンを注入することで、結晶構造のマトリックスが変化し硬さだけでなく化学的活性など表面特性が変化する可能性があります。表面特性の変化は摩擦摩耗特性に大きな影響を及ぼすため、注入された元素による表面特性の変化や摩擦摩耗特性に及ぼす影響について明らか

にすることは工業的にも学術的にも重要な課題です。本研究では、窒素イオンが注入された鋼の表面特性と摩擦挙動を比較評価し、元素イオンの影響について調査しました。

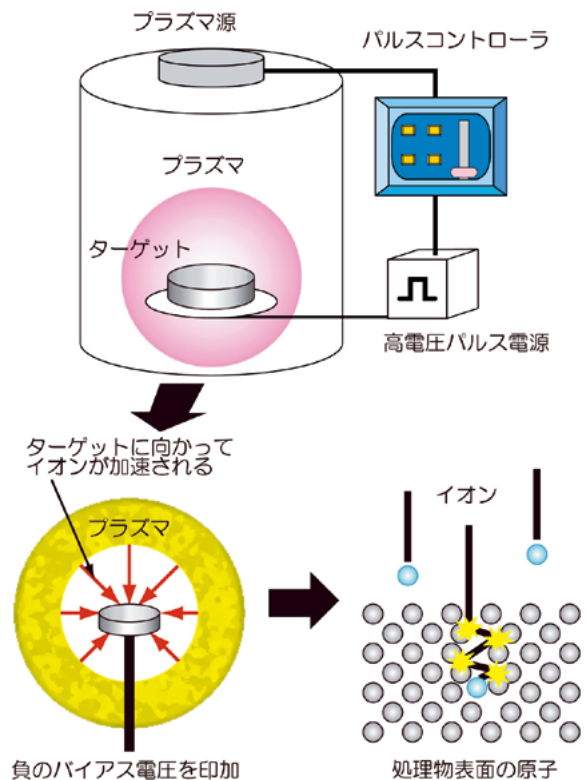


図1 プラズマイオン注入法の概略図

窒素イオン注入による表面特性の変化

冷間金型用工具鋼ディスク（SKD11）を供試材として、図1のPBII装置により窒素イオン注入を実施しました。注入後、鋼表面の構造変化を評価するために、オージェ電子分光法により深さ方向の元素分布を測定しました。得られた結果を図2に示します。なお、鉄（Fe）に対するスパッタ速度（約5 nm/min）から深さに換算しました。窒素（N）はおよそ20 nmで最大濃度となり約100 nmの深さまで鋼内部に拡散していることが図2の結果から明らかになりました。また、ナノインデントーションテストにより超微小硬さ測定を実施しました。図3は荷重負荷による最大変位に対する硬さの変化を示します。最大変位が200nmに至

るまで窒素イオン注入鋼は未処理の鋼よりも硬く、窒化層が形成されたことにより表面の硬度が増大したことがわかりました。

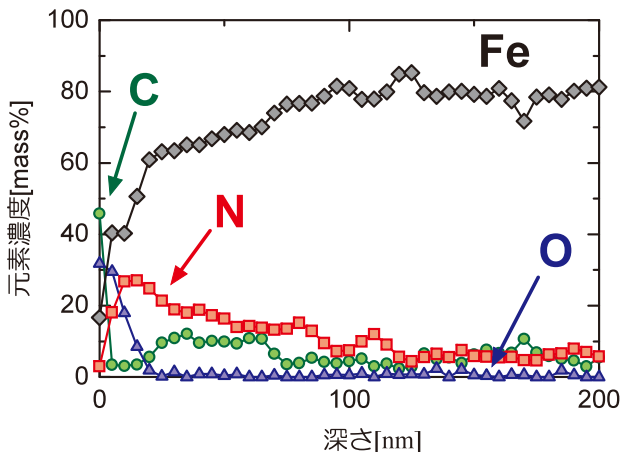


図2 窒素イオン注入鋼の元素濃度分布

深さ方向に対する炭素(C)、窒素(N)、酸素(O)、鉄(Fe)の濃度変化です

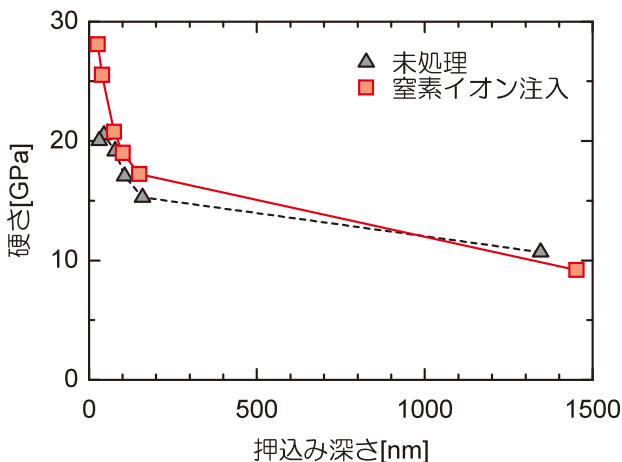


図3 未処理鋼とイオン注入鋼の硬さ比較

窒素イオン注入鋼の摩擦特性

無添加基油、脂肪酸添加油、リン酸エステル添加油の3種類の試料油をそれぞれ用いて摩擦試験を実施し、得られた平均摩擦係数を図4に示します。無添加基油、脂肪酸添加油の場合、未処理鋼よりもイオン注入鋼のほうが摩擦係数は高くなり、リン酸エステル添加油の場合、イオン注入鋼の方が低い摩擦係数となります。試料油に添加されている脂肪酸やリン酸エステルは摩擦により表面に化合物を形成します。脂肪酸の場合、直鎖の有機分子膜が形成され、リン酸エステルの場合、リン化合物からなるリン系被膜が形成されます

(図5参照)。この分子膜や被膜は潤滑膜として摩擦抵抗を緩和し摩耗を防止する役割があり、潤滑被膜の形成状態が摩擦摩耗特性に大きな影響を及ぼします。図4の結果が示すように各試料油で摩擦係数が異なることから、窒素イオン注入により脂肪酸やリン酸エステルからの各種潤滑被膜の形成が変化したために摩擦挙動に差異が表れたことが考えられます。

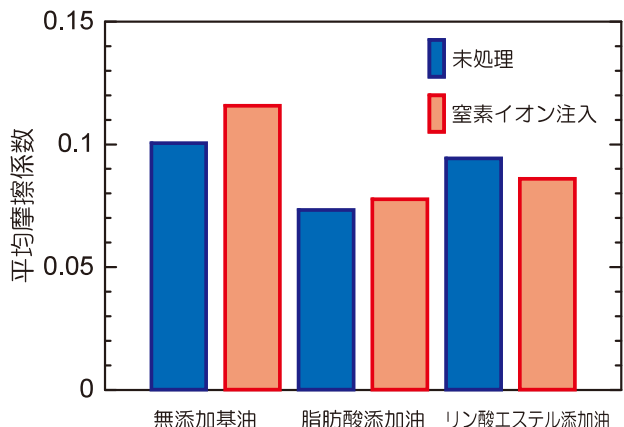


図4 平均摩擦係数の比較

荷重 150N、すべり速度 15cm/s、試料油温度 80°Cで摩擦試験を実施しました

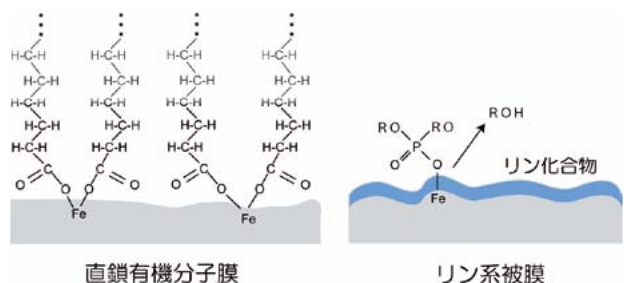


図5 潤滑被膜の概略図

添加剤の種類により異なる潤滑被膜が形成します

おわりに

近年、表面処理技術の技術発展は目覚ましく、そのトライボロジー特性を理解することは工業的に重要なテーマです。先端加工グループでは各種表面処理やトライボロジー分野に関する技術支援を行っております。どうぞお気軽にご相談ください。

研究開発部第二部 先端加工グループ <西が丘本部>

青木才子 TEL 03-3909-2151 内線 428

E-mail : aoki.saiko@iri-tokyo.jp