

新塩浴軟窒化“イソナイト LS”処理した  
鋼の表面特性

渡邊 陽一\*、石塚 はる菜\*\*

パーカー熱処理工業(株)

シアン酸塩を基本とした450~620℃の溶融塩による塩浴軟窒化法は、ガス窒化やガス軟窒化法に比べ、適用鋼種が広く、前処理を簡素化することができるうえ、均質な窒化組織を得やすい。近年、溶融塩中のカチオン成分のアルカリ金属イオンとして、カリウム(K)やナトリウム(Na)イオンとともにリチウム(Li)イオンを含有させ、さらに酸化力を高めることによって、窒化と同時に、最表面に熱安定性に優れ緻密なLi-Fe複合酸化層を形成させる新しい塩浴軟窒化法“イソナイトLS”<sup>1)</sup>が開発されている。塩浴中のシアン酸イオン(CNO<sup>-</sup>)濃度が20%以下、シアン化物イオン(CN<sup>-</sup>)濃度も0.3%以下を可能としている。さらに、廃ソルトのリサイクル技術<sup>2)</sup>も開発され、環境への対応は著しく進んでいる。イソナイトLS処理は、すでに国内外で軟鋼など炭素鋼部材のほか、ステンレス鋼や自動車用エンジンバルブの耐熱鋼など、ガス窒化・軟窒化では難しい高合金鋼部材にも多用されている。

本稿では、主にアルミダイカスト金型材への適用を想定して、イソナイトLS処理によって得られる表面層の特性を実験結果に基づいて紹介する。

リチウム含有複合酸化層の形成と  
窒化組織

イソナイトLS処理によって得られる表層組織は、

最表面から、Li-Fe複合酸化層(通称、黒層)、ポーラス層、 $\epsilon$ -Fe<sub>2-3</sub>Nと $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N相の混合相からなる化合物層(白層とも呼ぶ)、そして窒素拡散層の4層から構成される<sup>3)</sup>。まず、Li-Fe複合酸化層は、従来の塩浴軟窒化処理後の洗浄および酸化冷却工程で生成する酸化層、あるいはガス窒化・ガス軟窒化後に行われる水蒸気などによる後酸化(post-oxidation)層とはまったく異なる。これらの後酸化層は、主にマグネタイトFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>からなる1 $\mu$ m程度までの薄い層である。しかし、このLi-Fe複合酸化層は、 $\alpha$ -Li<sub>x</sub>-Fe<sub>1-x</sub>O結晶が主相と考えられ、0.1~2.0 $\mu$ mの八面体構造の結晶を形成する。そして $\epsilon$ -Fe<sub>2-3</sub>N相を主としたポーラス層にまで浸潤して空隙を埋めるため緻密な組織となり、数 $\mu$ mから十数 $\mu$ mまで厚膜化しやすい。

図1は、JIS-SKD61鋼を調質処理した後、560℃で5~12h塩浴軟窒化処理した表層部断面の光学顕微鏡写真<sup>4)</sup>である。5h処理において、最表層に見られる厚さ約7(5h処理材)~約11 $\mu$ m(12h処理材)の黒い層がLi-Fe複合酸化層であり、その下層には化合物層が形成している。この例では、塩浴軟窒化処理で一般的に生成するポーラス層は明瞭には見られない。浸漬時間の経過とともに、化合物層の成長に比べLi-Fe複合酸化層の成長がより顕著となる。おおむね浸漬処理時間の平方根に比例して厚みを増す。

図2は、深さ方向のLi、Fe、OおよびNの濃度プロファイルを示すGD-OES分析結果<sup>4)</sup>の一例である。Liが4 $\mu$ m深さまで傾斜的な濃度分布傾向を示すのは、わずかながらFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>やFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などFe酸化

\*Youichi Watanabe：技術本部・取締役、技術本部長、技術研究所長、\*\*Haruna Ishizuka：技術本部 技術研究所  
〒210-0822 川崎市川崎区田町 3-13-10  
TEL(044)276-1583