

ガス窒化雰囲気制御システム「NITRONAVI」とその適用事例について

平岡 泰 (ひらおか やすし) パーカー熱処理工業株式会社 技術本部 部長

要約 パーカー熱処理工業(株)の制御ガス窒化・軟窒化処理システム「NITRONAVI」の設備、雰囲気制御原理、またその利点を概説する。制御ガス窒化・軟窒化処理をする最大のメリットは表面相制御による機械的特性の改善である。目的に応じて鋼表面を化合物層レス、 γ' 相、また ϵ 相へ選択的に制御することによって耐疲労性や耐摩耗性の改善が可能である。本稿では、いくつかの機械試験結果を例にその効果・メカニズムも説明する。さらに、生産上の利点として、窒化時間の短縮やアンモニアガス使用量削減が可能であり、当社で実施したいくつかの例を紹介する。

1. 緒言

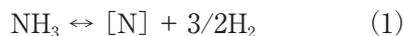
窒化・軟窒化処理は、浸炭焼入れ、高周波焼入れと並び代表的な表面硬化処理の一つである。窒化・軟窒化処理は、鋼の共析変態点(727℃)以下で処理されるため、熱処理ひずみが小さく、自動車用のクランク、ギア、ばね、また金型などの分野で広く使われている。特に、量産性の高さと炉内雰囲気中の K_N (窒化ポテンシャル)制御¹⁾により高精度な窒化層制御が可能であることから、ガス窒化・軟窒化処理を用いて部品のさらなる高機能化を実現したいというニーズは多い。さらに、 K_N 制御を適用することで、ガス使用量の削減、窒化時間の短縮、雰囲気調整工数の削減、航空規格への対応、雰囲気記録(K_N などの記録)、また高い品質再現性など多くのメリットが得られる。

本稿ではガス窒化・軟窒化処理における K_N 制御システムをパーカー熱処理工業(株)(以下、当社)の製品を例に説明すると共に、いくつかの適用事例についても紹介する。

2. 窒化ポテンシャル制御システム

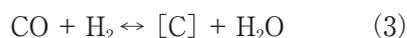
窒化処理は、例えば570℃に昇温した炉内に NH_3 ガスのみ、または NH_3 ガスとAXガス(N_2 と H_2 が1:3の混合ガス)を継続的に流し続けながら行われる。一方、軟窒化処理は、例えば上記 NH_3 ガスなどに浸炭性ガス(CO_2 や CO など)を加え、所定の温度に昇温した炉内へこれら複数種類のガスを継続的に導入しな

がら行われる。炉内の試料表面では、式(1)で示される窒化反応¹⁾が起こるため、試料表面の窒素活量と関連する式(2)の K_N (窒化ポテンシャル)を制御し、所望の窒化組織が得られる様に雰囲気を制御する。



$$K_N = P_{NH_3}/(P_{H_2})^{3/2} \quad (2)$$

ここで、 $[N]$ は α 鉄に吸収されたN原子、 P_{NH_3} と P_{H_2} は、炉内の NH_3 分圧と H_2 分圧である。また、軟窒化処理する場合、例えば式(3)で示される浸炭反応¹⁾も試料表面では起こるため、試料表面の炭素活量と関連する式(4)の K_C (浸炭ポテンシャル)を制御し、所望の軟窒化組織が得られる様に雰囲気を制御する。



$$K_C = (P_{CO}P_{H_2})/(P_{H_2O}) \quad (4)$$

ここで、 $[C]$ は α 鉄に吸収されたC原子、 P_{CO} と P_{H_2O} は、炉内の CO 分圧と H_2O 分圧である。図1は窒化、軟窒化兼用で使用される場合の当社制御システム構成例である。ガス種は、 NH_3 、AX、 N_2 、 CO_2 の4種類で構成されている。雰囲気センサは、窒化処理では水素センサのみ、また軟窒化処理では、水素センサと酸素センサを併用する。これら雰囲気センサからの値をもとに雰囲気調整計において K_N 、 K_C を演算し、所定の K_N 、 K_C に近づくよう各ガスの炉内導入ガス流量が連続的に決定される。このように K_N 制御システムは、雰囲気センサ、雰囲気調整計とプロセスガスに設置するマスフローコントローラー(MFC)などで