

CO₂排出量を削減できる新しいガス浸炭処理法の提案

キーワード：ガス浸炭処理、温室効果ガス削減、ガス分離膜、新型熱処理炉

はじめに

鋼のガス浸炭処理法は、高品位の表面硬化処理を行える優れた熱処理方法として広く普及しています。しかし、熱処理炉内の処理雰囲気ガス組成を安定させるために、多量のガス（キャリアガス）を炉内に送り込みオーバーフローさせております。この方法ではガスの消費の面からだけでなく、エネルギー消費の面からも効率的とはいえません。また、この浸炭処理用ガスには毒性のあるCOが含まれているため、炉外にオーバーフローされるガスは通常、燃焼処理され、CO₂として大気放出されており、温室効果ガス排出の面でも好ましい状況とはいえません。

このたび当研究所では、浸炭処理を行う際のガス消費量の著しい削減を可能にする新しいガス浸炭処理炉を考案、試作し、実際の処理により検証を行った結果、有効性が確認できましたので紹介します。

ガスを抑制した場合の処理炉内雰囲気ガス組成の乱れについて（一般的なガス浸炭炉の場合）

まず、一般的なガス浸炭炉を用いた浸炭熱処理において、ガスフロー量を抑制した場合に起こる炉内雰囲気ガス組成の乱れについて、模擬浸炭処理を行い確認しました。容積 1.1 m³ のバッチ型ガス浸炭炉を用いて処理を行った場合の、炉内のCO濃度およびH₂濃度の時間変化を測定しました。炉内の酸素濃度をモニターするために設置したジルコニア酸素センサー起電力の時間変化とともに図1に示します。ここでは処理開始とともに炉内にエンリッチガスを導入し、30分で処理雰囲気の浸炭能を上昇させ、その後、酸素濃度が一定になるように制御しながら90分間処理を継続しました。標準的なキャリアガスフロー

量である 3.3 m³/h の場合、処理雰囲気中の浸炭能の上昇にともない、H₂濃度については若干変動していますが、CO濃度についてはほぼ一定で、炉内雰囲気ガス組成が安定していることがわかります。ところが、標準的な量の1/4以下までガスフロー量を抑制すると、炉内H₂濃度は40 vol%以上にまで上昇し、また、H₂濃度の著しい上昇の影響を受け、CO濃度についてもわずかに減少し、炉内雰囲気が乱れていることがわかります。

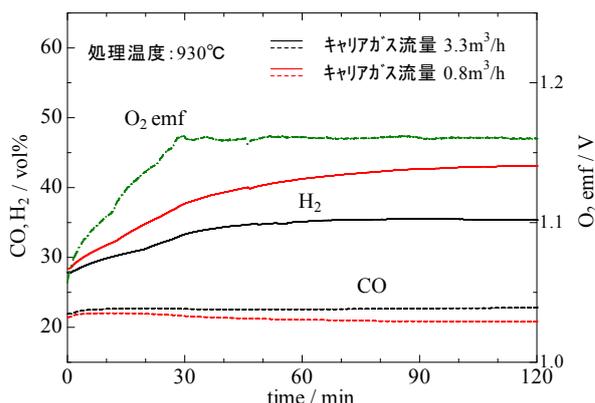


図1 浸炭中の炉内CO、H₂濃度変化
(一般的なガス浸炭炉の場合)

考案、試作した新しいガス浸炭炉の全体構成

ガスフロー量を抑制した場合に起こる炉内雰囲気中の乱れは、H₂濃度の上昇が主な原因であります。このことから、膜フィルターなどを用いて炉内雰囲気からH₂のみを選択的に炉外に排出することができれば、ガスフロー量を増やすことなく炉内ガス組成を安定化できることが期待されます。

そこで良好なH₂選択透過性能が期待できる膜として芳香族ポリアイミド膜に注目し、ガスフィルターとして市販されているポリアイミド中空糸ガスフィルターモジュールを用いて炉内雰囲気安定化ユニットを製作し、これを

既存のバッチ型ガス浸炭炉と組み合わせることで、ガス使用量の著しい削減が期待できる新しいガス浸炭炉を試作しました。その全体構成模式図を図2に示します。炉内ガスの循環系を既存の浸炭炉に追加し、ガス循環系の途中に新たに製作した炉内雰囲気安定化ユニットを挿入します。炉内雰囲気安定化ユニットの排気側を減圧することで、炉内雰囲気から H_2 を選択的に排出させる仕組みとし、圧力を制御することで H_2 の排出量を制御します。

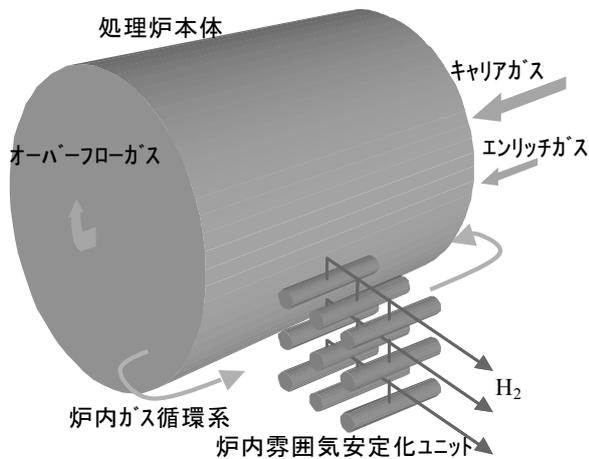


図2 試作した新型ガス浸炭炉の構成模式図

新型炉のガス浸炭処理性能

炉内雰囲気安定化ユニットを作動させながら、前述のように標準的な量の1/4以下のガスフロー量で処理を行った場合の、炉内雰囲気ガス組成の時間変動の様子を図3に示します。図1に示した一般的なガス浸炭炉でガス量を減じた場合の結果と異なり、 H_2 濃度の著しい上昇や CO 濃度の減少は認められません。一般的なガス浸炭炉において多量のガスをオーバーフローさせている場合と同レベルに炉内雰囲気が安定化できています。

少量ガスフロー条件下でのガス浸炭炉内雰囲気の安定化が実現できたことで、一般的なガス浸炭炉において多量のガスをオーバーフローさせ、炉内雰囲気を安定化した上で浸炭処理を行った場合と同レベルの品質の浸炭処理が期待できます。今回提案している新型炉

を用いて浸炭処理を行った場合の炭素濃度分布を図4に示します。一般的なガス浸炭炉においてガスフロー量を抑制した場合、標準的なガスフロー量の場合とは異なる炭素濃度分布を示していますが、新型炉を用いた処理の場合、ガスフロー量を著しく削減しても標準的なガスフロー量の場合と同じ炭素濃度分布であることがわかります。

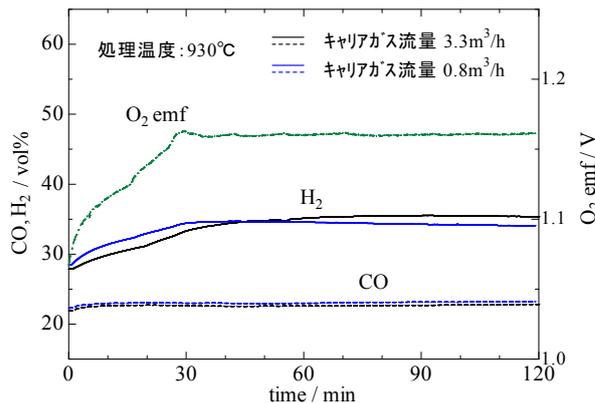


図3 浸炭中の炉内 CO 、 H_2 濃度変化 (新型ガス浸炭炉の場合)

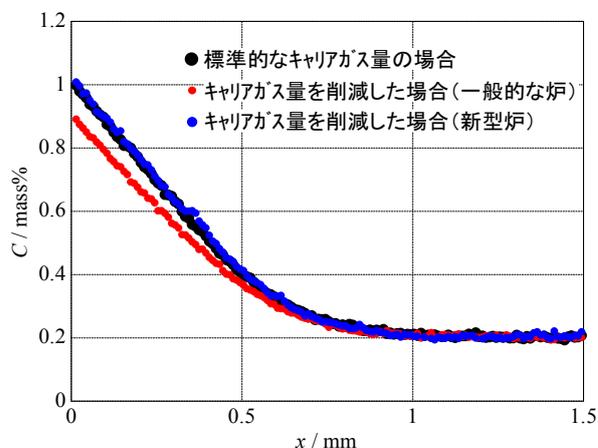


図4 浸炭処理後の深さ方向炭素濃度分布

おわりに

試作した新型ガス浸炭炉での検証実験により、現行の標準的な量の1/4以下のガスフロー量で、現行と同等品質の浸炭処理が可能であることが確認できました。産業界全体での温室効果ガス削減の取り組みが、今後ますます進むと予想されることから、本技術が課題解決の一助になればと願っております。