

大気圧プラズマジェット系を用いた低合金鋼の浸窒焼入れ処理

Nitriding-Quenching for Low-Alloy Steel using Atmospheric-Pressure Plasma Jet System

大分大工¹, 静岡理工科大理工²

〇市来龍大¹, 永松寛和¹, 井上貴史¹, 吉田昌史², 赤峰修一¹, 金澤誠司¹

Oita Univ.¹, Shizuoka Inst. Sci. Technol.²

〇R. Ichiki¹, H. Nagamatsu¹, T. Inoue¹, M. Yoshida², S. Akamine¹, S. Kanazawa¹

E-mail: ryu-ichiki@oita-u.ac.jp

プラズマによる金属の表面改質技術は、我が国のものづくりを根底から支える金型産業や自動車部品産業においてなくてはならない技術である。我々はこれら機械産業に新たなプラズマ技術を提供すべく、大気圧プラズマジェット窒化処理による合金工具鋼の表面硬化法の研究を行っている [1]。しかし窒化処理では、Cr や V 等のレアメタルを含有しない安価な低合金鋼はほとんど硬化しない。そこで新たに、低合金鋼の表面硬化も可能である「浸窒焼入れ処理」を大気圧プラズマジェット系で行う着想に至った。この技術は我が国の資源リスクを低減させる可能性、また安価な鉄鋼に付加価値を与える可能性を有している。

浸窒焼入れは 3 つの工程を経て達成される。①鋼をオーステナイト変態点以上に加熱する (昇温工程)。②鋼の表面に N 原子を拡散固溶させる (浸窒工程)。③鋼を急冷し、鉄-窒素マルテンサイト相を形成し硬化させる (焼入れ工程)。通常の熱処理では炉中で昇温し、水や油により焼入れを行う。一方、我々が目指す技術は、昇温・浸窒工程はプラズマジェットの照射により、焼入れ工程はジェットノズルからの衝風冷却により達成するといった、プラズマジェット系のみを用いた簡易なドライプロセスである。今回は浸窒焼入れの原理実証のため、焼入れ工程には水焼入れを利用する。

実験は、パルスアーク型大気圧プラズマジェットにより行った。動作ガスは N_2/H_2 混合ガスであり、流量比はこれまでの窒化処理実験において最も窒化層が厚くなった 20 slm : 0.22 slm とした。内部電極に ± 5 kV、数 μs の高電圧パルスを 21 kpps で印加してパルスアーク放電を起こし、アフターグローを先端のオリフィスより噴射し、ジェットプルームを形成する。ジェットノズル先端は簡易な石英カバーが付いており、処理雰囲気は動作ガスでパージし残留酸素を低減している。供試材として、実質的に合金元素を含んでいない冷間圧延鋼板 SPCC (寸法 60 mm

$\times 60$ mm $\times$ 厚さ 1 mm, 硬度 150 Hv) を用いた。ノズル-試料間距離を 4 mm に設定し、プラズマにより試料を 800~900°C に昇温すると同時に試料表面へ浸窒し、浸窒後に支持台から 0°C 付近の冷却水中へ試料を落下させ水焼入れを行った。

図 1 は、処理後の試料断面の硬度分布である。横軸の原点はジェット照射の中心に対応しており、原点を中心とした半径数 mm の“リング”部分の硬度が約 700 Hv まで上昇していることが分かる。この硬度は他の硬化法では達成されないものであり、浸窒焼入れが可能であることを示唆している。また、処理時間の増加に伴い、高硬度のリングの半径が増加していることが分かる。この不均一な硬度分布は、ジェットプルーム中のラジカル密度分布の不均一性に起因していると考えられる。そのため硬化層の窒素密度が不均一となり、マルテンサイト相の割合が場所によって異なっている可能性を考えている。講演では、硬化層の金属組織および窒素濃度の分布についても報告し、より均一な硬化層を形成するための対策について議論する。

[1] R. Ichiki *et al.*, Mater. Lett. **71**, 134 (2012).

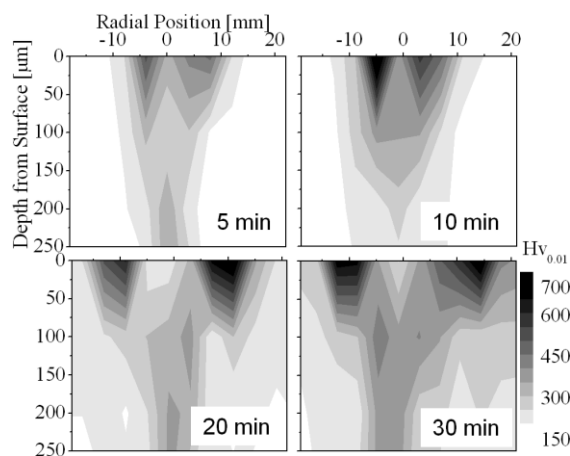


Fig. 1 Hardness profiles of SPCC cross section for several treatment durations.