

超耐摩耗 VSH (Vacuum Plasma Spray and Hot Isostaic Pressing) ガイドローラ

1. 緒言

線材、形鋼等の鉄鋼製品圧延ラインに使用されているガイドローラは、ラインの生産性向上のため長寿命化が望まれている。このため近年、自溶性合金に炭化タンゲステン（以下、WC と略称）を含有させた溶射複合ローラや粉末高速度工具鋼焼結材（以下、ハイスカプセル HIP と略称）複合ローラが一部で使用されている。

WC 含有自溶性合金溶射皮膜は、溶射後1320 K 付近の高温にて再溶融処理が行われるため自溶性合金は基材に拡散し、他の溶射皮膜に比べ密着力が強く、ガイドローラ等の過酷な使用条件においても優れた耐摩耗性を示す。しかしながら、WC 含有自溶性合金は、WC と自溶性合金の比重差が大きく、WC の分散性が問題となる。また、再溶融処理により発生したホウ硅酸ガラスの一部が自溶性合金内部に封入されている¹⁾ため、強い衝撃を受けると介在ホウ硅酸ガラス部分が起点となり、割れや剥離等が発生することがある等の問題点も多い。また、ハイスカプセル HIP 複合材は、外層部に耐摩耗性に優れた粉末ハイス材を用い、炭素鋼芯材とを熱間静水圧加压処理（以下、HIP と略称）により複合化させたもので、WC 含有自溶性合金溶射皮膜に比べ、偏析が少なく組織が微細であり高性能であるものの、線材ガイドローラ等の小型品で湾曲した表面をもつローラにおいては、HIP 時のカプセル製作コストが大きく経済的でない、HIP を行っても粉末ハイス原粉表面酸化物の残留により、靱性に悪影響がある等の問題点もある。²⁾⁴⁾

VSH ガイドローラは、粉末ハイス材を低圧プラズマ溶射により基材表面に皮膜を形成させたのち、カプセルレス HIP 処理を施すことにより、緻密で内在欠陥の無い均一な組織をもつ、優れたガイドローラである。

2. 適用プロセスの概要

2.1 低圧プラズマ溶射

低圧プラズマ溶射の原理を図-1 に示す。³⁾真空容器内を0.13 hpa 以下の圧力としたのち、アルゴンガスを注入、所定の圧力とし、プラズマジェットを発生させ、粉末ハイス材を供給する。粉末ハイス材料は、プラズマジェット中を飛行中に溶融し、基材に衝突、急冷凝固する。この溶融、衝突、急冷凝固が繰り返し行われ皮膜が形成される。

低圧プラズマ溶射皮膜は、他の溶射プロセスによる皮膜に比べ酸化されることがなく気孔の少ない溶射皮膜となる。

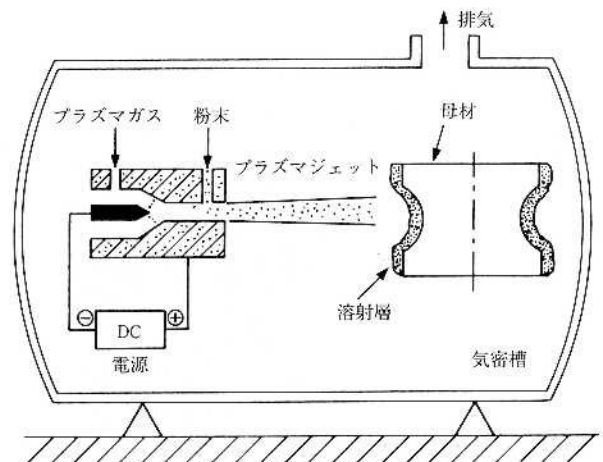


図-1 減圧プラズマ溶射の概念図

2.2 HIP

HIP の原理を図-2 に示す。高压容器内に低圧プラズマ溶射により成膜された基材を挿入後、アルゴンガスを圧力媒体として、約191MPa、1423 K の条件により3 hr の HIP 処理を施すことにより、内在欠陥を押し潰し緻密な皮膜を形成させ、基材と冶金的な結合を行うことができる。

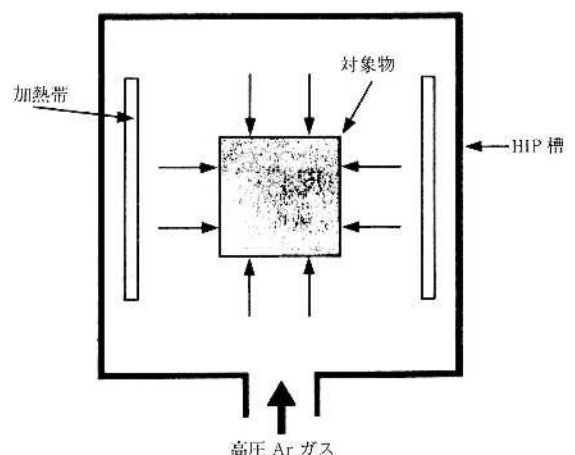


図-2 HIP の概念図

3. VSH プロセスの特徴²⁾⁴⁾

VSH プロセスは、低圧プラズマ溶射と HIP 処理の併用により、次の特徴を有する。

- (1)HIP 処理による基材界面の冶金的結合。
- (2)低圧プラズマ溶射での急冷凝固による組織の微細化。
- (3)低圧不活性ガス内での粒子の衝突、偏平化に伴う、酸化物やオーステナイト粒界の破壊分散による高靱性化。
- (4)低圧プラズマ溶射採用による、カプセルレス HIP の実現。
- (5)HIP 処理による内封欠陥の根絶。
- (6)高炭素高合金粉末ハイス材料による高硬度と超耐磨耗性。
- (7)低圧プラズマ溶射による湾曲表面への被膜の形成。

図-3 に VSH 材と比較材として、WC 含有自溶性合金溶射材、粉末ハイスカプセル HIP 材の硬度およびマイクロ組織例を示す。VSH 材は他のプロセスに比べ Hv983 と高い硬度を示し、内封欠陥のない微細な組織となっている。また、炭化物の寸法と分散性の違いも明瞭である。図-4 に VSH 材皮膜基材界面のクロムの濃度分布を EPMA により線分析した結果を示す。基材は S45C であり、クロムの濃度勾配の存在は、皮膜中のクロムが基材側に拡散したことを示し、冶金的に結合していると判断される。図-5 にアムスラー摩耗試験結果を示す。図中の比較材は図-3 の組織写真と同一比較材であり VSH 材が耐摩耗性にも優れていることが確認できる。また、シャルピー衝撃値は、VSH 材、6.3J/cm² に対して粉末ハイスカプセル HIP 材は 3.1J/cm² であり、粒子間酸化物の分散効果と、組織微細化の効果により VSH 材が耐衝撃にも優れていることが確認された。

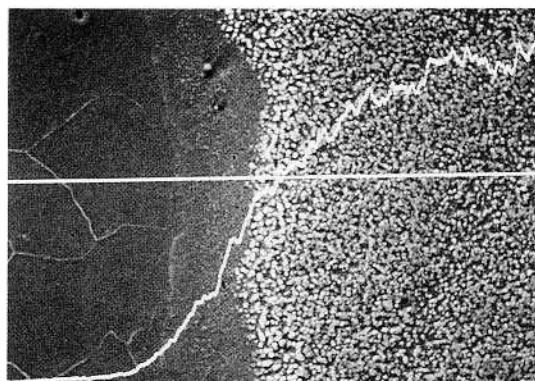


図-4 境界部の EPMA 組織

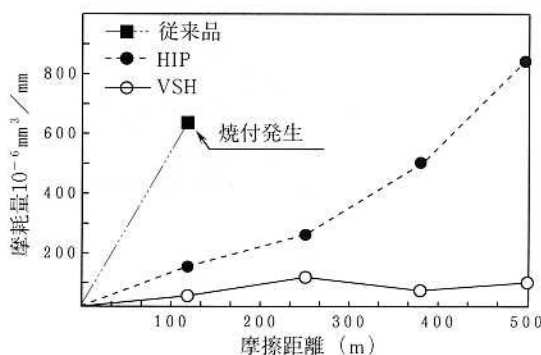


図-5 アムスラー摩耗試験結果

4. 実機評価

4-1²⁾ 図-6 に N 社鋼管機押さえローラを示し、図-7 に評価結果を示す。SKS 材に比べ使用開始後 3 週間以降の摩耗進行は軽微であり、肌荒れの発生もなく、SKS 材に見られる毎週の研磨作業が不要となった。

区分	組織	材質
V S H		溶射ハイス HV=983
H I P		粉末ハイス HV=843
従来品		自溶性合金 + WC HV=760

50 μm

図-3 金属組織と溶射層の硬さ



図-6 鋼管テストールの外観

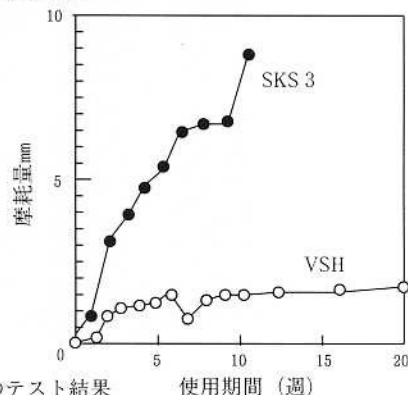


図-7 鋼管ロールのテスト結果