

耐土砂摩耗コーティング技術の開発

2014-10-01

トーカロ株式会社

溶射技術開発研究所

[1]開発の背景

ポンプや水車に代表される水力機械においては、ランナーやケーシングなどの部品が運転中に高流速のスラリー(液体と固体粒子の混合流体)に常時曝されるため、土砂摩耗による部品の損傷が大きな問題となっている。そのため、従来から土砂摩耗損傷の著しい流水面には溶射法により耐土砂摩耗コーティングが施され、部品の長寿命化が図られてきた。しかしながら、水力機械の回転数の高速化や水中土砂含有量の多い河川での使用などが進み、最近ではより耐土砂摩耗性に優れたコーティング技術の開発が望まれている。

ところで、国内のポンプ市場は東日本大震災の復興需要はあるものの、インフラがほぼ完全に発達しているため、公共事業では1998年度に約1800億円あった市場が、2010年度には約600億円と、1/3に落ち込んでいる(出典:日本産業機械工業会)。一方、世界のポンプ市場は年々拡張を続けており、2009年に約194億ドル(約1兆5500億円)だった市場規模は、2016年には262億ドル(約2兆1000億円)まで増加すると予測されている(出典:Frost & Sullivan)。特に、中国、インドの市場は合算で世界の50%以上を占めている。

以上より、トーカロ株式会社(兵庫県神戸市 三船法行社長)では、2012年から水力機械向けの耐土砂摩耗コーティング技術の開発を、中国清華大学材料学院の潘偉(Pan Wei)教授との共同研究により進めてきた。

[2]新たに開発した耐土砂摩耗コーティング技術

世界トップの技術を開発するためには、海外における需要の本質を把握する必要がある。このような観点から、中国の代表的な河川である黄河中下流域において土砂水を採取し、土砂含有量などの調査を実施した。その結果を図1にまとめる。すなわち、黄河土砂水の土砂含有量は0.07(中流:鄭州)~0.14(河口:東菅)g/cm³と非常に多く、土砂の粒径は60~100μm、土砂の主成分はポンプや水車を構成する金属材料よりも硬いシリカ(SiO₂)とアルミナ(Al₂O₃)であり、その合計は土砂全体の80%と高いことが明らかになった。実際に、黄河においては浚渫用ポンプ部品の土砂による早期摩耗が大問題となっており、ポンプ部品の長寿命化の要求度の高いことが明らかになった。

実用に供した溶射材料はタングステンカーバイド(WC)系サーメット粉末であり、溶射法は複雑構造体へのコーティングが可能である高速フレーム溶射(HVOF)^{*1}を採用した。フレームの速度は超音速(1000m/s以上)で、粒子の基材への衝突速度は400m/s以上である。図

2には、新たに開発した耐土砂摩耗コーティング技術により得られた皮膜の断面組織写真を示す。図から明らかなように、微細な組織であると共に、非常に緻密な皮膜でビッカース硬さは 1130HV ある。さらに、高速で溶射粒子を吹き付けることにより、コーティングと基材との密着力は高い。

* 1 高速フレイム溶射 (High velocity flame spraying)

ガス炎を熱源とするフレイム溶射法の一つ。燃焼室の圧力を高めることにより、連続燃焼炎でありながら爆発溶射炎に匹敵する高速火炎を発生させ、これを用いることを特徴とする。溶射粉末が高速度で基材に衝突するため、緻密な皮膜を形成する。連続的に皮膜が形成されるので爆発溶射法よりも皮膜形成速度が大きくなっている。高圧の酸素とプロピレンあるいは水素などの燃料ガスを燃焼室に供給し、粉末材料が搬送ガス(通常、窒素)により火炎中供給される。HVOF (High velocity oxy-fuel)法とも呼ばれる。(日本溶射学会 溶射用語集より引用)

[3]耐土砂摩耗コーティングの高流速土砂摩耗特性

図3には、中国清華大学の高流速土砂摩耗試験装置を示す。スラリーをノズルから試験片表面に向けてジェット噴射し、回収したスラリーを圧力ポンプにより循環させて噴射する方式である。ジェット噴流に対する試験片の角度を変化させることで、各種試験片の土砂摩耗特性に及ぼす噴射角度の影響を明らかにした。試験は、実機条件を加速した条件により実施した。すなわち、流速 50m/sec、固体粒子は平均粒径 100 μ m のアルミナ (Al_2O_3) 粒子、水中土砂含有量は 0.42g/cm³とした。

図4には、土砂摩耗特性(エロージョン速度)に及ぼす噴射角度の影響をまとめて示す。図中には、中国のポンプ材料として良く使われている 27%Cr 鋳鋼、ならびに他社製の HVOF による WC 系溶射皮膜(高硬さ、低靱性)の試験結果を比較材として示す。図から、比較的延性に優れた 27%Cr 鋳鋼は、低噴射角度においてエロージョン速度が速く、高噴射角度(90° 付近)においてエロージョン速度が遅くなる傾向を示す。一方、ビッカース硬さ 1270HV と硬く、靱性に乏しい WC 系溶射皮膜は、低噴射角度においてエロージョン速度が遅く、高噴射角度においてエロージョン速度が速くなる傾向を示す。これらに比べて、新たに開発した WC 系耐土砂摩耗コーティングのエロージョン速度は、噴射角度の依存性が少なく、世界トップクラスの優れた耐土砂摩耗性を実現した。すなわち、27%Cr 鋳鋼比で低噴射角度側は 19 倍、高噴射

角度側は 6 倍の優れた耐土砂摩耗性を示した。これは新たに開発した WC 系耐土砂摩耗コーティングでは、皮膜の硬さと靱性の適正なバランスが実現できたためと考えられる。

[4] 今後の計画

新たに開発した耐土砂摩耗コーティング技術は、現在、各種ポンプ（産業用ポンプ、排煙脱硫ポンプ、浚渫用ポンプなど）や水車発電システム部品への適用を進めている。

また現在、中国における海外子会社である東華隆（広州）表面改質技術有限公司と連携して、清華大学と中国産業用ポンプメーカーと共同で耐土砂摩耗コーティングの実証試験を予定している。

今後は、新たな成長領域として位置付けられている環境・エネルギー分野や石油＆ガス分野など、グローバル市場での溶射加工の需要開拓を進める方針である。

以上

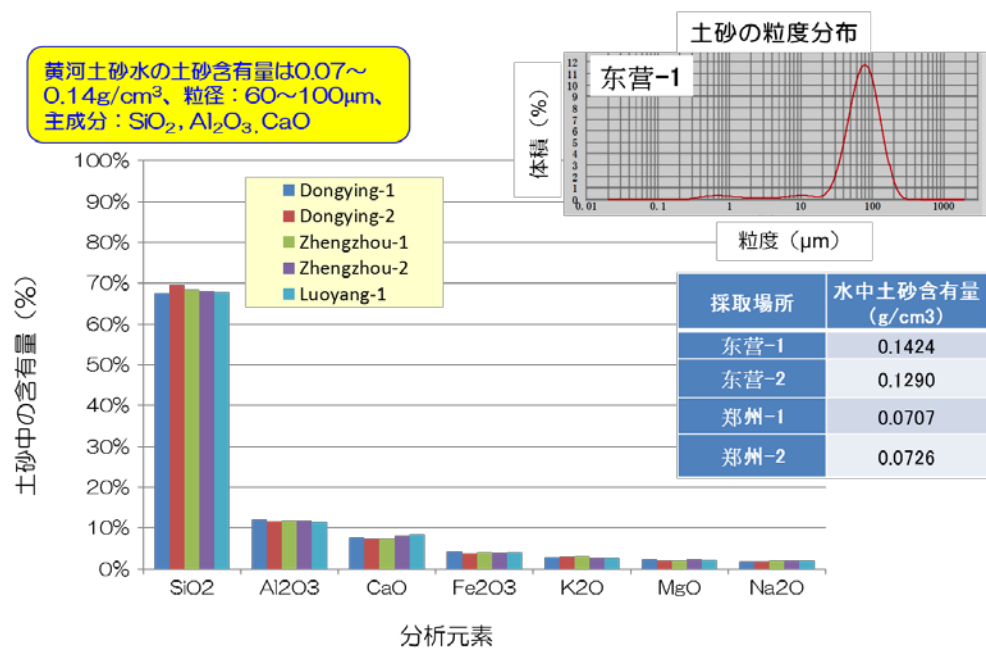


図1 黄河中下流域で採取した河川水の土砂含有量の調査結果

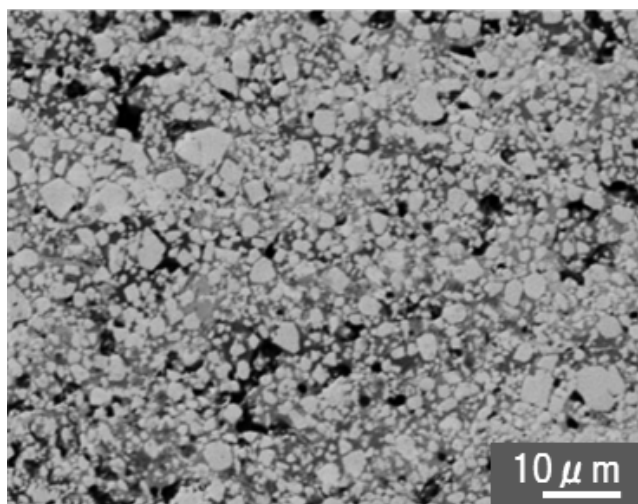


図2 新たに開発したタングステンカーバイド系の耐土砂摩耗コーティングの微細組織

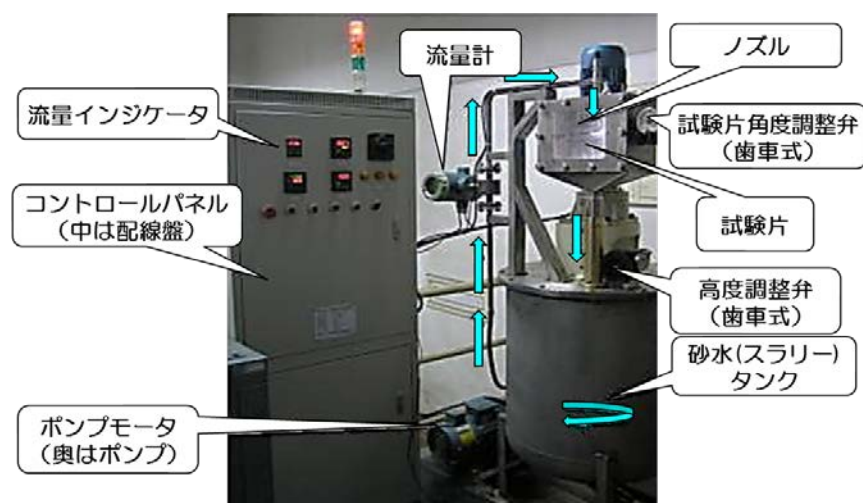
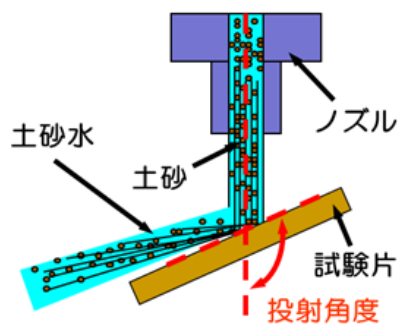


図3 中国清華大学の高流速土砂摩耗試験装置

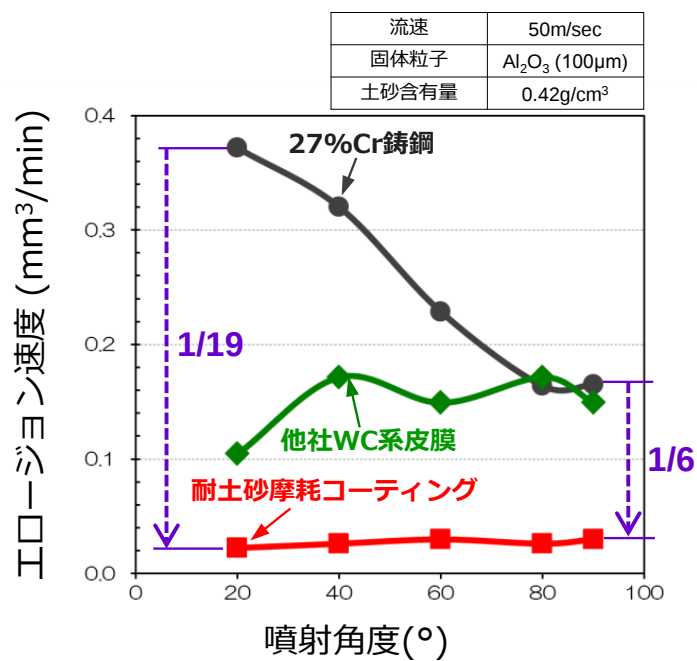


図4 高流速土砂摩耗試験により得られたエロージョン速度と噴射角度の関係