可搬式プラズマ溶射装置の実用化研究

エネルギア総合研究所　発電・材料担当　田中　輝夫

1 まえがき

火力発電所では，燃料として使用する石炭や燃焼後に発生する灰により，摩耗や腐食による減肉が多く頻繁に修理を行っている。これらの機器の耐久性を向上するため，当所では溶射（コーティング）技術の研究を進めている。

従来のプラズマ溶射装置は，設備が大掛かりなため現場で容易に施工できなかった。そこで，溶射トーチの高性能化・小型化を図り，現場で施工が可能な可搬式プラズマ溶射装置を開発した。

本装置の実用化に向け，運用性や実機での有効性を検証するため，当社火力発電所において実機試験を実施したので，その研究成果を紹介する。

2 研究概要

（1）可搬式プラズマ溶射装置の開発

a．プラズマ溶射の原理

直流アーク放電にガスを吹き付け，発生したプラズマの熱エネルギーを利用して，セラミックスや金属粉末材料を溶融し，基材に吹き付け皮膜を形成する技術である。

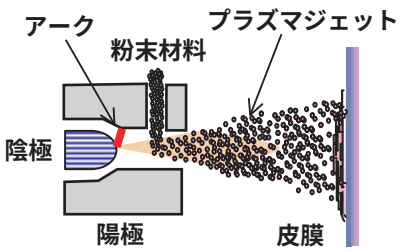


図１　一般的なプラズマ溶射トーチ（単トーチ型）

b．溶射トーチの高性能化

従来のプラズマ溶射トーチは，プラズマジェットの途中に材料を投入しており，プラズマ内部の高温域を十分活用できていなかったが，電極の中心からプラズマアークの軸中心へ直接材料を送入する技術（ツインカソード型）を開発した。本技術を用いることで，発生した熱エネルギーを最大限に活用し，低出力でも高品質な皮膜の形成が可能となった。

ツインアノード型の主トーチは，陰極であり電子を放出するため高温状態を維持する必要あり，電極の中心から溶射材料を送入すると，電極内部で材料が溶融し閉塞する問題があった。

陽極は電子を受ける側であり，高温にする必要がないため，陰極と陽極を入れ替えることによって，電極の中心から材料を送入することが可能となった。（特許3733461号）

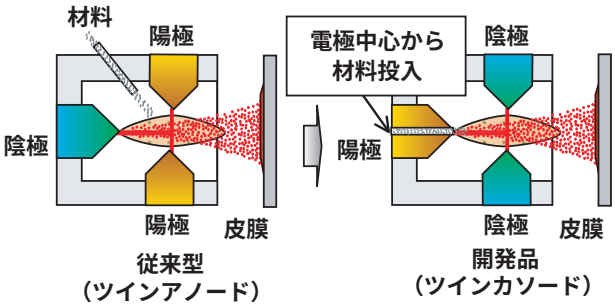


図２　溶射トーチの改良

c．電極の長寿命化

開発当初は，電極の先端部で材料が溶着し数分程度で閉塞する事象が度々発生した。

詰まり現象を分析したところ，電極先端部で溶融材料の巻き込みが発生していることが判明した。そこで，電極構造を改良（ガス噴出口設置等）し，連続使用時間が大幅に向上した。（特開2007－90209）

写真１　電極（陽極）の改良

d．装置のシステム化

従来のプラズマ溶射装置は40kWの出力を要し，装置一式の重量も3.5tと大掛かりなものである。

本装置は20kWと低出力でありながら，40kW級の溶射装置と同等以上の性能を有している。装置全体の重量は約1.5tと小型トラック1台で運搬可能なコンパクトなシステムである。

写真２　小型トラックへ搭載

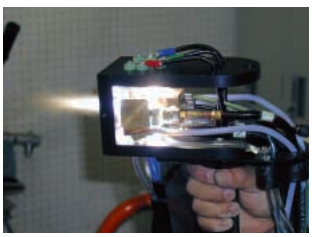


写真３　ハンドガン

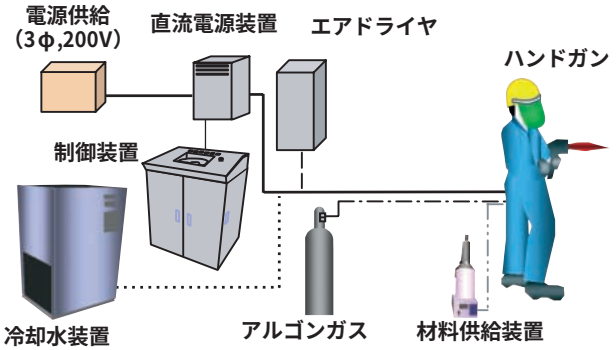


図３　可搬式プラズマ溶射装置構成図

表１　装置仕様

項　目		仕　様	備　考
重量	装置全体	1.5t	従来型（40kW級）3.5t
	ハンドガン	1.0kg	
所用電源		20kW	従来型の1/2
運用半径		40m	制御装置～ハンドガン

e．溶射皮膜の性能評価

高硬度で緻密質な皮膜が形成できる。セラミックスはもとより，サーメットの溶射も可能である。

表２　皮膜性能の比較（ビッカース硬度）

溶　射　材　料		本装置	従来装置
セラミックス	Cr_2O_3	1,192	1,200
	ZrO_2	821	600
サーメット	Cr_3C_2/25NiCr	1,060	800
	WC-NiCr	1,287	1,000

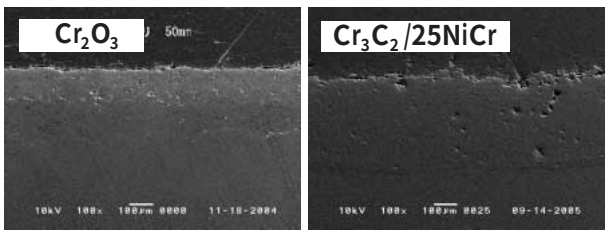


写真４　皮膜断面

（2）実機溶射試験概要

当社火力発電所において実機溶射試験を行い，実機での有効性を検証した。試験部位は，次の条件を基に選定した。

① 取り外しや運搬が困難で現場施工が適する箇所
② 形状が複雑でロボットでの施工が難しい箇所
③ その他溶射による効果が期待できる箇所

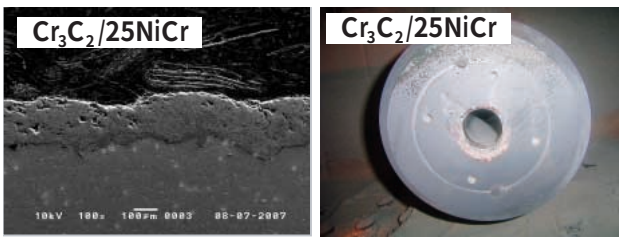
写真５　実機試験状況

3 研究成果

（1）実機適用性評価

実機曝露試験（1～2年）後，目視および膜厚検査を行い，実機適用性を評価した。

ボイラチューブ等へ溶射効果があり，適用可能と判断できる。しかし，施工上の制約から適用範囲は限られ，特に作業性の悪い狭隘部は，適正な溶射距離，角度等が保たれないため，皮膜性能は劣ることが明らかになった。



ボイラチューブ（皮膜断面）　PFBC用バーナノズル

写真６　実機曝露試験後

表３　主な試験部位の評価

試 験 部 位	評	価
ボイラチューブ（水冷壁蒸発管）	○	若干の減肉は認められるが，剥離はなく皮膜は健全
ボイラチューブ（ノーズ部蒸発管）	△	施工性が悪く，適正な溶射角度，距離が保てないため緻密な皮膜が形成されない
通風機ケーシング	○	一部損傷は認められるが，皮膜は健全
スラリーポンプケーシング	○	同上
灰処理ホッパー	△	作業環境が悪く，施工面に灰が付着したため密着性が低下し皮膜が剥離
バーナノズル（PFBC用）	○	若干の減肉は認められるが，皮膜は健全

4 あとがき

本研究成果を基に市場規模および採算性を考慮し，事業化を判断する。

また，本研究において溶射に関する知見を蓄積することができたので，今後の研究へ反映して行きたい。