

減圧アークを用いた放射性廃棄物の乾式表面除染技術

背景

プラズマ除染技術は、化学除染やブラスト除染と異なり除染液や研磨剤が不要のため、二次廃棄物が少ないという特長を持つ。種々のプラズマの中で減圧アークは、金属表面の酸化皮膜を選択的に除去するという性質を持つこと、処理の高速性等から、最も実用化に近いと考えられる^{*1}。そこで、電力中央研究所では、原子力施設の運転・解体時に発生する放射性金属廃棄物を対象とした減圧アーク除染技術の研究開発を進めている。しかし、⁶⁰Co放射能除染性能等は明らかでない。

目的

減圧アーク除染技術における(1)適用可能な処理対象、(2)⁶⁰Co放射能除染性能、(3)処理時に発生するダストの回収方法の観点から、減圧アーク除染技術の放射性金属廃棄物への適用可能性を明らかにする。

主な成果

減圧アーク除染装置(図1)を用いて、模擬放射性廃棄物試験片に減圧アークを適用し、以下の成果を得た。

1. 適用可能な処理対象

軽水炉一次冷却水系環境下で形成した腐食生成物皮膜を含む種々の組成、膜厚の酸化皮膜を減圧アークにより除去できることを明らかにした(表1、図2)。また、配管形状の処理対象にも適用できることを確認した。

2. ⁶⁰Co放射能除染性能

⁶⁰Co放射能除染性能の観点からのガス種、圧力に関する推奨処理条件として、アルゴン、40Pa、および一酸化炭素、40～700Paを得た。この条件下で⁶⁰Co除去率約90%を達成することができた(図3)。

また、この時の⁶⁰Co除去率向上の機構は次の様であることを明らかにした。減圧アークにより、腐食生成物皮膜を除去すると、腐食生成物皮膜内に存在する⁶⁰Coの一部は、母材金属表面から約30μmの厚さ領域に移行し、残留する。この⁶⁰Coが残留する割合は、主に雰囲気圧力に依存し、処理前の⁶⁰Coの20～80%である。この後、更なる減圧アーク処理の繰り返しによって⁶⁰Coを含む母材金属を蒸発・除去することにより、⁶⁰Co除去率が向上する。

3. 処理時に発生するダストの回収方法

気流を用いたダストの回収方法に関して、推奨処理条件下でダスト回収率^{*2}最大60%を得、減圧アーク除染におけるダストの回収方法としての有効性を確認した。

以上より、減圧アーク除染技術の放射性金属廃棄物への適用可能性を明らかにした。

今後の展開

減圧アーク除染技術の確立に向け、核種の飽和蒸気圧などが除染性能に及ぼす影響を解明する。

主 担 当 者 電力技術研究所 高エネルギー領域 主任研究員 古川 静枝
材料科学研究所 PD センター 上席研究員 神戸 弘巳

関連報告書 電力中央研究所報告:W01004, W01011, T02026, W03017, H04019

*1 足立、他、電力中央研究所 調査報告 W00030 (2001)

*2 吸引気流による回収を行っていない場合に試験片上に残留したダストの重量に対して、回収を行った場合に低減できた試験片上のダストの重量が占める割合をダスト回収率と定義した。

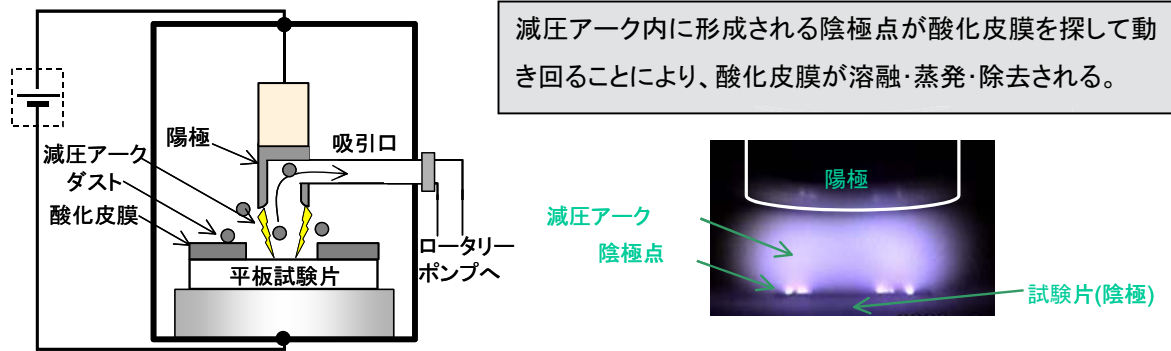


図 1(a) 吸引機構つき減圧アーク除染装置

(b) 減圧アークの様相(電流60A, 圧力20Pa)

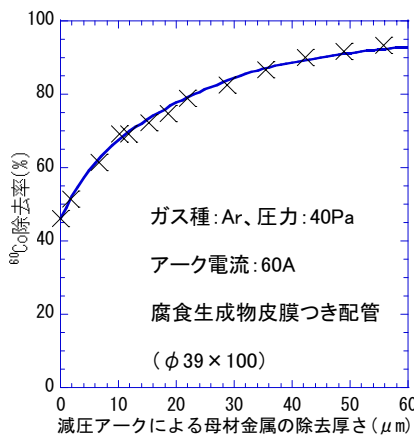
表 1 減圧アークにより酸化皮膜除去ができた模擬放射性廃棄物試験片

形状	平板 10×20mm~100mm 角、配管 φ39×100mm~φ114×200mm
母材金属材質	SUS304、SUS316L、SUS430、インコネル 600、S50C、SS400
酸化皮膜種類 (組成、膜厚)	⁶⁰ Co含有腐食生成物皮膜 (Fe ₂ O ₃ , FeCr ₂ O ₄ 等、1~2 μm)、熱酸化皮膜 (FeCr ₂ O ₄ 等、1~2 μm)、黒皮 (Fe ₃ O ₄ 、7 μm)、白・赤錆 (ZnO, Fe ₂ O ₃ 、数 100 μm)

	写真	SEM 写真
処理前	 ※基板表面に腐食生成物皮膜が形成されている。	 ※腐食生成物皮膜の結晶粒界が観測されている。
処理後	 ※金属光沢が観測されている。	 ※結晶粒界が消失している。

腐食生成物皮膜の除去を確認した。

図 2 酸化皮膜の除去(腐食生成物皮膜の例)



腐食生成物皮膜除去時には、⁶⁰Co除去率は約 50%であるが、その後の繰返し処理により、母材金属表面内にある⁶⁰Coを除去することができ、⁶⁰Co除去率は向上する。

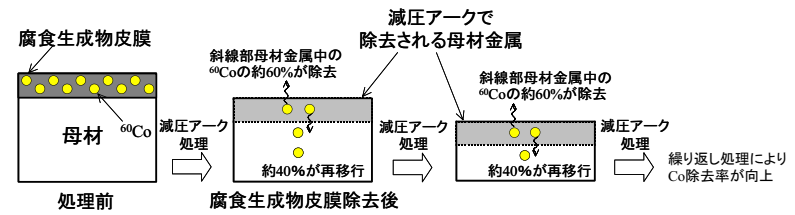


図 3 母材金属の除去厚さと⁶⁰Co除去率の関係(ガス種Ar、圧力 40Pa)