

2004 ANS Annual Meeting/ ICAPP04 参加報告

期日：平成16年6月12日～6月19日

出張者：原子核工学専攻博士後期課程1年 近藤 正聡

出張先：ピッツバーグ、米国

COE-INES において概念設計と基盤技術研究が行われている鉛ビスマス冷却炉に関する研究成果を発表するため、米国原子力学会年次大会/新型炉に関する国際会議(Embedded International Topical Meeting/2004 ANS Annual Meeting, 2004 International Congress of Advanced Nuclear Power Plants (ICAPP04))に出席し、「鉛ビスマス流れにおける酸化皮膜形成に対する鋼材表面粗さの影響(Effect of surface roughness of steels on oxide layer formation in a liquid lead-bismuth flow)」と題する研究発表と討論を行った。発表は、学会初日の午後(6月14日、13時20分)、次世代炉における材料の問題(Material Issues for Next Generation Plants)と題されたセッション内で、Omni William Penn Hotel 内にあるRiverboat(William Penn Lever)を講演会場として実施した。上記、題目の講演を20分程度実施した後、会場からの幾つかの質問に対して、討論を行った。

講演内容は、革新型小型高速炉として期待されている鉛ビスマス(Pb-55Bi)冷却炉の構造材料や炉材料を、機械的に製作した際に発生すると予想される鋼材表面の凹凸(表面粗さ Ra(arithmetical mean surface roughness:算術平均粗さ)=5-30 μ m)が、高温/高比重の液体鉛ビスマス中でエロージョン(機械的侵食)/コロージョン(液体金属腐食)を促進するという現象を定性的に分析する研究である。試験条件としては、鉛ビスマス高速炉の構造材料が置かれる状況に近い条件とし(Pb-Bi 温度:550、流速 1m/s)、試験対象鋼材としても、既存鋼の中で Pb-Bi 炉の構造材料として使用される鋼材の基本組成に近いと考えられる、HCM12 鋼(12Cr-1W)、STBA28 鋼(9Cr-1Mo)、SUS316 鋼(18Cr-12Ni)、ODS 鋼(11Cr)を選定した。結果として、鋼材表面の凹凸は、高温鉛ビスマス流れにおいて成長過程の酸化皮膜内に応力集中を発生させ、腐食抑制の効果を持つと考えられている酸化膜の亀裂進展、破壊、剥離を促進し、最終的には鋼材の腐食率を上昇させたと考えられる。(図1)

会場からの質問は、鉛ビスマス中において凹凸の存在する鋼材表面に形成された多層状酸化皮膜は、内層と外層が類似した化学組成を持つという分析結果に対し、内層酸化皮膜は外層酸化皮膜の形成により、酸化反応時の酸素ポテンシャルが減少し、 Fe_3O_4 (マグネタイト鉄酸化物)よりも低い酸素ポテンシャルで形成される Cr 富化された酸化皮膜の $Fe(Fe_{1-x}, Cr_x)_2O_4$ が形成されるという金属高温酸化理論との相違に関する事であった。それに対する回答として、外層酸化皮膜が下地金属表面の凹凸による応力集中と高比重の鉛ビスマス流による摩擦応力、せん断応力により破壊され、酸化皮膜の保護能力を失い、内層酸化皮膜形成の際に、外層酸化皮膜による酸素の拡散等の抑制が不十分となり、酸素ポテンシャルが減少しなかったという論理を示唆した。更に、会場からのコメントとして、今回の500時間、1000時間の試験に加え、1500時間、3000時間の長時間試験を実施し、放物線則に従うとされる酸化皮膜成長挙動の律促時における表面粗

さの影響を明確にする事の必要性を問われた。以上の議論内容は、今後の研究に活かしていきたいと考えている。

その後、液体金属関連のテクニカルセッションで、ソウル国立大学(Soul National University)で液体金属腐食の研究をされている Hwang 教授にお会いした際に、同様の研究をしている大学院博士後期課程 1 年の Na さんを紹介して頂いた。更に、他のセッションを通じ、マサチューセッツ工科大学(Massachusetts Institute of Technology)で液体金属流動技術関連の研究をしている学生のグループとも交流を持つ事ができた。(写真 1) 今回の国際会議を通じ、研究成果を海外に発表すると同時に、鉛ビスマス冷却技術に関する海外の最新の研究成果、研究の傾向等を把握する事ができた。更に、同分野の研究を行っている友人達と知り合えた事は、今後研究を続けていく上で励みになると考えている。彼らとは、今後、交流を深め、将来の革新炉を共に開発していく親友となれればと思っ

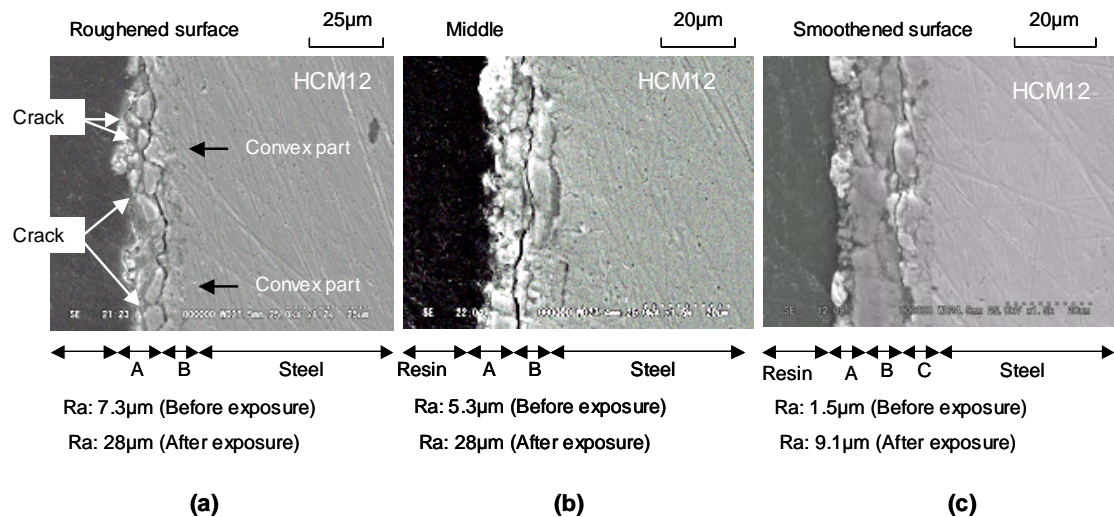


図1 550 の鉛ビスマス流れに 1000 時間浸漬した HCM12 鋼の表面に形成された酸化皮膜の性状：((a)粗い表面(Ra=7.3µm)の場合、(b)滑らかな場合と粗い場合の中間の表面 (Ra=5.3µm)の場合、(c) 滑らかな表面 (Ra=1.5µm)の場合。A：外層酸化皮膜、B-C：内層酸化皮膜。)



写真 1 ICAPP04 を通じて知り合った友人達