

新型炉に関する国際会議 ICAPP05 参加報告

出張期間：平成 17 年 5 月 16 日～5 月 19 日

出張者：原子核工学専攻博士後期課程 2 年 近藤 正聡

出張先：ソウル 韓国

東京工業大学 COE-INES の基盤技術研究活動の一環として鉛ビスマス冷却炉に関する研究成果を公表する為、新型炉に関する国際会議 2005 (2005 International Congress of Advanced Nuclear Power Plants (ICAPP05))に参加し、2 件の研究発表を行った。その発表題目は「流動鉛ビスマス中における予備酸化を施した鋼材の腐食特性に関する研究 (Corrosion Characteristics of Pre-Oxidized Steels in Pb-Bi Flow)」と「酸化鉛温度制御方式による流動鉛ビスマス中の酸素濃度制御に関する研究 (Control of Oxygen Concentration in Lead-Bismuth Flow by Temperature Control of Solid Lead Oxide)」である。上記の発表は、「次世代炉の材料に関する課題(Material's Issues for Next Generation Plants)」と題されたセッションで、Grand Inter Continental Seoul Hotel 内にある Forsythia ホールを講演会場として実施された。

研究発表内容 1 「流動鉛ビスマス中における予備酸化を施した鋼材の腐食特性に関する研究 (Corrosion Characteristics of Pre-Oxidized Steels in Pb-Bi Flow)」 (Paper 5187)

革新型小型高速炉として鉛ビスマス(Pb-Bi)冷却炉が期待されているが、構造材料や炉材料の共存性の課題がある。これまでに実施してきた研究結果から、流動 Pb-Bi 中において鋼材表面に形成される酸化皮膜が腐食抑制に有効である事がわかっている。そこで、予備酸化によりあらかじめ酸化皮膜を形成させた鋼材の腐食特性について調べた。

5 種類の鋼材に関して水蒸気中で予備酸化を施し、Pb-Bi 中 (Pb-Bi 温度 550 、流速 1m/s、Pb-Bi 中酸素濃度 1×10^{-8} wt%、浸漬時間 500 時間) に浸漬した。腐食特性比較の為、予備酸化を施さない試験片も同時に浸漬した。前年度の ICAPP04 で発表した研究成果をふまえ、予備酸化前の鋼材表面粗さは算術平均表面粗さ(Ra) $1 \mu\text{m}$ に統一した。浸漬後、Pb-Bi 中における重量損失測定と鋼材表層断面の SEM/EDX 分析を実施し、腐食特性を評価した。

Figure 1 に重量損失測定の結果を示す。6 種類中、5 種類の鋼材で予備酸化による重量損失の減少が見られる。これは浸漬直後に予備酸化をしていない鋼材が表面を露出し、合金元素溶出型の腐食を生じたのに対し、予備酸化をした鋼材はあらかじめ形成されている酸化皮膜により腐食が抑制された事を示すと考えられる。

Figure 2 に予備酸化を施した鋼材の浸漬前後の表層断面 SEM/EDX 分析の結果を示す。浸漬による液体金属腐食は観察されない。しかし、浸漬後の試験片表面には、予備酸化により形成された酸化皮膜とは明らかに異なる性状の酸化皮膜が観察された。これらの分析結果から、予備酸化によって形成された酸化皮膜が、流動 Pb-Bi により破壊された後、異なる酸化皮膜が形成され鋼材表面を保護したと考えられる。

以上より、予備酸化により形成された酸化皮膜は、初期の腐食抑制には有効であるが、長時間の浸漬には有効ではないと推測される。実機のような長時間の運転(15 年程度)を想定した場合、鋼材が Pb-Bi 中で自然に形成する安定な酸化皮膜を保持する技術が必要であると考えられる。

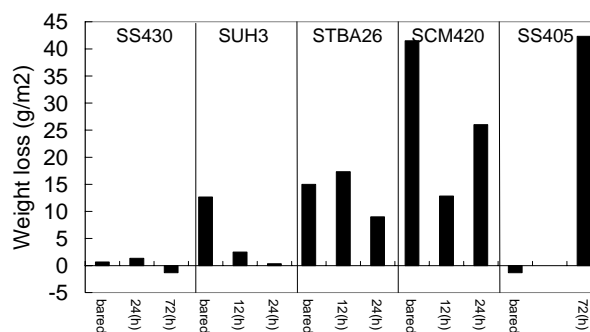


Fig.1 重量損失測定の結果

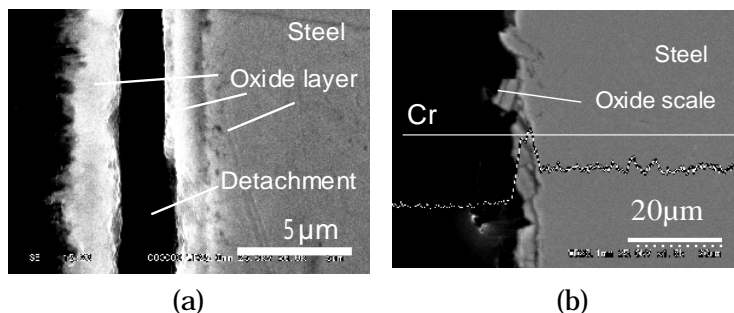


Fig.2 予備酸化を施した鋼材の浸漬前後の表層断面 SEM/EDX 分析の結果 (STBA26 鋼、予備酸化時間 24 時間)

研究発表内容 2 「酸化鉛温度制御方式による流動鉛ビスマス中の酸素濃度制御に関する研究 (Control of Oxygen Concentration in Lead-Bismuth Flow by Temperature Control of Solid Lead Oxide)」 (Paper 5190)

流動 Pb-Bi 中における鋼材の腐食抑制方法の一つとして、鋼材表面に酸化皮膜を形成させる方法がある。その為には、Pb-Bi 中の酸素濃度を、酸化膜形成に要求される領域内に常に制御する必要がある。そこで、酸化鉛焼結体(PbO)を Pb-Bi 中に直接浸漬し、酸素濃度を制御する手法の開発を試みた。

Figure 3 に、Pb-Bi 強制循環ループ低温部に設置した PbO 粒子直接浸漬式酸素濃度制御システムのシステム図を示す。PbO に接液する Pb-Bi の温度は、内層ヒーターと空冷により制御され、内層熱電対により監視された。制御した酸素濃度は、ループ高温部に設置した酸素濃度計にて測定した。

Figure 4 に、酸素濃度制御時の酸素センサーの応答を示す。PbO に接液する Pb-Bi 温度を降温/昇温する事により、酸素センサーの出力が増加/減少するのがわかる。これは、Pb-Bi 中の酸素濃度が減少/増加している事を示す。また、PbO 直接浸漬式の制御方法は十分に速い応答性を有している事がわかる。更に、獲得した酸素濃度制御データから、次のような Pb-Bi 中の酸素溶解度式を導きだした。

$$\text{Log}C_{os}=A+B/T(-4600<A<-3800,1.5<B<3.5)$$

上記内容を発表したセッションでは、自身が座長をつとめた事もあり(Photo-1)、発表後の討論において、様々な分野の専門家と情報交換や議論を行う事ができた。また、セッション終了後に、韓国の鉛ビスマス流動・腐食技術専門家と交流を図れた事は、今後研究を続けていく上で励みになると考えている(Photo-2,3)。彼らとは、今後更に交流を深め、将来の革新炉を共に開発していく親友になれればと思っている。

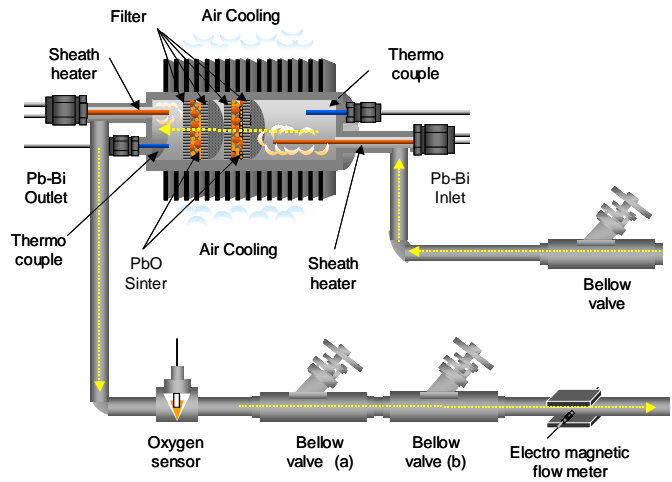


Fig.3 PbO 粒子直接浸漬式酸素濃度制御システムのシステム図

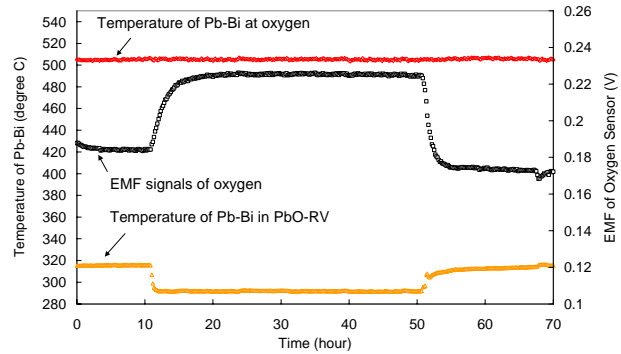


Fig.4 酸素濃度制御時の酸素センサーの応答



(1)



(2)



(3)

(Photo-1-) Co-chair の Nam Ho Lee 博士(KOPEC-KOREA)と筆者
 (Photo-2-) MIT, SNU の友人達との楽しいひととき
 (Photo-3-)SNU の友人とソウルの町で撮った一枚