

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Measurement of Various Oxygen Potentials Using Solid Electrolyte Sensor for Liquid Lead-Bismuth Eutectic
著者(和文)	Adhi Pribadi Mumpuni
Author(English)	Pribadi Mumpuni Adhi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10813号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 実,矢野 豊彦,加藤 之貴,小林 能直,塚原 剛彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10813号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		Priadi Mumpuni ADHI	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		高橋 実	教授	塚原 剛彦	准教授
	審査員		矢野 豊彦	教授		
			加藤 之貴	教授		
			小林 能直	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Measurement of Various Oxygen Potentials Using Solid Electrolyte Sensor for Liquid Lead-Bismuth Eutectic (液体鉛ビスマス共晶合金用固体電解質センサーを用いた広範囲の酸素ポテンシャルの測定に関する研究)」と題し、以下の7章より構成されている。

第1章“Introduction”では、液体鉛ビスマス共晶合金 (LBE, 44.5wt%Pb-55.5wt%Bi) を冷却材として用いる高速炉と冷却材およびターゲット材として用いる加速器駆動核変換炉において、構造材の腐食抑制と冷却材の性能維持のために冷却材中の酸素濃度を固体電解質酸素センサーによりオンライン測定することの必要性を述べ、酸素センサーの特性に関する既往研究を概観して課題を抽出し、本研究の意義と目的を述べている。

第2章“Experimental apparatus and procedure”では、ジルコニア固体電解質酸素センサーの参照電極として液体 Bi/Bi₂O₃、固体粉末 Fe/Fe₃O₄、金属 Ag/空気を用いる酸素センサーの製作方法、および測定対象である液体鉛ビスマス共晶合金中の酸素濃度の制御方法として、固体粉末の PbO、Fe/Fe₃O₄、Cr/Cr₂O₃ および Ti を液体鉛ビスマス共晶合金に混合させる方法および電気化学的酸素ポンプを用いる方法を提案し、さらにこれらを用いて酸素センサーの特性を調べる実験法について述べている。また、電気化学インピーダンス法を用いた酸素センサーの電荷移動抵抗の測定法および最適な参照材料の決定方法について提案している。

第3章“Stabilization time of oxygen sensor in air environment”では、ジルコニア固体電解質酸素センサーの内部の固体粉末 Fe/Fe₃O₄ および Bi/Bi₂O₃ による参照電極材料が、初期状態から酸化還元反応を経てセル電圧が一定の平衡状態に達するまでの時間を酸素センサーの安定化時間と定義し、参照電極側の空気容積をパラメーターとして、600°C までの空気雰囲気における安定化時間を実験的に調べた結果について述べている。参照電極側に不活性材料を詰めて空気容積を減らすことにより安定化時間を短くすることができること、および固体粉末 Fe/Fe₃O₄ 参照電極のほうが液体 Bi/Bi₂O₃ 参照電極より安定化時間を短くすることができることを明らかにしている。

第4章“Characterization of oxygen sensor for high, medium, and low oxygen potential in liquid LBE environment with oxide powders”では、空気容積を小さくした固体粉末参照電極を有するジルコニア固体電解質酸素センサーを温度 450 ~ 600 °C の液体鉛ビスマス共晶合金中に浸漬した結果、PbO と Fe/Fe₃O₄ の固体粉末を混合することにより酸素ポテンシャルを高・中レベルに制御した液体鉛ビスマス共晶合金中では、セル電圧はネルンストの理論式とよく一致すること、また Cr /Cr₂O₃ 粉末の混合により温度 450°C の液体鉛ビスマス共晶合金中の酸素ポテンシャルを低下させた場合には、Fe/Fe₃O₄ 粉末を参照電極とする酸素センサーの出力電圧は理論値との間に差異を生じ、低酸素ポテンシャルの制御に質量交換法を用いることは適切でないことを明らかにしている。温度 450°C の液体鉛ビスマス共晶合金に Ti 粉末を混合することにより酸素濃度を 8.36x10⁻¹⁹wt% という低い値まで低下させることにより、固体粉末 Fe/Fe₃O₄ を参照電極とする酸素センサーの出力電圧は Cr₂O₃ と TiO₂ の酸化物生成ポテンシャルに相当する値の間になることを明らかにしている。

第5章“Characterization of oxygen sensor for low oxygen potential in liquid LBE environment using oxygen pump”では、カバーガスに Ar-3%H₂ の混合ガスを用い、温度 450~550 °C の液体鉛ビスマス共晶合金中の酸素ポテンシャルを酸素ポンプにより電気化学的に低下させることにより、前章の Ti 粉末による酸素ポテンシャルの制御結果とジルコニア固体電解質酸素センサーのセル電圧がほぼ一致することを明らかにし、温度 450°C において 10⁻¹⁹ wt% の非常に低い酸素濃度まで酸素センサーによる酸素ポテンシャルの測定が可能であることを明らかにしている。

第6章“Investigation on optimum material of reference electrode of oxygen sensor”では、温度 300~450°C の液体鉛ビスマス共晶合金中への PbO 粉末の混合により酸素ポテンシャルを PbO の酸化物生成ポテンシャルに平衡させたときの、参照電極 Ag/空気 を有するジルコニア固体電解質酸素センサーの特性を調べ、セル電圧の精度を液体 Bi/Bi₂O₃ を参照電極とする酸素センサーのセル電圧と比較することにより、上記の2つの酸素センサーのセル電圧はいずれもネルンストの理論式と一致することを述べている。最適な参照電極材料を決定するために電気化学インピーダンス法を用いて電荷移動抵抗を分析することにより、液体 Bi/Bi₂O₃ を参照電極とする酸素センサーのほうが Ag/空気 を参照電極とする酸素センサーより低い抵抗を示すことを明らかにし、従って液体 Bi/Bi₂O₃ を参照電極とするほうが 450°C 以下の低温では応答速度の速い良好な参照電極材料となることを明らかにしている。

第7章“Conclusions”では、以上の各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。

これを要するに、本論文は鉛ビスマス冷却高速炉と加速器駆動核変換炉の液体鉛ビスマス共晶合金中の酸素ポテンシャルをオンライン測定する上で必要なジルコニア固体電解質酸素センサーの特性を種々の観点から明らかにしており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。