

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	多相交流アークを用いたインフライト溶融によるガラス製造
Title(English)	Investigation of In-Flight Melting of Glass Raw Materials by Multi-Phase AC Arc
著者(和文)	LiuYaping
Author(English)	Yaping Liu
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9529号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:渡邊 隆行,馬場 俊秀,関 宏也,田巻 孝敬,奥野 喜裕
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9529号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野):	博士	(工学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名:	Liu Yaping		指導教員 (主):	馬場 俊秀	
Student's Name			Academic Advisor(main)		
			指導教員 (副):	渡辺 隆行	
			Academic Advisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Investigation of In-Flight Melting of Glass Raw Materials by Multi-Phase AC Arc (多相交流アークを用いたインフライト溶融によるガラス製造)」と題し、英文で書かれ、全7章で構成されている。

第1章「Introduction」(諸言): 熱プラズマの種類、発生方法、用途および計測手法に関する研究の現状を概説した。また、プラズマを用いた既往のガラス溶融技術の研究動向、および革新的気中溶解法を用いたガラス溶融技術の動向をまとめ、本研究の背景と目的を述べた。

第2章「Investigation of Characteristics of Multi-Phase AC Arc」(多相交流アークの放電特性): インフライト溶融によるガラス処理を行う際、多相交流アークの放電挙動を把握することは不可欠である。しかし多相交流アークは、交流 50Hz に基づき 20 ms を1周期として変動するため、その高温場の特性が把握されていない。本章では、アーク炉上部に配置した高速度ビデオカメラとオシロスコープを同期して、ms オーダーでの放電挙動を解析した。いずれの時間においても、複数の電極からアークが発生していることが確認できた。また、高速度カメラにより得られた画像の発光強度が強く高温領域と考えられる面積の時間変動を調べて、300 Hz の周波数が主要な変動であることが分かった。さらに、高速度カメラ画像を二値化して重ね合わせることで、1 周期中(20 ms)におけるアークの存在分布を解析した。これらの検討結果を用いて、インフライトガラス溶融に適した条件について考察した。

第3章「Investigation of Spatial Characteristics of the In-Flight Particle」(インフライト溶融中のガラス粒子の空間特性): より効率的なインフライト溶融を行うためには、インフライト中のガラス粒子特性を把握することが必要である。本章では、溶融炉側面の観察窓より、光学的な粒子計測を行った。通常、熱プラズマ中の光学的・非接触型の粒子計測は、熱プラズマ自身の発光が非常に強いいため、正確な計測が困難である。そこで本研究では、光学的な粒子計測と発光分光計測を組合せることで、インフライト溶融粒子からの輻射による発光のみを計測し、正確な温度計測手法を確立した。結果、溶融中の代表的な粒子温度は約 2500°C 程度であり、ガラス化温度より充分に高くなっていることが明らかになった。また、上述の計測手法を用いることで、インフライト中のガラス粒子の空間的な特性を明らかにした。

第4章「Investigation of Temporal Characteristics of the In-Flight Particle」(インフライト溶融中のガラス粒子特性の時間変動): 本章では、二色放射測温法に基づいて、高速度カメラとバンドパスフィルターを組合せることで、粒子表面温度の ms オーダーの時間変動を評価した。多相交流アークが有する高温場の時間変動が、溶融粒子温度の時間変動に影響を及ぼすことを実験的に明らかにした。放電条件を変化させ、プラズマ中の高温領域の変動を制御することで、インフライト中のガラス粒子の時間変動を低減させることに成功した。これは、インフライトガラス溶融処理を均一に行うために、非常に重要な結果であると考えられる。

第5章「Investigation of the Melting Behavior of Glass Powders by Multi-Phase AC Arc」(多相交流アークによるガラス粒子の溶融挙動): インフライト溶融技術の実用化の可能性を検証するため、多相交流アークを用いて、造粒化したガラス原料のインフライト溶融実験および評価を行った。造粒粉体のキャリアーガスとして Ar ガスを使用し、アーク炉上部から供給した。溶融後のガラス粒子を回収し、粉末 X 線回折分析と組成分析を行い、ガラス化の進行度合い、揮発成分の有無、揮発量を評価した。結果より、造粒粉体の供給速度の減少に伴いガラス化反応が進行し、揮発成分の残存率が低下傾向となる結果が得られた。これに対して、多相交流アークの放電条件を変化し、高温場の特性を制御することで、高いガラス化率と揮発成分の残存率が得られる条件を見出した。

第6章「Comparison of the Melting Behavior of Glass Powders by Multi-Phase AC Arc and Hybrid Plasmas」(多相交流アークとハイブリッドプラズマによるガラス粒子の溶融挙動の比較): 多相交流アークと酸素燃焼炎を組合せたハイブリッドプラズマによるインフライト溶融実験を行った。多相交流アークのみでの加熱とハイブリッドプラズマを比較すると、同等のガラス化率が得られている条件においては、ハイブリッドプラズマを用いた方が揮発成分の残存率が高いことがわかった。これは、ハイブリッドプラズマでは一万度程度の高温を有する多相交流アークに加え、滞留時間の長い燃焼炎が存在することで、多相交流アークのみの場合と比較して、より効率的にガラス化反応が進化したためと考えられる。

第7章「Conclusions」(結言)では、本論文を総括し、今後の展望を述べた。

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	Liu Yaping		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	馬場 俊秀	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	渡辺 隆行	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation is entitled “Investigation of In-Flight Melting of Glass Raw Materials by Multi-Phase AC Arc” and comprises of seven chapters.

In Chapter 1, a brief introduction of the principle thermal plasma physics was given. The conventional glass melting technology was mentioned. The background of the innovative in-flight melting technology was then introduced.

In Chapter 2, the spatial and temporal uniformity of multi-phase AC arc discharge were investigated by a high-speed camera observation. The arc luminance area was used to evaluate the plasma fluctuation and spatial uniformity. Results showed that the electrode configuration attributes to the arc discharge behavior and fatherly affect the plasma characteristics temporally and spatially.

In Chapter 3, in-flight particle diagnostic performed with optical system DPV-2000 was investigated theoretically and experimentally. The accuracy of in-flight particle temperature was estimated by separating the non-thermal emissions from spectroscopic measurement. Moreover, plasma spatial uniformity was demonstrated to have influence on the particle spatial characteristics.

In Chapter 4, the fluctuation of particle temperature within millisecond in plasma region was studied by a high speed camera equipped with a band-pass filter system. Obtained results showed the higher fluctuation of arc luminance area caused larger dispersion of particle surface temperature. The effect of carrier gas flow rate on the periodicity of particle temperature fluctuation was also related to the arc discharge pattern.

In Chapter 5, the properties of melted glass powders by multi-phase AC arc were analysed to evaluate the feasibility of in-flight melting technology in future industrial application. Results showed the high vitrified glass particles are characterized by XRD pattern with no obvious diffractive peaks compared to the raw material.

In Chapter 6, another heating method called “hybrid plasma” combines multi-phase AC arc with oxygen burner was introduced. The comparison between the different heat sources suggested the hybrid plasma heating leads to higher vitrification degree than the multi-phase AC arc in the case with the same volatilization degree.

In Chapter 7, all the results in this dissertation are summarized, and the direction for future research is also stated.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).