

Title	電場中における層流液柱からの液滴生成に関する研究
Author(s)	日引, 俊
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/37034
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名・(本籍)	ひ	びき	たかし
	日	引	俊
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	9 2 1 4	号
学位授与の日付	平成 2 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	基礎工学研究科化学系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当		
学位論文題目	電場中における層流液柱からの液滴生成に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 片山 俊		
	(副査) 教授 伊藤 龍象 教授 駒澤 勲 講師 山口 學		

論文内容の要旨

本研究は、(I) 平行平板電極、(II) ノズル対同軸円筒電極、(III) 垂直ノズル対平板電極により形成される電場中において、(i) 誘電液柱の安定性、(ii) 生成液滴径、(iii) 液柱の鞭打ち現象、(iv) 未発達液柱の不連続な伸長現象、(v) 液柱長さについて、理論的、実験的に研究を行ったものである。

- (i) 誘電液柱の安定性については、電場中に非圧縮性、非粘性の無限長円筒状液柱の界面が軸対称余弦波状に変形した時の液柱のポテンシャルエネルギー変化(界面エネルギー変化+電気エネルギー変化)と運動エネルギーを線形解析により定式化し、それらを Lagrange の運動方程式に代入して解き、液柱界面波の成長速度と波数の関係式を得た。その数値計算より液柱の安定化に及ぼす電場の効果を明らかにした。それによると、平行平板電極の場合には、電圧印加により液柱は安定化され、成長速度の最大値(最大成長速度)とその時の波数(最大波数)は減少する。ノズル対同軸円筒電極および垂直ノズル対平板電極の場合には、液柱の誘電率が連続相の誘電率より大きい時、電圧印加により液柱は不安定化され、最大成長速度、最大波数は増大する。逆に、液柱の誘電率が連続相の誘電率より小さい時、液柱は安定化され、最大成長速度、最大波数は減少する。
- (ii) 生成液滴径については、「液柱界面に生ずる波の波長はノズル出口から液柱崩壊に至るまで一定であり、その波長は液柱崩壊時の波長に等しい」とするモデルを考え、界面波形を液柱崩壊点から液柱先端まで体積分し、生成液滴径を求めた。実験結果によると、液柱への電圧印加により生成液滴径は減少するが、その傾向を(i)、(ii)の解析からの生成液滴径の計算値は良好に表現することができた。なお、実験には、気液系として、水-キシレン-空気系を、液液系として、水-ヘキサン、-シクロヘキサン、-シリコンオイル系を用いた。

- (iii) 高電圧印加場中での液柱の鞭打ち現象が生ずる条件については、「軸対称液柱の界面に作用する静電圧力と界面圧力の比を Γ とし、その Γ がある臨界値を越えると液柱の形状変化が生じる」とするモデルを提出し、上述の解析の適用限界を示した。実験結果より、静電圧力と界面圧力が等しくなった時、鞭打ち現象が生ずることを明らかにした。
- (iv) 電圧印加による未発達液柱の不連続な伸長現象については、液柱を一つの熱力学的に閉じた系と考えたモデルを提出した。モデル計算より、液柱のエネルギー曲線には、液柱長さに対して2つの安定なエネルギー状態が存在し、未発達液柱への電圧印加は最も安定なエネルギー状態を短い液柱から長い液柱へ移行させることから、不連続に液柱が伸長することを明らかにした。
- (v) 液柱長さについては、平行平板電極の場合、電圧印加により液柱長さは顕著に変化しなかった。ノズル対同軸円筒電極および垂直ノズル対平板電極の場合、印加電圧の増加とともに液柱長さは減少した。しかし、気液系の低流速の場合には、各電極配置ともにある印加電圧で液柱は不連続に引き伸ばされた。また、実験相関により層流液柱長さの推算式を得た。

論文の審査結果の要旨

本論文は電場中に設置されたノズルに液を供給し、形成される層流液柱から帯電液滴を生成させるときの諸現象について、理論と実験の両面より行った研究をまとめたもので、4部11章より構成されている。

第3部まではいずれも電場中における液柱挙動と液滴生成に関する研究結果であるが、電極形態は第1部では平行平板電極、第2部ではノズル対同軸円筒電極、第3部では垂直ノズル対平板電極の違いがある。これら各種の場合について簡単なモデルのもとに液柱界面波の無次元成長速度を理論的に求め、それより生成液滴径の印加電圧依存性を導いた。また、これらの電極形態に対して水-空気系、水-有機液体系等について実験を行い、本モデルによる計算結果と実験結果が良好に一致することを示した。

第2部、第3部においては液柱の鞭打ち現象もとりあげ、その開始電圧はいずれの場合とも液柱に作用する静電圧力と界面圧力の比によって支配されることを明らかにした。さらにまた、第4部においては液柱長さに及ぼす電場の影響を論じ、ある印加電圧を境に液柱が不連続に引き伸ばされる現象の解明、および液柱長さの推算にも成功している。

これらの研究は電場中での液滴生成に関する数多くの新しい知見を与えており、化学工学の発展に寄与するところが少なくない。よって本論文は博士論文の価値あるものと認める。