



| | |
|---------------------|---|
| Title | 新規な電解質を用いたアノード酸化によるポーラスアルミナのナノ構造制御 [論文内容及び審査の要旨] |
| Author(s) | 岩井, 愛 |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(工学) |
| Dissertation Number | 甲第15346号 |
| Issue Date | 2023-03-23 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/89392 |
| Rights(URL) | https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | Mana_Iwai_review.pdf, 審査の要旨 |



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 岩井 愛

審査担当者 主査 准教授 菊地 竜也
副査 教授 渡辺 精一
副査 教授 上田 幹人
副査 教授 幅崎 浩樹 (大学院総合化学院)

学位論文題名

新規な電解質を用いたアノード酸化によるポーラスアルミナのナノ構造制御
(Nanostructure Control of Porous Alumina via Anodizing in Novel Electrolytes)

アルミニウムのアノード酸化(陽極酸化)プロセスは、アルミニウムの表面にアルミナ皮膜を形成して化学的・物理的・機械的特性を付与するために重要な方法である。特に酸性水溶液を用いたアノード酸化により生成するポーラスアルミナ(アルマイト)は、工業的なアルミニウムの表面処理のみならず、各種ナノテクノロジーへの応用が活発に行われている。ポーラスアルミナの生成・成長メカニズムをより深く理解し、新しいナノ形状や特性をもつポーラスアルミナを作製できれば、ポーラスアルミナの新規な応用展開が期待できる。本学位論文は、電気化学的な観点およびナノ構造解析学的な観点からポーラスアルミナの成長挙動を深く理解し、従来とは異なるナノ構造および特性をもつポーラスアルミナの作製を試みるものである。

本学位論文は全8章からなる。

第1章は序論であり、アルミニウムのアノード酸化について、用いる電解質水溶液および生成するポーラスアルミナのナノ構造の観点からこれまでの知見を詳細に述べるとともに、新規なポーラスアルミナを作製するための重要性や意義を述べ、本論文の目的を記述している。

第2章においては、エチドロン酸水溶液を用いてアルミニウムをアノード酸化することにより、アノード酸化極初期のポーラスアルミナの成長挙動について深く理解することを目的としている。高分解能電子顕微鏡観察により、アノード酸化極初期の電圧増大領域においてもバリエーション層のアルミナが流動するとともに、皮膜上部に微細孔が生成し、アノード酸化時間とともに細孔が成長して明確なセル構造が構築されることを明らかにしている。

第3章では、エチドロン酸を用いてアルミニウムを定電流アノード酸化した際に生成するポーラスアルミナのナノ構造について定量的に議論し、特にナノ構造に及ぼす電圧の影響を検討している。定電流アノード酸化によって不規則なセル配列をもつポーラスアルミナが生成するが、それらのポーラスアルミナの平均、最大および最小セルサイズやセル密度は、アノード酸化電圧によって一義的に決まることを見出している。

第4章においては、不均一皮膜を生成する「焼け」を生じることなく高電流密度でアノード酸化するための新規なアノード酸化法の開発を試みている。ナノスケールのディンプル構造をアルミニウム表面に形成したのちアノード酸化することにより、アノード酸化初期の過剰な電圧の増大が抑制されることを見出し、未処理試料に比べて5倍高い電流密度においても焼けを生じることなく高速アノード酸化できるプロセスを開発している。

第5章においては、アルミニウムを塩基性メタホウ酸ナトリウム水溶液に浸漬してアノード酸化することにより、従来とは異なる特徴的なナノ構造をもつポーラスアルミナの作製を試みている。アノード酸化電圧が0.1 Vと極めて低い場合には、ポロシティが0.9を超える極めて多孔質なポーラスアルミナが生成すること、アノード酸化電圧が100 V以上の場合には、底部のバリアー層がナノレベルで平滑なポーラスアルミナが生成することを見出している。

第6章では、塩基性四ホウ酸ナトリウムを用いてアルミニウムをアノード酸化することにより、高規則細孔配列をもつポーラスアルミナの形成を試みている。水溶液温度を355 Kの高温にしてアノード酸化することにより、90-190 Vのアノード酸化電圧において細孔間距離260-590 nmの高規則ポーラスアルミナが生成すること、これらの高規則ポーラスアルミナは、従来困難であった三次元立体形状をもつアルミニウム表面にも形成できることを明らかにしている。

第7章においては、酸性・塩基性水溶液において高い耐食性をもつポーラスアルミナの形成を試みている。6種類の電解質水溶液を用いてアルミニウムをアノード酸化することにより生成したポーラスアルミナの耐食性を詳細に評価し、電解質由来のアニオンの取り込みが少なく、厚いバリアー層が生成するポーラスアルミナほど耐食性が高いことを明らかにしている。また、これらの知見から塩基性四ホウ酸ナトリウムを用いて作製したポーラスアルミナが非常に高い耐酸性および耐塩基性をもつことを述べている。

第8章は総括であり、本学位論文において得られた知見をまとめるとともに、ナノテクノロジーおよび工業的な応用展開の可能性について言及している。

これらの研究成果を要するに、本学位論文は、新規な電解質化学種を用いたアルミニウムのアノード酸化によってポーラスアルミナの成長挙動を深く理解するとともに、その知見に基づいて新しいナノ構造や化学的特性をもつポーラスアルミナを見出したものであり、金属材料の表面処理プロセス分野に対して貢献するところ極めて大である。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。