

燃料電池用金属製セパレータの性能向上に関する研究 (第2報)

宮川 和幸・石田 正文・早川 亮・有泉 直子・渡辺 政廣*¹
柴田 正実*¹・佐藤 幸徳*²・武田 敏充*²・松下 清人*³

Study on Improvement of Metallic Separator for Fuel Cell (2nd Report)

Wako MIYAGAWA, Masafumi ISHIDA, Ryo HAYAKAWA, Naoko ARIIZUMI,
Masahiro WATANABE*¹, Masami SHIBATA*¹, Yukinori SATO*²,
Toshimitsu TAKEDA*² and Kiyohito MATSUSHITA*³

要 約

反応面積が50mm×50mmである単セル用セパレータの作成を目指し、プレス成形した薄板に導電性を有する樹脂皮膜を付与する手法について検討を行った。その結果、あらかじめ均等な厚さでテフロンシート上に成形した樹脂混合物をプレスした薄板の上に重ね、加圧・昇温して、樹脂混合物を硬化させた。その結果、表面が平滑で密着力に優れた導電性皮膜を付与することが可能になった。

1. 緒 言

CO₂削減が急務となっている昨今、クリーンエネルギー関連技術の中で、燃料電池は最も期待されている技術のひとつである¹⁾。近年、家庭用定置型燃料電池が発売されるなど、技術の完成度が高まってきてはいるが、更なる低コスト化、高品質化のために改良が求められている点はいまだに多く存在している。また、定置型よりもより小型で高信頼性が求められる自動車搭載用固体高分子型燃料電池に関しては、種々の部品レベルで実用化には多くの課題を有している。なかでも主要な構成部品であるセパレータに関しては、現在開発が進められている樹脂製セパレータよりも高い耐食性、優れた電気伝導率と機械的特性を併せ持つ素材が求められている²⁾。

この課題に対し、軽量かつ高強度な素材として表面処理を施した金属薄板の適用の可能性を検討してきた³⁾。今年度は、反応面積が50mm×50mmである単セル用セパレータの作成を目指し、プレス加工により流路を形成した薄板に対して炭素粉末と樹脂との混合物による導電性皮膜を付与することを目的として、加工法の検討を行った。

2. 実験方法

プレス加工に用いた金属素材は、t=0.3のSUS430で

ある。その組成を表1に示す。

表1 SUS430組成 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.12 以下	0.75 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.030 以下	16.0~ 18.00

使用した油圧プレス装置は能力110ton、ストローク長さ180mm (アイダエンジニアリング(株)製)である。導電性と耐食性を有する樹脂皮膜には、エポキシ樹脂に炭素粉末を適宜混合したのち、メチルエチルケトンで粘度調整をおこなった樹脂混合体を用いた (以下混合樹脂と記す)。本混合樹脂は加熱、加圧することにより硬化する。金属薄板上に混合樹脂を均一に塗布した後、硬化させた試料では流路を形成する目的でプレス成形を行うと、硬化した混合樹脂にクラックが発生し、そこから剥離が生じることが認められた。このため、プレス成形後に混合樹脂を塗布・硬化させる必要がある。平板に均一な厚さに樹脂を塗布するには、ロールコーターなどの複数存在するローラーの間を通して塗装する機構を用いることが多いが、今回の試料はプレス成形により流路の凹凸が存在しており、この手法を用いることはできない。そこで、筆等で塗布することによる付与法、未硬化の混合樹脂中へのディッピングによる手法などについて試みた。

混合樹脂を加熱・加圧する方法として、今回は精密ホットプレスCYPT-L (新東工業(株)製)を用いた。装置

*1 国立大学法人山梨大学

*2 日邦プレジジョン株式会社

*3 株式会社松下製作所

の仕様を表2に示す。

表2 精密ホットプレス仕様

加圧力	1~10kN
定盤寸法	150×150mm
適用ワークサイズ (最大)	120×120mm
上下定盤平行度	20~40 μm
加熱温度 (最高)	300℃
最大速度	15mm/sec
ストローク	100mm

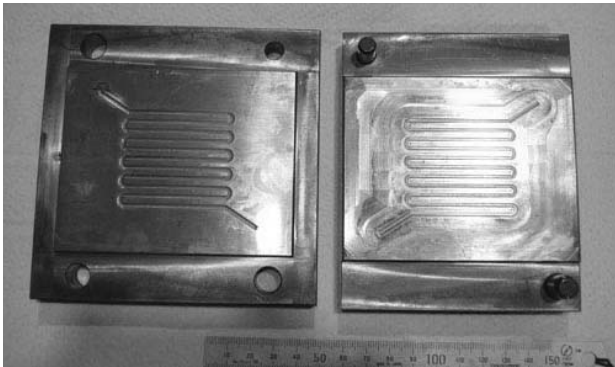


図1 導電性被膜成形型

用いた樹脂成形型を図1に示す。t=10の銅板に流路形状に合わせた凹凸を設け、上下型の位置決め用として軸と穴を設けている。プレス成形したSUS430板に未硬化の混合樹脂を塗布し、成形用型に挟んだ後、加圧・加熱して成形を試みた。

3. 結果および考察

3-1 混合樹脂の塗布方法

混合樹脂中のメチルエチルケトンが揮発しやすいため、筆を使用して混合樹脂を塗布した場合、素板に塗布すると短時間で混合樹脂の流動性が失われ、不均一な厚さとなってしまった。また、膜厚を均等にするため部分的な修正を行うと剥離する現象が見られた。これに対して、混合樹脂中に浸した後引き上げるディッピング法

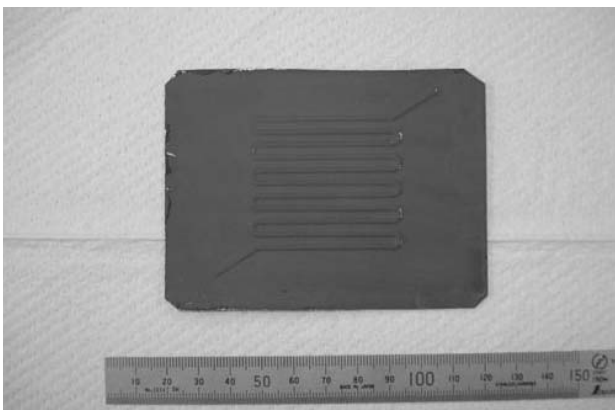


図2 混合樹脂付与例

により塗布した試料を図2に示す。筆で塗布する方法と比較して、厚さは均等になっているように見受けられるが、流路のエッジ付近は膜厚が薄く、下地が透けて見える部分も存在した。

3-2 精密ホットプレスによる混合樹脂の硬化

プレスした素板上に混合樹脂を塗布した後成形型を用いて硬化させるにあたり、素板への優れた密着性と共に成形型からの良好な離型性が求められる。そこで、今回は離型剤およびテフロンシートを用いて、樹脂の成形・硬化を試みた。テフロンシートの厚さは0.05mmであり、伸縮性も多少有している。混合樹脂を塗布した素板をテフロンシートで挟むと共に、銅製成形型に離型剤を塗布することで成形型への付着を防止した。今回、離型剤にはビューラー社製エポキシ樹脂用離型剤リリースエージェントを用いた。

精密ホットプレスを用いて0.5kNの加圧を行い、加圧と同時にヒータに通電し、200℃まで昇温させた。この状態で30min保持し、混合樹脂を硬化させた。硬化させた試料を図3、図4に示す。

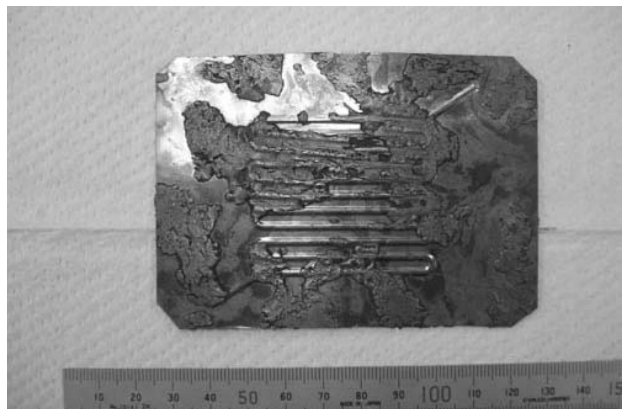


図3 熱間加工例1

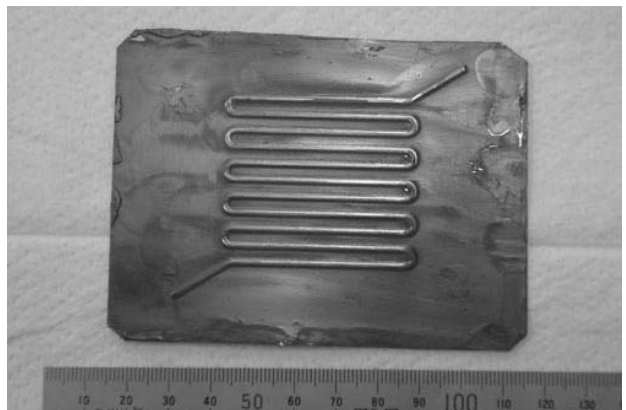


図4 熱間加工例2

付与した混合樹脂の膜厚が厚い場合には、図3に示すようにクラックが発生し、混合樹脂は大部分が剥離して

いる。また、図4に示した試料では、クラックの発生は認められないが、表面は平滑になっておらず、表面に触れると炭素粉末が脱落した。また、表面を布で磨くと、硬化した混合樹脂の部分的な剥離が見られた。

前述のとおり、混合樹脂は極めて短時間で乾燥してしまい、0.5KN程度の加圧力では混合樹脂の流動性は悪く、膜厚は一定にならない。また、急激に加熱することから、硬化が開始してしまい、表面にクラックが発生しやすくなるものと思われる。これらの結果から、以下の2点が推察された。

- ・付与する膜厚はなるべく均一なほうが好ましい。
- ・加圧力と昇温パターンを変化させることにより、表面が平滑でクラックの少ない膜を付与しうる。

これを基に、混合樹脂の付与方法並びに加圧、昇温手法について検討を行った。

3-3 付与方法および加圧・昇温手法の改善

平滑な表面を有し、密着力の強い硬化皮膜を得ることを目的に、混合樹脂をあらかじめテフロンシート上に均一な厚さに成形した後、図5、図6に示すように、プレスした薄板に重ねる手法について検討した。

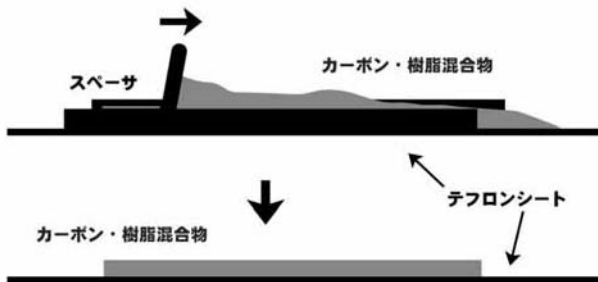


図5 樹脂混合物成形法概要1

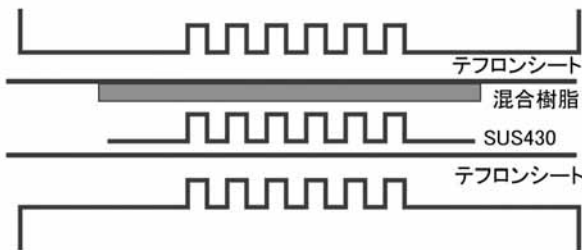


図6 樹脂混合物成形法概要2

スペーサを用いてテフロンシート上に厚さ0.3, 0.5, 1.0mmの3種類の混合樹脂膜を成形した。次に、プレス成形した金属板状にテフロン面を金型側として設置し、成型・硬化処理を行った。この場合、混合樹脂はメチルエチルケトンの混合量を調整することにより適切な稠度を得られるようにした。

また、3-2においてクラックが発生した原因を推測すると、混合樹脂が変形する前に熱により固化してしまう可能性が考えられる。そこで、図7に示す加圧・昇温パターンにて混合樹脂の硬化を行った。これは、徐々に加圧力を増大させ、2KNになったところで15min保持する。その後200℃になるまで緩やかに昇温・加圧し、200℃、2KNで30min保持するものである。

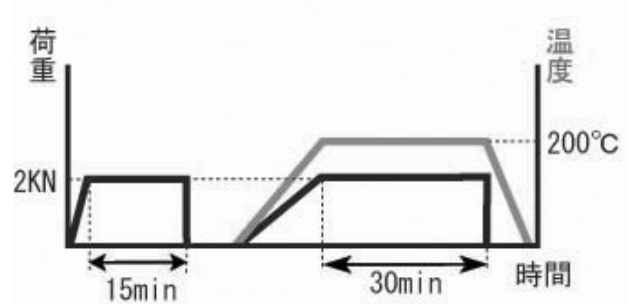


図7 加圧・昇温パターン

3-2において加圧・昇温する場合、混合樹脂を塗布することから試料の流路を判別することが困難となる。その結果、成型型と試料の流路の位置が合わず、位置合わせをすることにより混合樹脂の剥離や厚さの変化を生じることがあった。そこで、今回はSUS430をプレス成形する際、外形および空気・水素の流路用の穴も加工することとし、成型型に位置合わせ用のピンを設け、



図8 修正した成型型



図9 成形例1 (使用スペーサー: 0.3mm)

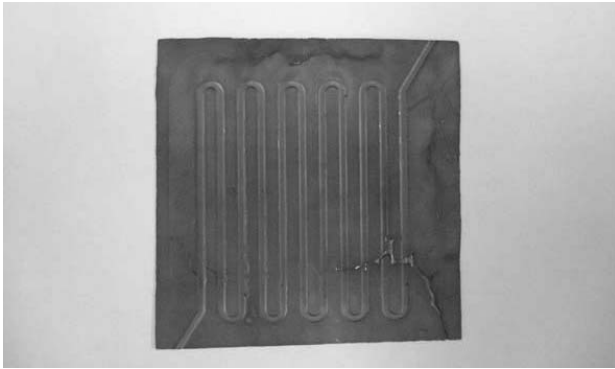


図10 成形例2 (使用スペーサー：0.5mm)

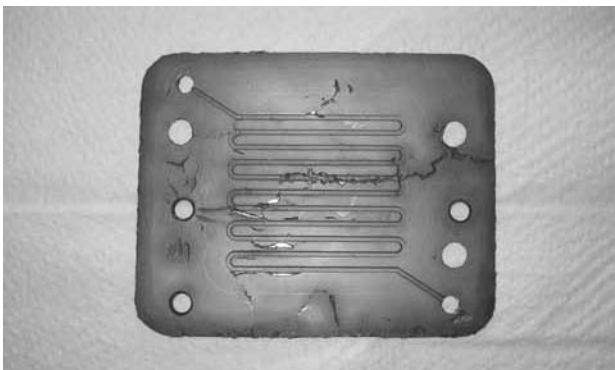


図11 成形例3 (使用スペーサー：1.0mm)

空気・水素の流路に使用する穴を利用して試料の位置合わせを行うこととした。修正した成形型を図8に示す。

今回の手法によって得られた試料を図9～図11に示す。硬化した混合樹脂は炭素粉末が脱落することもなく、表面は平滑で密着性は良好であった。スペーサの厚みを1mmに設定した試料では、一部に素板が露出している箇所が見受けられた。今回は加圧力を最大2KNに設定したが、流動性が悪いために生じた欠陥であると考えられる。また、導電性を有していることが確認できた。

4. 結 言

プレス成形した薄板に導電性を有する樹脂皮膜を付与する手法について検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 直接、プレス成形によって流路を形成した薄板に、均等な厚さの樹脂混合物を付与することは困難である。
- (2) 樹脂混合物を厚く塗布すると、硬化過程でクラックまたは成形不良が発生しやすい。
- (3) テフロンシート上にあらかじめ均一な厚さの樹脂混合物を形成することによって、プレス成形した素板に皮膜を形成することが可能になる。
- (4) 加圧のみの過程と加圧・昇温する過程を組み合わせることによって、表面が平滑で密着性に優れた導電性皮膜を付与することが可能になる。

参考文献

- 1) 本間 琢也監修：図解燃料電池のすべて，工業調査会，p.8 (2003)
- 2) NEDOシンポジウム「本格普及のための低コスト化技術開発課題について」(2009) 配付資料など
- 3) 宮川 和幸, 石田 正文, 早川 亮, 有泉 直子, 渡辺 政廣, 柴田 正実, 佐藤 幸徳, 武田 敏充, 松下 清人：山梨県工業技術センター研究報告, No.23, p.33-37 (2009)