

鉛電池における正極格子伸びのCAE解析

CAE Analysis of Positive Grid Growth in Lead-Acid Battery

平川 憲治*
Kenji HIRAKAWA

田坂 嘉子*
Yoshiko TAsAKA

堀井 徹*
Tohru HORII

亀田 毅*
Tsuyoshi KAMEDA

松井 一真*
Kazumasa MATSUI

Abstract

The structural analysis by CAE(Computer Aided Engineering) has become general in various industrial fields. We have already used CAE for analyzing container deformation and stress concentration caused by the battery internal pressure, and heat distribution caused by the joule heat in discharging of the VRLA battery as well as voltage/current distribution in the plate. The results were effectively used in the development of the Lead-Acid battery. This time we used CAE for analyzing the positive grid growth in the Lead-Acid battery. The positive grid growth is one of the design factors to control the size and life of the Lead-Acid battery, and we have examined various ways to realize the suppression of the grid growth. We have found that the CAE analysis of the positive grid growth is more effective in the grid designing process.

1. まえがき

CAE(Computer Aided Engineering)による構造解析は、様々な工業的分野で取り入れられるようになった。CAEの導入によって、設計開発のリードタイムと開発コストは大いに圧縮される。当社においても、CAEの導入が進んできており、これまでに電池内圧の変動による電槽変形と応力集中、高出力型VRLA電池のジュール熱による電池内熱分布や極板電位電流分布等のCAE解析に取り組んできた(Fig.1,2)。

今回は独自に考案した汎用構造解析プログラムを用いた格子伸びシミュレーション法と、このシミュレーションを用いた正極エキスパンド格子設計による伸び特性の比較検討を行ったので、この事例を紹介する。

2. 格子伸び解析の目的

鉛電池の使用中の正極格子伸びは、鑄造格子、エキスパンド格子を問わず重要な電池設計因子のひとつである。設計的に伸びを許容する寸法を与えなければ、正極板の伸びにより、ストラップとの短絡や電槽割れ等の原因となる。このため正極格子伸びは極力小さいことが望まれる。これまでに正極格子伸びを抑制するために、

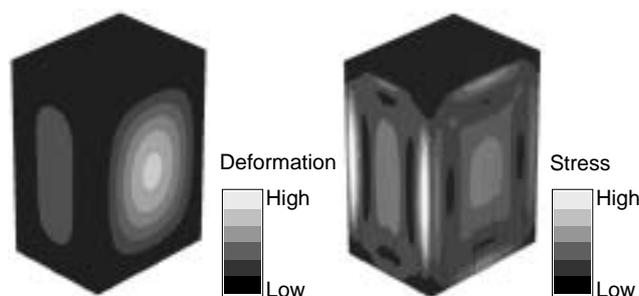


Fig. 1 Distribution of Container Deformation and Stress by Increase of Internal Pressure

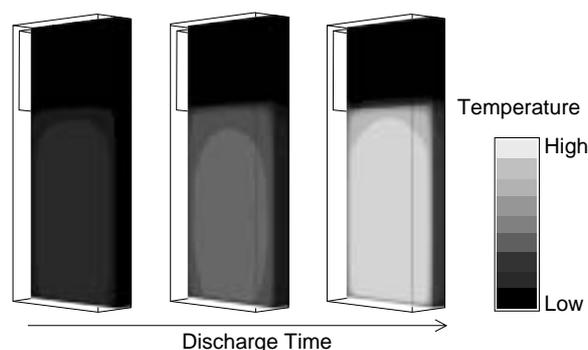


Fig. 2 Distribution of Internal Temperature of VRLA Battery in Discharging

正極格子合金組成を変更し、格子の耐食性や強度を向上させる等の検討がなされてきたが¹⁾、さらに正極格子伸び抑制に対する格子設計の影響も検討する必要がある。

本研究では、近年使用量が増加している正極エキスバンド格子の使用時の伸びをモデル化し、CAE解析から格子設計と格子伸びとの関係を明らかにし、さらに鉛電池の正極格子設計の最適化を試みることを目的とする。

3. 格子伸びモデル

鉛電池の使用時の正極格子伸びは、格子腐食による体積増加が推進力となり、格子金属部の減少による格子強度低下により、耐力がなくなることにより起ると考えられる。正極におけるPb-Ca-Sn系合金の鑄造格子とエキスバンド格子の腐食形態を比較すると (Fig.3) 鑄造格子は結晶粒が大きく、腐食は結晶粒界に入り込むように進行し(粒界腐食) 腐食率が小さいうちに格子部の腐食による破断等が生じる特性がある。一方エキスバンド格子は、スラブ作成後に圧延加工が入ることにより、スラブ中の大きな結晶粒界は圧延方向に引き伸ばされ、

格子を破断させるような結晶粒界はなくなり、腐食は格子表面から順次進む特性がある^{2,3)}(均一腐食)。

上記腐食特性から、Fig.4に示したような正極エキスバンド格子の伸びモデルを考案した。

4. 解析モデル

Fig.5に、上記格子伸びをCAEに導入したモデルを示す。エキスバンド格子を板材としてモデリングし、その格子を金属部分と腐食部分に分割した。腐食部分だけに仮想的に大きな熱膨張係数を設定し、このモデルに仮想的な温度変化を適用することにより、腐食層を体積膨張させ格子を伸ばすことができた。

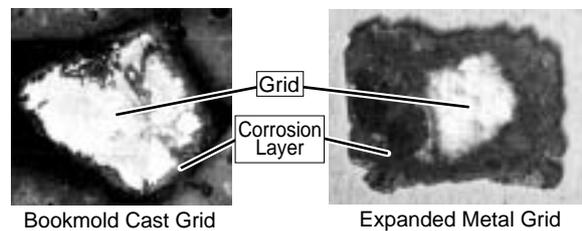


Fig. 3 Cross Section of Cast and Expanded Grids after Corrosion Test

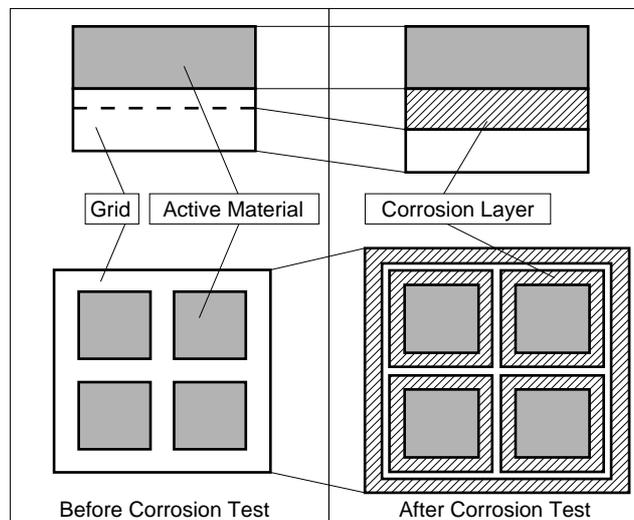


Fig. 4 Growth Model of Positive Grid by Grid Corrosion

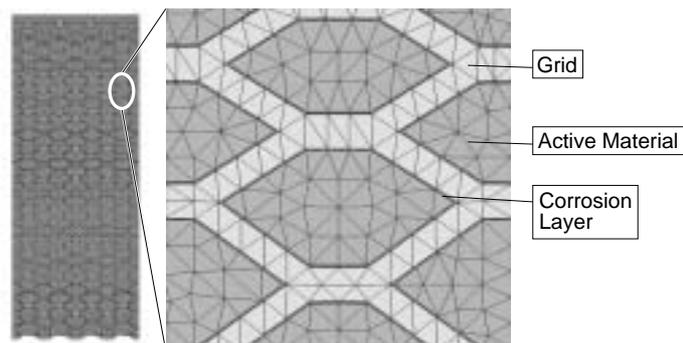


Fig. 5 Analysis Model

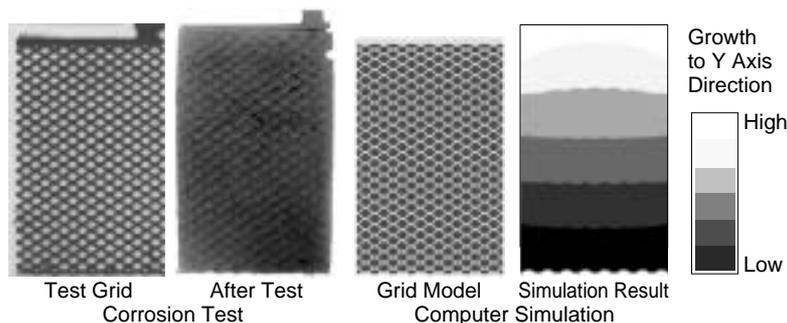


Fig. 6 Grid Shape Comparison in Corrosion Test and Computer Simulation

格子腐食による体積膨張は金属鉛から過酸化鉛への変化であり、その理論膨張率は約1.4倍であるが、腐食層内には空孔等が存在するため実際の膨張率は理論値よりも大きくなる。そこで、シミュレーション上で膨張率を変化させ、伸び形状を比較することにより、実際の格子伸び形状とシミュレーション結果と概ね一致させる膨張率を見いだした。その他の解析に用いた各種物性データは、鉛合金シート及び乾燥正極活物質の引っ張り試験と圧縮試験により得られた値を使用した。これらの結果、過充電腐食試験に供したエキスパンド格子の伸び形状と、この格子の腐食量を適用した格子伸びシミュレーション形状とは、Fig.6で示されたように良く一致した。

5. 格子設計への展開

上記手法を用いて、自動車用エキスパンド格子の設計による伸び形状の変化について検討した。ある量産格子を単純化したモデルを基準格子とし、全モデルにおいてノード幅、ワイヤ角度を同一の値とした。また、格子質量を限定せず、設計要因として(1)シート厚さ、(2)格子目の横ピッチ、(3)ワイヤ切り幅を変数として伸び量を比較した。伸び量は耳から遠い極板縦寸法の変位を代表値とした。格子設計による伸び形状の比較結果をTable 1に、シミュレーション結果例をFig.7に示す。

格子質量が大きいほど伸びは小さくなることが予想されたが、比較結果中には格子質量と伸びとの関係が逆転する設計も見られた。そこで、各因子の格子伸びへの影響を調査したところ、基準格子から質量増加を抑えつつ伸び率を抑制するためには、ワイヤ切り幅を大きくとることが効果的であることが分かった。またこれらの因子をさらに解析することにより、格子の伸びを腐食体積、ワイヤ残断面積、格子目の粗さで表す係数を導き出した(Fig.8) 現在この係数を用いて、格子質量一定の格子設計の伸びに対する最適化を行っており、基準格子に対して格子伸び量を10%程度抑制ができることが分かった。

Table 1 Comparison of Positive Grid Growth by Various Models of Expanded Grid Design

Wire Cut Width is Fixed.		Sheet Thickness(%)					
		82		100		109	
		G.L.(%)	V*(%)	G.L.(%)	V(%)	G.L.(%)	V(%)
Grid Pitch (%)	88	113	90	96	109	89	118
	100	118	82	100	100	88	111
	146			101	79		
Sheet Thickness is Fixed.		Wire Cut Width(%)					
		100		119		138	
		G.L.(%)	V(%)	G.L.(%)	V(%)	G.L.(%)	V(%)
Grid Pitch (%)	88	96	109	81	122	70	136
	100	100	100	83	112	73	124

*G.L.: Growth Level to Y Axis Direction against Basic Grid Model
**V: Grid Volume against Basic Grid Model

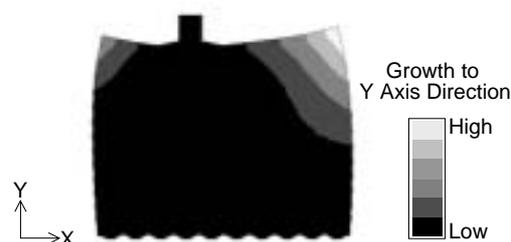


Fig. 7 An Example of Positive Plate Growth to Y Axis Direction

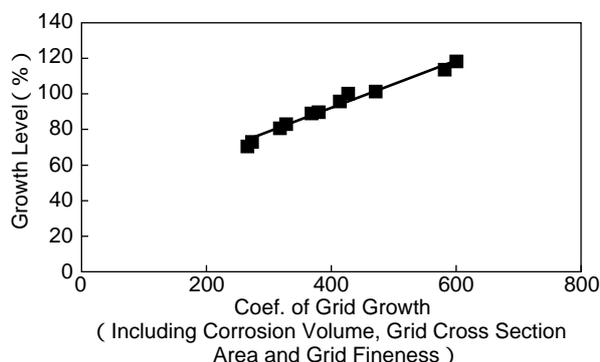


Fig. 8 Relationship between Grid Growth and Coef. of Grid Growth

6. まとめ

今回は独自に考案した汎用構造解析プログラムを用いた格子伸びシミュレーション法と、シミュレーションを用いた正極エキスパンド格子設計による伸び特性の比較検討を行った。シミュレーションによる正極格子伸びの

再現が可能であり、格子設計により伸び量を抑制できることが分かった。今後開発していく鉛電池にこれらの結果を取り入れることによって、さらなる小型化、長寿命化が可能であると考え。また、今後さらにCAEの適用範囲を拡大し、新製品開発の効率化を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 浅賀雅之, 北川勝美, 吉田隆正, 鬼頭薫, 田中進, 古川宏. 自動車用耐熱メンテナンスフリー電池の開発. ユアサ時報. no.79, 1995, p.21-27.
- 2) Balcerzak, A.T.; Young, J.A.; Amistadi, R.L. Characterization of the mode of corrosive attack in lead-calcium-tin battery grid alloys. Extended Abstr. Electrochem. Soc. Meet. vol.75-1, 1975, p.38-39.
- 3) Miraglio, R.; Albert, L.; El Ghachcham, A.; Steinmetz, J.; Hilger, J.P. Passivation and corrosion phenomena on lead-calcium-tin alloys of lead / acid battery positive electrodes. J. Power Sources. vol.53, 1995, p.53-61.