

高信頼性・高性能をそなえた二輪用 次世代制御弁式鉛蓄電池 — GYZ20L 形電池の開発 —

New Generation Valve Regulated Lead-acid Battery with Higher Performance and Higher Reliability for Motor Cycle-use — Development of GYZ20L Type Battery —

中山 恭 秀* 北 條 英 次* 梅 谷 博 文**
塩 田 匡 史* 大 崎 信*

Yasuhide Nakayama Eiji Hojo Hirofumi Umetani
Masashi Shiota Shin Osaki

Abstract

GYZ20L Battery has been developed as a next generation product to existing battery (YTX20L/DRY style battery). It has advantages with high performance compared to existing product, for example capacity of GYZ20L is 11% higher than that of YTX20L, self discharge rate is extremely low (50% of YTX20L), and charge recovery rate after storage for 3 years at 25 °C is as high as 90%. High reliability of the product is also achieved, by life test performance with high rate discharge being two times greater than that of YTX20L, by adoption of TIG welding method for terminal welding process which enabled simple process control, and by changing to WET style battery (battery is filled and charged prior to dispatch). Resulting from implementation of such items, next generation VRLA battery for motorcycle with high performance and high reliability has been developed.

Key words: New generation battery; Valve regulated lead-acid battery; Motor cycle-use; Long shelf life

1 緒言

本報の二輪用次世代電池の開発コンセプトを「揺る

ぎない安心と高い信頼性に裏打ちされた二輪用大容量形電池」とし、以下の開発を進めた。

開発した電池（以後 GYZ20L 電池と称する）の特性は、「揺るぎない安心」として、つぎの4点に展開した。

(1) ますます増加傾向にある大形二輪車の暗電流や使用時の電気負荷に対応した大容量化

* ジーエス・ユアサ パワーサプライ

インダストリー事業本部 技術開発本部

** 広東湯浅蓄電池有限公司

- (2) 車両の使用開始までの保管期間ならびに、長期の車両の未使用放置期間中での容量低下の低減
- (3) 長期放置後の充電回復性能の向上
- (4) 使用中における放電タフネスの改善
また、「高い信頼性」として、つぎの3点に展開した。
- (1) 開発企画段階から量産化まで「当たり前」の徹底的にきちんとやること¹⁾との指針に基づいた開発の実施
- (2) 電池接続工程の複雑な管理から単純な管理への変更
- (3) DRY 電池（車両登載前に電解液を電池に注入し、補充する電池）から WET 電池（充電済み電池）への変更
さらに、WET 電池であるため、電解液ボトルの添付がなく、廃棄物の面からも環境に配慮した設計にしている。

2 開発目標

GYZ20L 電池は、現行の電池（以後 YTX20L 電池と称する / DRY 電池）の次世代版としたため、YTX20L 電池と同寸法で、かつ高率放電性能をほぼ同等とし、定格容量の向上、自己放電率の半減、長期放置後の充電回復性の向上、高率放電寿命性能の向上をはかるとともに、信頼性の高い電池の完成をめざし、YTX20L 電池に対して、つぎの目標をたてて WET 電池の開発をおこなった。

[目標]

- (1) 定格容量（10 HR）は、約 10% 向上
- (2) 自己放電率は、1/2 以下
 - (a) 車両使用開始までの保管期間の代用特性として、一般的な 40℃ の温度環境に、電池無負荷状態で 28 日間放置された時の 10 HR の自己放電率を 1/2 以下とする。
 - (b) 長期の車両の未使用放置期間中での容量低下量の評価として、25℃ の温度環境にて、車両搭載時の暗電流相当の定抵抗によって電池を 5 ヶ月間放電後、残存容量が 9 Ah (YTX20L 電池容量の 1/2) 以上とする。
- (3) 長期放置後の充電回復性能は、90% 以上
長期の未使用期間放置後の充電回復性能として、25℃ で 3 年間放置後に回復充電操作によって、電池容量が初期容量に比較して 90% 以上回復すること。この代用特性として、40℃ で 405 日間放置後に回復充電操作によって、電池容量が初期容量と

比較して 90% 以上に回復することとする。

- (4) 高率放電寿命回数は、約 2 倍
使用中の高い放電タフネスを評価する代用特性として、ベンチ試験の高率放電寿命試験回数を約 2 倍とする。
- (5) 電池接続工程管理の単純化
電池生産における接続工程の管理を電氣的、機械的制御とする。

3 電池仕様

GYZ20L 電池および YTX20L 電池の主な仕様を Table 1 に示す。この表からわかるように、GYZ20L 電池の極板構成は YTX20L 電池と比較して、正負極板共に 1 枚ずつ減らした極板群構造となっている。しかしながら、端子構造の改善により極板を高さ方向に大きくし、極板の表面積を YTX20L 電池とほぼ同等とし、高率放電特性を維持させるとともに、活物質を正極で約 1.2 倍、負極で約 1.1 倍に増量させることによって容量の向上をはかっている。

また、YTX20L 電池より正負極板を 1 ずつ減らすことによって、GYZ20L 電池の極板を厚くするとともに、活物質を高密度化して寿命耐久性能の改善と生産性向上をはかった。

4 開発目標達成手段と測定結果

4.1 定格容量の向上

4.1.1 開発目標の達成手段

電池容量の向上の達成方策として、電解液の増量とともに、活物質の改善が必要である。活物質については、一方の手段として、利用率を向上させることがあげられるが、正極の容量低下が懸念されるため今回の対策案から除外した。そのためもう一方の手段として、つぎに示す電池構造とすることにより、極板を大形化し、活物質を増量させた。しかし、YTX20L 電池の端子部は、Fig. 1(a) に示すように樹脂巻き端子を使用しているため、端子部の高さ方向が大きくなり、極板高さが制限されるという欠点がある。この欠点を改善する構造として、GYZ20L 電池は樹脂巻き端子を横方向（樹脂巻き端子の要部 2 箇所を横に展開）にした形、すなわち Fig. 1(b) に示すターミナル端子一体形のブッシング方式を採用することにより、端子部の高さ方向の大きさを抑え、極板高さを大きく設計することに成功した。このように極板高さを大きくした分だけ、セ

Table 1 Specifications of newly developed GYZ20L type VRLA battery and existing YTX20L type one.

Items		Developed battery (GYZ20L)	Existing battery (YTX20L)
Battery type		WET	DRY
Capacity / Ah		20	18
Mass / kg		6.9	6.5 *
Plate count (Positive plate / Negative plate)		4 / 5	5 / 6
Plate size	Height / mm	116	105
	Width / mm	76	76
	Positive plate thickness	130% vs. YTX20L	-
	Negative plate thickness	120% vs. YTX20L	-
Active material mass	Positive	120% vs. YTX20L	-
	Negative	110% vs. YTX20L	-
Active material density		High density	Normal
Terminal structure		Bushing	Plastic encapsulation

* By COS (Cast on strap) manufacturing process

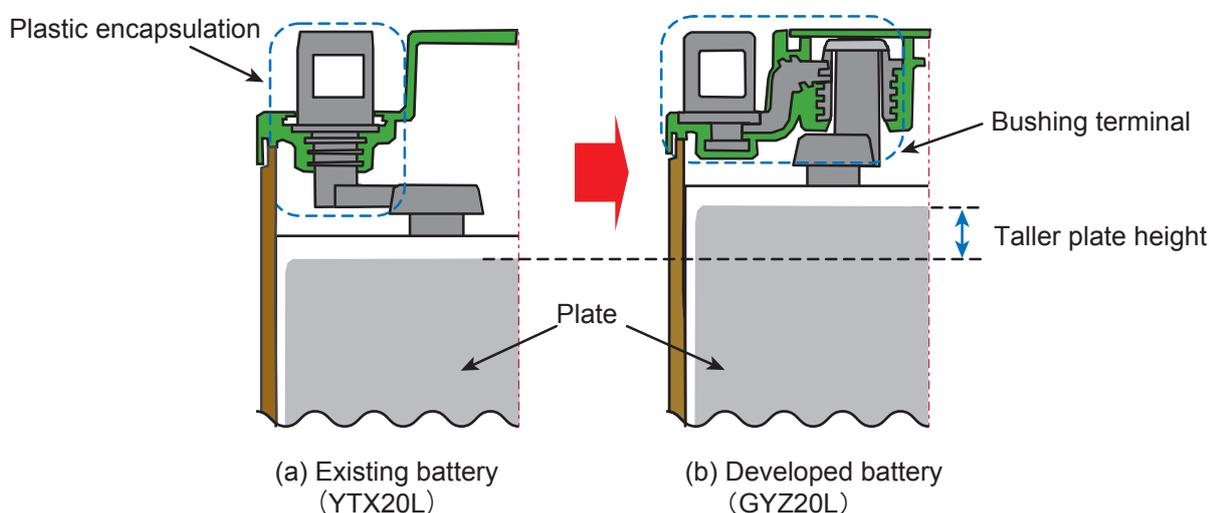


Fig. 1 Cross-sectional view of structure for existing battery (a) and developed battery (b). In case of existing battery, plate height is limited by height of plastic encapsulated terminal. However, in case of developed one, adoption of newly designed bushing terminal enables to introduce taller plate height by reducing height of terminal part.

ル間接続部分も高くする必要があるので、Fig. 2 に示すセル間隔壁を山形構造とした。

4.1.2 測定条件および結果

初期容量は、各々 20 個の電池を使用して、測定した結果の平均値を Table 2 に示す。

Table 2 に示すように、GYZ20L 電池の 10 HR 容量は 20 Ah 以上を有し、YTX20L 電池より約 10% 以上大きいことを確認した。また、高率放電特性についても、設計どおり YTX20L 電池と同等のデータを得た。

4.2 自己放電率 1/2 以下

4.2.1 開発目標達成手段

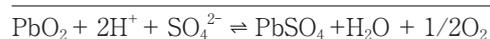
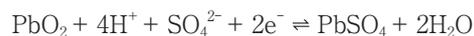
自己放電率を支配する放電反応²⁾は、大きく分類し

てつぎに示す 7 つの反応があげられる。これらの反応部位をセル模式図として Fig. 3 に示す。

(1) 正極格子—正極活物質間の反応



(2) 正極活物質—電解液間の反応



(3) 正極活物質—セパレータの酸化されやすい物質 (M) 間の反応

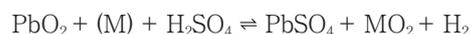


Table 2 Initial performance of newly developed VRLA battery (GYZ20L) and existing one (YTX20L) in average after testing 20 samples.

Items	Battery type	Specification's condition			Results (Average)
		Discharge current / A	Final voltage / V	Temperature / °C	
Capacity (10 HR) / Ah	GYZ20L	2.0	10.5	25	20.2
	YTX20L	1.8			18.2
High rate capacity / Ah	GYZ20L	150	6.0	-10	6.4
	YTX20L				5.9
5 second voltage / V	GYZ20L	150	6.0	-10	10.00
	YTX20L				10.05

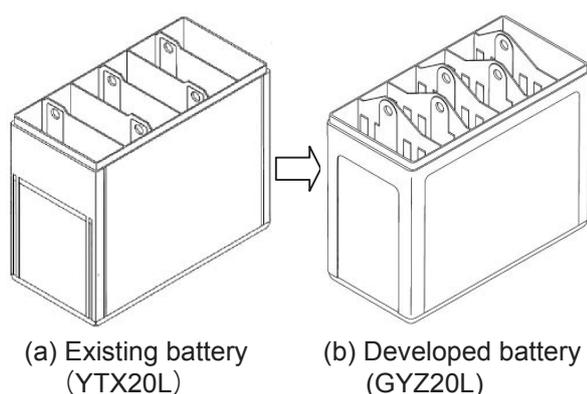
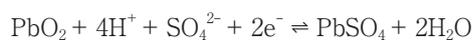
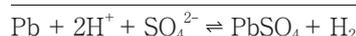
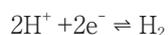
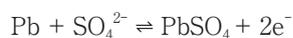


Fig. 2 External view of container for existing battery (a) and newly developed GYZ20L type VRLA battery (b). In case of developed battery, raised partition wall design is introduced as the position of inter cell connection part need to be raised because of adopting taller height plates.

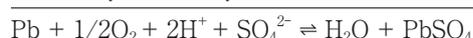
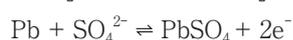
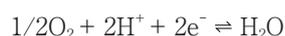
(4) 負極から発生する水素—正極活物質間の反応



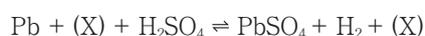
(5) 負極活物質—電解液間の反応



(6) 正極から発生した酸素—負極活物質間の反応



(7) 負極の水素過電圧を低下させる負極活物質—電解液間の反応



過電圧を低下させる元素 (X) : Pt, Au, Tl, Ni, Co,
Fe, Cu, Sb, Ag, Bi,
Sn

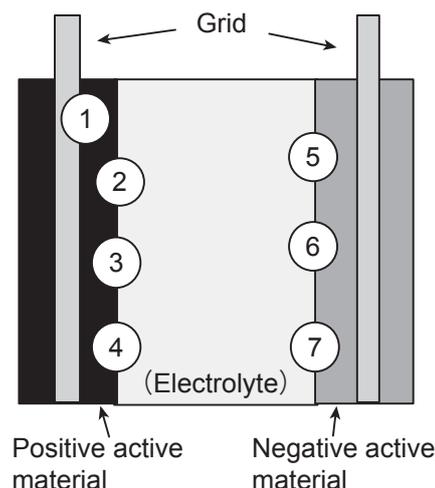


Fig. 3 Seven main parts dominating self-discharge reaction in VRLA model cell: (1) reaction between positive grid-positive active material, (2) reaction between positive active material-electrolyte, (3) reaction between positive active material-substance (M) in glass mat separator easily to be reduced, (4) reaction between hydrogen generated-positive active material, (5) reaction between negative active material-electrolyte, (6) reaction between oxygen generated-negative active material, and (7) reaction between negative active material-electrolyte in the case of low hydrogen over voltage.

特に上述の(2)項の反応式に注目し、電池の極板や電解液の構成をシステムとして考え、自己放電率の半減をはかった。

4.2.2 無負荷 28日間の自己放電率の測定条件および結果

この測定条件はつぎのとおりである。

(1) 放置条件

温度：40 °C (水槽中)

放置日数：28日間

(2) 放置前後の10HR容量測定条件 (各 n = 2)

温度：25 °C

放電電流：20 A (GYZ20L 電池), 1.8 A (YTX20L 電池)

放電終止電圧：10.5 V

充電電流：20 A (GYZ20L 電池), 18 A (YTX20L 電池)

充電電氣量：120% (対放電容量比)

その結果、得られた28日間の放置前後の容量および自己放電率を Table 3 に示す。

自己放電率 (%) =

$$\frac{\text{放置前の放電容量 (Ah)} - \text{放置後の放電容量 (Ah)}}{\text{放置前の放電容量 (Ah)}} \times 100$$

この表から、GYZ20L 電池の自己放電率は、YTX20L 電池と比較して、約40%に減少し目標の1/2以下となっていることを確認できる。

4.2.3 定抵抗負荷 5ヶ月間の放電放置特性の測定条件および結果

測定条件はつぎのとおりである。

(1) 放置条件

温度：25 °C (気相中)

放置日数：2ヶ月間, 5ヶ月間

負荷：定抵抗

(2) 放置前後の10 HR 容量測定条件 (各 n = 2)

温度：25 °C (気相中)

放電電流：2.0 A

放電終止電圧：10.5 V

その結果、得られた放置前後の容量を Table 4 に、また、これをグラフ化したものを Fig. 4 に示す。これ

らの結果から、5ヶ月間の定抵抗放電後の残存電池容量は、目標の9 Ah以上を達成し、11 Ahであることが確認できた。

4.3 長期放置後の充電回復特性の向上

4.3.1 開発目標達成手段

前述した自己放電率1/2以下の達成手段に加え、電解液に耐ショート剤を添加し、長期放置後の充電回復特性の向上をはかった。

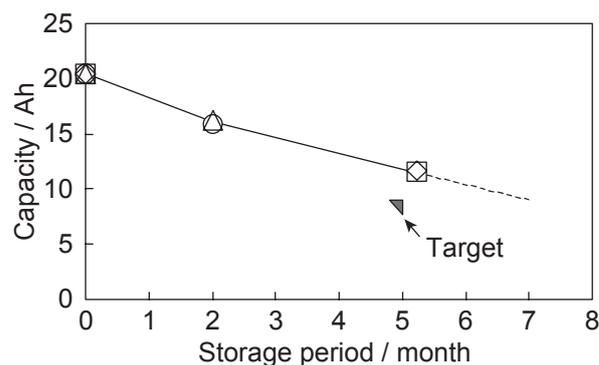


Fig. 4 Change in remaining capacity after long term storage at 25 °C at the condition of discharge with fixed resistance connected by simulating installation on vehicle for newly developed GYZ20L type VRLA battery.

Battery: ○ A-3, △ A-4, □ A-5, ◇ A-6.

Discharge condition: 2.0 A (corresponding to 10HR capacity check) to 10.5 V.

Table 3 Self-discharge performance for newly developed GYZ20L type VRLA battery and existing YTX20L type one in 28 days at 40 °C.

Items	Developed battery (GYZ20L)		Existing battery (YTX20L)	
	A-1	A-2	B-1	B-2
Capacity (10 HR)	Before storage / Ah	20.2	17.7	18.0
	After storage / Ah	18.7	18.7	14.3
Self-discharge rate / %	7.4	7.0	19.1	18.4

Notes: Tested number is two samples each type. 10 HR capacity before and after storage were tested at 2.0 A to 6.0 V at 25 °C. Self-discharge rate was calculated by dividing self-discharge amount by nominal capacity.

Table 4 Remaining capacity at 10 HR after different storage periods for newly developed GYZ20L type VRLA battery at 25 °C under a load of fixed resistance simulating the condition of its installation on vehicle.

Storage period	Remaining capacity / Ah			
	Battery sample No.			
	A-3	A-4	A-5	A-6
0 Month	20.5	20.4	20.5	20.5
2 Months	15.9 (78)*	16.3 (80)*	-	-
5 Months	-	-	11.6 (57)*	11.7 (57)*

Capacity check condition: 2.0 A discharge to 10.5 V at 25 °C.

* The value of parenthesis: (Remaining capacity / capacity before storage at 10 HR) × 100 / %.

4.3.2 長期無負荷放置後の充電回復特性の測定条件および結果

測定条件はつぎのとおりである。

(1) 長期放置前後の容量測定条件

温度：25℃（気相中）

充電後の休止時間：12時間以上

放電電流：150 A

放電終止電圧：6.0 V

(2) 放置条件

温度：40℃（気相中）

放置日数：405日間

測定項目：開路電圧

(3) 405日間の放置後の電池充電条件

(a) 定電流充電の場合

温度：25℃（気相中）

充電電流：2.0 A

充電時間：20時間（定格容量比200%）

(b) 定電圧充電の場合

温度：25℃（気相中）

4段定電圧充電（最大電流：9 A）

1段目：定電圧24 V，充電時間3.0時間

2段目：定電圧16.7 V，充電時間4.0時間

3段目：定電圧14.4 V，充電時間1.0時間

4段目：定電圧13.7 V，充電時間1.0時間

ただし、電池の長側面の温度が60℃に達すると次の充電段階に移行する。その結果、得られた放置前の25℃における150 A放電時のGYZZ20L電池の放電持続時間をTable 5に示す。つぎに、放置中の開路電圧

の推移をFig. 5に、放置後の開路電圧および回復充電後の電池容量および容量回復率をTable 6に示す。なお、充電後の電池容量回復率は、Table 5に記載した放電持続時間215 sec.を分母として算出した。

容量回復率(%)=

$$\frac{\text{回復充電後の放電持続時間 (sec.)}}{\text{自己放電前の放電持続時間 (sec.)}} \times 100$$

Fig. 5およびTable 6の結果から、40℃で405日間放置した電池の開路電圧は、いずれの電池も11.55 V以上であり、回復充電後の電池容量を確認したところ、いずれの充電方式においても初期容量の90%以上の容量を確認できた。

二輪用VRLA電池の初期のDRY電池YT12電池³⁾を40℃で放置して調査した結果、約3ヶ月の放置期間で11.5 Vに達したので、GYZZ20L電池の長期保存特性は約4倍になっていることがわかった。

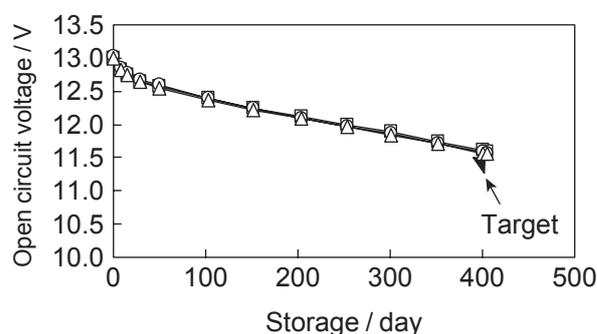


Fig. 5 Change in open circuit voltage during 405 days at 40℃ for newly developed GYZ20L type VRLA battery without any load.

Target: >11.5 V after 405 days.

Battery: ○ A-9, △ A-10, □ A-11.

Table 5 Initial high rate discharge duration time for newly developed GYZ20L type VRLA battery.

Battery No.	Discharge duration time / sec.
A-7	215
A-8	214

Discharge condition: 150 A to 6.0 V at 25℃.

Table 6 Summary on obtained test results after long-term storage at 40℃ for 405 days for newly developed GYZ20L type VRLA battery.

Battery No.	Open circuit voltage after storage / V	Charge methods	(Charge input / Nominal capacity) ratio / %	Discharge duration time / sec.	Capacity recovery rate / %
A-9	11.559	Constant voltage	136.4	194	90.2
A-10	11.592		144.4	215	95.4
A-11	11.557	Constant current	200.0	211	98.1

Constant current charge condition: 2.0 A for 20 hours 25℃.

Constant voltage charge condition: 1st step 24 V for 1.7-2.4 hour, 2nd step 16.7 V for 1.5-4.0 hours, 3rd step 14.4 V for 1.0 hour, 4th step 13.7 V for 1.0 hr.

Capacity test: 150 A to 6.0 V at 25℃.

4.4 ベンチ試験の高率放電寿命の向上

4.4.1 開発目標達成手段

YTX20L 電池より正負極板を1枚ずつ減らして極板を厚くし、活物質の高密度化をはかるとともに、深放電サイクルおよび浅い充放電サイクルにも対応可能とするため、正負極活物質量のバランスの最適化をはかった。また、極板を減らしたことによる極板表面積の減少は、極板を高くすることにより YTX20L 電池と同等として高率放電特性の維持をはかった。

4.4.2 測定条件および結果

測定条件はつぎのとおりである。

(1) 寿命試験条件

温度：25℃（気相中）

放電電流：150 A

放電時間：30 秒

充電電圧：14.5 V 定電圧

最大充電電流：20 A

充電時間：15 分

(2) 寿命判定条件

判定時期：250 サイクル毎

温度：25℃（気相中）

放電電流：150 A

放電終止電圧：6.0 V

判定放電時間：5 秒以下になるまで

その結果、得られた高率寿命性能の値を Table 7 に示す。この寿命判定は、寿命測定中の電池温度が 60℃に達した時点とした。GYZ20L 電池は、YTX20L

電池に比較して高率寿命特性において約 2 倍の寿命であることを確認した。

また、GYZ20L 電池の寿命測定後における電池の解体調査の結果を Fig. 6 に示す。GYZ20L 電池の正極板には大きな変化はなく、格子腐食量も 7%と小さく、負極活物質が収縮することにより、寿命と判定された。

4.5 信頼性向上

4.5.1 開発目標達成の手段

開発目標達成の手段はつぎのとおりである。

(1) 開発ステップの徹底

(2) 管理を単純化した工程への変更

(3) WET 化

4.5.2 実施内容

4.5.2.1 開発ステップの徹底

ISO9001 に基づいた開発工程を一つ一つ確実に進めることは YTX20L 電池と同様であるが、新規技術や

Table 7 Life cycle performance test with high rate discharge for newly developed GYZ20L type VRLA battery and existing one. Each two samples.

Battery type	Developed battery (GYZ20L)		Existing battery (YTX20L)	
	Battery No.	A-8	A-9	B-3
Cycles	3160	3192	1750	1750

Test condition

Discharge: 150 A for 30 seconds at 25℃.

Charge: Constant voltage of 14.5 V for 15 minutes with max. current 20 A.

Criterion on end of life: Discharge time down to 6.0 V is 5 seconds or less at 150 A every 250 cycles.



Fig. 6 External appearance of plates for newly developed GYZ20L type VRLA battery after life cycle performance test with high rate discharge. Positive plates shows little change from initial condition. Its corrosion ratio is as little as 7%. Battery came to its life by the shrinkage of negative active material.

顧客要求に対し、その都度 CAE 解析で検証するとともに各要素部分について単電池を試作して確認し、その結果を電池および工程の設計にフィードバックするという当たり前のことを徹底的にきちんとやり開発を進めた。

4.5.2.2 管理を単純化した工程への変更

当社の PP 樹脂製二輪用電池の端子接合構造には、大きく分けて2つのタイプがある。一方は、Fig. 7(a)に示す樹脂巻き端子を使用し、ストラップ部と樹脂巻き端子の座面部をバーナ溶接した後、電槽および樹脂巻き端子の樹脂とふたとを同時にヒートシールする YTX シリーズである。他方は、Fig. 7 (b) に示す内部端子と外部端子から構成される構造である。内部端子はストラップ部と樹脂巻き端子の座面部をバーナ溶接して形成後、電槽および樹脂巻き端子の樹脂とふたとを同時にヒートシールし、外部端子と接合する。こ

の内部端子（樹脂巻き端子の鉛ポール端子）と外部端子（真鍮板端子）は半田にて接続される。これは、主に YTZ シリーズに適用されている。前者のバーナ溶接タイプの場合は、化学的な発熱源を使っているため管理が複雑である。後者の場合は、前者の管理の複雑さに加え、GYZ20L 電池のように大電流が流れると接合部の半田が溶解し、溶断する懸念がある。そのため、管理が複雑なバーナ溶接方式、および耐熱性に劣る半田接合方式を改善するために、管理を単純化できる電氣的、機械的な方法で、かつ端子とブッシング母材の鉛同士を接合できる方法として、Fig. 7 (c) に示す TIG 溶接方式を採用した。この端子接続部分を単純な管理方式とすることによって、Fig. 8 に示す電池接合工程の信頼性向上をはかった。

4.5.2.3 WET 化

現行の DRY 電池では、工場内で製造した充電済み

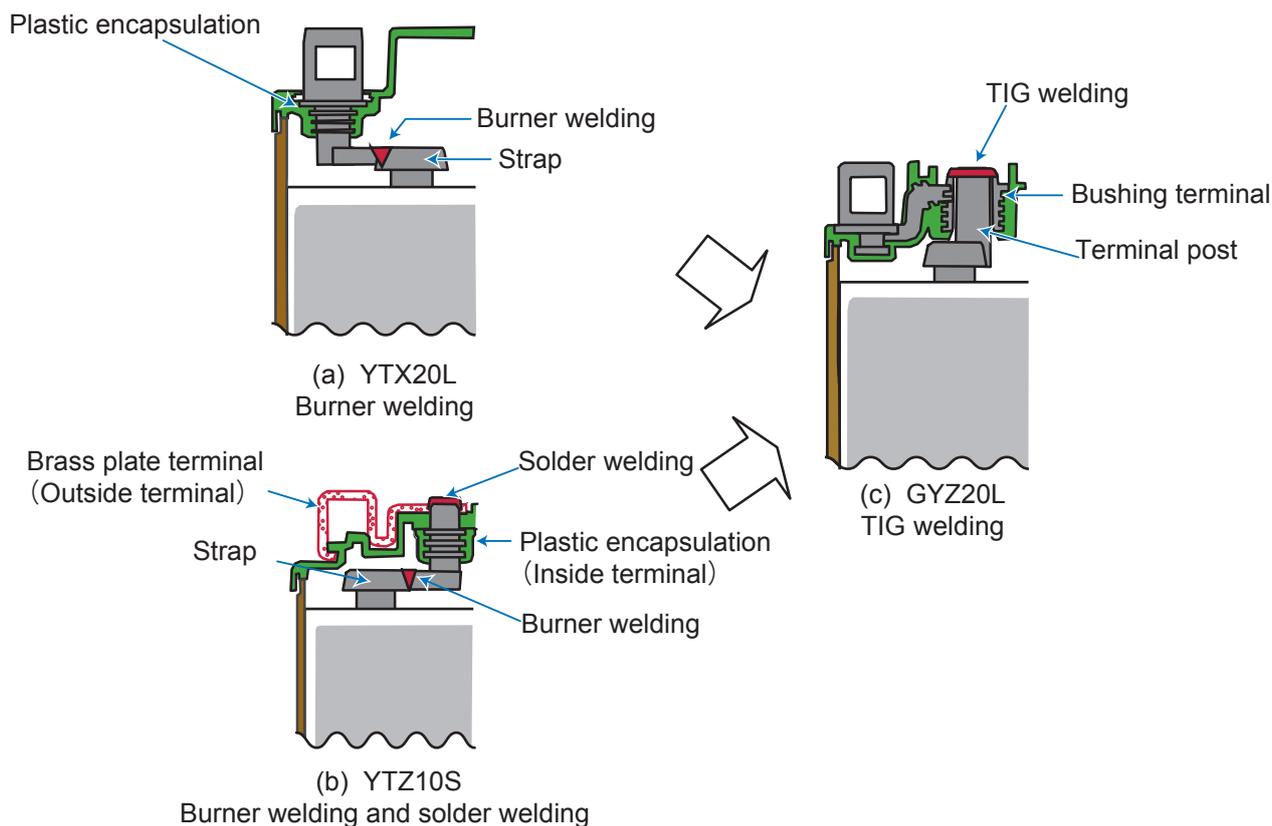


Fig. 7 Cross-sectional views around the terminal of existing battery (a), (b) using PP material and newly developed VRLA battery (c).

- (a): The base of capsulated terminal is welded to the strap with burner (e.g., YTX20L).
- (b): The base of capsulated terminal is welded to the strap with burner, Container/resin part of capsulated terminal / lid are heat sealed in the same time. Brass plate terminal outside is solder welded to the terminal (e.g., YTZ10S).
- (c): Terminal and bushing are made in one piece of cast lead and welded with the pole by TIG welding technology (e.g., GYZ20L).

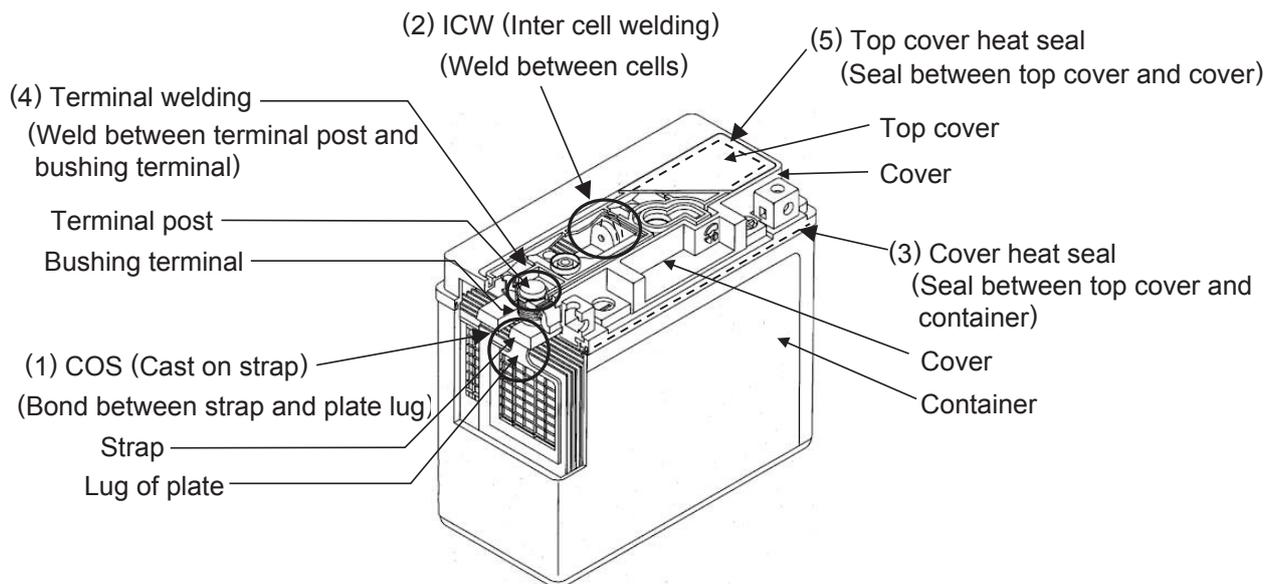


Fig. 8 All five connections adopted for newly developed GYZ20L type VRLA battery.

極板を用いて電池を組み立てて、工場から出荷していた。この DRY 電池は、車両搭載前に電解液ボトルから電解液を電池内に注入し、密封栓にて電池の気密構造を確認後、完成電池としていた。しかしながら、GYZ20L 電池（WET 電池）では、充電前の極板を用いて組立てた後、この電池に電解液を注入し、充電して、制御弁式鉛蓄電池のかなめである気密構造を作り、電池としての保証を再確認して出荷できるため、より信頼性の高い電池が供給できるものである。

5 結論

GYZ20L 電池は、YTX20L 電池に比較して、容量は 11% 向上、自己放電率は 1/2 以下と極めて低く、25℃で 3 年相当の放置後の充電回復性は初期容量の 90% 以上と高い。またベンチ試験の高率放電寿命試験回数も約 2 倍にし、かつ端子接続工程に TIG 溶接機を採用し、単純な管理方式とするとともに、電池を WET 化することによって高信頼性をはかった。これにより、高信頼性・高性能をそなえた二輪用次世代制

御弁式鉛蓄電池を開発することができた。

今後、さらなる機能性を付加することにより、GYZ20L 電池を進化させて、顧客のニーズに応じていく所存である。

謝 辞

この GYZ20L 電池は、現在、Honda of America Mfg. Inc. (HAM) の二輪車に搭載されている。本研究においては、本田技術研究所 朝霞研究所の高橋修二主任研究員殿を始め、関係各位のご協力、ご指導、ご鞭撻を賜った。ここに深甚なる謝意を表する。

文 献

- 1) 小林三郎, 自動車技術, 61 (1), 85 (2007).
- 2) P.Ruetschi and R.T.Angstadt, *J. Electrochem. Soc.*, 99, 339 (1952).
- 3) 中山恭秀, 中尾進, 磯井敏宏, 古川宏, 湯浅時報, (69), 9 (1990).