

薄肉大型車体構造部品用 マグネシウムダイキャスト技術の開発



ヤマハ発動機(株) 小池 俊勝 稲波 純一 鈴木 敦 塚本 健二 鈴木 貴晴

高真空ダイキャスト鑄造技術と、溶湯管理技術、高耐食表面処理技術を新たに開発し、薄肉、大型、高強度かつ外装に適用可能な耐食性を兼ね備えたマグネシウムダイキャスト構造部品を開発し、量産二輪車の車体部品に実用化した。

1. はじめに

燃費と操縦安定性を向上させるため、車体構造部品への軽量化要求は年々強くなっている。アルミニウムの車体は、現在までに様々な製造方法が開発され、多くの二輪車に使用されている。しかし、アルミニウムを使った車体の軽量化には限界があり、新たな軽量化技術の開発が期待されている。マグネシウムは実用合金中、比重が最も軽く、資源も豊富に存在することから、輸送機器業界においても次世代の軽量素材として注目されている。しかし、鑄造や表面処理の難しさから、量産車において適用されている部品はエンジンのカバー類にとどまっていた。

当社はかねてより、高真空アルミニウムダイキャスト技術により製造した高品質な薄肉大型鑄物を積極的に車体部品に採用してきた。マグネシウムの採用に際しては、従来、培った設計・製造技術をマグネシウムの特性に合わせて最適化するとともに、湯回りを向上させる鑄造技術、耐食性を確保する溶湯の成分管理技術と表面処理技術を新たに開発し、溶解から鑄造、表面処理に至るまで一貫で開発に取り組んだ。本技術は2008年より量産二輪車のリヤフレームに採用されている(写真1、2)。



写真1 量産二輪車に採用されたマグネシウムリヤフレーム



写真2 マグネシウムリヤフレームを搭載した車両

2. 開発技術の特色

2.1 設計

二輪車の骨格は、エンジンを懸架し、ハンドル廻りを支持するフロントフレームとライダー及びパッセンジャーが乗車するリヤフレームで構成されている。リヤフレームに求められる特性としては、ライダーの乗車に耐える強度を備えていること、外観部品としての意匠性が確保されていること、さらには内部にバッテリーやECUといった電装部品や工具を格納するための積載空間が確保されていることが挙げられる。この部品は、従来、アルミニウム展伸材を溶接して製造する方法が一般的だったが、当社では2003年モデルより、アルミニウム薄肉大物ダイカスト技術を採用することで部品の一体成形を可能にし、強度、剛性、さらには寸法精度、外観、製造特性の向上を図ってきた経緯がある(図1)。

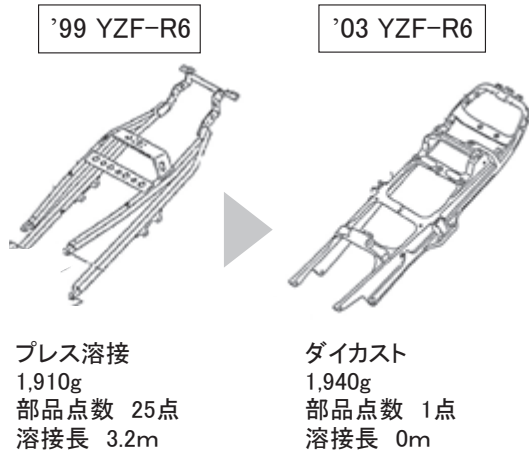


図1 リヤフレーム製造方法の移り変わり

今回、マグネシウムの採用にあたっては、積載性を犠牲にしない範囲でリブを設けて断面係数を増加させ、アルミニウム同等以上の強度・剛性を確保するとともに、座面の面積拡大や異種金属接触形態の見直し、水抜き穴の設定を行い、マグネシウムの特性に配慮した設計を実施している。さらに製品の隅々まで肉厚の均一化に取り組むことで、 casting不良の削減だけでなく、軽量化にも貢献しており、製品重量はアルミニウムと比較して、約20~30%の軽量化を達成している。

2.2 溶解

マグネシウムの耐食性は、ダイカスト素材に含まれる不純物元素量の影響をうけることが知られており、厳しい溶湯管理が要求される。そこで、従来の

高品質アルミニウムダイカストで実績のある高真空・金型温度制御・高速射出設備に加え、溶湯の成分、保持温度、温度勾配の管理を行い、耐食性に優れたマグネシウムダイカスト品の製造を可能にしている(図2)。

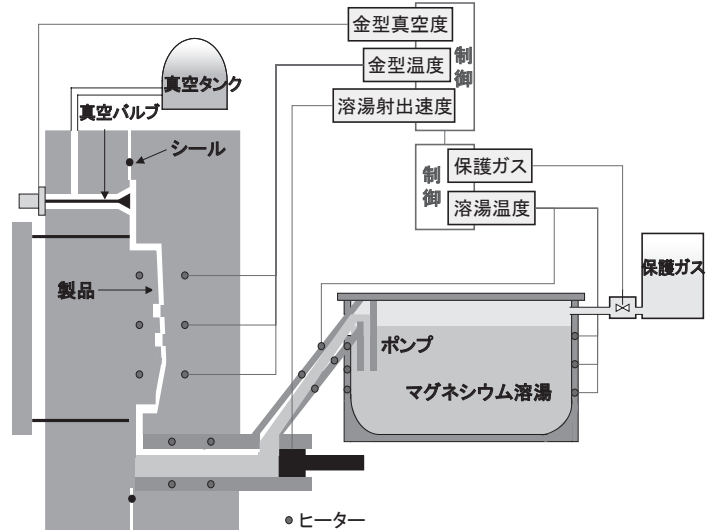


図2 マグネシウムダイカスト装置図

2.3 鋳造

マグネシウムは、アルミニウムに比べて充填時に溶湯温度が低下しやすいために湯回りが劣る上、凝固時には引けが発生しやすく、大型のダイカスト品を成形することや強度部品へ適用していくことは困難とされていた。そのため、良品製造条件を実験的に明らかにすると共に、シミュレーションも活用して健全な鋳物が得られるよう製品形状の最適化を実施した。

また、内部欠陥を減らし鋳物の機械的性質を安定させるため高真空ダイカスト技術を採用した。真空度による引張強さの違いを図3に示す。オーバーフ

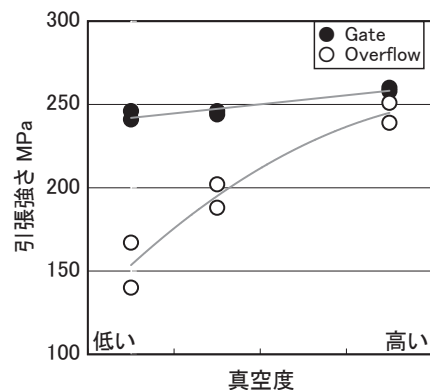


図3 真空度が引張強さに及ぼす影響

ロー側はゲート側と比べて、真空度の影響が大きく現われており、薄肉大型マグネシウムダイカスト品の製造において、機械的性質を安定させようとした場合、高真空ダイカスト法が有効であることを示している。

一方、表面欠陥対策では、マグネシウムはアルミニウムに比べ凝固収縮による凝固割れが製品のスマRに発生しやすいと言われている。そのため、スマRに微小なリブを設け収縮歪みを緩和すると共に、表面積を拡大してスマRの凝固時間を早めた。さらに、スマR近傍にシボを入れて製品を金型に拘束することで、収縮歪みが局所的に集中しないようにし、凝固割れ発生を減らしていった(図4)。そして製品

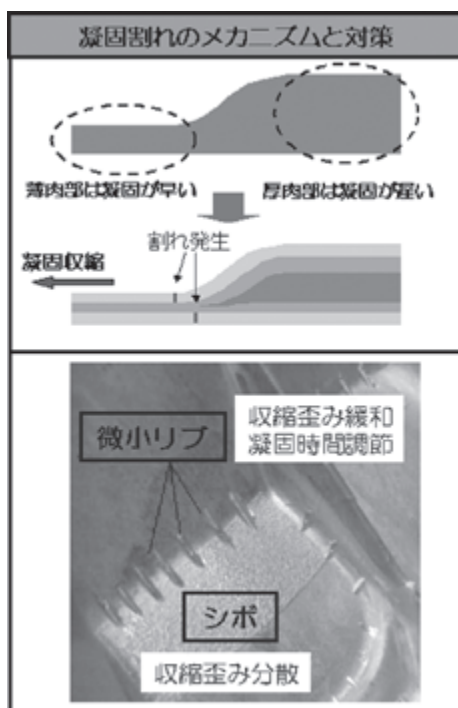


図4 製品スマRへの凝固割れ対策

設計の初期段階より凝固解析シミュレーションを実施し、周辺との温度勾配の差の大小より凝固割れ発生危険ポイントを抽出し、危険性の高い部位は、あらかじめ金型製作時より対策を織り込んでいる。

さらに鑄造中の金型表面温度のモニターを行ってヒートスポットの発生を防ぎ、凝固時間のバランスを崩さないように内部冷却位置や離型材塗布方法を見直した。これらの手法を用いることでこれまで量産車に使用されていたエンジンカバー類と比較し、基本肉厚は同等で約3倍の製品サイズのダイカスト品の量産を可能にしている。

生産性の面では、マグネシウムは、比熱が小さいため、キュアリングタイムが短くできるメリットがあり、サイクルタイムの短縮に貢献している。また、金型への入熱量が少なく金型材(鋼)との親和性が少ないことからアルミニウムに比べ金型寿命が向上する傾向にあり、ヒートチェック除去に伴う仕上げ工数の低減が期待できる。

2.4 表面処理

マグネシウムは化学的に活性なため、アルミニウムとは異なり特殊な下地処理、塗装が用いられていることが多かった。しかし、今回は、部品が大型のため、生産性の向上と表面処理性能の確保を両立することが求められた。マグネシウムの塗装下地処理には化成処理、陽極酸化の選択肢があるが、バッチあたりの処理個数を考慮して化成処理を選択し、外観部品であるため塗装も実施した。マグネシウム化成処理品の耐食性は素材の表面状態の影響を受けて、処理後の耐食性が大きく変動することが報告されているため、前洗浄工程において、表面状態の安定化に取り組んでいる。また、塗装はリヤフレーム全体を覆うという考え方のもと、電着塗装を含めた3コートとし、密着性を確保すると共に耐傷付き性にも有利な仕様としている。

3. 開発の成果

開発した技術を用いることで以下のような特性を兼ね備えたマグネシウムダイカスト構造部品が製造可能になった。

3.1 疲労特性

疲労強度を比重で除した値を同等工法で製造したアルミニウムと比較した(図5)。 10^7 乗回での強度は、アルミニウムを約30%上回る。そのため部品の軽量設計が可能となる。

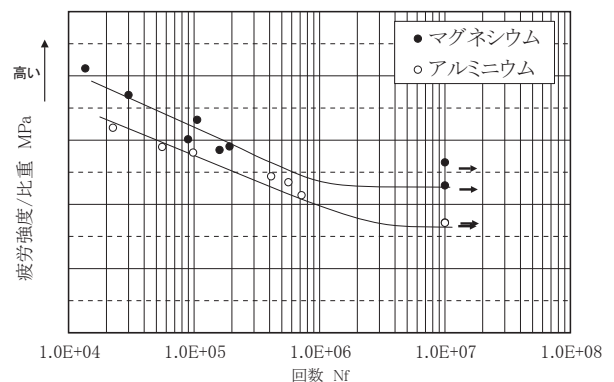


図5 ダイカスト品の比疲労強度の比較

3.2 耐食性

写真3に表面処理を行った試料の塩水噴霧試験後の外観観察結果を示す。塗膜のテープ剥離評価を行った後も、カッター傷からの腐食は認められない。

また、マグネシウムは実用金属中で最も卑な金属であることから、電位差の大きな金属と接触させた

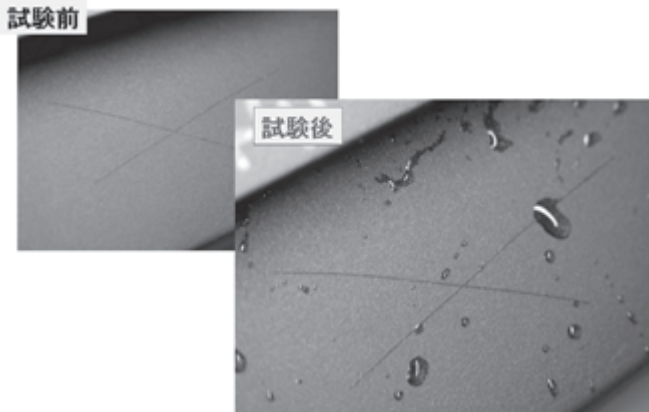


写真3 下地処理と塗装を行ったダイカスト品の塩水噴霧試験後の外観

状態のまま腐食環境に暴露すると電食が発生する可能性がある。特に締結部はボルトが鋼のため、電食防止と面圧の低減のためにアルミニウムワッシャを挟み、さらにワッシャに絶縁目的でアルマイト処理を実施して局部電池の形成を抑制し、電食発生を防いでいる(図6)。

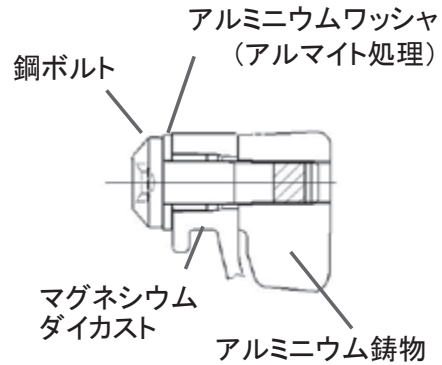


図6 電食防止締結構造

4. 量産工程及び実績

2008年より当社の量産モーターサイクル「YZF-R6 (600cc)」のリヤフレームに実用化し、その後2009年には当社の量産モーターサイクル「YZF-R1 (1000cc)」へ横展開を行い、現在、3万個を超える生産実績がある。リヤフレームの重量低減が操縦安定性、燃費の向上に貢献している。



写真4 YZF-R1に採用されているマグネシウムリヤフレーム

5. おわりに

本技術により、外装品に使用可能なマグネシウム大型構造部材の適用が量産レベルで可能なことが世界に先駆けて証明された。自動車を含めた量産輸送機器の重量低減、燃費向上、リサイクルの面において商品性と環境対応を高いレベルで両立させる技術として広い適用が期待できる。

ヤマハ発動機株式会社
技術本部生産技術統括部
〒438-8501 静岡県磐田市新貝 2500
TEL. 0538-32-1178 FAX. 0538-37-4287
<http://www.yamaha-motor.co.jp/>