

亜鉛ダイカストの破断解析調査

Fracture analysis of zinc die casting

Osumi Corporation . Namie Suzuki

Abstract

It is believed that the cause of the fastener pull tab breakage started near the area where the molten metal cracked at the left breakage point, and that the progression of corrosion, combined with a torsional stress load exceeding the allowable stress, led to the final breakage.

Cracking and casting defects are caused by defects in die casting, and possible causes include a lack of molten metal and differences in solidification temperature. As such, it is suggested that in addition to the amount of molten metal and pouring speed, consideration should be given to the appropriate mold temperature, gas venting position, etc.

1. はじめに

非鉄金属によるダイカスト製品は、一般製品や自動車、二輪車用に幅広く使用されている。ダイカスト生産の大部分はアルミダイカストであり、自動車部品ではエンジンブロックや周辺部品等とあるが、現在では鉄鋼材料の代替となる車体構成大型部品として、再生素材を用いたギガキャストが急速に開発されており、車体の軽量化およびCO₂排出低減に寄与している。一方、亜鉛ダイカストも自動車用ブレーキ、シートベルト、サンルーフ部品などの安全装置等に利用されており、その背景には亜鉛は低コストであり、仕上がり精度が高いなどの利点から、今後更なる需要拡大に期待できる。一般用品では、蛇口、ドアノブ、電動工具ボディなどで使用されている。

本件では、亜鉛鋳物製ファスナーのスライダー引手部の破損不具合原因調査を実施した結果をレポートとした。

2. 調査方法および装置

調査試料を図1に示し、調査方法は、以下に記す。

(1) 外観および破面マクロ観察、断面観察調査

デジタルマイクロスコープ (KEYENCE 社製 VHX-7000 型) (以下、“DMS”と記載する)

(2) 破面詳細観察調査

SEM-EDS (JEOL 社製 JSM-7600 型、Thermo Fisher Scientific 社製 NORAN System7 312E)

(3) 硬さ測定調査

マイクロビッカーズ硬さ試験機 (マツザワ社製 MMT-X7B 型)

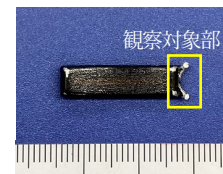


図1 破損ファスナー全形

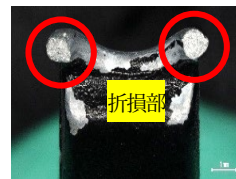


図2 外観観察



図3 左側折損部表層観察

3. 調査結果

3.1 外観およびマクロ観察

外観観察では、左側折損部の上面表層部に亀裂や湯じわが観察された。右側破損部では表面亀裂などは確認されないが、左右での破損位置は異なる。引手部形態も湾曲状であり、中央部近傍にはパーティングライン (PL) でのバリが観察されるが、亀裂等に至る不具合部は確認されなかった。

3.2 破面観察

左側折損部の破面観察結果では、破断は上面表層亀裂部より中央部方向へ段差様に破壊が伝播した形態で観察された。SEM 詳細観察では、亀裂部近傍は腐食痕や腐食を伴う粒界破面形態で観察された。これら近傍には、約 10 μm 前後の鑄巣が見られ、段階的に圧壊され平坦様となり破壊が伝播する形態で観察された。中央部から最終破断部ではやや右側方面へ応力負荷された粒界ディンプル

ル形態で観察された。

一方、右側折損部では、破面追側へ向かう粒界ディンプルが観察されたことから、各折損部は異なる方向へ応力が負荷されて破壊に至ったと判断される。

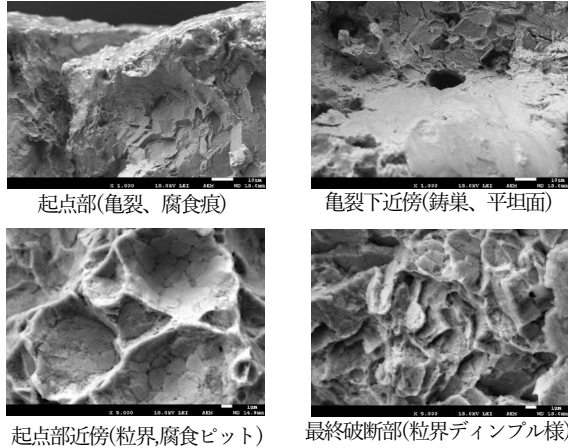


図4 破面SEM詳細観察像

3.2 断面観察

断面観察では、左右折損側共に、破面中心部から上面側に約 $1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 程度の鑄巣や介在物の点在が多く観察された。鑄巣は PL 近傍で多く見られたことから、湯量不足および凝固温度差異により、鑄巣溜まりに至ったと考えられる。

左側折損部においては、破面側に内部亀裂した粒界破壊が観察されたことで脆性破壊であると推定される。

右側折損部においては、上下側部で僅かに内部進展した亀裂が観察された他、右下近傍に腐食痕、粒界割れ、欠落が観察されたことから、この部位から破損したと考えられる。

金属組織においては、肉厚内部方向に伴い、僅かにチル層、デンドライト、半凝固組織状に観察され、内外での凝固時の温度差による影響と考えられる。

3.3 SEM-EDS 結果

母材の SEM-EDS による定性分析結果では、主に亜鉛 (Zn)、アルミニウム (Al) が検出された。銅 (Cu) は検出されないことから本材料は ZDC2 (JIS H5301) に相当するものと推定される。

鑄巣内部および介在物は主に炭素 (C) が多く検出された。これは素材の炭化生成物と思われるが、離型剤由来の可能性も考えられる。

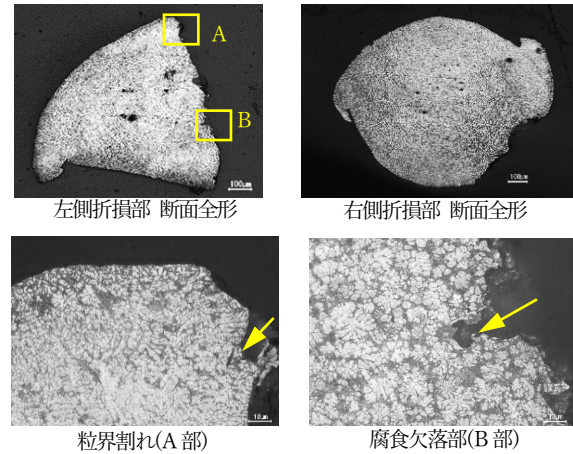


図5 断面観察図

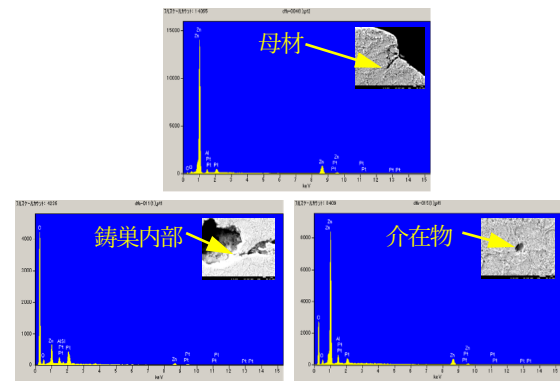


図6 各種 EDS 結果(→:測定箇所)

3.4 硬さ測定調査

硬さ測定結果では、平均硬さ約 81HV となり、表層および内部差異は見られない。参考として、JIS 規格では 82HB となる。

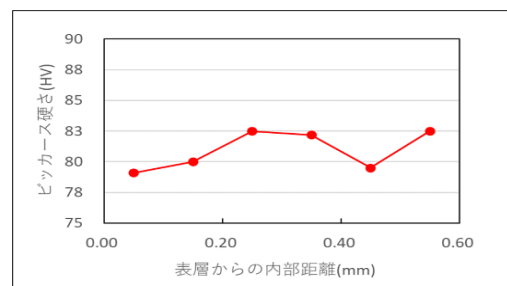


図6 ビッカース硬さ測定結果

4. 結言

以上の調査結果より、ファスナー引手部が折損した要因は、左折損部の湯じわ部近傍を起点とし、腐食進行に加え許容応力以上のねじれ応力負荷が相乗し、最終破断に至ったと推定される。

湯じわや鑄巣の要因は、ダイカストの不良要因であり、湯不足や凝固温度差などが要因として挙げられることから、湯量および注入速度に加え、金型の適正温度、ガス抜き位置等の検討が示唆される。

普段何気なく使用する製品にも規格があり、材料や製造等の工程管理が成されている。身近な一般品は大量生産・大量消費になりやすいと思うが、今は循環型社会である。ひとつひとつを大切に、モノが延命となるように、不具合解析は重要と考え、調査させて頂いております。

以上

参考文献

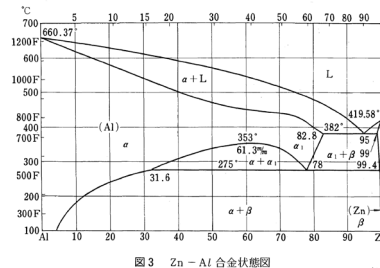
- 1) 一般社団法人 日本ダイカスト協会. n.d.
<https://diecasting.or.jp/toukei/index.php>.
- 2) 佐藤健二、岡野良武、西直美、早野勇. 超薄肉ZDC亜鉛合金ダイカストの機械的性質. 鑄造工学 第81巻 第4号, 2009.
- 3) 佐藤健二、岡野良武、西直美、早野勇. "薄肉亜鉛合金ダイカストのプレス成型性." 鑄造工学 第81巻 第3号, 2009.
- 4) 杉本正威. 亜鉛アルミニウム合金の特性とその応用. 実務表面技術, n.d., p270.
- 5) 林清讚、中田毅、林徹男. "亜鉛-アルミニウム合金のデンドライト形態." p1041-p1047. 鑄物 第46巻 第12号, n.d.
- 6) 林清讚、中田毅、林徹男. 亜鉛-アルミニウム二元合金のデンドライト形態に及ぼすアルミニウム含有量の影響. 鑄物 第47巻 第4号, n.d.
- 7) 蓮野昭人. "最近のダイカスト技術の紹介." 電気製鋼 第78巻 4号, 2007年11月.

株式会社オオスミ
 分析技術グループ主任技師 鈴木奈美枝



***ミニメモ ~鑄巣とデンドライト~

本件における鑄巣はどのように発生したのか、Zn-Al二元合金状態から考える。



Zn-Al 二元合金状態図
 (参照文献4) 引用

Znの融点は419°Cであり、凝固温度は382°Cであるため、この温度から凝固し始める(初晶点)。初晶(α-Zn)デンドライトが成長し、Zn-Al共晶が現われ、最終的にはα-Znデンドライト結晶の間にZn-Al共晶のある金属組織となる。このとき、デンドライトが成長し続ければ完全な固体となるが、湯の到達不良等により凝固収縮に差異が発生することで鑄巣の発生に至る。

また、一般的に金属組織は均一で結晶粒が微細なほど機械的性質(強度、伸びなど)は向上する。鑄造も同様の考えが成り立つ。

ひとつのα結晶に対し、ひとつのデンドライトが成長するため、過冷却を大きくすることで、α-Zn結晶が多く生成されることになり、微細化される。

そのため、鑄巣を減らし、強度を向上させるためには湯量や温度(金型、溶融)、射出速度などが重要となる。

ちなみに、デンドライトを身近なところで言えば、霜の雪片もデンドライトの一種です。氷点下において過飽和水蒸気中で微粒子が主に静電的に水蒸気を集めて核生成したもので、温度と湿度で変化しながら成長していく。



皆さんも雪を見たら、ぜひ良く観察してみてください。