

6 アルミダイカスト金型冷却孔の割れ現象の調査と腐食防止策

石本洋介, 大石 郁, 森下勇樹, 藤本直也, 田畑潤二*

Investigation of cracking of die casting mold and measures to prevent corrosion of mold

ISHIMOTO Yosuke, OHISHI Kaoru, MORISHITA Yuki, FUJIMOTO Naoya and TABATA Junji

There is a need to prevent cracking of die casting molds. In this research, cross-sectional observation and fracture surface observation of the cracked part of the mold were conducted, and technical survey on the crack of the mold was conducted. In addition, we investigated the corrosiveness of mold cooling water, and examined the corrosion control measures by controlling the concentration of rust inhibitor in the cooling water.

It is considered that the cooling holes of the mold in which the crack occurred were oxidized and that stress corrosion cracking had occurred. It was found that the mold corrosion could be suppressed by appropriately controlling the concentration of the antirust agent. Proper control of the concentration of rust inhibitor is considered to be an effective measure of cracking of the cooling holes.

キーワード：割れ, 腐食, 防錆剤, 分極測定, 応力腐食割れ

1 緒 言

現在,自動車部品に用いられるダイカスト製品では高強度化,信頼性向上が進められている。そのためには,製品の冷却過程を制御することが重要となり,金型冷却のために冷却孔が設けられている。しかし,反面冷却孔を起点とした割れや腐食が発生し,金型寿命を短くしている。また,この割れや腐食の発生は金型の加熱冷却の頻度に依存するが,コスト削減のために,サイクルタイムを短くすることも求められている。

そこで,本研究では,金型の割れや冷却孔腐食を抑制することを目的として,金型の割れ部の断面観察を行い,割れ発生の原因調査を行った。また,金型冷却水の腐食性について調査し,冷却水中による腐食抑制策を検討した。

2 実験方法

2.1 割れ現象の調査

工場稼働時に発生した図1に示す金型冷却孔の割れについて調査した。工場で使用される金型材は熱間工具鋼のSKDであり,ADC12材のアルミダイカスト製品の生産に使用されている。

本調査では金型の割れ部を切断,研磨し,光学顕微鏡で断面から割れ現象について考察した。また,冷却部の腐食状況を確認するため,電子顕微鏡に付属するエネルギー分散型X線分析装置(EDX)によって,割れ部断面の酸化状況を調査した。



図1 金型冷却孔の割れの模式図

2.2 金型冷却水の腐食性の調査

金型の腐食には冷却水の影響が考えられるため,冷却水中の防錆剤濃度と金型の腐食の関係について分極測定を行って調査した。測定方法はサイクリックボルタンメトリー法を用いて,分極曲線¹⁾を描いた。

表1に調査した冷却水A~Eの防錆剤濃度を示す。防錆剤は亜硝酸塩系の市販品を使用した。冷却水A~Eを溶液とし,白金を対極として金型材SKDを分極測定することで腐食性を比較した。測定試料の測定面積は1cm²とし,測定面を耐水研磨紙800番まで研磨を行った。電位は-1000mV~500mVの範囲で,掃引速度は1mV/secの速度で測定した。腐食性の比較は分極曲線中の電流密度で行った。なお,今回の金型では防錆剤は添加されていない。

*広島アルミニウム工業株式会社

冷却水種類	防錆剤濃度 (ppm)
A	2000
B	1000
C	100
D	10
E	0

表 1 冷却水の防錆剤濃度

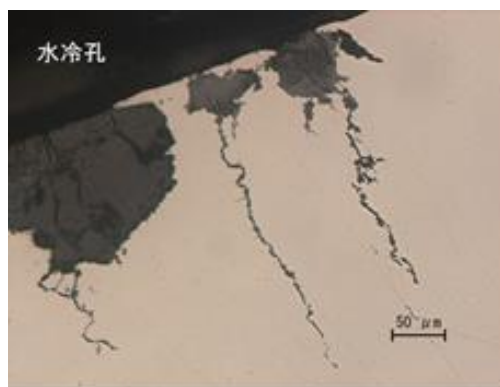


図 2 冷却孔面の割れ部断面の光学顕微鏡写真

3 実験結果及び考察

3.1 割れ現象の調査結果

図 2 にキャビティまで貫通していない比較的初期の金型割れ部の断面写真を、図 3 に EDX による成分マッピング像を示す。成分分析から割れ部の周辺で酸素 (O_2) が多く分布し、割れの周辺では酸化が進んでいることが確認できる。割れは図 3 左部の冷却面側の扇形の大きな酸化物を起点とし、右側のキャビティ面に向けて直線状に進展しており、主に結晶粒界に沿っていることがわかった。

金型材は冷却水と接触していることから、腐食環境下にある。加えて、製品の casting 時には、加熱と冷却による熱応力や casting 時の応力も発生する。金属が局部的に腐食損傷を生じると、引張応力の存在によって応力腐食割れが発生するといわれている。²⁾

本件の割れ現象としては、まず冷却孔側の孔食に大きな酸化スケールが生成し、これが起点となり、casting 時の熱により発生する応力と割れ先端での応力集中により進展していったものと考えられる。また、割れの先端では、応力集中により応力が高くなる。このことによる直線的な割れの発生が多く観察されていた。

金型キャビティまで割れが進展して生じる貫通割れは冷却孔の先端で発生しやすいと考えられている³⁾。これはキャビティ面により近いため、casting 時の圧力や加熱・冷却による熱応力が最もかかりやすいためと考えられる。

今回調査した冷却孔の割れについては、応力環境及び腐食環境であること、加えて割れ部の断面の状況から、冷却孔内において無数の応力腐食割れの発生がももになったと考えられる。

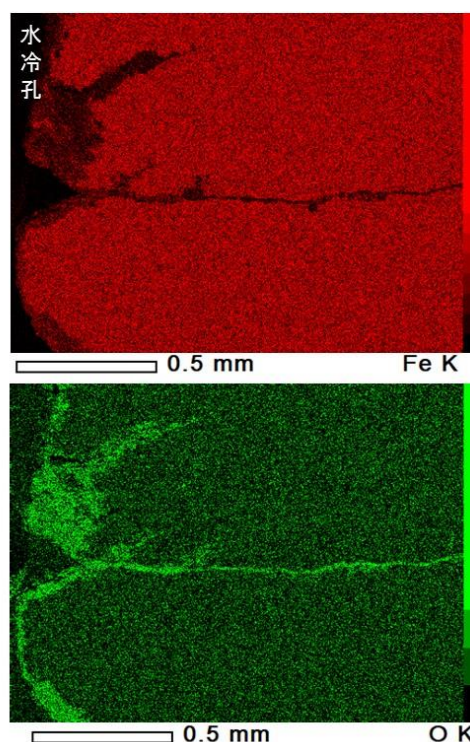


図 3 冷却孔面の割れ部断面の成分マッピング像

3.2 金型冷却水の腐食性の調査結果

図 4 に各冷却水の分極測定結果を示す。防錆剤を添加していない冷却水 E の測定で自然電位が最も卑となり、防錆剤を添加した冷却水 A~D で自然電位が貴な方向に移動していることが分かった。

無添加の冷却水 E 及び濃度の低い冷却水 D においては、自然電位以上に電位を上げると電流密度が急上昇し続け、アノード反応が急速に進んだ。中間濃度の冷却水 C は 300mV 以上で電流密度が急上昇した。一方、高濃度の冷却水 A 及び B は電流密度が急上昇することはなかった。

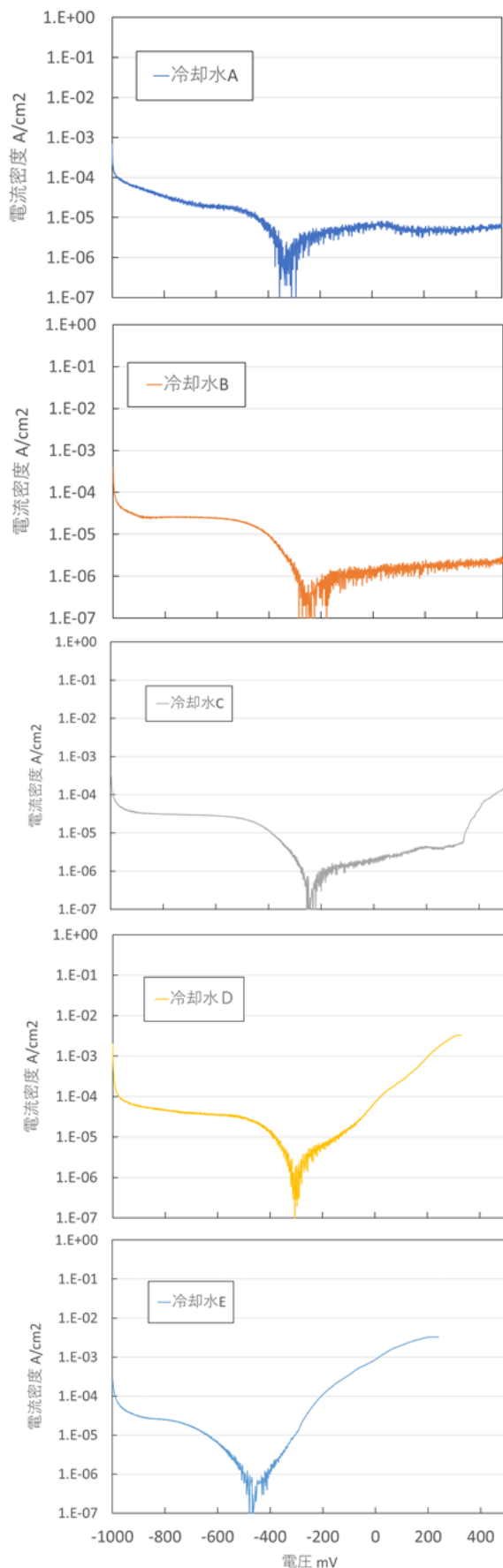


図4 各冷却水の分極測定結果

4 結 言

金型の冷却孔の割れ部の断面観察、電子顕微鏡を用いた成分分析及び冷却水の分極測定を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 割れの発生した金型の冷却孔は表面酸化していた。また、割れは粒界を進展しており、割れの起点周辺では他の箇所と比較して腐食が進展していたことが分かった。
- (2) 工場での稼働時には金型が応力環境におかれており、腐食が進んでいることから、割れの原因は応力腐食割れによるものと考えられる。
- (3) 防錆剤濃度100ppm以下の冷却水は、防錆剤濃度1000ppm以上の冷却水と比較して、アノード反応が進み、金型材が腐食しやすい環境であると分かった。
- (4) 防錆剤濃度1000ppmまたは100ppm（電位300mVまで）の冷却水では、金型材の防食効果が期待できる。

以上の結果から、冷却孔の割れの対策には、防錆剤濃度を適切に管理し、腐食を抑制することが有効であると考えられる。

文 献

- 1) H. H. ユーリック, R. W. レヴィー：腐食反応とその制御（第3版）（1989）
- 2) 三浦健蔵：腐食メカニズムと余寿命予測（2007）
- 3) 廣瀬他：鋳造工学会第168回全国講演大会講演概要集，36（2016）