# 低融点金属による水栓製品欠陥補修技術の開発(第1報)

# 細野幸太\*、林哲郎\*

#### Development of the defect repair technology about the faucet product with the low melting metal (I)

### HOSONO Kota\* and HAYASHI Tetsuro\*

青銅製の水栓製品において、メッキ処理を施す前の研磨工程で発見される微小な鋳造欠陥は、メッキ表面の美 観に影響を及ぼすため補修が必要となる。この問題に対し、我々は低融点金属である亜鉛を補修材として活用す る技術の開発を進めている。本研究では、曲面形状を持つ実際の青銅製水栓部品を対象に小型電気炉を用いた補 修手法を試みた。その結果、混合ガス(窒素-水素)を流しながらの加熱処理により、曲面部分でも素材と亜鉛 が密着し、素材より硬く、ボイドなどの欠陥がほとんどない銅-亜鉛化合物層を形成できることが分かった。さ らに、電気炉を活用することで、多数の水栓製品を同時に補修できる可能性が示唆された。

#### 1 はじめに

既報<sup>1)</sup>では、メッキ処理を施す水栓製品に用いられる 青銅(CAC406)の鋳造欠陥補修方法を検討するため、 管状炉とCAC406 平板を用いた実験を行った。その結 果、補修に使用した亜鉛(Zn)薄板中に素材中の銅 (Cu)が拡散し、ほぼ欠陥のない約350μm厚のCu-Zn 化合物層が形成され、青銅製品の補修方法として有効で あることが示唆された。

そこで本研究では、管状炉と比較して広い均熱領域が 確保できる小型電気炉を加熱装置として使用するととも に、試験片として曲面を有した実際の CAC406 製水栓 製品を使用することで、補修技術の実用化を視野に入れ た基礎的検討を行ったので報告する。

# 2 実験

### 2.1 試験片

曲面を有する試験片は、砂型鋳造で製造した CAC406 製水栓製品の一部を切断し作成した。同試験片は、メッ キ処理前の研磨が施されており、エタノールで5分間超 音波洗浄した後、鋳造欠陥の補修箇所を模擬した $\phi$ 3、 深さ約 0.25 mmの穴を切削加工により形成した(図1)。 補修材となる Zn 薄板(株式会社ニラコ製、純度 99.2 %)を穴形状に入るよう $\phi$ 3 程度に加工し、厚み 0.3 mm と 0.1 mmの順で、重なるように穴に設置した。また、酸 化によって Zn 薄板の表面が黒く変色することを抑制す るため、 $\phi$ 3 程度で厚み 0.1 mmのスズ(Sn) 箔(株式会 社ニラコ製、純度 99.9%)を 0.1 mm 厚の Zn 薄板上に設 置し、加熱処理前の試験片とした。

#### 2.2 加熱装置と加熱条件

加熱には、酸化防止のため混合ガス(窒素-3%水素)を一定量流せるように改良した小型電気炉(ヤマト 科学株式会社製、FP303)を用いた。加熱保持温度はZn



図1 切削加工後の曲面を有する CAC406 試験片

の融点(約419℃)以上である495℃とし、1時間保持 し、約220℃まで炉冷した後、試験片を取り出し、各種 測定に供した。

#### 2.3 断面観察、元素分析及び硬さ測定

加熱処理後の試験片を切断、樹脂埋め、鏡面研磨し、 断面観察試料とした。断面観察試料を金属顕微鏡(株式 会社ニコン製エクリプスLV100)にて観察し、CAC406 曲面とZnの密着状態及び欠陥等の有無を確認した。ま た、断面観察試料を走査型電子顕微鏡(SEM、日本電 子株式会社製JXA-8530F)にて観察するとともに、 SEM 装置内蔵のエネルギー分散型X線分析(EDX)を 用いてCu、Zn、Pb及びSnの分布状態を確認した。さ らに、切断面の硬度をマイクロビッカース硬さ試験機 (株式会社フューチュアテック製FM-810)により測定 した(各層5点)。

#### 3 結果及び考察

加熱処理後のマクロ断面像を図2に示す。同図より平板と同様に曲面部においてもZnとCAC406は接合していることが分かる。図3に加熱処理後の試験片表面を #800及び#1200のSiC研磨紙で湿式研磨後、ダイヤモンド懸濁液を用いてバフ研磨した試験片を示す。研磨後の 補修部は、Zn等の補修材により充填されており、平滑

\* 金属部



図2 加熱処理後のマクロ断面像(金属顕微鏡)



図3 バフ研磨後の補修試験片

な表面が得られている。また、研磨工程により研磨され たのは、図2の白い点線部であると考えられ、断面像か らも研磨後の補修部分は充填されていることが確認でき る。これらの結果から、小さな鋳造欠陥部を切削加工 後、Zn 及び Sn を設置し、混合ガス中で加熱することで 曲面を有する欠陥部を補修できることが示唆された。

図4に加熱処理後のSEM断面像(a)及び元素分析結果 ((b)Cu、(c)Zn、(d)Pb及び(e)Snの分布状態)を示す。同 図より、Zn薄板にCAC406の成分であるCu、Pb及び Snが拡散し、カーケンダルボイド等の欠陥がほぼない 約155µm厚のCu-Zn化合物層が形成されていることが 分かった。EDXによる簡易定量分析からCu-Zn化合物 層中のCuは34.3at%、Znは64.42at%、Pbは0.66at%、 Snは0.62at%であり、Cu<sub>5</sub>Zn<sub>8</sub>を形成している<sup>1)</sup>と考えら れる。さらに、CAC406とZn界面にはPbやSnが多く 拡散し、Sn箔中には、SnとZnの共晶が形成されるこ とが分かった。また、Cu-Zn化合物層の硬さは、HV405 となった。素材であるCAC406の硬さはHV76である ことから、硬いCu-Zn化合物層が均質に形成されてい ることが分かった。

図 5(a)に実際の製造現場で不良と見なされる 0.3 m程 度の鋳造欠陥を有するメッキ前の CAC406 製水栓製品 を示す。同製品の鋳造欠陥部に  $\phi$  3、深さ約 0.2 mmの穴 を切削加工した後、実験用試験片と同様の補修処理を施 し、バフ研磨した水栓製品を図 5(b)に示す。同図より  $\phi$ 3 の穴が補修材で充填されており、実際の水栓製品にお いても小型電気炉による補修が可能であると考えられ る。

# 4 まとめ

曲面形状を持つ CAC406 製水栓製品の欠陥補修方法 を検討した。穴加工を施した CAC406 製水栓製品に Zn 薄板および Sn 箔を設置した試験片を準備し、混合ガス



図 4 Sn 箔/Zn 薄板/CAC406 試験片加熱処理後の (a)SEM 断面像及び各元素分布像((b)Cu、(c)Zn、 (d)Pb 及び(e)Sn)



図 5 (a)鋳造欠陥を有する水栓製品、(b)バフ研磨後の補修 水栓製品

を流した小型電気炉中で加熱する実験を行い、次の知見 を得た。

- CAC406 曲面部と Zn は密着し、約 155µm 厚のほぼ 欠陥のない Cu-Zn 化合物層を形成した。
- 形成された Cu-Zn 化合物層のビッカース硬さは、 HV405 となり、素材の5倍以上であった。

# 【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、試料提供いただいた株式会社 水生活製作所様に深く感謝申し上げます。

# 【参考文献】

 細野ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.5, pp26-27,2024