

水栓製品の品質向上に関する研究(第1報)

細野幸太*、三原利之**、林哲郎*、水谷予志生*

Study on faucet parts for quality improvement (I)

HOSONO Kota*, MIHARA Toshiyuki**, HAYASHI Tetsuro* and MIZUTANI Yoshiki*

砂型 casting で作製した銅合金製水栓部品は、鑄造後あるいは鑄造・研磨後に目視で確認できる小さな欠陥（穴）や耐水試験で水漏れが発生するなどが問題となる。本研究では、鑄造シミュレーション技術を活用し、実製品の鑄造方案で引け巣状況を確認した。また、内部欠陥構造解析手法を確立するために、マイクロ X 線 CT 及び実製品断面の走査電子顕微鏡観察を試みた。適正な鑄造方案を作成し、不良品を少なくするためには、これらの手法を活用することが有効であることが示唆された。

1. はじめに

銅合金を用いた多くの水栓部品は、砂型鑄造、低圧金型鑄造等の鑄造プロセスにより経験的に決定されてきた鑄造条件で製造を行っている。しかし、鑄造時の溶湯（熔融金属）流動が砂型の砂、気泡及び酸化物を巻き込むため、湯回り不良や引け巣（溶湯が移動した後に発生する空洞状の収縮巣）等の鑄造欠陥を引き起こし、大きな問題となっている。その抑制手段の一つとして注目されているのが鑄造シミュレーション技術であり、水栓業界においても、多くの鑄造シミュレーションソフトが用いられている¹⁾。

本研究では、県内中小企業の協力を得て、実製品の鑄造シミュレーションを行い、その有効性及び今後の適正な鑄造方案策定への手がかりを見出すことを目的とした。また、鑄造シミュレーションによる鑄造欠陥が実際の鑄造物でどのように発生しているのかを比較・検討できる解析手法の確立を目指した。

2. 実験

2. 1 鑄造シミュレーション

県内中小企業提供の鑄造方案を用いて、当センター保有の鑄造シミュレーションソフト（クオリカ（株）製 JSCAST）により引け巣発生位置等の解析を試みた。鑄造条件は、実製品作製に近い条件を用いた。

2. 2 マイクロ X 線 CT による内部欠陥構造解析

2.1 で用いた鑄造方案で銅合金水栓部品を砂型鑄造により作製し、その一部分を切断した。同試験片について、マイクロ X 線 CT（東芝 IT コントロールシステム（株）製 TOSCANER-32300μFD）を用いて内部欠陥構造解析を試みた。X 線条件は、管電圧 220kV、管電流 300μA とした。

2. 3 断面観察

* 金属部

** 技術支援部

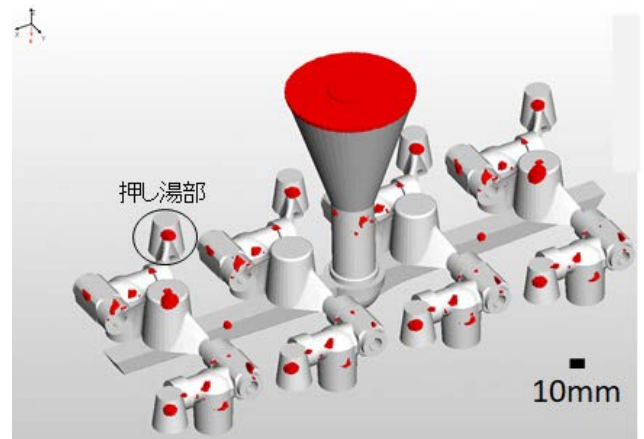


図1 鑄造シミュレーションによる引け巣発生位置



図2 押し湯部分を含む製品

2.2 で確認した内部欠陥構造解析について、実製品断面を研磨及びエタノールで超音波洗浄後、走査電子顕微鏡（日本電子（株）製 JED4600F）を用いて観察した。

3. 結果及び考察

3. 1 鑄造シミュレーション結果

押し湯部分が存在しない鑄造方案では、実際に鑄造を

行くと、押し湯手前部分に多くのガス欠陥が存在することが分かった。そこで、押し湯部分が存在する鑄造方案を作成し、鑄造シミュレーションを行った結果を図1に示す。全部で8個の製品が鑄造できる方案であり、押し湯部分に欠陥が存在することで、製品部の欠陥が小さくなることが分かった。また、欠陥の大きさは、数 mm から 10mm 程度であり、8 個すべて同じ位置に発生していることが分かった。

3. 2 マイクロ X 線 CT による内部欠陥構造解析結果

X 線 CT は、被検査物の外形及び内部構造を非接触にて三次元で可視化できる²⁾。そこで、押し湯部分を含む製品の一部を切断し(図2)、さらに X 線を透過させるために3部位になるように切断した。同図中心部(□部:高さ約 42mm×幅 30mm)をマイクロ X 線 CT で観察した結果を図3に示す。同図より、各断面○部のように数 mm の空洞部分が表面付近まで存在していることが分かった。この空洞は、図1の鑄造シミュレーションで推定された欠陥部分と近い位置に存在していることから引け巣であると考えられる。したがって、鑄造シミュレーションによる引け巣欠陥予測が有効であることが示唆される。また、1mm 以下のざく巣(溶湯の凝固収縮により生じる多孔状の収縮巣)と考えられる空洞についても観察することができた。

3. 3 断面観察結果

図4に3.2のマイクロ X 線 CT で観察された欠陥部分付近の研磨を施した断面試験片についての走査電子顕微鏡観察像を示す。同図より、1mm 程度の空洞が存在しており、拡大するとデンドライト形状(図5)であることから³⁾、引け巣であると考えられる。

4. まとめ

鑄造シミュレーションにより、鑄造方案にて押し湯部を形成させることで鑄造欠陥が押し湯部分より小さくなることが確認できた。また、鑄造欠陥は、数 mm から 10mm 程度あると推定された。

内部欠陥構造解析は、試験片形状の制限はあるが、マイクロ X 線 CT が有効であり、引け巣及びざく巣が観察できることが分かった。また、走査電子顕微鏡を用いた断面観察により引け巣と考えられるデンドライト形状を確認した。

今後、鑄造シミュレーション技術と内部欠陥構造解析を相互に活用することで、製品欠陥の少ない適正な鑄造方案を作成でき、品質向上に繋がると考えられる。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、ご協力いただいた株式会社水生活製作所の神山政幸氏及び美山鑄造株式会社の辻佳宏氏に感謝申し上げます。

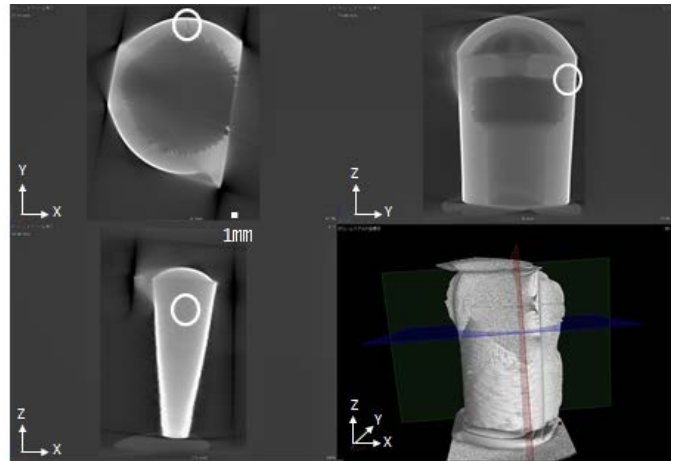


図3 マイクロ X 線 CT による内部欠陥構造観察結果

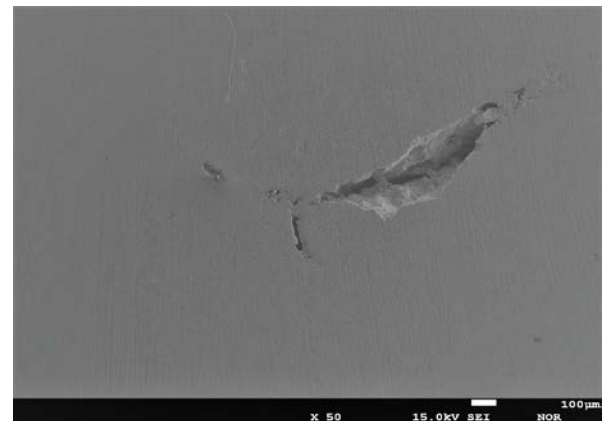


図4 走査電子顕微鏡による断面観察結果 (50 倍)

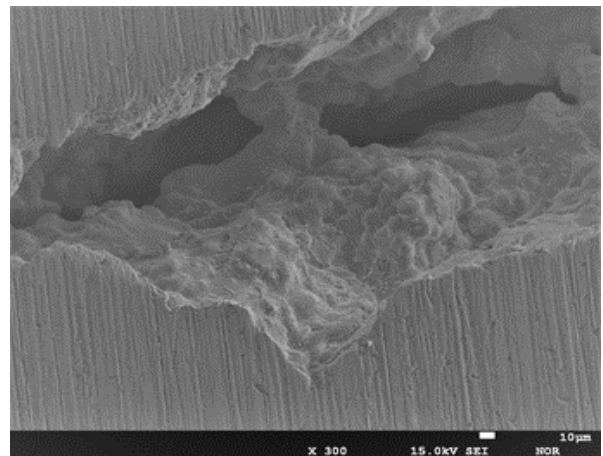


図5 走査電子顕微鏡による断面観察結果 (300 倍)

【参考文献】

- 1) 仲山ら,KOBE STEEL ENGINEERING REPORTS, Vol.51,No.3, pp2-8,2001
- 2) 富澤ら,鑄造工学,93(10), pp622-627,2021
- 3) 矢澤ら,群馬県立産業技術センター研究報告,2014