

水栓製品の品質向上に関する研究（第4報）

— 鑄造シミュレーションによる水栓部品の鑄造欠陥の要因の推定 —
三原利之*、細野幸太**、水谷予志生**

Study on faucet parts for quality improvement (IV)
- Factor prediction of casting defects on faucet parts using casting simulation -

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

青銅鑄物製の水栓部品に発生した鑄造欠陥について、実際に鑄造欠陥が発生した箇所と鑄造シミュレーションで予測された引け巣の発生箇所はよく一致しており、今回、水栓製品で発生した鑄造欠陥は溶湯の最終凝固部に発生する引け巣が要因であることが分かった。また、鑄造シミュレーションで鑄型の温度を常温（20℃）から低温（0℃）に変化させたとこ、鑄造欠陥は鑄型の温度が常温より低温の場合により多く発生することが予測された。鑄型の温度は鑄造時の周辺環境の影響を受けていると考えられることから、鑄造時の鑄型の温度管理が欠陥発生を低減に有効であると考えられる。

1. はじめに

鑄物に求められる品質や精度が日々高まっている中、鑄物産業が抱える重要な課題の一つに、鑄造欠陥の高い発生率がある。生産現場では鑄物欠陥対策に膨大な時間と労力が費やされており、鑄物の高品質化・品質管理・生産性向上に関して、極めて重要な課題となっている。そのため、具体的な鑄造欠陥対策として、鑄造方案の改良や鑄造条件の最適化が検討されている。しかし、これらの対策は生産現場の経験的な方法に頼るところが多く、鑄造欠陥の発生要因を十分に把握できていないのが現状である。さらに、同一の鑄造条件であっても、鑄造品の部位によって実際の凝固状態が異なっているため¹⁾、鑄造欠陥が局所的に発生することも考えられている²⁾。そのため、青銅鑄物の場合、鑄造欠陥の要因を明らかにすることは非常に困難である。

本研究では、青銅鑄物製の水栓部品の鑄造欠陥を低減するため、青銅鑄物製の水栓部品について鑄造シミュレーションを行い、鑄造欠陥の要因を明らかにするとともに、鑄造欠陥の低減に有効な対策について検討した。

2. 実験

2.1 供試材

本研究に用いた青銅鑄物 CAC406 製の水栓部品は、一般家庭等で使用される配管用継手であり、研究協力企業で鑄造され製品出荷時の耐圧検査で水漏れの不具合が発生した水栓部品の提供を受けた。

図1に本研究に用いた青銅鑄物 CAC406 製の水栓部品の CAD 図（左）と水栓部品のエルボー部にあるざく巣（溶湯の凝固収縮により生じる多孔状の収縮巣）部の電子顕微鏡の SEM 像を示す。電子顕微鏡の SEM 像は

高分解能走査電子顕微鏡複合装置（日本電子（株）製 JIB-4600F）を用いて測定した。水漏れはエルボー部で発生し、水栓部品表面から内部にわたってざく巣が見られた。ざく巣は、水栓部品の表面から内部に向かって深く広がっており、これが水栓部品の耐圧試験時の水漏れの原因になったと考えられる。通常、ざく巣は鑄造過程の最終凝固部や溶湯が十分に供給されていない箇所に発生する。

冬季は水栓部品の耐圧検査での水漏れ不良率が高い傾向があり鑄造時の溶湯の周辺温度の影響が懸念されたため、水栓部品の耐圧検査での水漏れ不良率と注湯を行った日の最低気温の関係を検討したところ、これらには負の相関 ($r: -0.7$) がみられ、水栓部品の耐圧不良は鑄造時の鑄型の温度が低かった影響を受けた可能性が考えられた。なお、注湯を行った日の最低気温は、岐阜気象台で観測された最低気温を用いた³⁾。

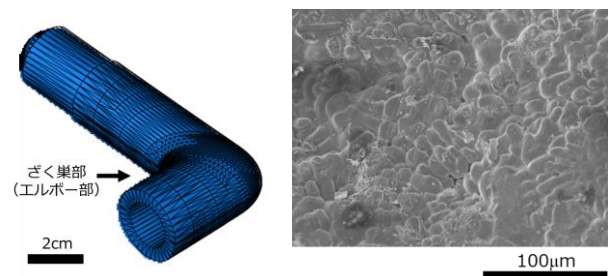


図1 青銅鑄物 CAC406 製の水栓部品の CAD 図（左）とざく巣部（エルボー部）の電子顕微鏡の SEM 像（右）

2.2 鑄造シミュレーション

鑄造シミュレーションは、鑄造シミュレーションソフト（クリオカ（株）製 JSCAST）を用いて、鑄造欠陥の発生箇所を予測した。鑄造シミュレーションに設定する鑄型の温度は常温（20℃）および低温（0℃）で行った。

* 技術支援部

** 金属部

ここで 0°Cでの casting シミュレーションは冬季の casting を想定している。注湯時の溶湯の温度は注湯の平均温度である 1,160°Cとし、そのほかの casting 条件は実際の casting 時に近い条件に設定した。 casting シミュレーションを行った casting 方案は研究協力企業から提供を受けたものを用いた。

3. 結果及び考察

3.1 casting シミュレーションによる引け巣の予測

casting シミュレーションを casting 型が常温 (20°C) の条件で行った場合の引け巣の発生予測箇所を図2に示す。引け巣による casting 欠陥は水栓部品のエルゴ一部に予測されており、実際の水栓部品でのざく巣の発生個所とよく一致している。このことは、 casting シミュレーションは、引け巣による casting 欠陥の発生予測に有用であることを示している。

casting シミュレーションにおいて予測される引け巣は、溶湯の最終凝固部に発生するため、今後、方案を最終凝固部が水栓部品内ではない箇所になるように設計することで、水栓部品内の引け巣を低減することが可能であると考えられる。

次に、 casting 時の casting 温度が引け巣の発生に与える影響を調べるため、 casting シミュレーションを casting 型が低温 (0°C) の条件で行った結果を図3に示す。引け巣の発生予測箇所は、 casting 型が常温時のシミュレーションによる発生予測箇所と同様に水栓製品のエルゴ一部に発生しており、低温時の方が常温時より増加していた。これは、引け巣による casting 欠陥は溶湯の冷却速度が速いほど発生しやすいため、 casting 型の温度が低いほど溶湯の冷却速度が速くなり、その結果、引け巣が増加したと考えられる。

4. まとめ

青銅 casting 物の水栓部品の casting 欠陥を低減するため、 casting シミュレーションを用いて引け巣の発生個所の予測を行ったところ、 casting シミュレーションによる予測と実際の引け巣の発生個所はよく一致し、 casting シミュレーションによる引け巣の予測が有用であることが分かった。引け巣の発生には casting 温度が影響を与える可能性が考えられたため、 casting シミュレーションを casting 型の温度が常温および低温の条件で実施したところ、 casting 型の温度が低温の場合により多くの引け巣が発生することが分かった。引け巣は溶湯の冷却速度が速いほど発生しやすいため、 casting 型の温度が低温である場合には常温の場合より溶湯がより速く冷却され、その結果、 casting シミュレーションにおいて引け巣がより多くの箇所が発生したと考えられる。このことは、実際の水栓部品の casting においても冬季に casting した水栓部品で耐圧試験時の水漏れが発生しやすい傾向がみられたことと一致し、 casting 型の温度を管理することで引け巣を低減できる可能性が示唆された。

casting 欠陥の要因には casting 温度のほかにも多様な要因

が複雑に影響していると考えられ、今後、さらに casting 欠陥が発生する要因について検討を進め、製造現場において casting シミュレーション技術を活かしたより実用性の高い casting 欠陥対策を提言していく。

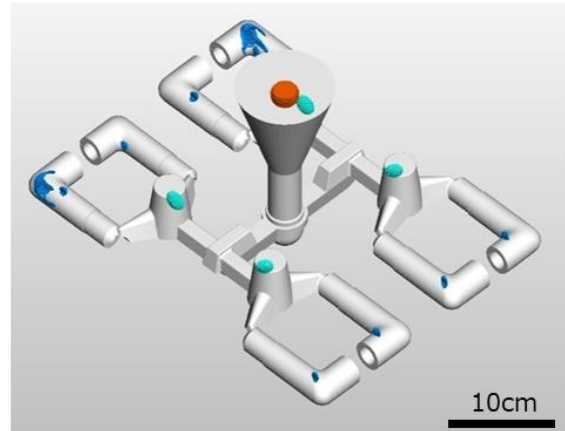


図2 casting シミュレーションによる引け巣の発生予測箇所 (casting 温度 : 20°C)

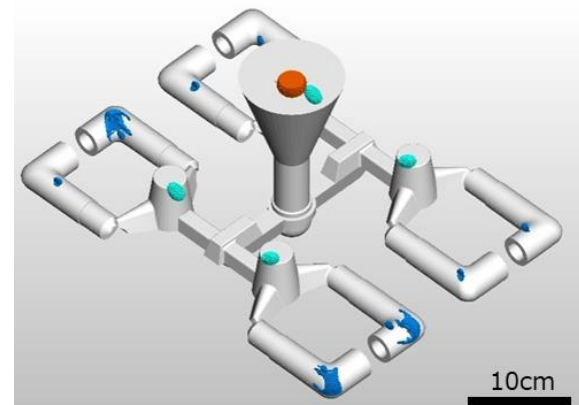


図3 casting シミュレーションによる引け巣の発生予測箇所 (casting 温度 : 0°C)

【謝 辞】

本研究にご協力いただいた株式会社水生活製作所様に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 岡根利光, casting 工学 Vol.85, 9, pp605-612, 2013
- 2) 三原ら, 岐阜県産業技術総合センター研究報告, No.3 pp11-12, 2022
- 3) 気象庁ホームページ,
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrm/index.php>