

氏 名	おいかわ はるき 及川 春樹
本籍（国籍）	岩手県
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博 第266号
学位授与年月日	平成28年9月26日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	工学研究科フロンティア物質機能工学専攻
学位論文 題目	ホーロー処理した鋳鉄の泡欠陥対策に関する研究
学位審査委員	主査 教授 平塚貞人 副査 教授 山口勉功 副査 准教授 水本将之

論文内容の要旨

本論文では岩手県の代表的な伝統的工芸品である南部鉄器の新しい商品構成となるホーロー鉄器の開発を目標とした。鋳鉄ホーローでは素地に鋳鉄を使用した際に発生する泡欠陥という特有の不良があり、その抑制を検討するため鋳鉄の表面組織がどのように影響するかを検討した。

以下に各章の総括を示す。

第1章は序論で、鋳鉄及び各基地組織の特徴、ホーロー釉薬の性質、鋳鉄とホーロー釉薬の密着の関係と従来の研究について述べ、これらを考慮し研究の目的を述べた。

第2章では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させた片状黒鉛鋳鉄を溶製して生型に鋳造した鋳放し試料の組織と泡欠陥の発生を観察した結果、低C、高Siの亜共晶域で泡欠陥の発生が低くなる傾向がわかった。泡欠陥の発生が増える高C、低Siの化学組成では初晶黒鉛が表面に現れてきており泡欠陥との関係があるものとわかった。同程度のCE値であっても高C、低Siと低C、高Siでは泡欠陥の評価は変わるものであった。表面組織と中心部組織では黒鉛形状及び基地組織に違いがあることがわかった。

第3章では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させた球状黒鉛鋳鉄を溶製して生型及びシェル型に鋳造した鋳放し試料及び焼鈍試料の組織を観察し、泡欠陥との関係及び表面組織における無黒鉛層の生成を調べた。生型及びシェル型鋳込み試料とも無黒鉛層が生成しており、各試料の無黒鉛層厚さは亜共晶成分から共晶、過共晶成分に移行するにつれて小さくなった。生型試料の無黒鉛層中には異常黒鉛が生成したが、シェル型試料では異常黒鉛の生成が認められなかった。亜共晶試料はチル組織にもかかわらず泡欠陥は少なかった。泡欠陥はシェル型試

料に比べて生型試料が多く、亜共晶成分の試料に比べて共晶、過共晶成分の試料で多くなった。

第4章では無黒鉛層の生成条件を調べるために亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させた片状黒鉛鑄鉄とこれにTiを添加した片状黒鉛鑄鉄を溶製して生型に鑄造した鑄放し試料の表面組織を観察し、無黒鉛層の生成条件を調べた。片状黒鉛鑄鉄では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させるにつれて(A型+D型)黒鉛組織から(C型+A型)黒鉛組織へと移行し、過共晶組成の試料では試料表面に開口した初晶C型黒鉛が認められた。基地組織はパーライトから(パーライト+フェライト)へと移行した。亜共晶組成の試料では試料表面に無黒鉛層が生成するが、共晶及び過共晶組成の試料では無黒鉛層は認められなかった。Ti添加した片状黒鉛鑄鉄では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させるにつれて(A型+D型)黒鉛組織から(D型+A型)黒鉛組織へと移行し、基地組織は(パーライト+フェライト)から(フェライト+パーライト)へと移行した。Ti添加した片状黒鉛鑄鉄では亜共晶、共晶及び過共晶のすべての試料で無黒鉛層の生成が認められた。片状黒鉛鑄鉄及びTi添加した片状黒鉛鑄鉄で無黒鉛層の生成した試料では泡欠陥が極めて少なくなった。ショットブラストの効果として最表面組織が塑性流動を受け、黒鉛の開口部分が押し潰されている様子が認められ黒鉛開口部の閉塞に効果があるものとわかった。熱処理は表面層の黒鉛を脱炭させることにより泡欠陥の抑制に効果があることがわかった。

第5章では本研究で得られた知見を基に実用化試験を行った。ホーロー処理した南部鉄器の試作として、片状黒鉛鑄鉄では生造型による両手鍋鑄物、球状黒鉛鑄鉄ではシェル型によるフライパンを製作試験を行った。片状黒鉛鑄鉄での試作において、南部鉄器に用いられている過共晶組成(C3.7%、Si2.3%)にTiの添加率を変化させて鑄込み試験を行った結果、Ti添加量は0.3%以上で泡欠陥のない鑄物ができた。

球状黒鉛鑄鉄での試作においては、焼鈍を行い表面に無黒鉛層が生成したもので、泡欠陥のない鑄物ができた。

第6章は総括であり、本研究の成果を要約して示した。ホーロー鑄鉄を製作する際、鑄鉄に含有する黒鉛が鑄肌表面に現れると泡欠陥の原因となり、表面組織の制御が必要である。その抑制には片状黒鉛の場合、Tiを0.3%以上添加して過冷却することにより表面に無黒鉛層を晶出させることで効果があった。球状黒鉛鑄鉄では亜共晶組成で薄肉になるほど無黒鉛層の生成が促進されることが分った。ショットブラスト処理では表面に開口している黒鉛が閉塞され泡欠陥の抑制に効果があることが分かった。熱処理では表面層の脱炭により泡欠陥の抑制に効果があることがわかった。片状黒鉛鑄鉄及び球状黒鉛鑄鉄でホーロー鉄器の開発が可能となって、南部鉄器の商品構成に幅が広がることによって多様化するユーザー意識に対応できるようになった。地域の産業振興に寄与できるものとなった。

論文審査結果の要旨

本論文では岩手県の代表的な伝統的工芸品である南部鉄器の新しい商品構成となるホーロー鉄器の開発を目標とした。鑄鉄ホーローでは素地に鑄鉄を使用した際に発生する泡欠陥という特有の不良があり、その抑制を検討するため鑄鉄の表面組織がどのように影響するかを検討した。

第 1 章は序論で、鑄鉄及び各基地組織の特徴、ホーロー釉薬の性質、鑄鉄とホーロー釉薬の密着の関係と従来の研究について述べ、これらを考慮し研究の目的を述べた。

第 2 章では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させた片状黒鉛鑄鉄を溶製して生型に鑄造した鑄放し試料の組織と泡欠陥の発生を観察した結果、低 C、高 Si の亜共晶域で泡欠陥の発生が低くなる傾向がわかった。同程度の CE 値であっても高 C 低 Si と低 C 高 Si では泡欠陥の評価は変わることが分かった。泡欠陥の発生が増える高 C、低 Si の化学組成では初晶黒鉛が表面に現れてきており、それが泡欠陥と関係があることを明らかにした。

第 3 章では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させた球状黒鉛鑄鉄を溶製して生型及びシェル型に鑄造した鑄放し試料及び焼鈍試料の組織を観察し、泡欠陥との関係及び表面組織における無黒鉛層の生成を調べた。生型及びシェル型鑄込み試料とも無黒鉛層が生成しており、各試料の無黒鉛層厚さは亜共晶成分から共晶、過共晶成分に移行するにつれて小さくなった。生型試料の無黒鉛層中には異常黒鉛が生成したが、シェル型試料では異常黒鉛の生成が認められなかった。泡欠陥はシェル型試料に比べて生型試料が多く、亜共晶成分の試料に比べて共晶、過共晶成分の試料で多くなり、無黒鉛層の生成が泡欠陥防止に関係することを明らかにした。

第 4 章では無黒鉛層の生成条件を調べるために亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させた片状黒鉛鑄鉄とこれに Ti を添加した片状黒鉛鑄鉄を溶製して生型に鑄造した鑄放し試料の表面組織を観察し、無黒鉛層の生成条件を調べた。片状黒鉛鑄鉄では亜共晶、共晶及び過共晶と炭素当量を変化させるにつれて (A 型 + D 型) 黒鉛組織から (C 型 + A 型) 黒鉛組織へと移行し、過共晶組成の試料では試料表面に開口した初晶 C 型黒鉛が認められた。亜共晶組成の試料では試料表面に無黒鉛層が生成するが、共晶及び過共晶組成の試料では無黒鉛層は認められなかった。

Ti を添加した片状黒鉛鑄鉄では亜共晶、共晶及び過共晶のすべての試料で無黒鉛層の生成が認められた。片状黒鉛鑄鉄及び Ti を添加した片状黒鉛鑄鉄で無黒鉛層の生成した試料では泡欠陥が極めて少なることを明らかにした。

ショットブラストの効果として最表面組織が塑性流動を受け、黒鉛の開口部分が押し潰されている様子が認められ黒鉛開口部の閉塞に効果があることがわかった。

熱処理は表面層の黒鉛を脱炭させることにより泡欠陥の抑制に効果があることを明らかにした。

第 5 章では本研究で得られた知見を基に実用化試験を行った。片状黒鉛鑄鉄での試作においては生型を使用し南部鉄器に用いられている過共晶組成 (C3.7%、Si2.3%) に Ti の添加率を変化させて鑄込み試験を行った結果、Ti 添加量は 0.3 %以上が適切であると分かった。球状黒鉛鑄鉄での試作においてはシェル型を使用し球状化率 80%以上で試験片の肉厚を 1 ~ 5 mmと変化させて鑄込み試験を行い、肉厚が薄くなるほど無黒鉛層の厚さが増加し不良率も下がることが分かった。

第 6 章は総括であり、本研究の成果を要約して示した。ホーロー鑄鉄を製作する際、鑄鉄に含有する黒鉛が鑄肌表面に現れると泡欠陥の原因となり、表面組織の制御が必要である。その抑制には片状黒鉛の場合、Ti を 0.3%以上添加して過冷却することにより表面に無黒鉛層を晶出させることで効果があった。球状黒鉛鑄鉄では亜共晶組成で薄肉になるほど無黒鉛層の生成が促進されることが分かった。

ショットブラスト処理では表面に開口している黒鉛が閉塞され泡欠陥の抑制に効果があること、さらに熱処理では表面層の脱炭により泡欠陥の抑制に効果があることを明らかにした。

以上のように、本論文では、ホーロー処理した片状黒鉛鑄鉄と球状黒鉛鑄鉄の泡欠陥対策方法を確立したもので、その工学的意義が極めて大きい。

よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として合格と認める。

原著論文名

ホーロー処理した鑄鉄の泡欠陥に及ぼす表面組織の影響

及川春樹, 平塚貞人, 堀江皓, 米倉勇雄, 阿部峻

鑄造工学, 87 巻, 9 号, P647-654

2015 年 9 月発行