

2022年度「鑄造品等検査技術の開発」 報告書

2023年3月

一般社団法人 日本船舶品質管理協会

鑄造品等検査技術開発委員会 委員名簿（助成事業）

（敬称略）

| 担当 | 氏名 | 所属 |
|------|------------------------|-----------------------|
| 委員長 | 荒木 勉 | 上智大学名誉教授 |
| 委員 | 平方 勝 | 海上技術安全研究所 |
| 委員 | 大石 真哉 | 一般財団法人 日本海事協会 |
| 委員 | 千田 哲也 | 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 |
| 委員 | 長谷川 正則 | 株式会社 I H I 原動機 |
| 委員 | 古井 教士 | 株式会社赤阪鐵工所 |
| 委員 | 林 満広 | 株式会社神崎高級工機製作所 |
| 委員 | 清水 信宏 | ダイハツディーゼル株式会社 |
| 委員 | 前田 卓也 | 阪神内燃機工業株式会社 |
| 委員 | 櫻井 輝明 | 株式会社日立ニコトランスミッション |
| 委員 | 東條 温司 | 株式会社三井 E & S マシナリー |
| 委員 | 斉藤 央 | 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社 |
| 委員 | 野中 浩 | ヤンマーパワーテクノロジー株式会社 |
| 関係官庁 | 柴田 陽 | 国土交通省 海事局 検査測度課 |
| 事務局 | 濱田 哲 大谷 雅実 中西 孝志 | 一般社団法人 日本船舶品質管理協会 |

鑄造品等検査技術開発委員会 作業部会員名簿（助成事業）

（敬称略）

| 担当 | 氏名 | 所属 |
|-----|----------------|-------------------|
| 部会長 | 平方 勝 | 海上技術安全研究所 |
| 部会員 | 小沢 匠 | 海上技術安全研究所 |
| 部会員 | 千田 哲也 | 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 |
| 部会員 | 林 満広 | 株式会社神崎高級工機製作所 |
| 部会員 | 櫻井 輝明 | 株式会社日立ニコトランスミッション |
| 部会員 | 高木 要 | 株式会社日立ニコトランスミッション |
| 事務局 | 大谷 雅実 中西 孝志 | 一般社団法人 日本船舶品質管理協会 |

目 次

| | | |
|---------------------|---------------------------------|----|
| 1. 事業目的 | 1 | |
| 2. 事業目標 | 1 | |
| 3. 推進体制 | 1 | |
| 4. 2022年度事業内容及び期末成果 | 2 | |
| 5. まとめ | 17 | |
| 6. 謝辞 | 17 | |
| 別添 1 | 2022年度 鋳造品等検査技術開発委員会 委員・作業部会員名簿 | 19 |
| 別添 2 | 2022年度 鋳造品等検査技術開発委員会 組織図 | 21 |
| 別添 3 | 2022年度 事業の実施予定表 | 23 |
| 別添 4 | 鋳物の内部欠陥検査／完了報告 | 25 |
| 別添 5-1 | 鋳造品表面欠陥等検査技術の開発及び実用化に関する報告書 | 43 |
| 別添 5-2 | 鋳造品表面欠陥識別及び判定ガイド | 61 |
| 別添 5-3 | 鋳造品表面欠陥一覧表 | 63 |
| 別添 6 | 2022年度鋳造品等検査技術に関する研究報告書 | 65 |

1. 事業目的

船用製品の製造事業場の多くは多品種少量の生産形態であり、大量生産型の製造業との比較において工場の自動化・ロボット化や AI・IoT の導入が進んでおらず、相対的に生産性が低いのが実情である。船用製品の場合、同じ型式の製品であっても、船主等顧客の要求に応えた仕様の製品を製造する場合も多いなどの業態が、自動化等に馴染まないことが要因の一つと考えられる。

少子高齢化が進む中、自動化等による生産性の向上は、船用製品の製造事業場にとって喫緊の課題であるが、その第一歩が製造事業場の受入検査の自動化と精度の向上による工程混乱の未然防止である。

本事業は、鋳造品等の効率的・効果的な検査技術を開発することにより、船用製品の製造事業場の要請に応えるとともに、多品種少量の生産工場における将来の自動化等の道を拓くことを目的とする。

2. 事業目標

2021年度に実施した鋳造品等検査技術の調査研究結果を踏まえ、現場で活用できる実用的な検査技術とするとともに、包括的な検査支援を可能とする統合化システムを構築する。

① 内部欠陥検出

鋳造品内部の欠陥を検出するレーザー超音波可視化装置を船用製品で使用する実用的な手法を確立する。

② 表面欠陥検査

鋳造品の表面欠陥の状態、発生部位、判定条件や補修方法などを整理した「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」を基に、現場で簡便に使用できる検査支援技術として実用化する。

③ 形状検査

複雑な形状の鋳造品が図面指示通りに製作されているかを検査する技術を確立するとともに、タブレットや AR グラスを用い、現場で簡便に使用できる検査技術として実用化する。

④ 統合化システム

上記①～③の技術を統合するとともに、AI技術及びタブレットや AR グラスを活用した支援機能を含む、検査現場で活用するための判断支援システムを構築する。

3. 推進体制

2021年度に設置した委員会と作業部会による実施体制を継続し開発業務を行う。研究の推進体制も同じく、「鋳造品等検査技術開発委員会（委員長：荒木勉上智大学名誉教授）。以下（委員会）」を設置するとともに、委員会の下に作業部会（部会長：平方勝海上技術安全研究所上席研究員）を設置し、開発の進め方等について審議・検討を行う。

別添1「鋳造品等検査技術開発委員会名簿」参照

開発の実施にあたっては、事業計画を委員会に諮った上で、2021年度に引き続き、「内部欠陥検出」等3課題を、開発を担当する2事業場と海上技術安全研究所の3者で分担することとし、日本財団の助成金を、分担した開発の内容に応じて予算化し、個別に委託契約を結んだ。別添2「2022年度鋳造品等検査技術開発委員会組織図」参照

2022年度の委員会・作業部会の開催状況は次のとおりである。

| | | | | |
|-------|--------|-----|---------------|----|
| 2022年 | 4月6日 | 第1回 | 鋳造品等検査技術開発委員会 | 開催 |
| | 4月28日 | 第1回 | 作業部会 | 開催 |
| | 7月27日 | 第2回 | 作業部会 | 開催 |
| | 9月26日 | 第3回 | 作業部会 | 開催 |
| | 10月31日 | 第2回 | 鋳造品等検査技術開発委員会 | 開催 |
| | 12月15日 | 第4回 | 作業部会 | 開催 |
| 2023年 | 2月27日 | 第5回 | 作業部会 | 開催 |
| | 3月27日 | 第3回 | 鋳造品等検査技術開発委員会 | 開催 |

4. 2022年度事業内容及び期末成果

「2. 事業目標」に記載の4つの目標を踏まえ、2022年度に実施した活動内容と開発成果は以下のとおりである。

※別添3「2022年度事業の実施予定表」参照

(1) 内部欠陥検出

① 事業概要

2021年度に、基本的な検査能力を確認・選定した「レーザー超音波可視化装置」を用い、船用鋳造品について、実用的な内部欠陥検出手法を確立するとともに、船用製品製造事業場の検査現場で使用できるよう用途開発を行う。

② 活動内容

- レーザー超音波可視化装置を用い、船用製品で使用する肉厚鋳物の各種形状で現れる検出波形の基礎的な調査を実施し、その結果を踏まえ、波形パターン別判定基準を明確化するとともに、検査範囲を拡大するなど、船用鋳造品への適用方法を体系化する。
- また、AIにより波形パターンの判定を支援する機能や検査が容易にできる機器のハンドリング方法などを検討し、現場の検査技術者が鋳造品の品質を短時間に判定できる手法を確立する。

③ 事業成果

※ 別添4「鋳物の内部欠陥検査／完了報告」参照

2021年度に詳細に検討したレーザー超音波可視化装置及び各種センサーを用いて下記の調査及び開発を行い、検査マニュアルとしてまとめた。

a) 鋳造品内部欠陥の検出

レーザー超音波可視化装置の内部欠陥検出能力について、鋳造品の材質や形状、表面の状態や検査部位、装置のパラメータ等を変更して検査することで、それぞれの特性や検出方法を調査した。

b) 欠陥深さの評価

欠陥深さを超音波エコー発生時間から推定する方法について、2021年度の調査結果を基礎として改善を図るとともに、精度などを各種鋳造品で検証・確認した。

c) AIによる判定支援

内部欠陥判定にあたり、計測装置の画面読取りを容易化するため、欠陥部位を着色して示し欠陥判定を支援するAIを開発した。特に、対象物の側面反射など欠陥位置以外の反射を区別し、欠陥からの反射のみを表示させることにより判定精度を向上した。

※ 別添6「2022年度鋳造品等検査技術に関する研究報告書」4項参照

d) 内部欠陥検査マニュアルの作成

上記 a)～c)の調査結果に基づき、それぞれの検査方法や装置の設定条件、注意事項等を整理し、実際の鋳造品検査に適用できるマニュアルとしてまとめた。

※「2022年度鋳造品等検査技術の開発報告書 別冊（検査マニュアル）」
参照

レーザー超音波可視化装置



レーザー超音波可視化装置による各種鋳造品の欠陥検出例

バルブボディ(アルミ鋳造品)の検査例

部品名:バルブボディ

材質:AC4A-T6
上面に欠陥が出易い

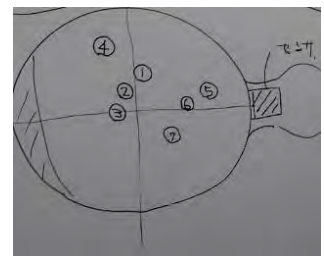
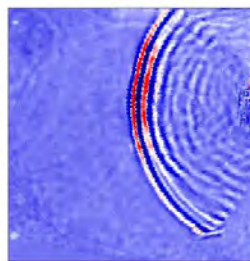


加工後の状況



走査範囲(赤枠内)

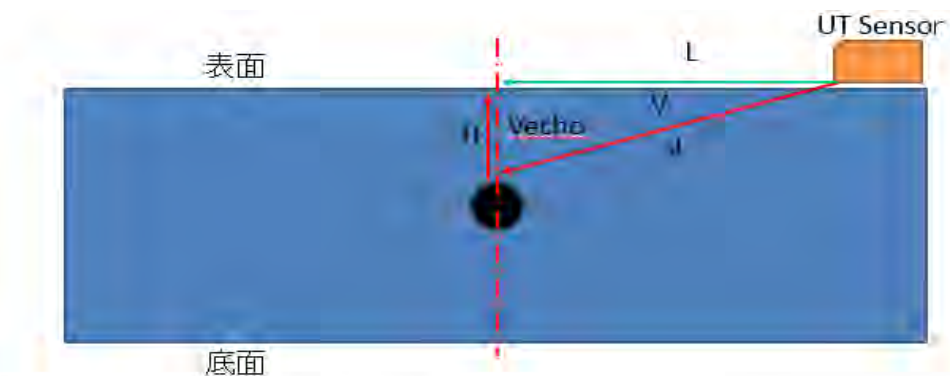
NO.3 5/27 15:19



欠陥位置(代表)のスケッチ図

レーザー超音波可視化装置による欠陥深さの算出方法

改善後の欠陥深さの算出方法



H: 欠陥深さ

L: 超音波センサから欠陥位置までの水平距離

Δt : 表面波が欠陥真上を通過してから、欠陥エコーが現れるまでの時間差(緑経路と赤経路の時間差)

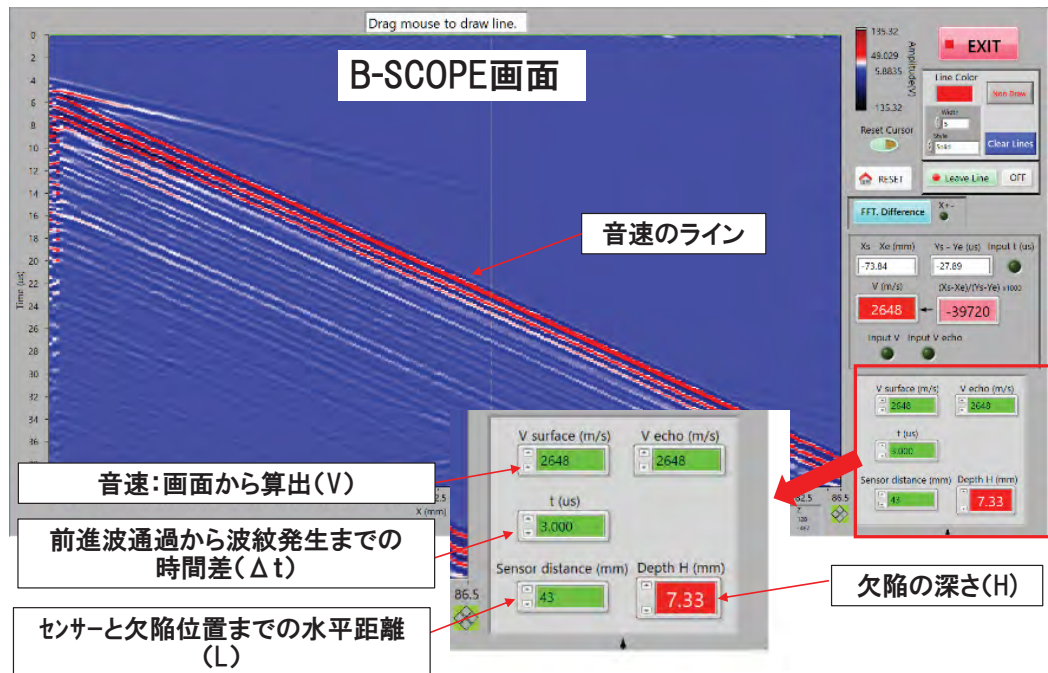
V: 表面波音速

Vecho: 欠陥エコー音速(通常は=V)

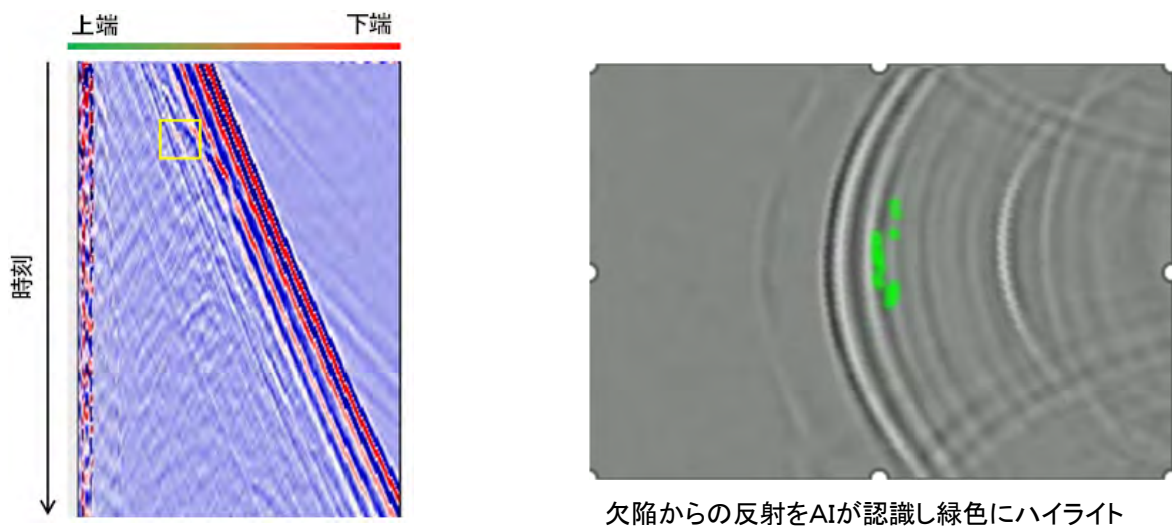
$$\Delta t = \sqrt{H^2 + L^2} / V + H / \text{Vecho} - L / V$$

上式を解いて(未知数はHのみ)欠陥深さHを求める。

欠陥深さ画面表示例



AIによる欠陥位置認識精度改善結果



学習用画面

(黄四角内波形が欠陥からの反射波を示す。)

目次

- 0. はじめに
- 1. 取り扱い上の注意
- 2. 装置の構成
- 3. 計測要領
- 4. センサーの種類と選定
- 5. センサーの取付要領
- 6. 解析要領
- 7. 欠陥の判別方法
- 8. 欠陥深さの評価方法
- 9. 実施例
- 10. トラブルシューティング
- 11. 分解発送要領

内部欠陥検査マニュアル

(2022年度鑄造品等検査技術の開発)



つくばテクノロジー(株)/LUVI-LC1

株式会社 日立ニコトランスミッション
大宮事業所 品質保証部

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved.

- 付録-1 ADD-ID ver.0.0.4 取扱説明書
- 付録-2 解析画面にて写真に複数マークを入れる方法

7. 欠陥の判別方法

欠陥の種類と波紋の形状

| 欠陥深さ | 表面 | 浅い | 深い |
|--------|----------|---------------|---------------|
| 波紋発生時間 | 前進波通過直後 | 前進波通過して少し経過後 | 前進波通過して大分経過後 |
| 波紋の特徴 | 芯がある | 小さな円から広がる | 大きな円から広がる |
| 動画例 | | | |

4. センサーの種類

センサー選定の目安

| 材質 | 形状 | 欠陥の種類と波紋の形状 | | | | | | | | |
|---------|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 表面 | 浅い | 深い | 表面 | 浅い | 深い | 表面 | 浅い | 深い |
| 片状黒鉛鑄鉄 | 平面 | ○ | ○ | △ | △ | △ | × | × | × | × |
| | 曲面 | ○ | ○ | △ | △ | △ | × | × | × | × |
| | 鑄穴 | × | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 球状黒鉛鑄鉄 | 平面 | ○ | ○ | △ | △ | △ | × | × | × | × |
| | 曲面 | ○ | ○ | △ | △ | △ | × | × | × | × |
| | 鑄穴 | × | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| アルミ合金鑄物 | 平面 | ○ | ○ | △ | △ | △ | × | × | × | × |
| | 曲面 | ○ | ○ | △ | △ | △ | × | × | × | × |
| | 鑄穴 | × | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |



注: 欠陥の深さは5~10mmを想定

(2) 表面欠陥検査

① 事業概要

2021年度に作成した基本的な鋳造品表面欠陥の分類内容を充実するとともに、併せて、AIを活用した表面欠陥検査業務支援技術を開発し、現場で簡便に使用できる検査技術として実用化する。

② 活動内容

- 鋳造品の表面欠陥の状態、発生部位、判定条件や補修方法などを整理した「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」を基に、品質判定に関する用途別判断基準や、次の受入部品に適用すべき対策等、検査情報を拡充し、検査に必要な情報を一元的に確認可能とする調査研究を行う。
- 検査情報を現場で容易に確認できるよう、タブレットやARグラスなどを活用した技術として実用化する。

③ 事業成果

※別添5—1「鋳造品表面欠陥等検査技術の開発及び実用化に関する報告書」参照

2021年度に実施した表面欠陥に関する検査技術資料及びAIによる鋳造品表面欠陥の検出と判定に関する基礎的調査を基に、下記調査を行い、現場検査で使用できる判定ガイド及び資料を整備した。

a) 鋳造品の表面欠陥分類資料

鋳造品の表面欠陥に関し、会員企業の鋳造工場5社の専門技術者と欠陥事象、欠陥パターン、欠陥状態、欠陥発生部位、寸法計測判定、使用判定、補修方法などについて意見交換し、各種欠陥写真の提供を受けるとともに、専門技術者のアドバイスを踏まえて「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」と「鋳造品表面欠陥一覧表」の内容を充実化し、現場で使用できる実用的な資料として完成させた。

※ 別添5—2「鋳造品表面欠陥識別及び判定ガイド」及び
別添5—3「鋳造品表面欠陥一覧表」参照

b) 鋳造品の表面欠陥分類資料運用システム

「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」を検査に活用する際の利便性を向上するため、AIを活用したオントロジー技術（Ontology：情報の意味を定義するための概念・仕組み）による支援技術を構築した。

※ 別添6「2022年度鋳造品等検査技術に関する研究報告書」3. 2項参照

c) AIを活用した鋳造品検査システム

AIを活用した鋳造品検査システムの有用性を実証するため、検査品撮影装置及びAI解析用パソコンを設置し有用性を確認した。バリや砂噛みなど欠陥種類別の学習や、ネジ穴等の欠陥ではない形状の学習により、AIの欠陥判定精度向上を実現した。

※ 別添6「2022年度鋳造品等検査技術に関する研究報告書」3.4及び3.5項参照

d) 資料及び機器運用に関するガイダンス

上記 a)~c)の開発成果に関し、各検査システムや検査装置の取扱いを整理し、実際の鋳造品検査に適用できるガイダンスとしてまとめた。

※ 「2022年度鋳造品等検査技術の開発報告書 別冊（検査マニュアル）」参照

「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」(抜粋)

| 欠陥事象 | パターン (写真) (10円玉直径: 23.5mm) | 欠陥状態/特徴 | 欠陥発生部位 | 推定原因 | 納入先の指示に従う (参考使用判定) | 納入先の指示に従う (参考補修例) | 納入先と協議する (参考その他確認事項・懸念事項) |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 砂カミ (部分的な砂カミ) | | <ul style="list-style-type: none"> 欠陥表面はざらつきあり。 欠陥表面に砂が付着。 凹凸大。 砂が介在している。 | <ul style="list-style-type: none"> 角部に発生。 砂の破片が内部に介在し加工後表面に現れることがある。 表面、内部どの場所でも発生し得る。 | <ul style="list-style-type: none"> 砂のつき固め不足。 型や澆注の破損。(模型) 抜型時の主型の割れ。 砂の破片が鑄型内に侵入。 | <ul style="list-style-type: none"> オイル浸漬部分は使用不可。 外部に発生し強度に影響が無い場合、補修して使用検討可。 軸受け部加工面の場合、砂を完全除去して強度に影響が無いと判断できれば使用検討可。 シール部分には使用不可 | <ul style="list-style-type: none"> 付着した砂を除去。 パテ補修。 溶接補修。 | <ul style="list-style-type: none"> カミ込んだ砂の大きさ、欠陥深さ、シール部にかかっていないかを十分に観察する。 強度の点でも確認が必要。応力を受ける部分は十分注意。 |
| 砂カミ (黒皮表面全体の砂カミ) | | <ul style="list-style-type: none"> 黒皮表面全体に砂が付いている。 表面や表面直下に生じる、かたまり状で不規則な形状。 砂が介在している | <ul style="list-style-type: none"> 黒皮表面全体。 塗膜が薄い部分。 凹みが深くショットの当たりが悪い部分。 錆抜きが未貫通の袋形状でショット玉が流れにくい部分。 | <ul style="list-style-type: none"> 鑄型から砂が落ちる場合、砂が残っていた場合等。 塗膜が不十分。 注湯温度が高い。 砂のつき固め不足。 | <ul style="list-style-type: none"> 加工時、チップ破損の可能性が大きいため使用不可。 表面の砂は除去できれば使用可能となる | <ul style="list-style-type: none"> 補修不可。 | <ul style="list-style-type: none"> 加工時刃物が捲ける。 塗装が剥がりにくい。 オイル浸漬部分の使用は不可。 |
| ノロカミ (酸化ドロス) | | <ul style="list-style-type: none"> 異物が噛み込んだ状態。 凹凸大。 鑄型内で発生する場合がある。(硫酸塩化物等) 溶渣酸化物(ノロ)が介在し表面に生じる穴や凹みが生じる。 上面が平面の場合が多い。 | <ul style="list-style-type: none"> 表面、内部どの場所でも発生し得る。 角部に発生し易い。 上面(上型)や引っ掛かり形状の部分 | <ul style="list-style-type: none"> 注湯時のノロの除去不足。 取錆付着ノロの除去不足。 溶湯温度の低下する部分 錆込み時間長い。 | <ul style="list-style-type: none"> 加工時、チップ破損の可能性が大きいため使用不可。 完全除去できれば使用検討可能 | <ul style="list-style-type: none"> 噛み込んだノロを完全除去。 パテ補修。 溶接補修。 | <ul style="list-style-type: none"> カミ込んだ砂の大きさ、欠陥深さ、シール部にかかっていないかを十分に観察する。 強度の点でも確認が必要。 応力を受ける部分は十分注意。 |

欠陥事例写真

(上記判定ガイドのExcel資料内の各タブに事例写真を掲載した。)



鑄造品表面欠陥一覧表

鑄造品表面欠陥一覧表 (2022年度完成)

※加工面を添付した主旨は、荒削り後の状況や取り代によるが部位によっては修正可能な場合もあるので代表例を示した。

2023年3月10日

| グレード 欠陥レベル | ブローホール | | ピンホール | | ノロかみ | | 砂カミ | | 砂焼付き | 肌荒れ |
|---------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----|
| | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 |
| 重度 | | | | | | | | | | |
| | 大きな欠陥の点在 | φ2.0を超える大きな欠陥 | 0.5mm程度の欠陥が幅広く点在している | 0.5mm程度の欠陥が幅広く点在している | 長手10mm程度の欠陥 | 表面全体に砂カミがあり、凹凸が酷くザラザラ感がある。 | 一辺15mm程度の砂カミ | 外部に砂焼付き大 | 面全体がザラザラで凸部が目立つ | |
| 中度 | | | | | | | | | | |
| | 長手8.0mm程度の欠陥、深さ1mm程度 | φ0.5mm～φ2.0mm程度の欠陥が数個点在している | 0.5mm以下の欠陥が数個点在している | 0.5mm以下の欠陥が数個点在している | 長手5.0mm程度の欠陥 | 表面全体に砂カミがあり、白い表面になっている。 | シール部に大きな砂カミ | 中子部に砂が残った状態 | 部分的なザラザラで凸部が目立つ | |
| 軽度 | | | | | | | | | | |
| | φ1.0mm程度の欠陥が1個所あり。 | φ1.0mm程度の欠陥が1個所あり。 | 0.3mm程度の欠陥が数個点在している | 0.5mm程度の欠陥が1か所あり | φ2.0mm程度の欠陥 | 数か所凹みがある砂カミ | φ3.0mm程度の欠陥 | 細かい錆き清に砂焼付き | 細かい穴形状の凹み | |

| グレード 欠陥レベル | 湯焼 | 濡じわ | ヒケ | | クラック | | バリ | 打痕 | 良品の鑄肌面 (参考) |
|---------------|-------------------|---------------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------------|----------|-------------|
| | 黒皮面 | 黒皮面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 | |
| 重度 | | | | | | | | | |
| | 程度が大きい湯焼 | 濡じわ大 | 5mm以上の大きな外ヒケ | Oリングシール部の巣 | 内側と外側が貫通するクラック | シール面の大きなクラック | 中子部のバリ大 | 角部凸凹大 | |
| 中度 | | | | | | | | | |
| | 内部と外部が貫通する恐れありの湯焼 | クラックに似た模様表面にむ | 3mm程度の外ヒケ | 内部ヒケ巣 | 表面に大きなクラック | 加工面に大きなクラック | 錆後5部のバリ | 圧痕のような凹み | |
| 軽度 | | | | | | | | | |
| | シールに影響が強い湯焼 | 数か所軽い凹凸あり | 外ヒケで2.0mm程度の凹み | 加工シール面にヒケ巣 | 黒皮面内部のクラック | 合わせ面のクラック | 外部PL部のバリ (PL=型のみ数部分) | スラグ状の凹み | |

(各事例写真を重度～軽度に区分し、正常な状態と対比できる資料とした。)

AIを活用したオントロジー技術(注意喚起アプリ)



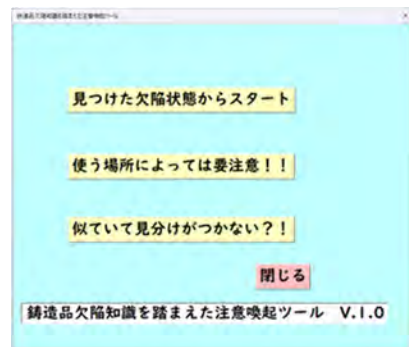
(注意喚起アプリ使用イメージ)

「鑄造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」とリンク

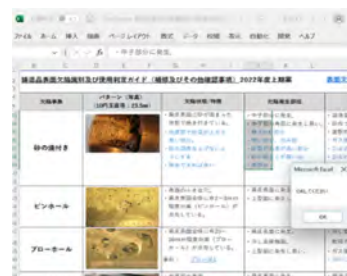
とリンク



(注意喚起アプリ 選択画面)



(注意喚起アプリ トップページ)



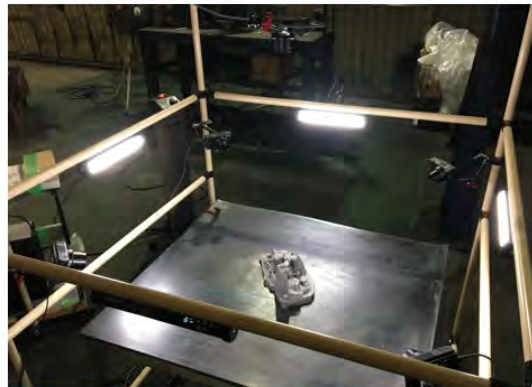
(選択に対応したエリアをAIが探して表示)

AIによる表面欠陥検出システム実証用検査台(鑄造工場)

鑄造現場での実用化確認を実施

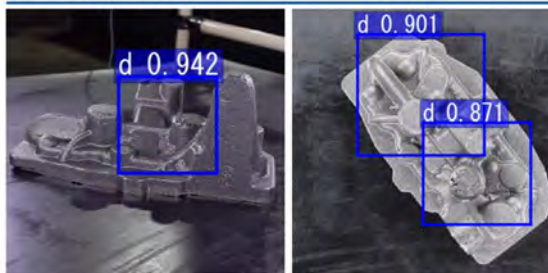


鑄造工場検査場での
検査装置設置と機能検証を実施



固定台にカメラ及び照明を設置し
ズーム機能及び照度の検証を実施

撮影画像判定状況



(A I による鑄造欠陥判定状況)
数字は欠陥確率を示す。

遠隔地で判定内容を確認 (OneDriveによる共有)



AI活用鑄造品表面欠陥検査システム



検出前 ファイル名: test04.jpg



検出後 ファイル名: test04_Recog.jpg

(A I による鑄造品表面欠陥及び欠陥種別判定例)
「割れ」を赤枠で、「引け巣」を青枠で、「砂カミ」を緑枠で示している。

タブレットを使用した検査例

- ・現場での利便性を考慮しタブレットの使用を基本とした

タブレット使用状況について有用性を確認



ARグラスの活用例

- ・ARグラス両眼で Windows 画面を見ながら視野の下半分で現品検査を実施
- ・ARグラス付属のカメラ機能を使用すれば、画像を事務所でも同時に確認可能



ARグラスの現場活用について



(3) 形状検査

① 事業概要

2021年度に実施した、鋳造品と図面と対比をして検査するアプリケーションを改良し、機能を追加して実用的な検査支援システムとして完成する。

② 活動内容

鋳造品の形状を図面と比較し適合性を現場で判断するための形状検査システムの研究成果に基づき、タブレットやARグラス等を活用するなど、実用的な形状検査技術として確立する。

③ 事業成果

※ 別添6「2022年度鋳造品等検査技術に関する研究報告書」2項参照

2021年度に実施した鋳造品等の図面と検査品を比較する形状検査に関するアプリケーションを改良し、実際の検査に適用して有用性を確認した。併せて、同アプリケーションの取扱いマニュアルを作成した。

a) 図面比較アプリケーション

写真画像と2次元図面を対比し相違点を抽出するアプリケーションを作成し、改良を加え、下記のアプリケーションを開発し、実用的なシステムとして完成させた。

- ・写真と図面の比較：写真と図面の基準点を指示し重ね合わせを行い、簡便に図面による現品検査を実施する。
- ・図面輪郭抽出：寸法線等で読みにくい場合、図面上の検査対象部に図形を重ね合わせ抽出する。
- ・図面情報入力：MRグラス（Microsoft ホロレンズ2）による検査を支援する、図面から読み取った3D寸法情報を入力する。

b) タブレット、ARグラスの活用

上記アプリケーションは、タブレットを用いて現場で使用できるシステムとした。また、ARグラスの発展形であるMRグラス（Mixed Reality、Microsoft ホロレンズ2）による検査システムを開発し、鋳造品の検査における有用性を確認した。

c) 形状検査アプリケーション取扱いマニュアルの作成

上記 a)、b)に記した各アプリケーション及びタブレットやARグラスによる形状検査手法について使用方法や注意事項等を整理し、実際の鋳造品検査に適用できる取扱いマニュアルとしてまとめた。

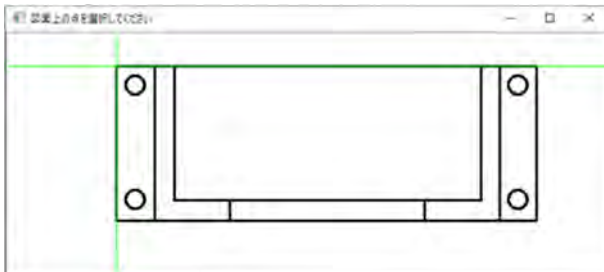
※「2022年度鋳造品等検査技術の開発報告書 別冊（検査マニュアル）」

参照

形状検査システムによる検査例

- ・ 図面と現品写真との重ね合わせ

図面比較アプリケーションに従い対応する点を3点以上指定し重ね合わせを行う

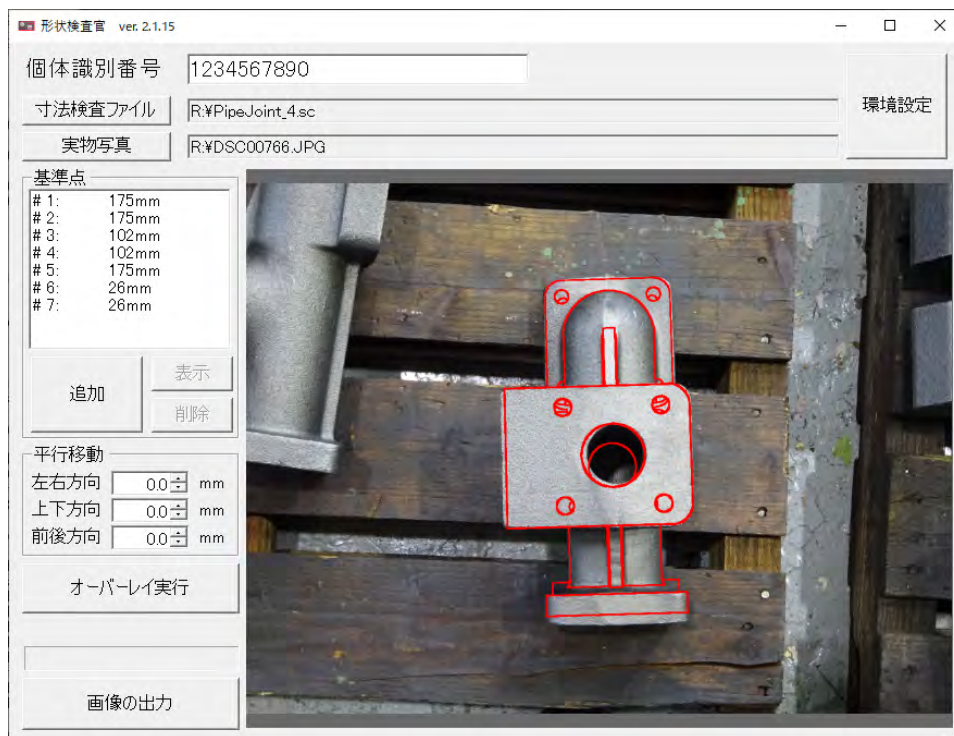


(図面)



(写真)

- ・ 形状検査画面例 (タブレット版、重ね合わせ後の画面)

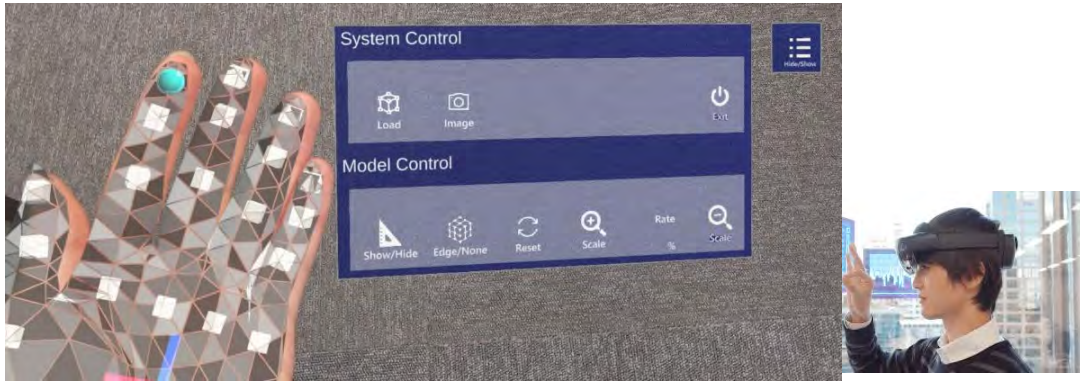


- ・ 各形状検査例

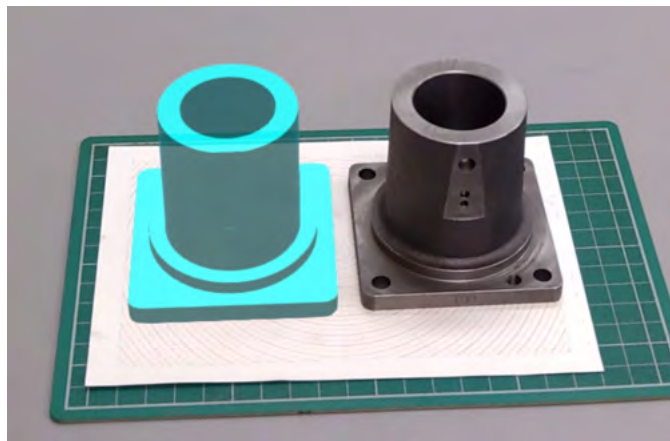


MR グラス形状検査例

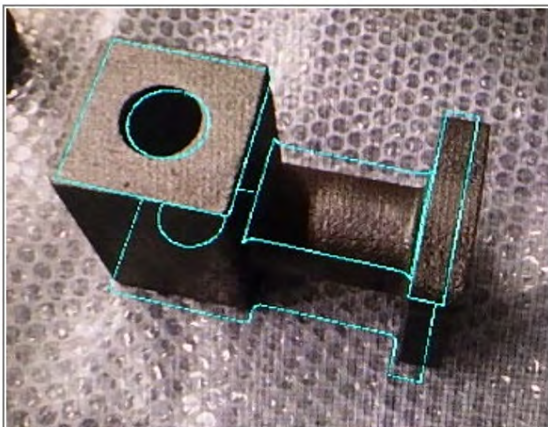
- MR グラス（Mixed Reality、Microsoft ホロレンズ 2 を使用）を用い 3D モデルを実物に重ね合わせて確認
- MR グラス操作状況



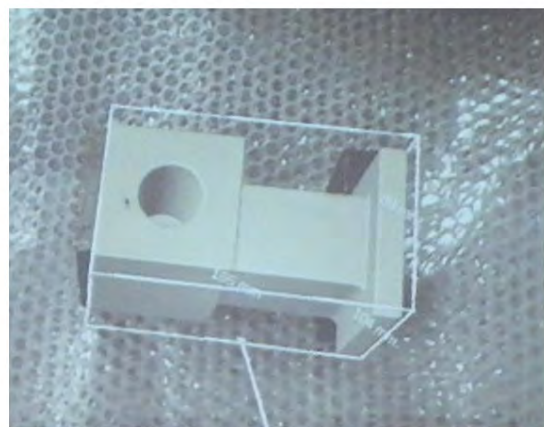
- モデルと実物を並べて確認



- MR グラスで線形状モデルと実物を比較



- 同ソリッドデータとの比較



(4) 統合化システム

① 事業概要

現場検査時の利便性を向上するため、上記(1)～(3)項の検査機能をタブレットやARグラスを活用し、一括して取り扱うことができる統合化システムを開発する。

② 活動内容

- タブレットやARグラスを活用した、表面欠陥及び形状検査に関する、現場の検査技術者の判断支援システムを構築する。
- AIを活用した内部欠陥及び表面欠陥の判定支援システムを確立する。
- 全体システムに関するアプリケーションを作成する。

③ 事業成果

※ 別添6「2022年度鋳造品等検査技術に関する研究報告書」5項参照

2021年度に検討した、鋳造品等の検査技術を運用するための基本仕様に基づき現場での検査を支援するためのタブレットやARグラスを活用するための統合システムを開発し、実際の検査に適用して有用性を確認した。併せて、同システムの取扱いマニュアルを作成した。

a) タブレット上で取扱う統合システム

タブレット上の統合化アプリケーションに、表面欠陥検査、形状検査、内部欠陥検査データと呼び出すメニューを設け、各検査で必要な写真や図面データの呼出し、現品写真撮影、検査メモ作成、ファイル登録を簡単に実施できるシステムを作成した。

b) ARグラスの活用

MRグラス(Mixed Reality)である「Microsoft ホロレンズ2」を使用し、検査品を認識し、図面と重ね合わせるアプリケーションを開発し、鋳造品検査に於ける有用性を確認した。

また、検査時に両手が使用できる眼鏡形ARグラスでも本統合システムで簡単に検査ができ有用であることを確認した。

c) 統合システム取扱いマニュアルの作成

上記 a)、b)に記した統合化アプリケーション及びタブレットやARグラスによる検査手法について使用方法や注意事項等を整理し、実際の鋳造品検査に適用できるマニュアルとしてまとめた。

※「2022年度鋳造品等検査技術の開発報告書 別冊(検査マニュアル)」

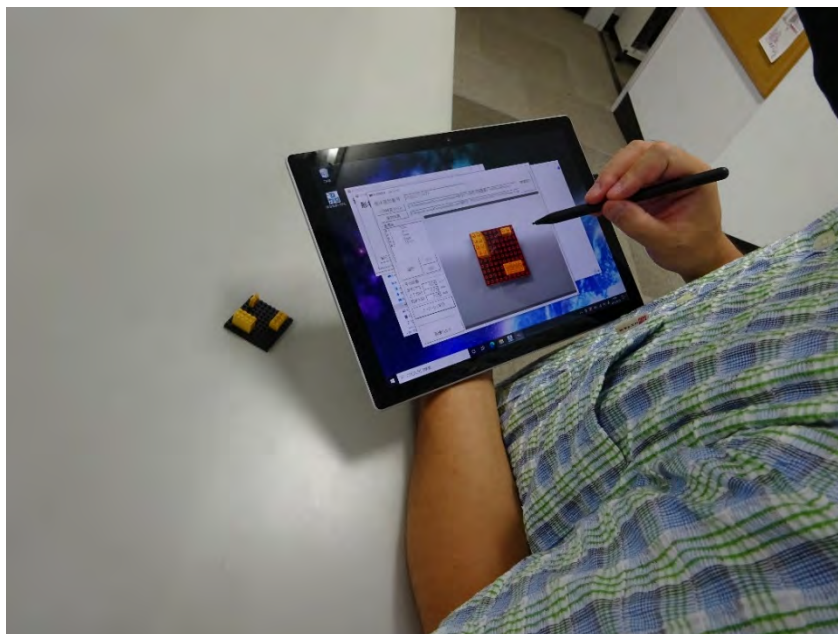
参照

統合検査システムメニュー画面

- ・ 統合検査システム トップページ



- ・ 統合検査システム（タブレット）から形状検査アプリを起動している場面



5. まとめ

(1) 内部欠陥検出

内部欠陥検出装置を鋳造品検査に応用し実用化した。船用鋳造品の検査に有用な検査事例を整備しマニュアルとしてまとめた。

また、内部欠陥検出画像を分析、研究し欠陥画像を自動着色により判定を容易化する機能を開発し、同判定ソフトの使用方法を上記マニュアルにまとめた。

(2) 表面欠陥検査

表面欠陥の種類や対応方法などを参考にできる資料として「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」及び「鋳造品表面欠陥一覧表」を作成した。

また、鋳造品表面をAIで検査し、欠陥の可能性のあるものを選別し検査技術者に注意喚起するシステムと検査装置を開発した。併せて、同装置を鋳造工場に設置し出荷検査における有用性を確認した。

(3) 形状検査

鋳造品等の形状検査のため、現品と図面を対比し、相違部を検出するシステムを構築し、実際の鋳造品への適用事例を整備しマニュアルにまとめた。

また、図面から3D情報を抽出しARグラスを用いた3D形状検査に適用するシステムを開発し検査での有用性を確認した。

(4) 統合化システム

上記(1)～(3)項の成果を踏まえ、各種システムを統合して現場検査に活用するための統合化システムを開発した。現場での利便性を考慮し、タブレットやARグラスを活用できるシステムとした。

6. 謝辞

本調査研究にあたり、日本財団をはじめ、国土交通省、海上技術安全研究所、並びに、ご協力いただきました多くの皆様に、多大なご指導ご支援を賜りましたことに厚く御礼申し上げます。

以上

2022年度 鑄造品等検査技術開発委員会 委員・作業部会員名簿

2023年3月31日

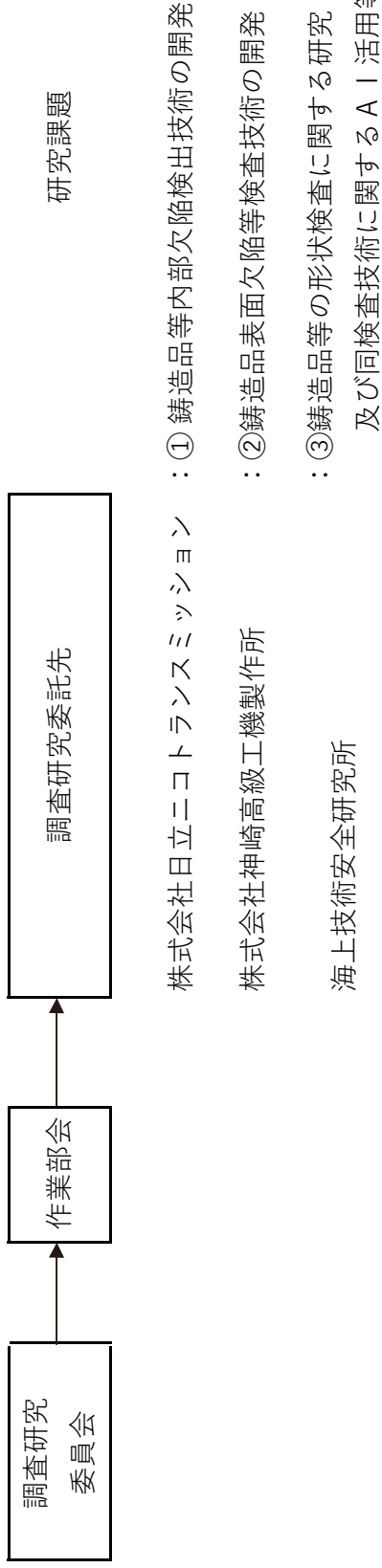
(一社)日本船舶品質管理協会

| 担当 | 委員会 | | | 作業部会 | | | 備考 |
|------|--------|---------------------------|----------------------------|------|-------|-----------------------|------------------------------------------------------|
| | 氏名 | 所属 | 役職 | 担当 | 氏名 | 所属 | |
| 委員長 | 荒木 勉 | 上智大学 | 名誉教授 | 部会長 | 平方 勝 | 海上技術安全研究所 | 構造・産業システム系付 上席研究員 |
| 委員 | 平方 勝 | 海上技術安全研究所 | 構造・産業システム系付 上席研究員 | 部会員 | 小沢 匠 | 海上技術安全研究所 | 構造・産業システム系 研究グループ 主任研究員 |
| 委員 | 大石 真哉 | 一般財団法人 日本海事協会 | 技術本部 機関部長 | 部会員 | 千田 哲也 | 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 | 審議役 |
| 委員 | 千田 哲也 | 一般財団法人 日本船舶技術研究協会 | 審議役 | 部会員 | 林 満広 | 株式会社神崎高級工機製作所 | 品質保証部 製品保証グループ長 |
| 委員 | 長谷川 正則 | 株式会社 I H I 原動機 | 品質保証部 部長 | 部会員 | 櫻井 輝明 | 株式会社日立ニコトランスミッ ション | 大宮事業所 品質保証部 部長 |
| 委員 | 古井 教士 | 株式会社赤阪鐵工所 | 製造部 次長 兼 鑄造課長 | 部会員 | 高木 要 | 株式会社日立ニコトランスミッ ション | 大宮事業所 調達部 主管技師 兼 品質保証部 主管技師 兼 加茂事業所 品質保証部 主管技師 |
| 委員 | 林 満広 | 株式会社神崎高級工機製作所 | 品質保証部 製品保証グループ長 | | | | |
| 委員 | 清水 信宏 | ダイハツディーゼル株式会社 | 生産調達統括本部 品質管理部 部長 | | | | |
| 委員 | 前田 卓也 | 阪神内燃機工業株式会社 | 品質保証部 部長 | | | | |
| 委員 | 櫻井 輝明 | 株式会社日立ニコトランスミッ ション | 大宮事業所 品質保証部 部長 | | | | |
| 委員 | 東條 温司 | 株式会社三井E & S マシナリー | 玉野機械工場 ディーゼル品質保証部 部長 | | | | |
| 委員 | 斉藤 央 | 三菱重工エンジン&ターボチャ ージャ株式会社 | 生産本部 品質保証部 次長 | | | | |
| 委員 | 野中 浩 | ヤンマーパワーテクノロジー株式 会社 | 特機事業部 品質管理部 検査第一グループ 課長 | | | | |
| 関係官庁 | 柴田 陽 | 国土交通省 海事局 検査測度課 | 船級協会業務調整官 | | | | |
| 事務局 | 濱田 哲 | 一般財団法人 日本船舶品質管理協会 | 専務理事 | | | | |
| | 大谷 雅実 | 同 | 常務理事 | 事務局 | 大谷 雅実 | 一般社団法人 日本船舶品質管理協会 | 常務理事 |
| | 中西 孝志 | 同 | 上席技師 | | 中西 孝志 | 同 | 上席技師 |

2022年4月1日

(一社) 日本船舶品質管理協会

2022年度 鑄造品等検査技術開発委員会 組織図



2022年度 事業の実施予定表

| 実施項目 | 2022年度 | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
| 1. 内部欠陥検出システム実用化 ・ 開発計画立案 ・ 選定装置、試験部品入手 ・ 内部欠陥検出システム実用化研究 ・ 運用による効果の確認、改良 | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ |
| 2. 表面欠陥検査システム実用化 ・ 開発計画立案 ・ 検査支援システム実用化研究 ・ 検査技術に関するAI応用研究 ・ 運用による効果の確認、改良 | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ |
| 3. 形状検査システム実用化 ・ 研究計画立案 ・ 形状検査システム改良 ・ 形状検査システム タブレット、ARグラスの活用研究 ・ 運用による効果の確認、改良 | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ |
| 4. 統合化システム作成、検証 ・ 開発計画立案 ・ 統合化システム開発 ・ システム検証、改良 | | | | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ |
| 5. 評価、報告書作成 | | | | | | | | | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ | ←→ ←→ |

←→ 予定 ←→ 実績

鋳物の内部欠陥検査／完了報告

2023/3/15

株式会社 日立ニコトランスミッション
大宮事業所 品質保証部

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved.

Contents

1. 装置の導入
2. 欠陥深さの評価
3. バルブボディの評価
4. 模擬欠陥TPの製作
5. 模擬欠陥TPの評価
6. 作業マニュアルの作成
7. 成果と今後の課題

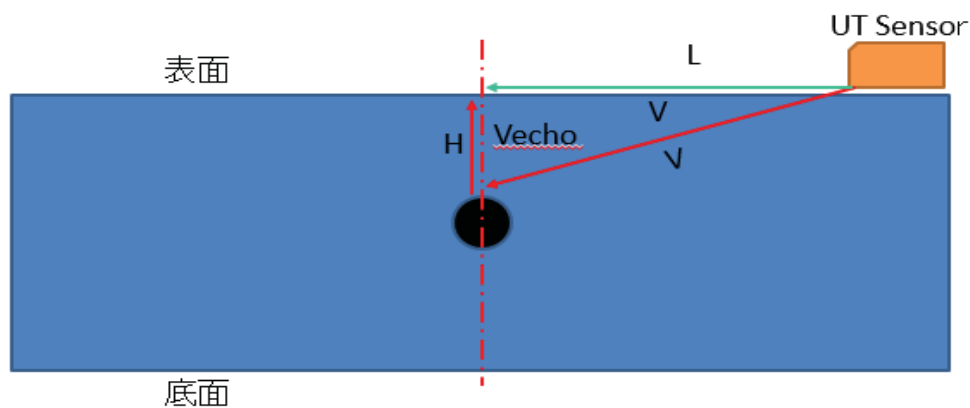
1. 装置の導入



© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 2

2. 欠陥深さの評価

改善後の欠陥深さの算出方法



- H: 欠陥深さ
- L: 超音波センサから欠陥位置までの水平距離
- Δt : 表面波が欠陥真上を通過してから、欠陥エコーが現れるまでの時間差(緑経路と赤経路の時間差)
- V: 表面波音速
- Vecho: 欠陥エコー音速(通常は=v)

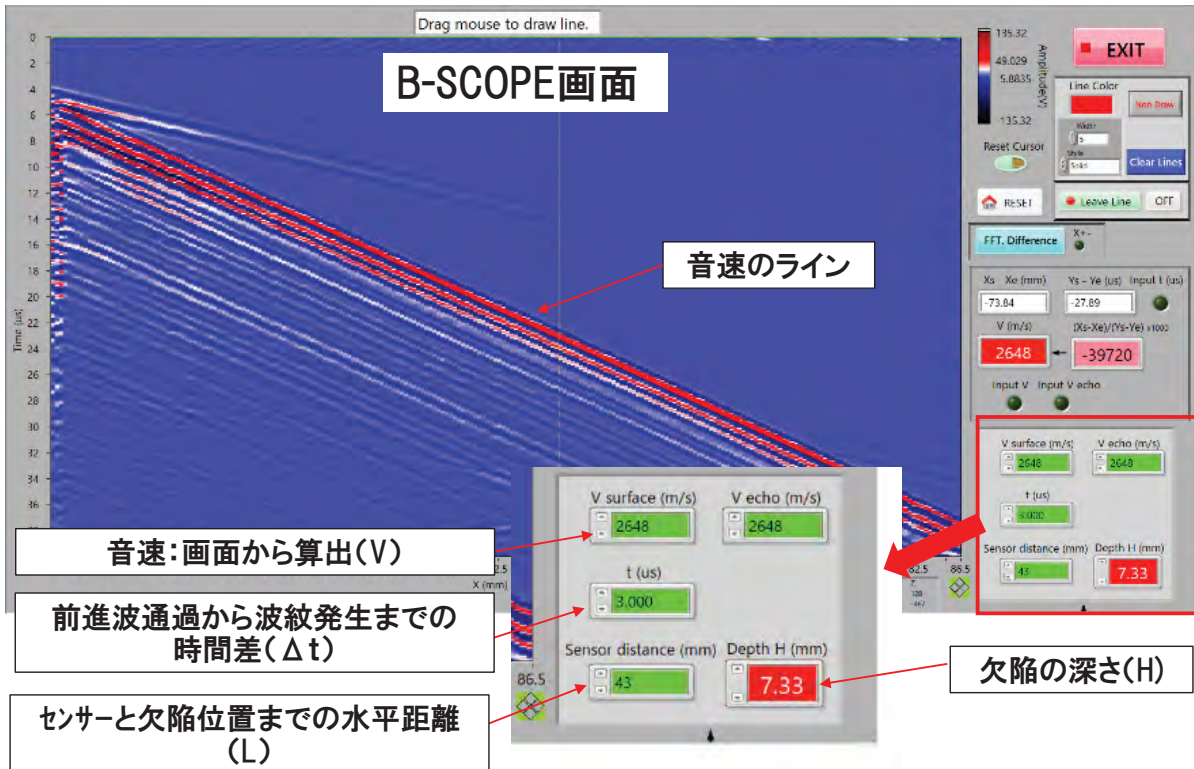
$$\Delta t = \sqrt{H^2 + L^2} / V + H / \text{Vecho} - L / V$$

上式を解いて(未知数はHのみ)欠陥深さHを求める。

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 3

2. 欠陥深さの評価

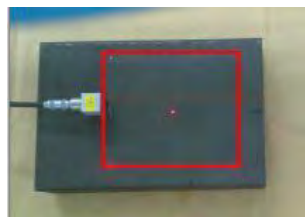
改善後の欠陥深さの算出画面



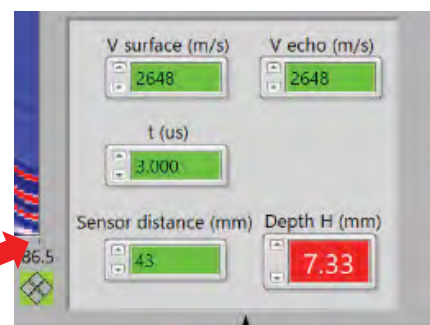
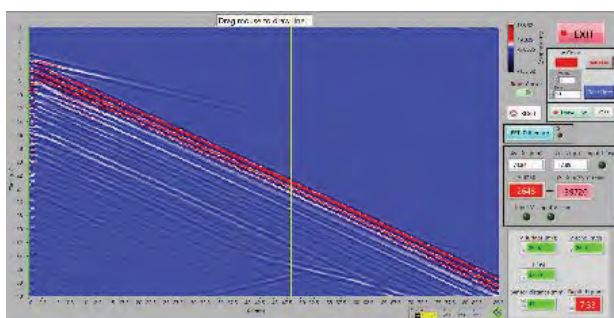
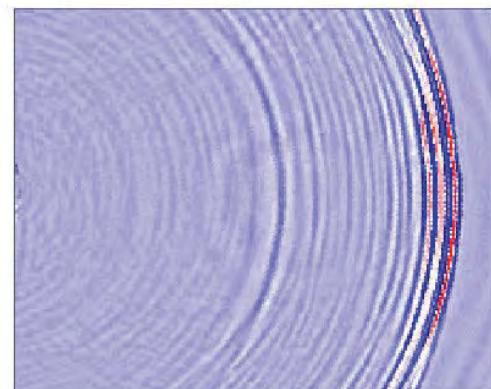
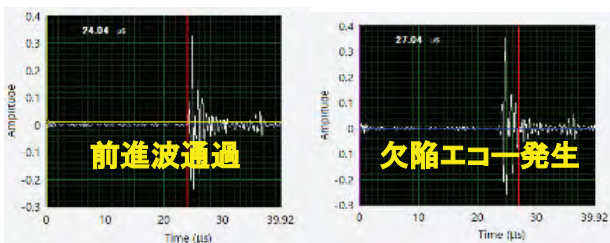
2. 欠陥深さの評価

実施例

模擬欠陥TP
欠陥の深さ: 5mm
材質: FC250 / デンスパー



| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 5/25 13:08 |
| センサー | 1MHz 70度 |



2. 欠陥深さの評価

欠陥深さ評価実績

| 検査部品／部位 | 材質 | 欠陥深さ① | 測定深さ② | 誤差 ②－① |
|------------------------------|------------------|-------|-------|-----------|
| 模擬欠陥TP | FC250 (デンスパー) | 5 | 7.33 | 2.33 |
| | | 10 | 10.93 | 0.93 |
| アルミ模擬欠陥TP (つくばテクノロジーより借用) | アルミ | 10 | 11.91 | 1.91 |
| | | 2 | 3.77 | 1.77 |
| クドウリング凹部 | FCD | 9 | 10.21 | 1.21 |
| クドウリング凸部 | FCD | 9 | 9.68 | 0.68 |

【考察】

- 1)改善後の欠陥深さ算出方法を適用、実際の深さに対し若干深めの計算結果。
- 2)ドリル縦穴では、先端から発生する最初の弱い波紋の見極めが重要。
- 3)横穴の場合なども、最初の波紋の見極めが重要。



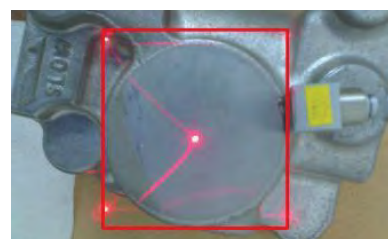
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved.

6

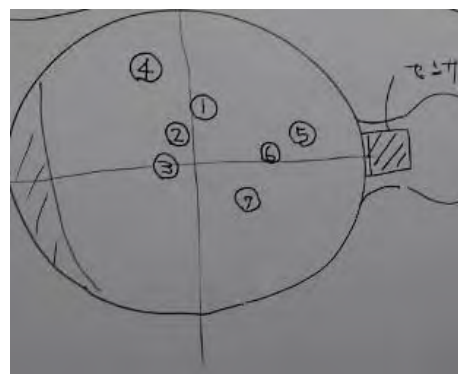
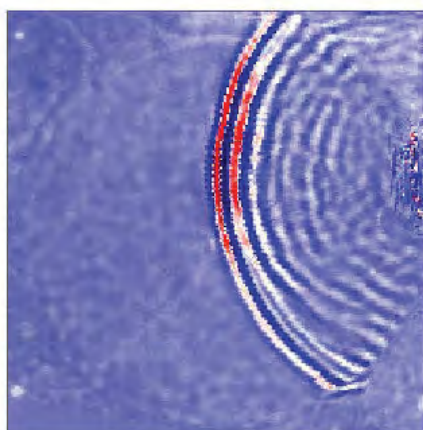
3. バルブボディの評価



上面に欠陥が出易い



走査範囲(赤枠内)



欠陥位置(代表)のスケッチ図

識別番号：NO.3

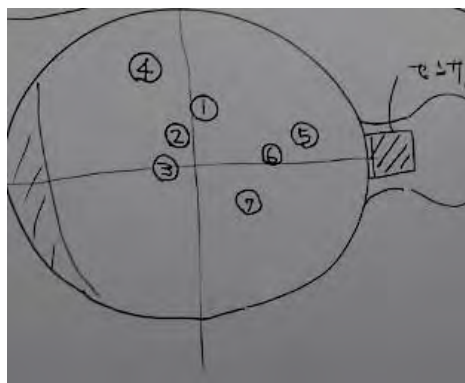
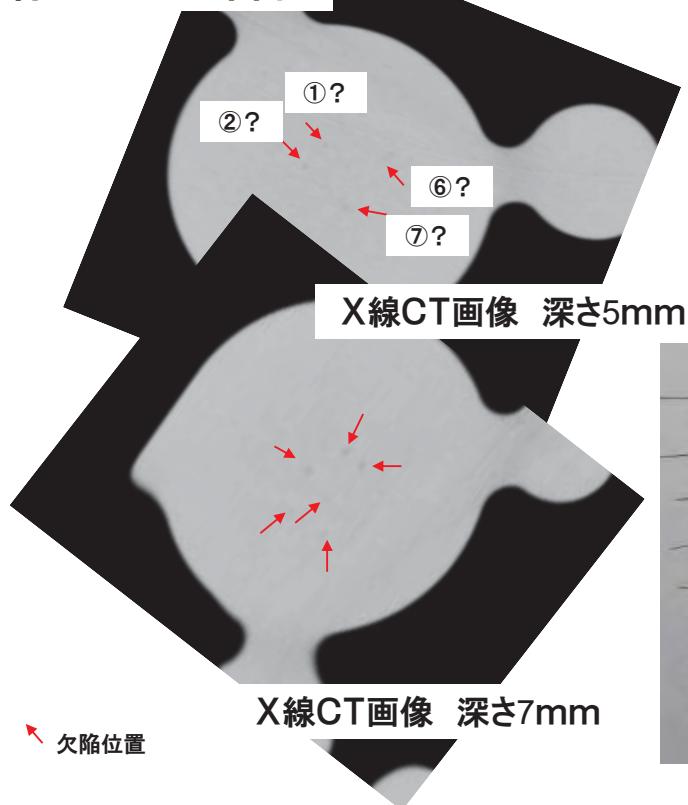
| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 5/27 15:19 |
| センサー | 1MHz 70度 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved.

7

3. バルブボディの評価

X線CTによる評価



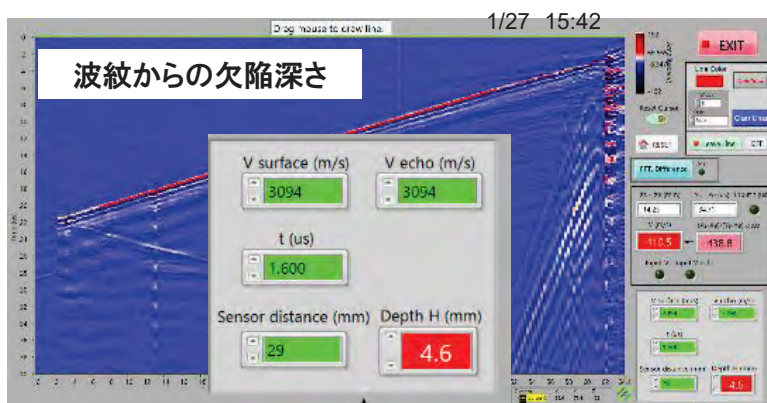
| | 前 | 工 | 差 | 判 | 深 |
|---|------|------|-----|----|------|
| ① | 13.1 | 14.6 | 1.5 | 27 | 4.21 |
| ② | 14.0 | 15.9 | 1.9 | 31 | 5.3 |
| ③ | 14.8 | 17.0 | 2.2 | 36 | 6.17 |
| ④ | 15.6 | 18.0 | 2.4 | 32 | 6.59 |
| ⑤ | 8.6 | 11.5 | 2.9 | 13 | 7.01 |
| ⑥ | 10.6 | 12.3 | 1.7 | 12 | 4.37 |
| ⑦ | 12.3 | 14.9 | 2.6 | 24 | 8.9 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved.

3. バルブボディの評価

正規加工による評価

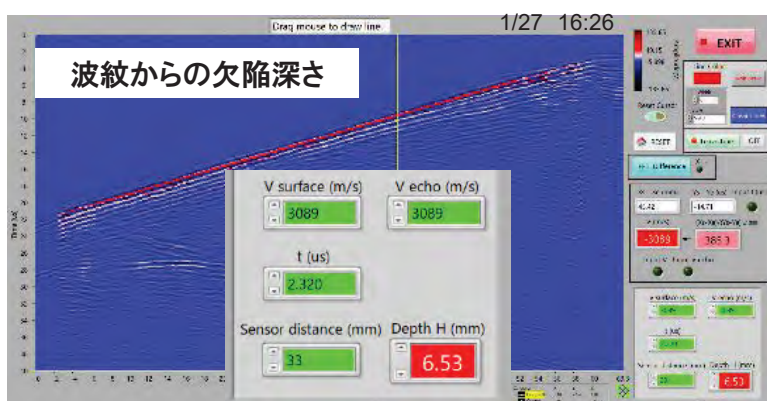
識別番号:NO.6



識別番号:NO.8



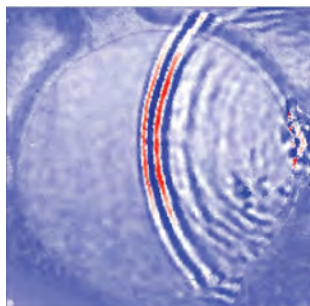
ザグリ深さ:約4.5mm



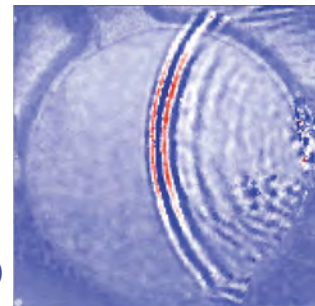
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved.

ピッチ数変更による波紋確認

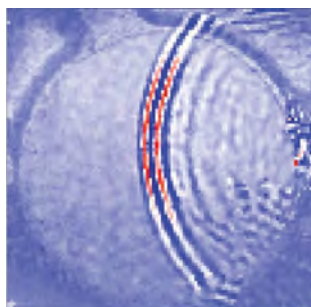
設定0.3mm
(ピッチ数:41,208)



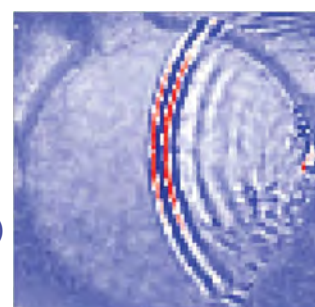
設定0.4mm
(ピッチ数:23,103)



設定0.6mm
(ピッチ数:10,403)



設定0.8mm
(ピッチ数:5,852)



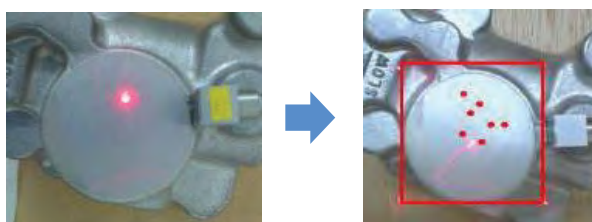
ピッチ数(レーザの打点数)を減らすことで
大きい波紋のみ表示できないか確認⇒ピッチ数を変更しても大きな違い無し

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 10

3. バルブボディの評価

【考察】

- 1) NO.3のX線CTの結果との照合では、一致すると思われる欠陥があるものの、画像が不鮮明で波紋も数多く評価難しい。
- 2) 正規加工のサグリ面に現出した欠陥の深さについては、NO.6はほぼ一致、NO.8は深めの計算結果。
- 3) ピッチ数(レーザの打点数)を減らすことで大きい波紋のみ表示できないか確認するも変化なし。
- 4) 欠陥の数が多い場合は、欠陥位置(ガイドビーム)を重ね合わせできる機能あり、今後活用を図る。



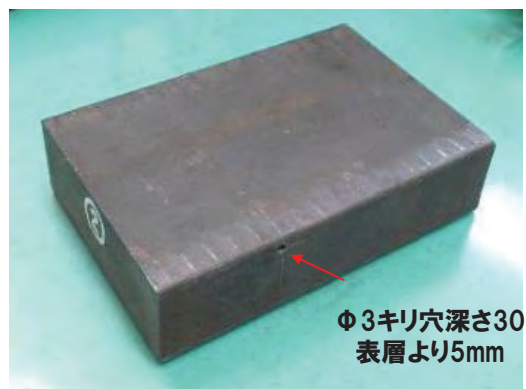
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 11

4. 模擬欠陥TPの製作

欠陥位置、欠陥深さの検証および検査手法の確立を図るため、キリ穴をあけた模擬欠陥TPを製作



試験体①(FC250/デンスバー)



試験体②(FC250/デンスバー)

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 12

4. 模擬欠陥TPの製作

Φ3キリ穴深さ30mm
外周より10mm



試験体③(FCD500)

Φ3キリ穴深さ30mm
外周より5mm



試験体⑤(FC250)

Φ3キリ穴深さ30mm
表層より10mm

Φ3キリ穴深さ30mm
表層より5mm

Φ3キリ穴深さ30mm
表層より5mm



試験体④(FCD500)

Φ3キリ穴深さ30mm
表層より10mm

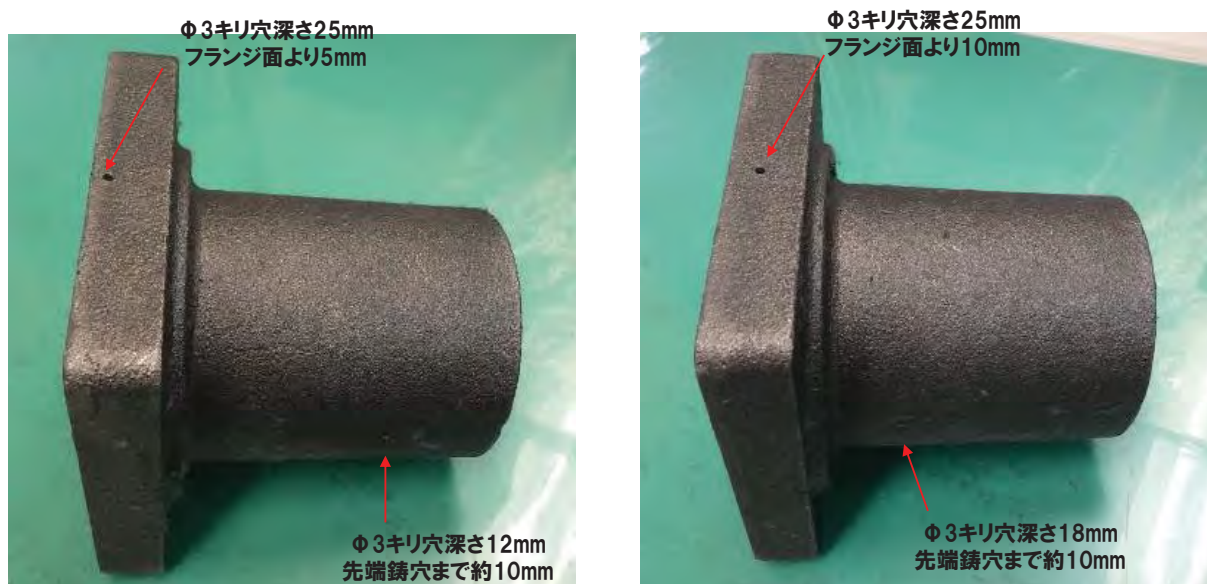
Φ3キリ穴深さ30mm
内周より10mm



試験体⑥(FC250)

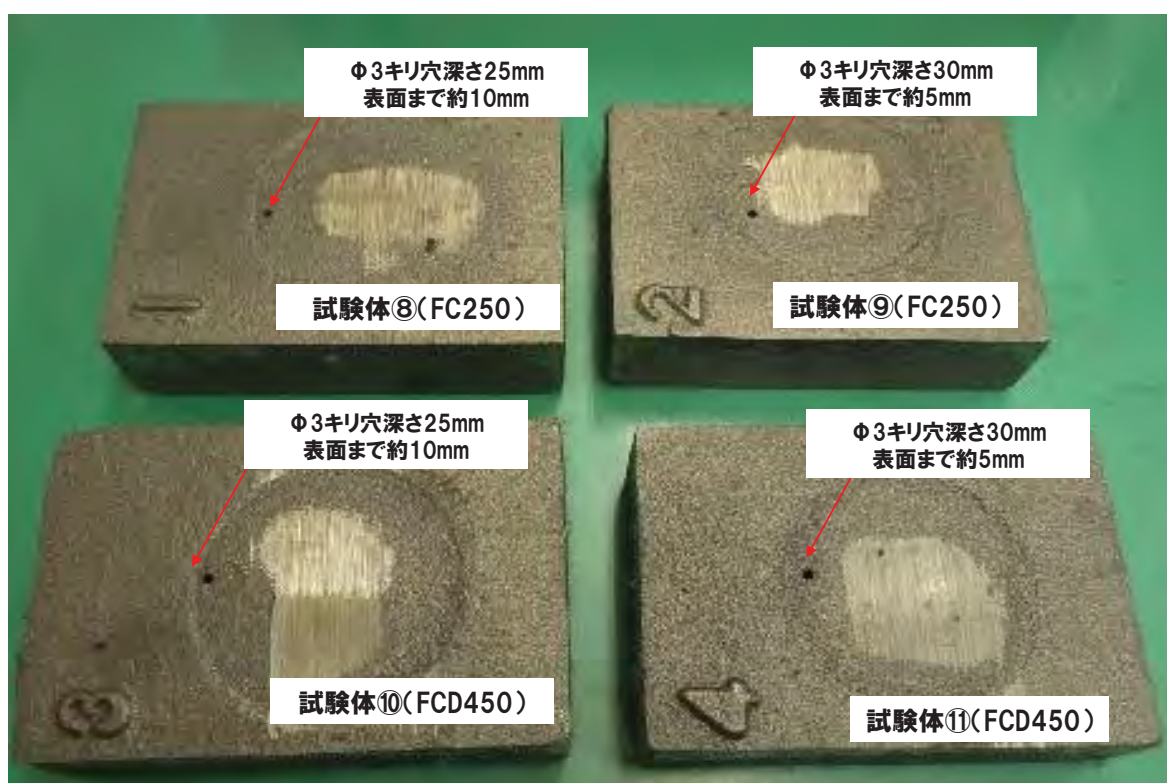
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 13

4. 模擬欠陥TPの製作



試験体⑦(FC250)

4. 模擬欠陥TPの製作

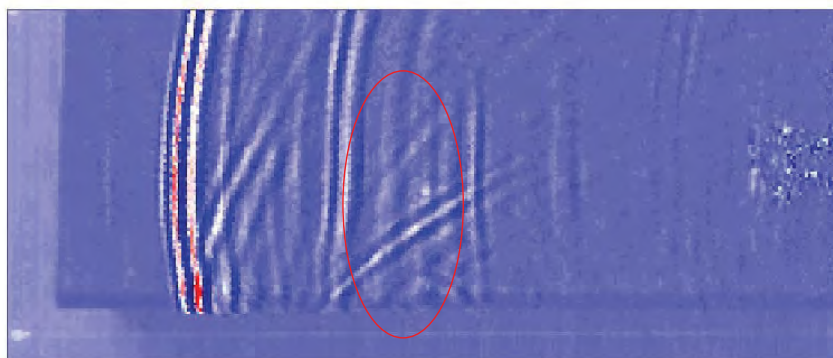


5. 模擬欠陥TPの評価



Φ3キリ穴深さ30
表層より10mm

試験体①(FC250/デンスバー)



欠陥の深さ(mm)

| | |
|----|--------|
| 正解 | 10 |
| 波紋 | (13.4) |

| | |
|------|-----------|
| 測定日時 | 8/9 10:52 |
| センサー | 1MHz 70度 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 16

5. 模擬欠陥TPの評価

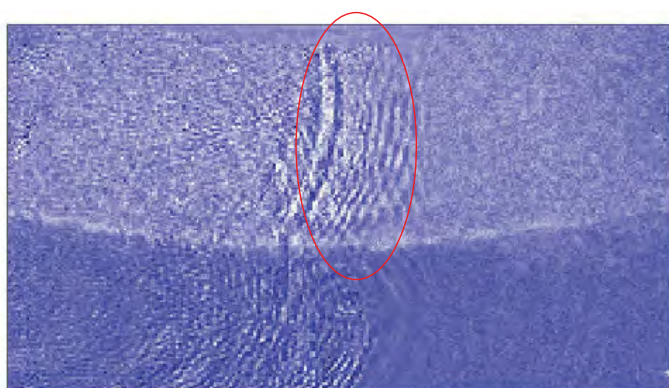


Φ3キリ穴深さ30mm
表層より10mm

試験体④(FCD500)



センサー
左:2MHz 70度 右:1MHz 70度



欠陥の深さ(mm)

| | |
|----|-------|
| 正解 | 10 |
| 波紋 | (5.8) |

| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 9/15 14:17 |
| センサー | 2MHz 70度 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 17

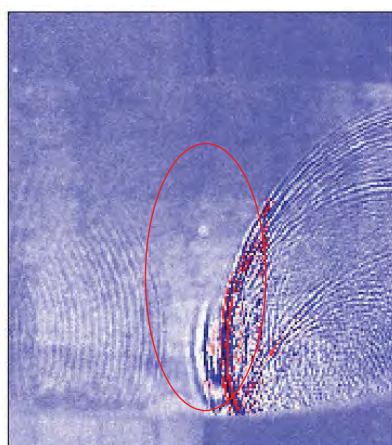
5. 模擬欠陥TPの評価



試験体③(FCD500)



センサー
左:1MHz 70度 右:2MHz 70度



欠陥の深さ(mm)

| | |
|----|------|
| 正解 | 10 |
| 波紋 | (0?) |

曲面のため前進波とエコーが同時

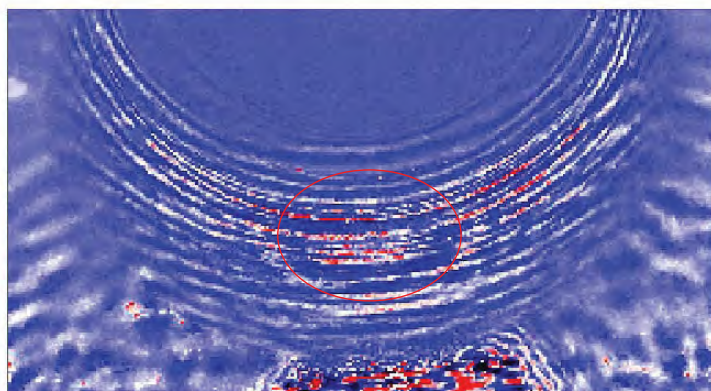
| | |
|------|-------------|
| 測定日時 | 10/28 10:47 |
| センサー | 2MHz 70度 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 18

5. 模擬欠陥TPの評価



Φ3キリ穴深さ12mm
先端鑄穴まで約10mm

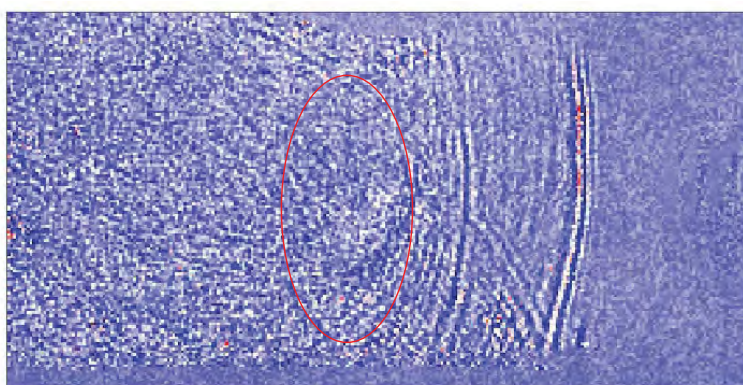
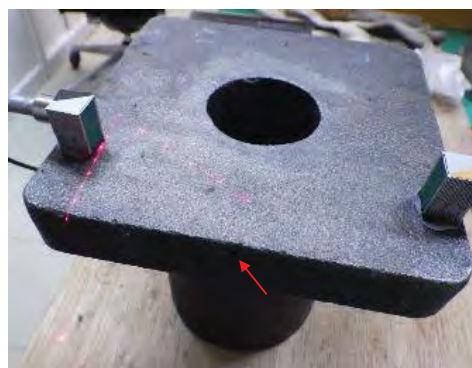
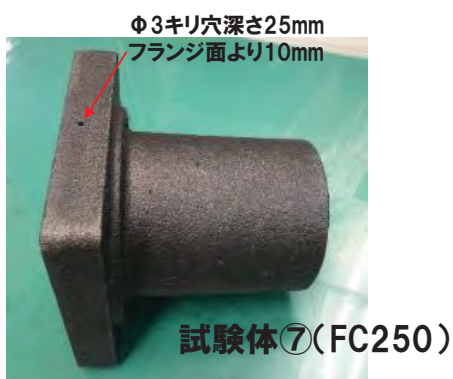


キリ穴位置に波紋確認

| | |
|------|-------------|
| 測定日時 | 12/12 13:58 |
| センサー | 1MHz 45度 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 19

5. 模擬欠陥TPの評価



欠陥の深さ(mm)

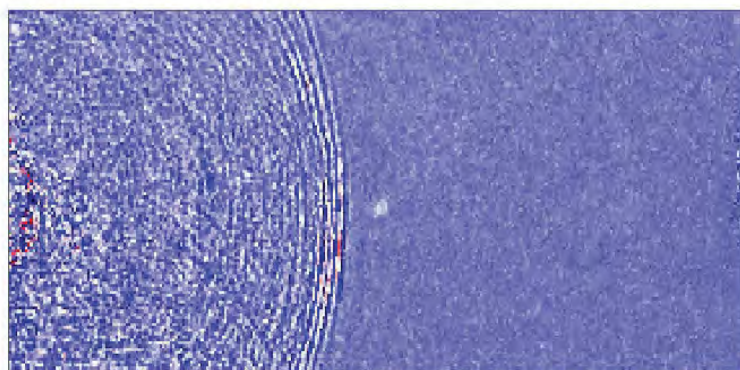
| | |
|----|--------|
| 正解 | 10 |
| 波紋 | (18.4) |

| | |
|------|-------------|
| 測定日時 | 12/12 16:16 |
| センサー | 2MHz 70度 |

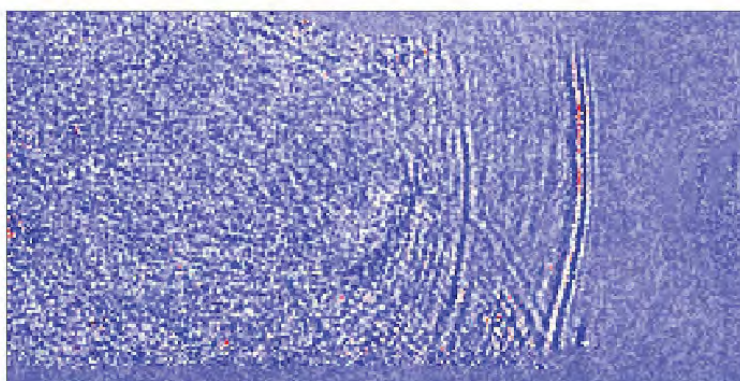
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 20

5. 模擬欠陥TPの評価

欠陥有無比較



模擬欠陥なし



模擬欠陥あり

| | |
|------|-------------|
| 測定日時 | 12/12 16:16 |
| センサー | 2MHz 70度 |

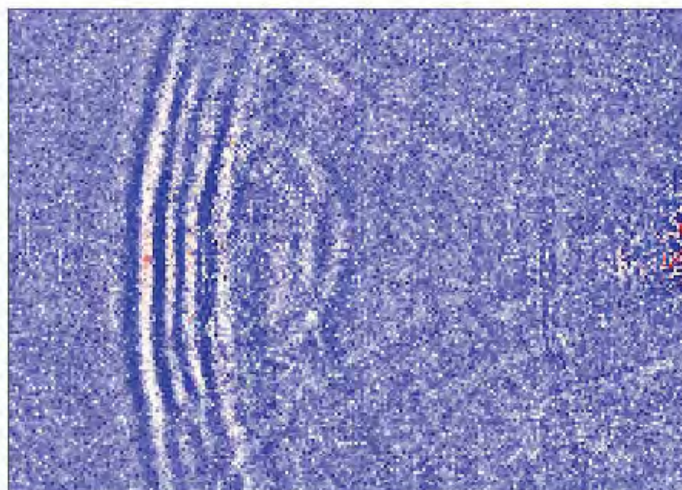
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 21

5. 模擬欠陥TPの評価



試験体⑩(FCD450)

Φ3キリ穴深さ25mm
表面まで約10mm



| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 2/14 20:10 |
| センサー | 2MHz 70度 |

欠陥の深さ(mm)

| | |
|----|-------|
| 正解 | 10 |
| 波紋 | (9.8) |

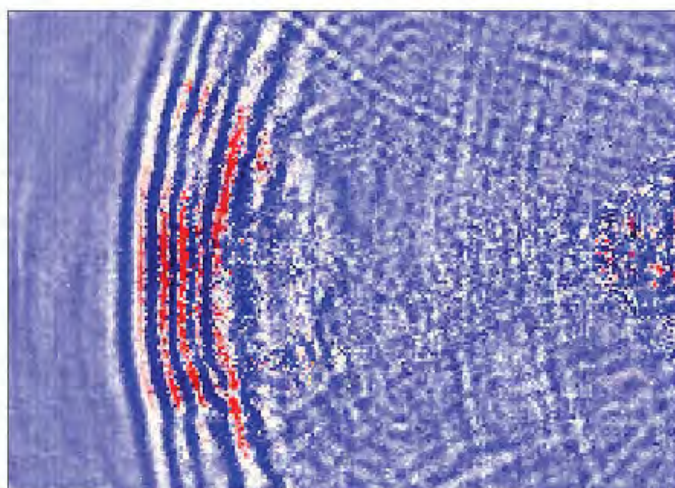
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 22

5. 模擬欠陥TPの評価



試験体⑩(FCD450)

Φ3キリ穴深さ25mm
表面まで約10mm



| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 2/14 20:19 |
| センサー | 1MHz 70度 |

欠陥の深さ(mm)

| | |
|----|--------|
| 正解 | 10 |
| 波紋 | (11.8) |

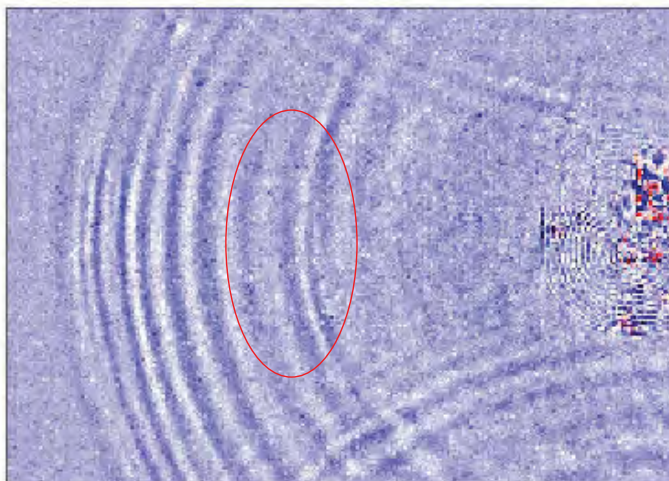
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 23

5. 模擬欠陥TPの評価



試験体⑧(FC250)

Φ3キリ穴深さ25mm
表面まで約10mm



| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 2/15 17:27 |
| センサー | 2MHz 45度 |

欠陥エコーらしき波紋あるも不鮮明で
底面からの反射による

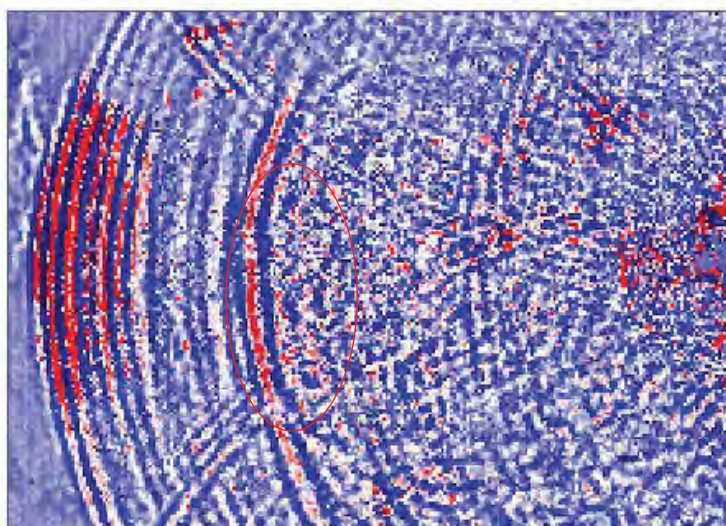
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 24

5. 模擬欠陥TPの評価



試験体⑧(FC250)

Φ3キリ穴深さ25mm
表面まで約10mm



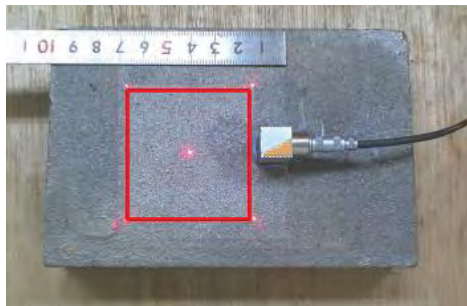
| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 2/15 16:55 |
| センサー | 1MHz 70度 |

欠陥エコーらしき波紋あるも不鮮明で
底面からの反射による

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 25

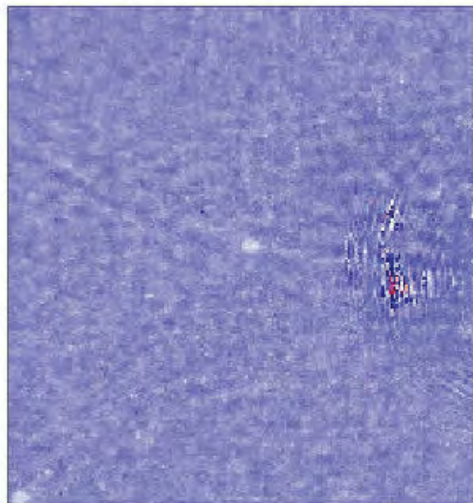
5. 模擬欠陥TPの評価

センサーを欠陥の近くに設置



試験体⑧(FC250)

Φ3キリ穴深さ25mm
表面まで約10mm



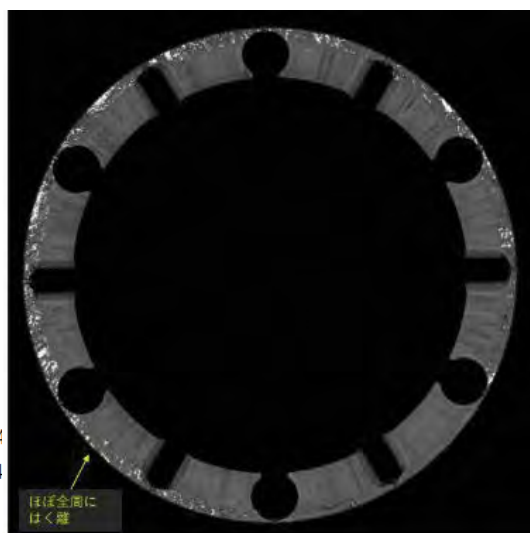
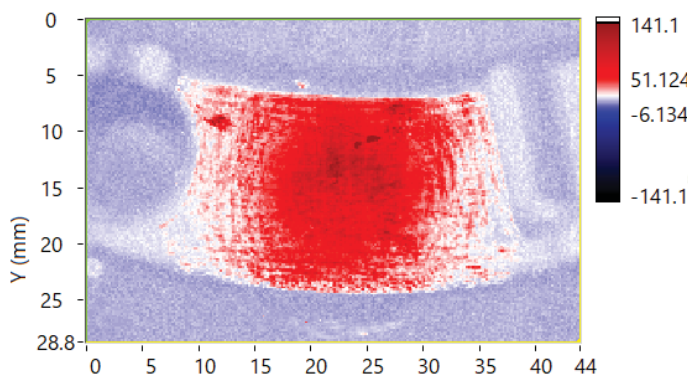
欠陥エコー確認
底面からの反射による

| | |
|------|------------|
| 測定日時 | 2/21 16:08 |
| センサー | 1MHz 70度 |

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 26

5. 模擬欠陥TPの評価

部品名:スラストメタル



全体が赤くなり剥離部検出不可
つくばテクノロジーに検証依頼

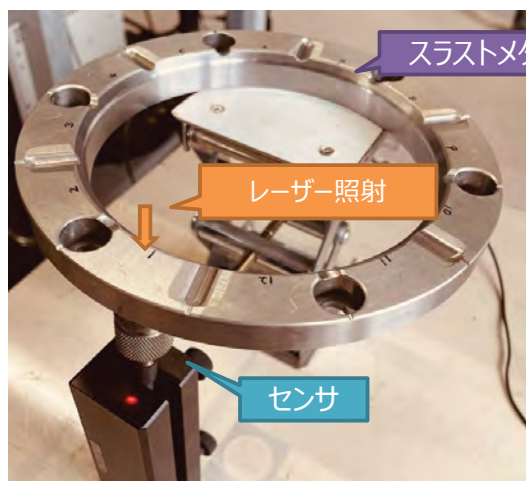
| | |
|------|-------------|
| 測定日時 | 11/29 16:44 |
| センサー | 5MHz 垂直 |

最大振幅図

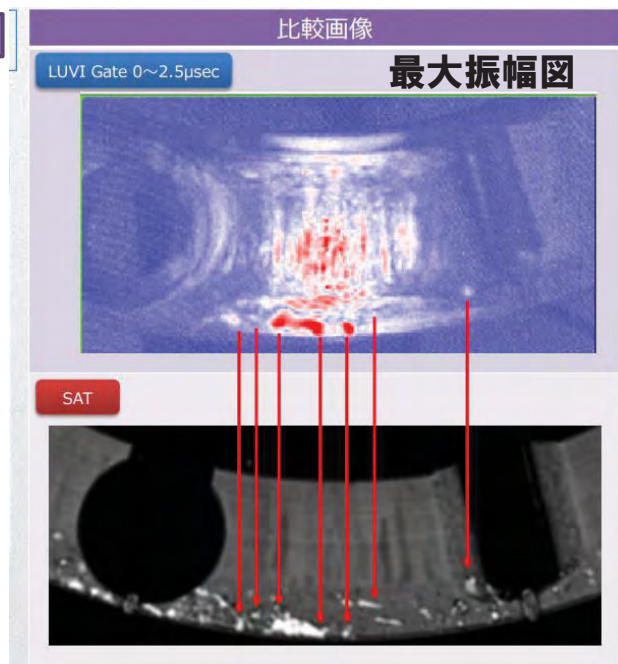
© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 27

部品名:スラストメタル

つくばテクノロジー／ゲートを使った評価



センサ : V541-SM 5MHz



剥離部検知
但し剥離部以外も検知

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 28

【考察】

- 1)砂型鑄造のFC250においては、エコーが不鮮明でありカーボンによる減衰が大きいことが原因と考える。
(対応:出力アップ、センサー位置を近くするなど)
- 2)曲面の場合、前進波の距離が長くなることから、エコーの発生が前進波到達と同時になることから、計算方法の改善が必要。
- 3)反射波のスクリーニングの方法として、欠陥なしの動画との比較が有効と考える。
- 4)スラストメタルについては、垂直センサーでゲートをかけることで剥離の検出が可能であるが、剥離以外も検出してしまい、剥離のみの検出は難しい。

6. 検査マニュアルの作成

内部欠陥検査マニュアル (2022年度鑄造品等検査技術の開発)

目次

株式会社 日立ニコ
大宮事業所 品質部

© Hitachi Nico Transmiss

- 0. はじめに
- 1. 取り扱い上の注意
- 2. 装置の構成
- 3. 計測要領
- 4. センサーの種類と選定
- 5. センサーの取付要領
- 6. 解析要領
- 7. 欠陥の判別方法
- 8. 欠陥深さの評価方法
- 9. 実施例
- 10. トラブルシューティング
- 11. 分解発送要領



- 付録-1 ADD-ID ver.0.0.4 取扱説明書
- 付録-2 解析画面にて写真に複数マークを入れる方法

表紙及び目次

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 30

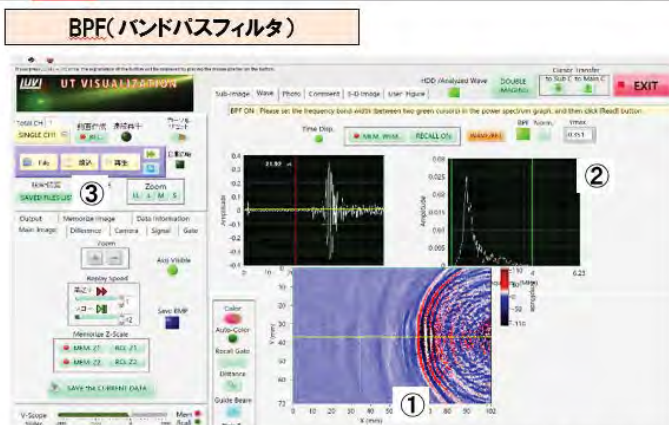
5. 検査マニュアルの作成

3. 計測要領



- ①のAuto Searchを押す
- ②の線図が作画され、山が高い位
- ③のYESを押して焦点位置を決め、(手で焦点位置を変えることも可)
- ④のEXITを押す

6. 解析要領



- ①の画像の黄色いライン(十字)を調査したい部位に移動
- ②の波形の高周波及び低周波側の線幅をカットしたい領域まで移動
- ③の取込を押しBPF設定を選ぶ

計測要領と解析要領の抜粋

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 31

4. センサーの種類と選定

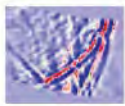
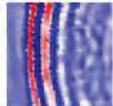

センサー選定の目安

○:良 △:条件により可 ×:不向き

| 材質 | 形状 | 射角70度 | | 射角45度 | | 垂直 | |
|---------|----|-------|------|-------|------|------|------|
| | | 1MHz | 2MHz | 1MHz | 2MHz | 1MHz | 5MHz |
| 片状黒鉛鋳鉄 | 平面 | △ | △ | △ | △ | × | × |
| | 曲面 | △ | △ | | | | |
| | 鑄穴 | × | × | | | | |
| 球状黒鉛鋳鉄 | 平面 | ○ | ○ | | | | |
| | 曲面 | ○ | ○ | | | | |
| | 鑄穴 | × | × | | | | |
| アルミ合金鋳物 | 平面 | ○ | ○ | | | | |
| | 曲面 | ○ | ○ | | | | |
| | 鑄穴 | × | × | | | | |

7. 欠陥の判別方法

欠陥の種類と波紋の形状

| 欠陥深さ | 表面 | 浅い | 深い |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 波紋発生時間 | 前進波通過直後 | 前進波通過して少し経過後 | 前進波通過して大分経過後 |
| 波紋の特徴 | 芯がある | 小さな円から広がる | 大きな円から広がる |
| 動画例 |  |  |  |

センサー選定目安と欠陥の種類と波紋の形状



波紋が広がる動画

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 32

6. 成果と今後の課題

【成果】

- 1)レーザー超音波可視化検査装置による鋳物の内部欠陥検出について実機部品、各種TPなどにより特性や検出方法について確認。
- 2)欠陥深さを超音波エコー発生時間から推定する方法について、2021年度の調査結果を基礎として改善し、精度について確認。
- 3)片状黒鉛鋳鉄については、組織等により欠陥検出が難しいケースがあることがわかった。
- 4)上記の確認結果をもとに検査マニュアルとしてまとめた。

【今後の課題】

- 1)テストサンプルを増やすことによる適用範囲の明確化と精度向上
- 2)検査マニュアルの実運用に伴うブラッシュアップ
- 3)具体的な実機適用に向けた検討

© Hitachi Nico Transmission Co., Ltd. 2023. All rights reserved. 33

HITACHI
Inspire the Next



2022年度 鋳造品表面欠陥等検査技術の 開発及び実用化に関する報告書

2023年3月15日
 (株) 神崎高級工機製作所
 品質保証部 製品保証G
 林 満広

© 神崎高級工機株式会社 作成日: YYYY/XX/XX

2022年度活動内容 (各社訪問)

【各社訪問】

1. 阪神内燃機工業株式会社→5月13日(金) 午後
2. 株式会社赤坂鐵工所→6月7日(火) 午後
- (株) I H I 原動機 新潟鋳造工場 2022年3月23日(水) 協会訪問済

【WEB会議】

3. ヤンマーキャステクノ(株) 松江事業部→5月25日(水) 午後
4. 株式会社ダイハツメタル→6月2日(木) 午前

【各社への説明内容】

- ・内部欠陥検査：
2022年3月15日付 (株) 日立ニコトランスミッション様資料説明
- ・形状検査：
形状検査用アプリ開発2021年度報告により概要説明
- ・表面欠陥検査：
鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド(補修及び懸念事項検討)
鋳造品表面欠陥限度サンプル について説明
- ・AIによる画像認識について

2022年度活動内容（各社訪問）

【各社の意見】

鑄造品表面欠陥識別及び使用判定ガイドの各項目について確認し協議した。

- ・項目としては、**概ね妥当な内容となっている。**
- ・「変形」や「砂型のバリ」等の項目の追加や、主型の強度弱い場合製品が膨れる「太鼓状」になることもある。
- ・ノロは入るだけでなく、フラン砂に含む硫黄が化合物を作る場合があり、肉厚部や平坦部に溜まりやすい。
- ・**AIの活用は鑄造品の出荷検査に役立つと思う。**
- ・動画で撮影でき判定できれば見落としも防ぐことができる、特に陰になる裏面などは小型カメラで動画撮影できれば役立つ。
- ・**表面欠陥検査と形状検査を同時にできればありがたい。**
- ・比較的多いのは、ブローホール、次にノロ噛み、砂噛み、亀裂等がある。
- ・ノロ噛みは上面や凸凹のある個所に発生しやすく、溶湯温度の低下が要因。
- ・**使用判定や補修方法、確認事項（懸念事項）については、各社扱う部品や判断基準も異なるので参考程度に示すようにした方がよい。**

2022年度 使用判定ガイドの更新

鑄造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド（補修及びその他確認事項） 初年度版

表面欠陥判定基準

参考文献：公益社団法人日本鑄造工学会刊「鑄造欠陥とその対策」

2022年3月31日

| 欠陥事象 | パターン（写真） (10円玉直径：23.5mm) | 欠陥状態/特徴 | 欠陥発生部位 | 推定原因 | 納入先の指示に従う (参考使用判定) | 納入先の指示に従う (参考補修例) | 納入先と協議する (参考その他確認事項・懸念事項) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | 納入先の指示に従う (参考使用判定) | 納入先の指示に従う (参考補修例) | 納入先と協議する (参考その他確認事項・懸念事項) |
| 砂カミ (部分的な砂カミ) | | ・欠陥表面はざらつきあり。 ・欠陥表面に砂が付着。 ・凹凸大。 | ・角部に発生。 ・砂の鋭片が内部に介在し加工後表面に現れることがある。 ・表面、内部との場所でも発生し得る。 | ・砂のつき箇の不潔。 ・型や歯車の破損、崩落。 ・抜型時の主筋の割れ。 ・砂の詰まりが型内に侵入。 | ・オイル等潤滑油は使用不可。 ・外部に発生し強度に影響が無い場合、補修して使用検討可。 ・軸受け部加工面の場合、砂を完全除去して強度に影響が無いと判断できれば使用検討可。 ・シール部分には使用不可。 | ・対応した品を返却。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・穴の深さ、欠陥の大きさ、欠陥の位置、シール部にかかっていないかを十分に観察する。 ・強度の点でも確認が必要。応力を受ける部分は十分注意。 |
| 砂カミ (黒皮表面全体の砂カミ) | | ・黒皮表面全体に砂が付いている。 ・表面や表面直下に生じる、かたまり状で不規則な形状。 | ・黒皮表面全体。 ・新型から砂が落ちる場合。 | ・加工時、チップ破損の可能性。 | ・加工時、チップ破損の可能性が大いので使用不可。 | ・補修不可。 | ・加工時刃物が焼ける。 |
| ノロカミ (酸化ドロス) | | ・異物が陥み込んだ状態。 ・凹凸大。 ・型室内で発生する可能性がある。(硫黄化合物等) ・硫酸化合物(ノロ)が陥み込んだ表面に生じる穴や凹み。 ・上面が平面の場合が多い。 | ・表面、内部との場所でも発生し得る。 | ・軸受け部加工面の場合、砂を完全除去して強度に影響が無いと判断できれば使用検討可。 ・シール部分には使用不可。 | ・付着した砂を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・穴の深さ、欠陥の大きさ、欠陥の位置、シール部にかかっていないかを十分に観察する。 ・強度の点でも確認が必要。応力を受ける部分は十分注意。 | |
| 砂の焼付き | | ・黒皮表面に砂が固まった状態で付着している。 ・肉厚部で砂が上がりやすい部分。 ・砂の温度を上げないようにする。 ・除去できれば良い。 | ・黒皮表面全体。 ・新型から砂が落ちる場合。 | ・加工時、チップ破損の可能性が大いので使用不可。 | ・補修不可。 | ・加工時刃物が焼ける。 ・塗装が乗りにくい。 | |

2022年度 使用判定ガイドへ会員企業からの提供写真追加



「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」を会員企業5社の意見を取り入れ完成させた。

鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド（補修及びその他確認事項） 2022年度完成

表面欠陥判定基準

参考文献：公益社団法人日本鋳造工学会刊「鋳造欠陥とその対策」

2022年3月10日

（一社）日本鋳造品質管理協会

| 欠陥事象 | パターン（写真） (10円玉直径：23.5mm) | 欠陥状態/特徴 | 欠陥発生部位 | 推定原因 | 納入先の指示に従う (参考使用判定) | 納入先の指示に従う (参考補修例) | 納入先と協議する (参考その他確認事項・懸念事項) |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 砂カミ (部分的な砂カミ) | | ・欠陥表面はざらつきあり。 ・欠陥表面に砂が付着。 ・凹凸大。 ・砂が介在している。 | ・角部に発生。 ・砂の破片が内部に介在し加工後に現れることがある。 ・表面、内部との場所でも発生し得る。 | ・砂のつき固め不足。 ・型や流道の変換。（模型・後型時の主型の割れ。 ・砂の破片が鑄型内に侵入 | ・オイル塗渡部分は使用不可。 ・外部に発生し強度に影響が無い場合、補修して使用検討可。 ・軸受部加工面の場合、砂を完全除去して強度に影響が無いと判断できれば使用検討可。 ・シール部分には使用不可 | ・付着した砂を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・シール部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・シール部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・シール部分の寸法公差を厳格に管理する。 |
| 砂カミ (黒皮表面全体の砂カミ) | | ・黒皮表面全体に砂が付着している。 ・表面や表面直下に生じる。かたまり状や不規則な形状。 ・砂が介在している。 | ・黒皮表面全体。 | ・型芯の落下や型芯の破片が型内に侵入し、加工時に砂が落ちる場合 | ・黒皮部分に発生し、強度に影響が大きい場合は使用不可。 ・黒皮部分に発生し、強度に影響が小さい場合は使用検討可。 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 |
| ノロカミ (酸化ドロソ) | | ・異物が噛み込んだ状態。 ・凹凸大。 ・表面内で発生する場合がある。（硫酸酸化物等） ・濃硫酸化物（ノロ）が介在し表面に生じる穴や凹みが生じる。 ・上面が平面の場合が多い。 | ・表面、側面、底面に発生。 | ・型芯の落下や型芯の破片が型内に侵入し、加工時に砂が落ちる場合 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 |
| 砂の焼付き | | ・黒皮表面に砂が固まった状態で焼き付いている。 ・肉厚部で砂層が上がり高い部分。 ・砂の温度を上げないよう除去できれば良い | ・表面、側面、底面に発生。 | ・型芯の落下や型芯の破片が型内に侵入し、加工時に砂が落ちる場合 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 |
| ピンホール | | ・表面の小穴状。 ・黒皮表面全体にφ2-3mm程度の黒（ピンホール）が点在している。 ・凹み形状。 | ・表面、側面、底面に発生。 | ・型芯の落下や型芯の破片が型内に侵入し、加工時に砂が落ちる場合 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分を除去。 ・パテ補修。 ・溶接補修。 | ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 ・黒皮部分の寸法公差を厳格に管理する。 |

※「補修方法」や「使用判定」については参考程度で記載しているため、各社で判断し適正な対応をとること。

この「鋳造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」の利用目的としては、検査時に発見した表面欠陥に対し、どのような対処方法があるのか、懸念事項は何なのか等を参考に示したものであり、新人作業者の不足する経験を補うことや、再発防止や処置の提案が示すことができるツールとして役立てることである。

「鑄造品表面欠陥一覧表」を会員企業5社の意見を取り入れ完成させた

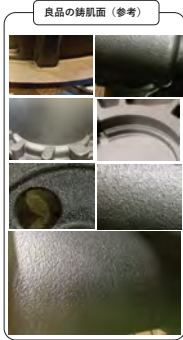
鑄造品表面欠陥一覧表 (2022年度完成)

※加工面を添付した主旨は、荒削り後の状況や取り代によるが部位によっては修正可能な場合もあるので代表例を示した。

2023年3月10日

| グレード 欠陥レベル | ブローホール | | ピンホール | | ノロかみ | | 砂かみ | | 砂焼付き | 肌荒れ |
|---------------|--------|-----|-------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|
| | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 |
| 重 度 | | | | | | | | | | |
| 中 度 | | | | | | | | | | |
| 軽 度 | | | | | | | | | | |

| グレード 欠陥レベル | 濡境 | 濡じわ | ヒケ | | クラック | | バリ | 打痕 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| | 黒皮面 | 黒皮面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 |
| 重 度 | | | | | | | | |
| 中 度 | | | | | | | | |
| 軽 度 | | | | | | | | |



この「鑄造品表面欠陥一覧表」は、鑄造品の表面欠陥を各現象別に表したもので、更に「重度」、「中度」、「軽度」を示しており、発見した表面欠陥のサイズによりどの程度のレベルか比較できるものである。また、新人教育資料としても活用することができる。

2022年度 キーエンス社 AI搭載判別センサー

AI搭載 画像判別センサ IV2 シリーズ

他の商品シリーズ

概要

仕様

外形寸法図

型式一覧

ダウンロード

サポート

価格・見積

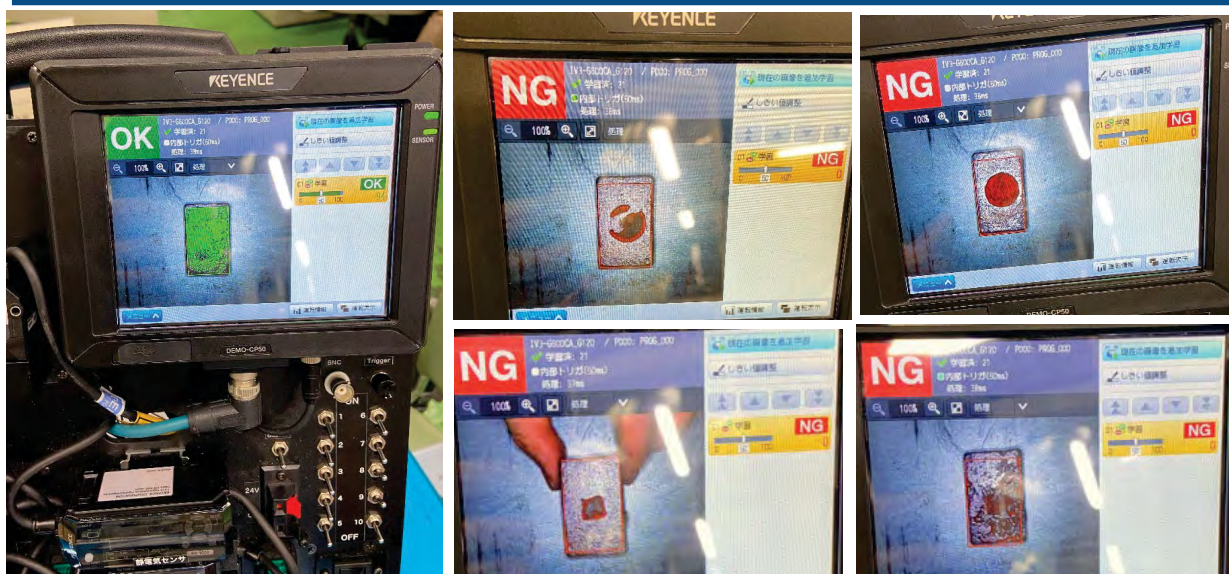


AI搭載 画像判別センサ IV2シリーズは、有無・判別に特化した学習済みのAIを搭載。最低1枚ずつのOK/NG画像を登録するだけで設定が完了します。明るさ・フォーカス・検出をAIが自動設定するため、画像判別の専門的な知識や設定の時間・時間を必要とせず、簡単に導入・運用することができます。高性能CPUを搭載した小型アンブで設定操作が完了するため、高性能PCが不要です。IV2シリーズでも、小型アンブやタッチ式モニタでの直感的な操作や、超小型な照明一体型ヘッドに搭載したLED点灯でのOK/NG表現など、従来のIVシリーズの使い勝手の良さを継承。AIを駆使した特徴検出や条件設定を可能にすることで、現場でのユーザビリティを大幅に向上させました。

- AIによる最適設定。知識・経験不要で誰でも使える
- 明るさ調整やフォーカス設定などの調整もワンタッチ
- クラス最小の超小型ヘッドで、どんな場所でも設置できる

2022年度

キーエンス社 AI搭載判別センサー デモ 6月20日（月）



【特徴】

- ・良品及び不良品の学習を行った後判別可能となる。
- ・色、輪郭、幅等の見方を変えることができる。
- ・コントラスト・形状・極端な色変化をAI学習し判別可能。
- ・防水、防塵が施されている。学習は88枚。 ※ただし、写真の学習はできない

©神崎高級工機株式会社 Page: 9

2022年度 実証用検査台製作完了（9月完了）



実証用検査台が完成した。次月以降に鋳造品の欠陥を撮影しAI判定システムへ送信し、今後実証を重ね実用化に向け進める。

©神崎高級工機株式会社 Page: 10

2022年度 実証用検査台の各種設定（10月～）

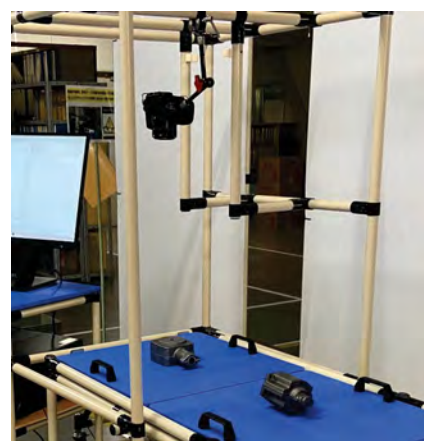


【実証用検査台準備】

- ・PCネットワークの設定
- ・撮影用カメラのセット（1台セッティング試行）
- ・AI画像判定アプリの設定

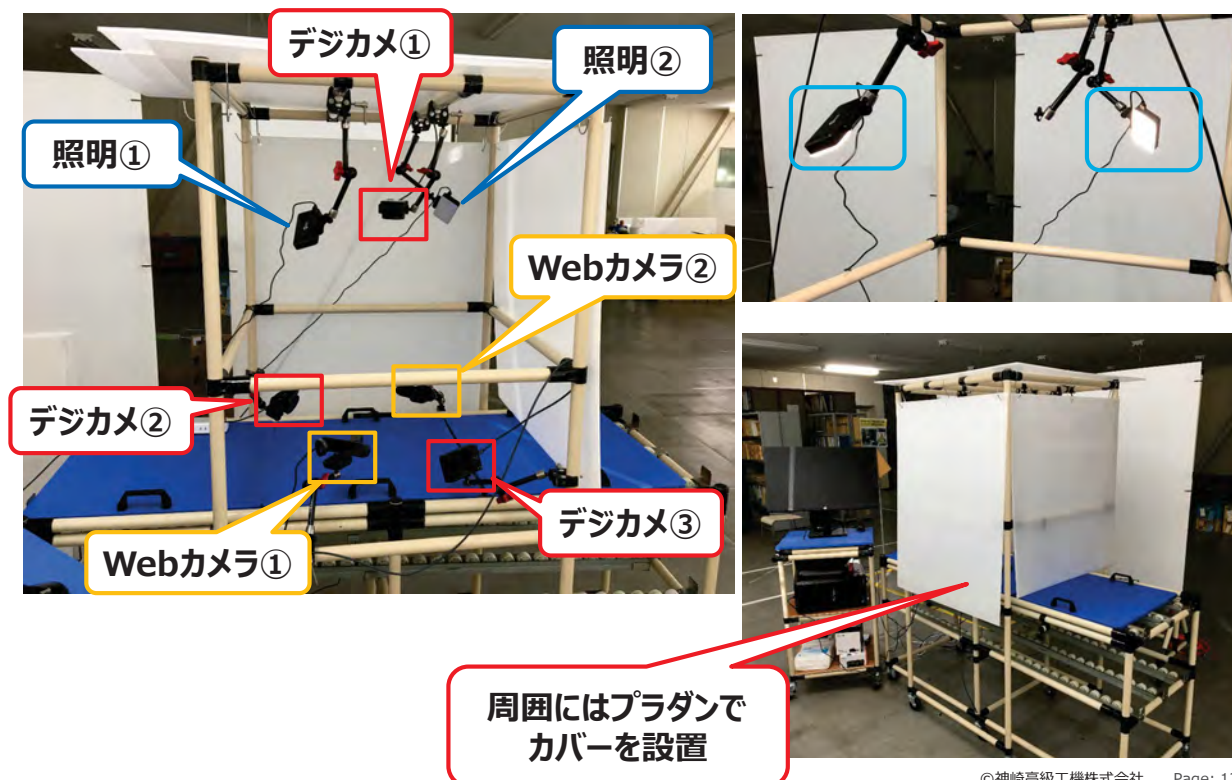
【課題】

- ・カメラの画像出力をタイムリーにPCアプリへ行う
- ・適正な台数の設置 ・カメラのスペックの再検討



©神崎高級工機株式会社 Page: 11

2022年度 実証用検査台のカメラ・照明の設置（10月～）



©神崎高級工機株式会社 Page: 12

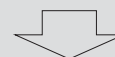
2022年度 デジタルカメラ及びWebカメラの動作確認



【アプリとカメラ接続】
海技研の方々ご協力の下、
アプリとカメラの接続トライを
11月14日～29日まで
5回実施

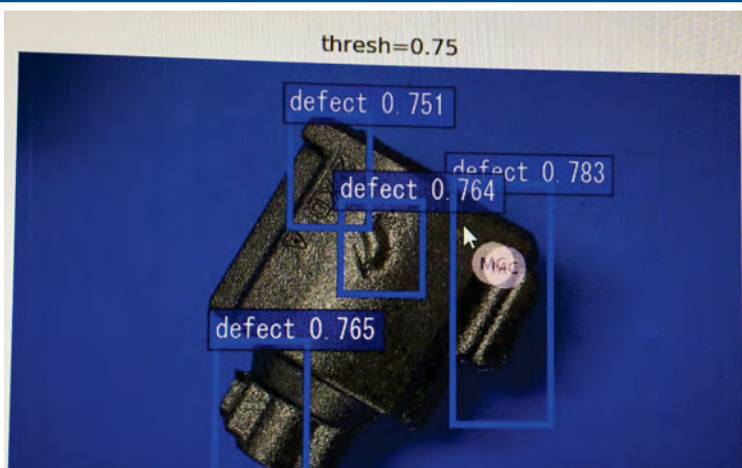
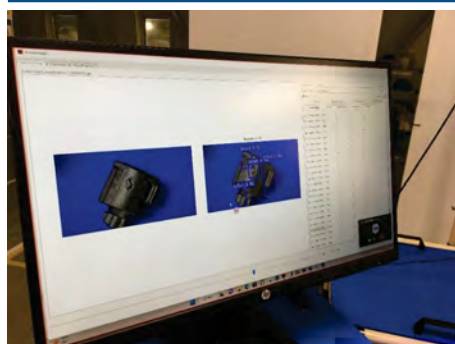
【問題点】

1. 各カメラの設定が悪く
起動しない。
2. USBケーブルハブの問題
3. アプリの起動不具合で
読み取りできない 等々



問題点は全て解消済み

2022年度 AI画像認識判定トライ



【AI画像認識判定】

トライの結果、欠陥を認識できる
が、健全な部分をまだ欠陥と認識
してしまう。判定閾値を操作すれば
欠陥のみの認識が可能となる。



鋳物サンプル品

委員会の皆様ご意見

12月1日（木）13：00～15：00
委員長視察参加者方々からのご意見

1. 欠陥の読み取りがまだ弱い→AIの学習を重ね精度を上げていく必要がある。
2. 検査の装置を具体的にどのように？数多く検査を行う場合熟練者だけでなく新人でも検査できるようにしたい。素人でもできる。検査場へ設置する。自動化できればさらに良い。
3. シャッターを切る制御しているプログラムとアナログデジカメ5秒毎にシャッターを切る仕組みは？アプリ内でシャッターを切るタイミングを調整できる。接続はUSBで行う。カメラ側で設定するのではない。ビデオカメラのような状態である。
4. 照明の当て方や照度に問題がある。複雑な形状で影がでやすい。カメラの位置を変えないといけない。決まった位置をどのように設定していくのか？
→ある程度絞った欠陥に対して、距離とか位置の重要部位を狙った方法で標準化していこうと考えている。
カメラの台数を増やして、確立を上げる。
カメラを動かしてはどうか？
5. 連続画像ではないので、カメラを動かすのは難しいと思う。
バーコードを探するようなカメラは真っ赤なライトを四方から当てる。
蛍光灯の様な長いライトを四方から当てれば、全体を明るくでき、良い画像を撮影できると思う。
カメラを動かすのは意味がないような気がする。
6. 学習の仕方について、毎日行わないといけない。学習させる仕組みがシステムに反映させるのはどうするのか？
7. バリ等の仕上げをした状態で検査できるようにすべき。加工部分はバリ仕上げが粗い状態である。
8. アノテーションは人力に頼るしかない。海技研がやり易いシステムを作ったのでこれから業界全体で蓄積させていく必要がある。
9. 毎日の作業の中で欠陥情報が上がってくるようにすれば良い。
10. 業界でどれぐらいの賛同を得ることができるか。
11. まずは委員会の中で各社から提供頂いた写真からAI学習に取り組む。
12. 今後の予定としては、学習を重ねていくことと撮影画像が正確に判定できるよう検証を重ねていく必要がある。

©神崎高級工機株式会社 Page: 15

委員会の皆様ご意見

12月1日（木）13：00～15：00
委員長視察参加者方々からのご意見

1. 欠陥の読み取りがまだ弱い→AIの学習を重ね精度を上げていく必要がある。
2. 検査の装置を具体的にどのように？数多く検査を行う場合熟練者だけでなく新人でも検査できるようにしたい。素人でもできる。検査場へ設置する。自動化できればさらに良い。
3. シャッターを切る制御しているプログラムとアナログデジカメ5秒毎にシャッターを切る仕組みは？アプリ内でシャッターを切るタイミングを調整できる。接続はUSBで行う。カメラ側で設定するのではない。ビデオカメラのような状態である。
4. 照明の当て方や照度に問題がある。複雑な形状で影がでやすい。カメラの位置を変えないといけない。決まった位置をどのように設定していくのか？
→ある程度絞った欠陥に対して、距離とか位置の重要部位を狙った方法で標準化していこうと考えている。
カメラの台数を増やして、確立を上げる。
カメラを動かしてはどうか？
5. 連続画像ではないので、カメラを動かすのは難しいと思う。
バーコードを探するようなカメラは真っ赤なライトを四方から当てる。
蛍光灯の様な長いライトを四方から当てれば、全体を明るくでき、良い画像を撮影できると思う。
カメラを動かすのは意味がないような気がする。
6. 学習の仕方について、毎日行わないといけない。学習させる仕組みがシステムに反映させるのはどうするのか？
7. バリ等の仕上げをした状態で検査できるようにすべき。加工部分はバリ仕上げが粗い状態である。
8. アノテーションは人力に頼るしかない。海技研がやり易いシステムを作ったのでこれから業界全体で蓄積させていく必要がある。
9. 毎日の作業の中で欠陥情報が上がってくるようにすれば良い。
10. 業界でどれぐらいの賛同を得ることができるか。
11. まずは委員会の中で各社から提供頂いた写真からAI学習に取り組む。
12. 今後の予定としては、学習を重ねていくことと撮影画像が正確に判定できるよう検証を重ねていく必要がある。

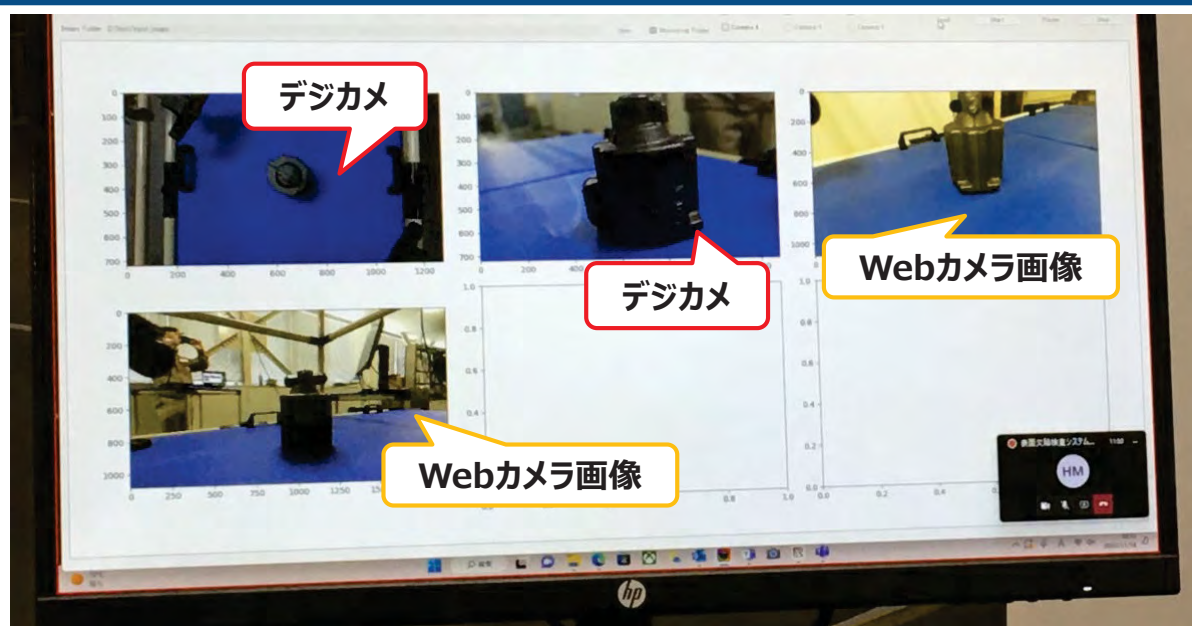
©神崎高級工機株式会社 Page: 16

委員会の皆様ご意見（抜粋）

1. 欠陥の読み取りがまだ弱い
→AIの学習を重ね精度を上げていく必要がある。
 4. 照明の当て方や照度に問題がある。複雑な形状で影ができやすい。
カメラの位置を変えないといけない。決まった位置をどのように設定していくのか？
 5. 連続画像ではないので、カメラを動かすのは難しいと思う。
バーコードを探すようなカメラは真っ赤なライトを四方から当てる。
蛍光灯の様な長いライトを四方から当てれば、全体を明るくでき、
良い画像を撮影できると思う。
 8. アノテーションは人力に頼るしかない。
海技研がやり易いシステムを作ったのでこれから業界全体で
蓄積させていく必要がある。
- 1 1. まずは委員会の中で各社から提供頂いた写真からAI学習に取り組む。
 - 1 2. 今後の予定としては、学習を重ねていくことと撮影画像が正確に判定できるよう
検証を重ねていく必要がある。

©神崎高級工機株式会社 Page: 17

Webカメラ→デジタルカメラへ変更



- ・Webカメラの撮影画像は、画質精度の問題やズーム機能が無いものを選択していたのでデジタルカメラへ変更（2台）した。
- ・照度もまだ安定しない状態であったので、委員会でご提案頂いた照明を追加した。

©神崎高級工機株式会社 Page: 18

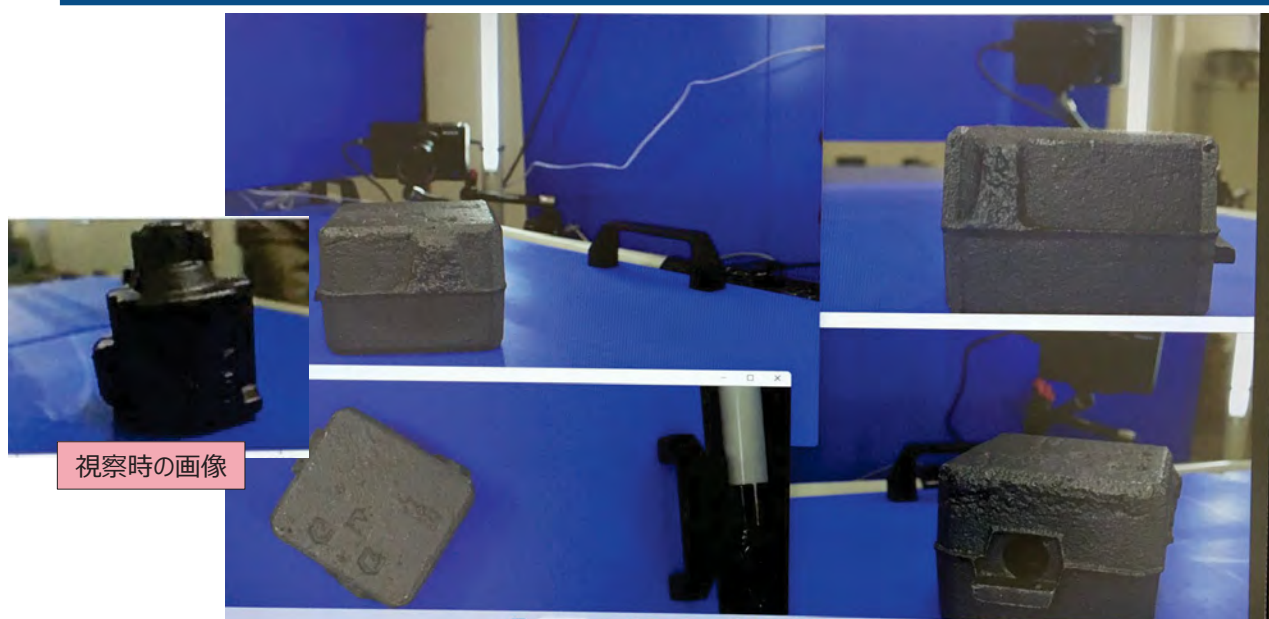
照明及び周囲の配色を変更



- ・周囲の配色をブルーに変更（ブルーの画用紙を貼り付け）
- ・照度も不安定だったので四方向にバーライトを縦方向に追加設置した。

©神崎高級工機株式会社 Page: 19

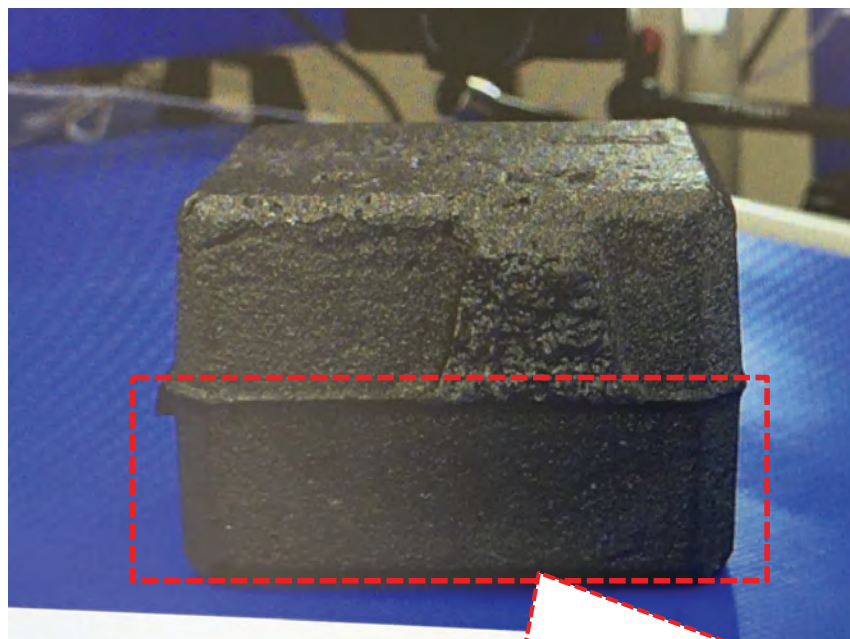
照度調整（バーライト追加）後の画像



- ・以前の様な暗い部分が無くなり、全体が明るく鮮明に撮影できるようになった。
- ・全てデジタルカメラへ置き換えたのでズーム機能を利用でき撮影しやすくなった。

©神崎高級工機株式会社 Page: 20

照度調整（バーライト追加）後の画像



陰になり易い下方が明るく撮影でき
鮮明に撮影できる

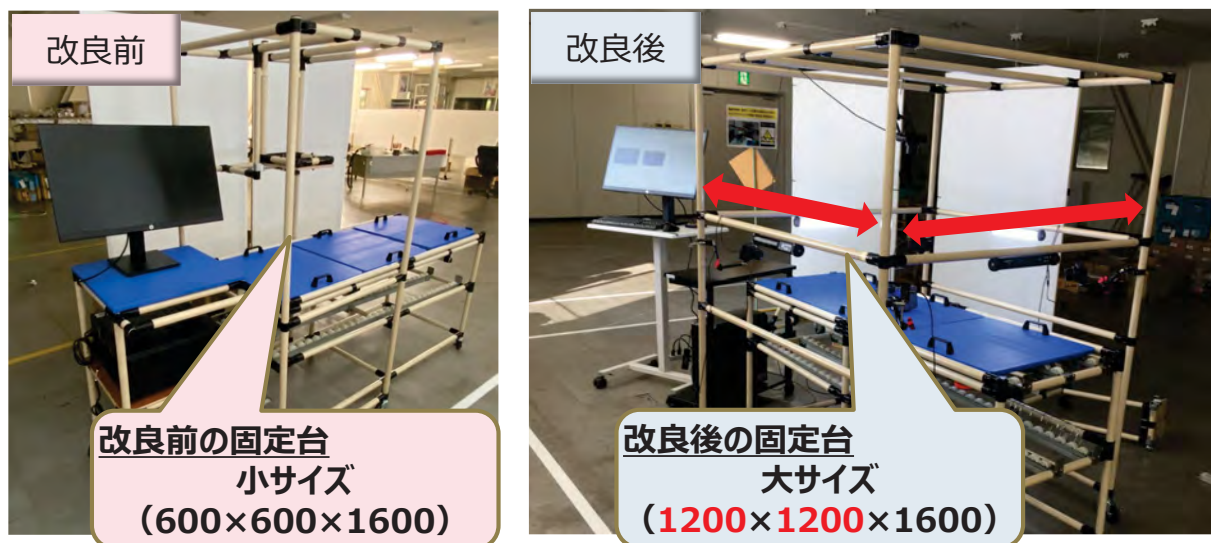
©神崎高級工機株式会社 Page: 21

2022年12月 改良前の铸造品表面欠陥検査作業台



©神崎高級工機株式会社 Page: 22

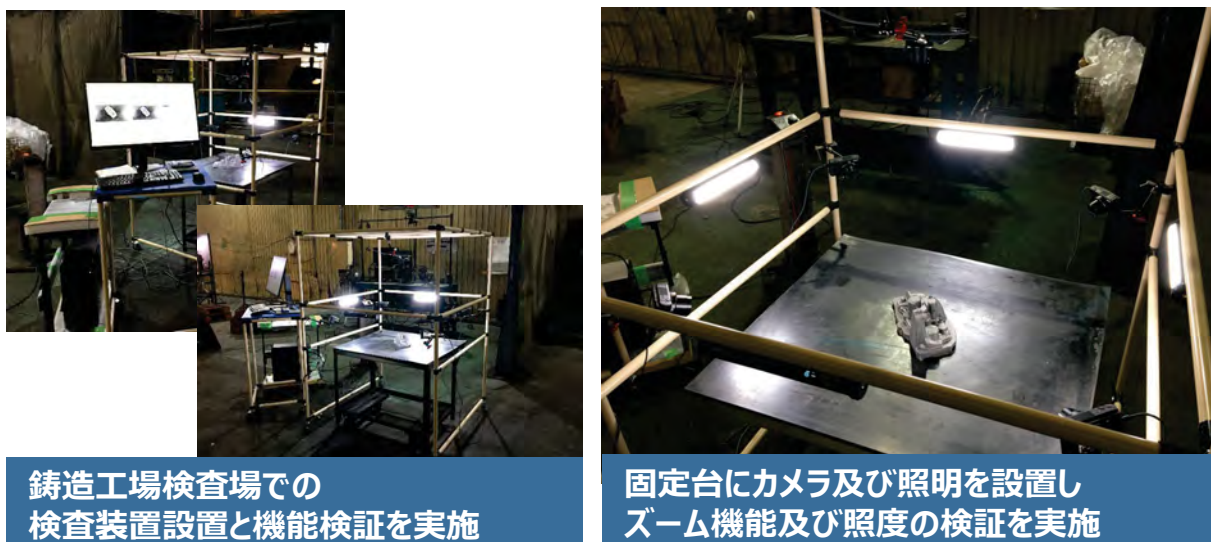
表面欠陥検査作業台の改良について



検査作業台を跨がせるカメラ及び照明の固定台は、コンベアーのサイズに合わせ小さめのサイズで製作していた。しかし、鑄造工場の検査場の環境を考慮すると、大きいサイズの鑄物にも適用できるサイズが必要として、カメラのズーム機能が十分活用できる程度まで幅を広げた固定台を製作し、一般的に使用されている作業台でも活用できるよう汎用性を備えた固定台へ改良したことで、様々な鑄造現場で利用できるようにした。

©神崎高級工機株式会社 Page: 23

鑄造現場での実用化確認を実施



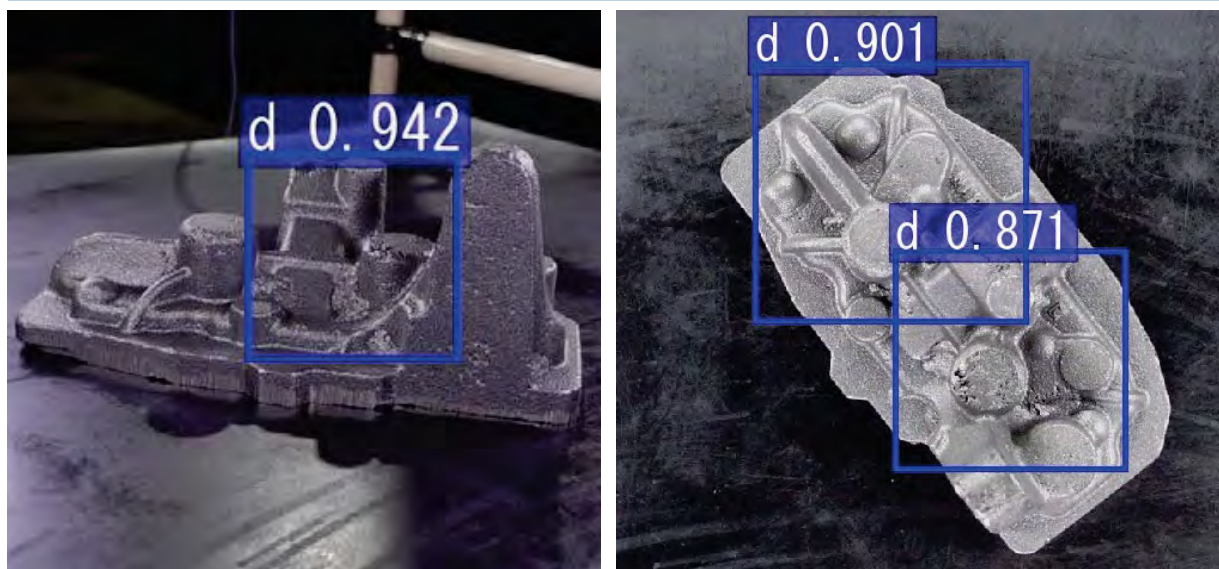
鑄造工場検査場での
検査装置設置と機能検証を実施

固定台にカメラ及び照明を設置し
ズーム機能及び照度の検証を実施

カメラ及び照明の固定台を鑄造現場で使用する作業台へ設置し、画像認識機能が正常に働くことや照明の当て方等撮影条件に問題無いかの検証を行った。撮影状態は最大ズームと最小ズームの2パターンで行い、照度の状態も良く、周囲の暗い環境でも鮮明に撮影できることが検証できた。

©神崎高級工機株式会社 Page: 24

撮影画像判定状況



撮影画像としては、かなり鮮明に写し出すことが可能となったことで、欠陥部分を的確に捉えることができる状態までAI学習が進んだ。今後は表面欠陥の各事象の詳細について、詳しく分類し判定することが期待できる。

©神崎高級工機株式会社 Page: 25

鋳造工場検査場にて検査装置の操作性を確認



表面欠陥検査アプリの立ち上げから画像認識後の判定まで、一連の手順を説明し、実際に鋳造現場の検査員が使用し、表面欠陥の検査を実施した。操作手順については非常にシンプルで使用し易い状況であったが、簡単な作業マニュアルがあれば、新人作業員でも記載された手順に従い進めることができるとの提案もあった。

©神崎高級工機株式会社 Page: 26

遠隔地で判定内容を確認（OneDriveによる共有）

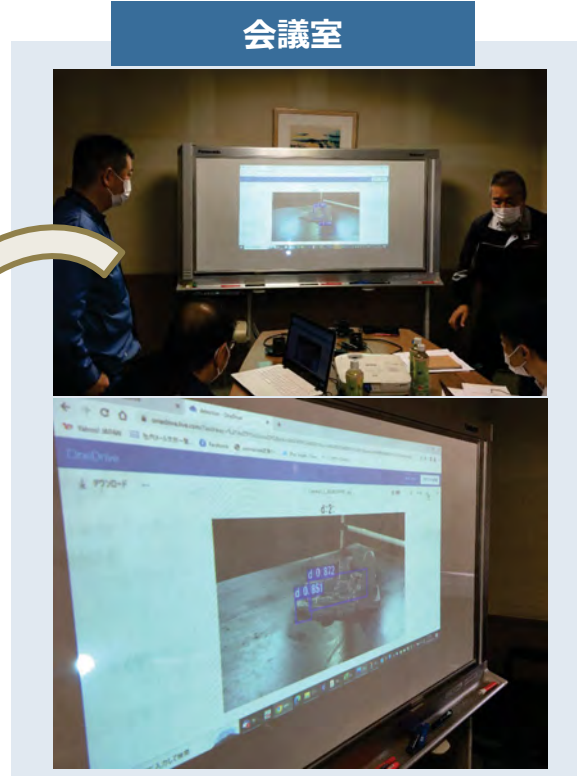


鑄造工場内検査場

データ確認
共有

データを保存

OneDrive



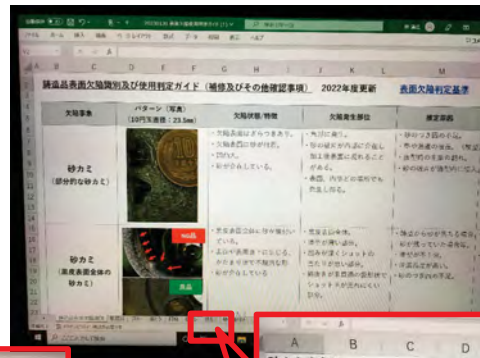
会議室

鑄造工場の検査場で画像判定を行ったデータは、オペレーターにより予め準備しておいたOneDriveの共有フォルダーへ保存することで遠隔地でも判定状況を把握することができる。

タブレット使用状況について有用性を確認



「鑄造品表面欠陥一覧表」



「鑄造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」

「鑄造品表面欠陥一覧表」及び「鑄造品表面欠陥識別及び使用判定ガイド」は、新人作業者の使用に役立つという貴重な意見があり、検査現場で有用性があると判断できる。

ARグラスの現場活用について



鑄造工場の新人検査員がARグラスを使用することにより、大量の書類やファイルを持ち出すことなく、ハンズフリーの状態ですべての検査情報を確認しながら検査実務に着手が可能となる。また、ARグラスにはカメラが搭載されているので、検査員が実際に目にする視線の画像をWEB上のTeamsを繋ぐことにより、事務所に控えている熟練者或いは上司にタイムリーに状況を伝達することが可能となり、適切なアドバイスを聞きながら検査業務が実施できる。

©神崎高級工機株式会社 Page: 29

鑄造品表面欠陥検査技術開発に使用した機器類（1）



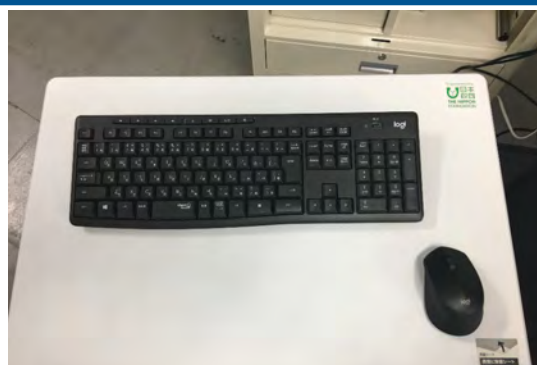
©神崎高級工機株式会社 Page: 30

鋳造品表面欠陥検査技術開発に使用した機器類（2）



©神崎高級工機株式会社 Page: 31

鋳造品表面欠陥検査技術開発に使用した機器類（3）



©神崎高級工機株式会社 Page: 32

鑄造品表面欠陥検査技術開発に使用した機器類（4）



©神崎高級工機株式会社 Page: 33

KANZAKI

| 欠陥事象 | パターン (写真) (10円玉直径：23.5mm) | 欠陥状態/特徴 | 欠陥発生部位 | 推定原因 | 納入先の指示に従う (参考使用判定) | 納入先の指示に従う (参考補修例) | 納入先と協議する (参考その他確認事項・懸念事項) |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 砂カミ (部分的な砂カミ) | | 欠陥表面はざらつきあり。 欠陥表面に砂が付着。 凹凸大。 砂が介在している。 | 角部に発生。 砂の破片が内部に介在し加工後表面に現れることがある。 表面、内部どの場所でも発生し得る。 | 砂のつき固め不足。 型や湯道の破損。(縦型) 抜型時の主型の割れ。 砂の破片が鑄型内に侵入。 | オイル浸漬部分は使用不可。 外部に発生し強度に影響が無い場合、補修して使用検討可。 軸受け部加工面の場合、砂を完全除去して強度に影響が無いと判断できれば使用検討可。 シール部分には使用不可 | 付着した砂を除去。 パテ補修。 溶接補修。 | カミ込んだ砂の大きさ、欠陥深さ、シール部にかかっているかを確認する。 強度の点でも確認が必要。応力を受ける部分は十分注意。 |
| 砂カミ (黒皮表面全体の砂カミ) | | 黒皮表面全体に砂が焼付いている。 表面や表面直下に生じる、かたまり状で不規則な形状。砂が介在している | 黒皮表面全体。 塗型が薄い部分。 凹みが深くショットの当たりが悪い部分。 錆抜きが未貫通の袋形状でショット玉が流れにくい部分。 | 鑄型から砂が落ちる場合、砂が残っていた場合等。 塗型が不十分。 注湯温度が高い。 砂のつき固め不足。 | 加工時、チップ破損の可能性が大きいので使用不可。 表面の砂は除去できれば使用可能となる | 補修不可。 塗敷が乗りにくい。 オイル浸漬部分の使用は不可。 | 加工時列物が焼ける。 強度の点でも確認が必要。応力を受ける部分は十分注意。 |
| ノロカミ (酸化ドロス) | | 異物が噛み込んだ状態。 凹凸大。 鑄型内で発生する場合がある。(硫酸酸化物等) 溶湯酸化物(ノロ)が介在し表面に生じる穴や凹みが生じる。 上面が平面の場合が多い。 | 表面、内部どの場所でも発生し得る。 角部に発生し易い。 上面(上型)や引っ掛けり形状の部分 | 注湯時のノロの除去不足。 取鍋付着/ノロの除去不足。 溶湯温度の低下する部分 錆込み時間長い。 | 加工時、チップ破損の可能性が大きいので使用不可。 完全除去できれば使用検討可能 | 補修不可。 噛み込んだノロを完全除去。 パテ補修。 溶接補修。 | カミ込んだ砂の大きさ、欠陥深さ、シール部にかかっているかを確認する。 強度の点でも確認が必要。 応力を受ける部分は十分注意。 |
| 砂の焼付き | | 黒皮表面に砂が固まった状態で焼き付きしている。 肉厚部で砂温が上がり易い部分。 砂の温度を上げないようにする 除去できれば良い | 中子部分に発生。 中子部分角部に発生し易い。 錆グルも部分 狭い部分、凹み部 砂型が温度が高い部分 砂の詰まりが悪い部分 席部分 | 溶湯温度が高すぎ。 砂のつき固め不足。 塗型材不良 ガス抜き不良 芯金の腐り 芯金の大きさ | 完全除去できない場合、使用不可。 完全除去できた場合、使用可能。 オイル浸漬部分は使用不可。 パテ補修も使用検討可。 | グラインダーにより焼付いた砂を完全除去。 ガウジング 溶断棒の熱で除去する。 | グラインダー除去後も焼付きが残る可能性がある。 強度の点でも確認が必要。 応力を受ける部分は十分注意。 |
| ピンホール | | 表面の小さな穴。 黒皮表面全体にΦ2~3mm程度の巣(ピンホール)が点在している。 凹み形状。 | 黒皮表面に発生。 上型面に発生し易い。 | 錆込み温度低下、ガス量増加、錆砂の水分等。 ガス抜きが不十分。 | 加工が行われ0リングシールとなる場合使用不可。 黒皮使用部で外部に発生した場合パテ補修も使用検討可。 | パテ補修。 | 加工後に欠陥が残る可能性がある。 オイル浸漬部分との貫通が無いが注意すること。 |
| ブローホール | | 黒皮表面全体にΦ20~30mm程度の巣(ブローホール)が点在している。 凹み形状。 | 黒皮表面に発生。 冷し金接触面。 上型面に発生し易い。 | 冷し金の酸化、乾燥不十分等。 ガス抜きが不十分。 冷やし金サビ、汚れ | 外観上問題あり、使用不可。 加工で完全に消失すれば、使用検討可。 欠陥のフカサを確認する | 外部に発生するものについては他への影響が無いことを確認(肉厚確保)した後、ガスor電気溶接補修。 | 加工後に欠陥が残る可能性がある。 オイル浸漬部分との貫通が無いが注意すること。 部位と強度、外觀品質 |
| 外ヒケ | | 肉厚部の表面。 黒皮表面が凝固収縮により、正常面から大きく凹む。 削り代以上の凹み。 表面はうねり状態。 | 黒皮表面に発生。 肉厚部に発生し易い。 押湯直下に発生し易い。 凝固が遅い部分周辺。 | 押湯不足。 鑄型通気度不足。 方案の検討不足。 | 黒皮使用部の場合、肉厚が確保できれば使用可能。 加工する場合、黒皮残りが生じない削り代があれば使用可能。 | ガス溶接。 | 加工部分の場合、黒皮残りとなる可能性がある。 加工後の表面にヒケ巣が発生している可能性がある。 加工後十分注意すること。 多発性がある。 |
| ヒケ巣 | | 加工後に露出するヒケ巣。 凝固収縮により、内部でヒケが生じヒケ巣となる。 欠陥の深さ判定が困難。 凹み形状。 | 製品内部に発生。 肉厚部分に発生し易い。 | 凝固時の収縮による溶湯不足。(押湯不足) 過度な肉厚不均一。 | シールや強度に対して影響が大きくなる使用不可。 | 補修不可。 | ヒケ部分が範囲を十分観察すること。 多発性がある。 |
| 湯境 | | 凝固時に融合しない部分が発生し境ができる。(内外貫通) 表面のみで内外の貫通が無い場合がある。 すじ状の欠陥。 | 薄肉部分に発生し易い。 湯流れ合流部。 | 鑄造方案検討不足 低い温度や速度による湯の停滞。 注湯時のチョコ停。 | 亀裂の事象に近く、内外貫通が無い場合でも欠陥の進行性があるので使用不可。 | 補修不可。 | 欠陥が進行し拡大化する可能性がある。 欠陥の大きさや深さを確認すること。 オイル浸漬部分では、貫通する可能性がある。 |
| バリ | | 砂型が割れたスキマ部分へ湯が差し込みバリとなる。 大きな凸形状。 | 中子部に発生する。 主型部も発生する。 発生部位不特定。 中木部分との境界部分。 砂型分割面。 | 方案検討不足。 中子の強度不足。 主型の強度不足。 | グラインダーで除去後使用検討可。 | 除去。 | 砂カミ部分が発生している可能性がある。 寸法公差外の可能性がある。 十分に湯が回っていない部分がないか確認すること。 |
| 打痕 | | 落下等で強く打ち付けられ打痕が付く。 ドラムショット工程等の製品間の干渉がある工程で発生し易い。 凹凸大。 | 発生部位不特定。 角部分に発生し易い。 | 抜型時の落下等で打痕が付く。 ドラムショット等で部品間の干渉。 その他落下等。 | 芯の影響が無い場合、削り代範囲内であれば使用検討可。 黒皮のまま使用される部分は滑らかに整えると使用可能。 | 黒皮仕様の場合、電気溶接orガス溶接。 凸部分はグラインダー除去。 | 加工部分では黒皮残りが発生する可能性あり。 シール部分では、特に黒皮残り注意のこと。 シール面やボルト座面が確保できるか確認が必要。 至や亀裂が無いが十分確認すること。 |
| 亀裂・割れ | | 欠陥の深さ判定が困難。 割れは進行性があるので、深さが浅い欠陥でも重大欠陥となる。 | 薄肉部分に発生しやすいため、急冷される部分。 | 運搬時の干渉等。 材質組織の異常。 成分値の異常。 外的に何らかの衝撃が加わった。 急冷による収縮。 鑄型の歪 | 使用不可。 割れ部分を完全除去後、ガス溶接。 加工後は補修不可。 | 割れ部分を完全除去後、ガス溶接。 加工後は補修不可。 | カラチェックで深さの程度を確認する。 割れは進行する欠陥のため十分注意すること。 |
| 型ズレ (PL：砂型分割面) | | 砂型の上面と下型のズレ。 砂型分割面を境にズレが生じる。 | 全ての見切り部分。 中子部分砂型分割面のズレ。 主型部分砂型分割面のズレ。 | 1mm程度のズレは使用検討可。 削り代範囲内かつ肉厚が確保できる状態は使用検討可。 | グラインダー成型等。 | グラインダー成型等。 | 加工時黒皮残りの可能性あり。 各部位のズレを全て確認する。 外觀品質を考慮する。 肉厚部分が発生するので注意。 |
| 肌荒れ | | 砂の焼き付きに似ている。 表面のザラつきが酷い。 表面に現れる巣に似ている。 表面割離する場合がある。 | 凹みが深い部分に発生し易い。 抜き勾配がキツイ部分に発生し易い。 | 塗型が不十分。 砂の詰まりが不十分。 模型老朽の影響。 | 外観判定が厳しい部分は使用不可。 グラインダーで表面を整えると使用検討可。 | グラインダーで表面を整える。 外部の場合はパテ補修検討可。 | 肉厚部分に発生している場合はヒケ巣が発生しているか確認する。 肉厚が薄い部分については、内と外が貫通していないか確認が必要。 剥離の懸念があるので、内部であれば完全除去すること。 |

鑄造品表面欠陥一覧表 (2022年度完成)

※加工面を添付した主旨は、荒削り後の状況や取り代によるが部位によっては修正可能な場合もあるので代表例を示した。

2023年3月10日

| グレード 欠陥レベル | ブローホール | | ピンホール | | ノロかみ | 砂カミ | | 砂焼付き | 肌荒れ |
|---------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------------|--------------|-------------|-----------------|
| | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 |
| 重 度 | | | | | | | | | |
| | 大きな欠陥の点在 | φ2.0を超える大きな欠陥 | 0.5mm程度の欠陥が幅広く点在している | 0.5mm程度の欠陥が幅広く点在している | 長手10mm程度の欠陥 | 表面全体に砂カミがあり、凹凸が酷くザラザラ感がある。 | 一辺15mm程度の砂カミ | 外部に砂焼付き大 | 面全体がザラザラで凸部が目立つ |
| 中 度 | | | | | | | | | |
| | 長手8.0mm程度の欠陥、深さ1mm程度 | φ0.5mm~φ2.0mm程度の欠陥が数個点在している | 0.5mm以下の欠陥が数個点在している | 0.5mm以下の欠陥が数個点在している | 長手5.0mm程度の欠陥 | 表面全体に砂カミがあり、白い表面になっている。 | シール部に大きな砂カミ | 中子部に砂が残った状態 | 部分的なザラつきで凹形状 |
| 軽 度 | | | | | | | | | |
| | φ1.0mm程度の欠陥が1箇所あり。 | φ1.0mm程度の欠陥が1箇所あり。 | 0.3mm程度の欠陥が数個点在している | 0.5mm程度の欠陥が1箇所あり | φ2.0mm程度の欠陥 | 数か所凹みがあす砂カミ | φ3.0mm程度の欠陥 | 細い鑄抜き溝に砂焼付き | 細かい穴形状の凹み |

| グレード 欠陥レベル | 湯境 | 湯じわ | ヒケ | | クラック | | バリ | 打痕 |
|---------------|-------------------|---------------|----------------|------------|----------------|--------------|-----------------------|----------|
| | 黒皮面 | 黒皮面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 加工面 | 黒皮面 | 黒皮面 |
| 重 度 | | | | | | | | |
| | 程度が大きい湯境 | 湯じわ大 | 5mm以上の大きな外ヒケ | Oリングシール部の巣 | 内側と外側が貫通するクラック | シール面の大きなクラック | 中子部のバリ大 | 角部凸凹大 |
| 中 度 | | | | | | | | |
| | 内部と外部が貫通する恐れありの湯境 | クラックに似た模様表面じわ | 3mm程度の外ヒケ | 内部ヒケ巣 | 表面に大きなクラック | 加工面に大きなクラック | 鑄抜き部のバリ | 圧痕のような凹み |
| 軽 度 | | | | | | | | |
| | シールに影響が無い湯境 | 数か所軽い凹凸あり | 外ヒケで2.0mm程度の凹み | 加工シール面にヒケ巣 | 黒皮部角部のクラック | 合わせ面のクラック | 外部PL部のバリ (PL: 型の分割部分) | スジ状の凹み |

