

給水ノズルコーナー部渦電流探傷試験における透磁率のばらつきに伴う影響について

1. 透磁率のばらつきに伴う影響

・材質毎の透磁率の差について

透磁率は、図1で示す磁化曲線（磁界Hと材料の磁束密度Bとの関係を表す曲線）上の点と原点を結ぶ直線の傾きで表される。透磁率が大きいほど磁束密度が大きくなるので、強い渦電流が生じる。透磁率が大きい磁性体へ渦電流探傷試験（以下、「ECT」という）を適用する場合、非磁性体と比べて欠陥を検出する際のECT信号は大きくなるが、ノイズ信号も増加する。このため、実機適用試験において磁気ノイズの信号が試験に影響を及ぼさないことを確認した。

実機形状模擬試験体（SA-508 CL.2）について、比透磁率が大きく異なる非磁性体（SUS316）と磁気ノイズを比較した結果、その差は僅かであることが確認された。実機形状模擬試験体は、実機と同材質であることから、両者の間でそれ以上の透磁率のばらつきが発生していることは考え難い。よって、透磁率のばらつきが実機の点検において欠陥検出性に影響を与えることはない。また、実機において発生した磁気ノイズは、実機形状模擬試験体と同程度であることを確認した。

この詳細について別紙1に示し、比透磁率^{※1}の比較を表1に示す。また、実機適用試験で使用した試験体（実機形状模擬試験体）を図2に示す。

※1 物質の透磁率は真空の透磁率（ $4\pi \times 10^{-7}$ ）と比透磁率の積で表される。非磁性体は比透磁率が約1となる。ここでは比較のため比透磁率を用いる。

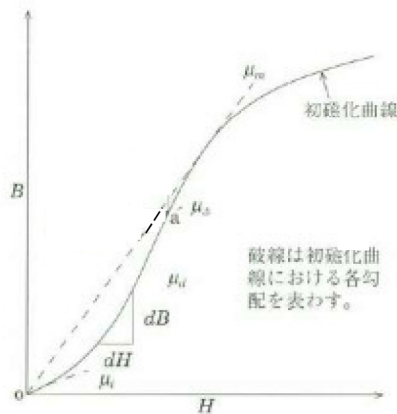


図1 磁化曲線

透磁率 μ は次式で定義され、磁束の通り易さを示す。

$$B = \mu H$$

B: 磁束密度 (T)

μ : 透磁率 (H/m)

H: 磁界の強さ (A/m)

表1 比透磁率の比較

材 質	比透磁率 μ [H/m]	備 考
SA-508 CL.2(低合金鋼) ^{※2}		実測データ
非磁性体	約1	教本 ^{※3} より抜粋

※2 実機適用試験の試験体。なお、実機は同材質である。

※3 社団法人日本非破壊検査協会 渦流探傷試験Ⅱ (7頁)

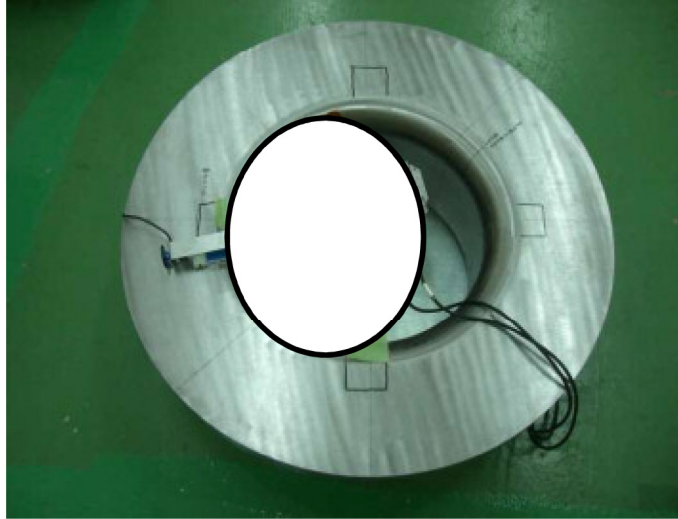


図2 実機形状模擬試験体

・製造過程による透磁率の差について

材料の加工，不純物の侵入及び焼入れなどによる材質変化は材料の透磁率に影響を与える。

実機の給水ノズルと実機適用試験で使用した実機形状模擬試験体の製造過程を表2に示す。機械加工や熱処理の内容は実機と実機適用試験で概ね同様である。また、教本^{※4}によれば加工等によって生じた結晶格子の歪みは、焼鈍により除去することができ、加工等により低下した透磁率が再び増加し磁氣的性質が改善される旨述べられている。したがって、実機及び実機形状模擬試験体において、機械加工等により局所的に透磁率の低下があった場合であっても、焼鈍によって磁氣的性質が改善され、透磁率のばらつきは低減される。

※4 社団法人日本非破壊検査協会 渦流探傷試験Ⅱ（31頁）

表2 実機の給水ノズルと実機形状模擬試験体の製造過程比較

	実機	実機形状模擬試験体
材質	SA-508 CL.2	SA-508 CL.2
機械加工		
熱処理	焼鈍温度 <input type="text"/> °C ± <input type="text"/> °C	焼鈍温度 <input type="text"/> °C ~ <input type="text"/> °C

3. まとめ

透磁率は、材質や製造過程の違いによるばらつきが考えられるが、材質については、実機適用試験において適用した実機形状模擬試験体（SA-508 CL.2）と比透磁率が大きく異なる非磁性体（SUS316）を比較しても、その磁気ノイズの差は僅かであり、実機と実機形状模擬試験体は同材質であることから、両者の間でそれ以上の透磁率のばらつきが発生していることは考え難い。したがって、実機の点検において欠陥検出性に影響を与えることはない。また、実機の点検において発生した磁気ノイズの大きさは実機適用試験と同程度であった。

製造過程については、実機の給水ノズルと実機形状模擬試験体では概ね同様であり、機械加工等により局所的に透磁率の低下があった場合であっても、焼鈍によって磁氣的性質が改善され、透磁率のばらつきは低減される。したがって、実機の点検及び実機適用試験において欠陥検出性に影響を与えることはない。

以上のとおり、実機の探傷において、透磁率のばらつきは欠陥検出性に影響のない範囲であり、今回実施した給水ノズルコーナー部 ECT の結果に影響を与えるものではない。

以上

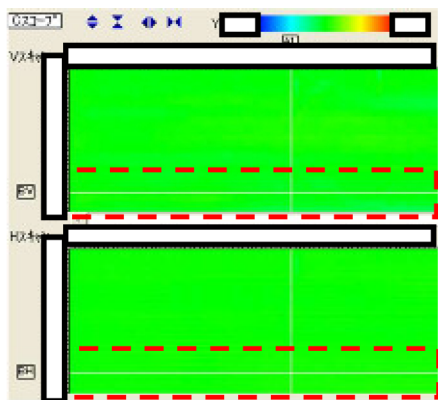
磁気ノイズの確認結果

給水ノズル ECT 実施にあたり、実機の点検前に実機適用試験を実施している。材質の違いによる透磁率のばらつきの影響に対する見解を以下に記載する。

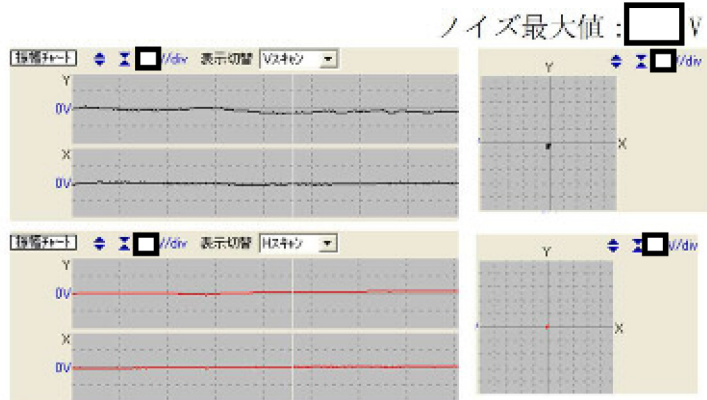
実機適用試験では実機と同材質の磁性体 (SA-508 CL. 2) と非磁性体 (SUS316) について試験を実施した。本試験では 磁性体における ECT 特性把握及び適用性を確認しており、磁性体 (SA-508 CL. 2) と非磁性体 (SUS316) の透磁率では約一桁の違いがあるが、磁性体 (SA-508 CL. 2) で発生する磁気ノイズが最大で V であり、非磁性体 (SUS316) と比較しても約 V の違いであった。これは実機適用試験で設定した基準感度 (V 検出モード V, H 検出モード V) の記録レベルである 20 % V) を超えるものではないことから透磁率の違いによる影響は小さく、欠陥検出性への影響は小さい。また、実機で発生した磁気ノイズは最大で V であり、その大きさは同程度であった。実機適用試験の磁気ノイズの影響確認試験で発生したノイズについて図 1 に示す。実機の点検で発生した磁気ノイズについて図 2 に示す。材質の違いによるノイズの比較について図 3 に示す。

材質：SA-508 CL.2

形状：平板



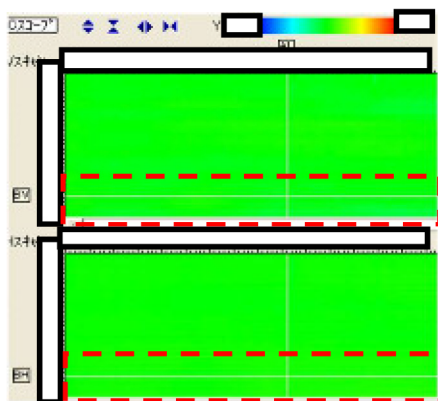
C スコープ



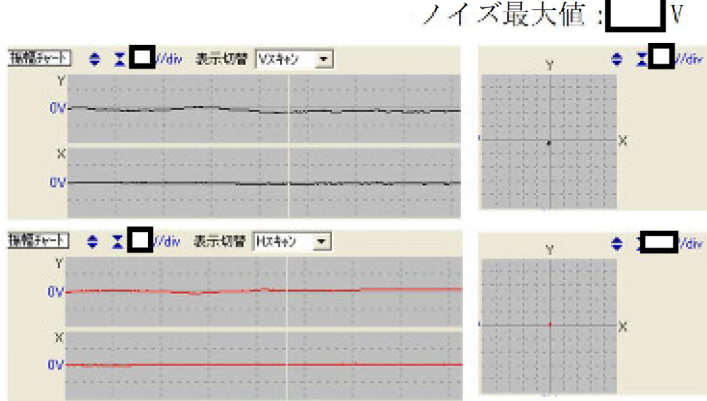
振幅チャート

リサージュ波形

周波数 kHz



C スコープ



振幅チャート

リサージュ波形

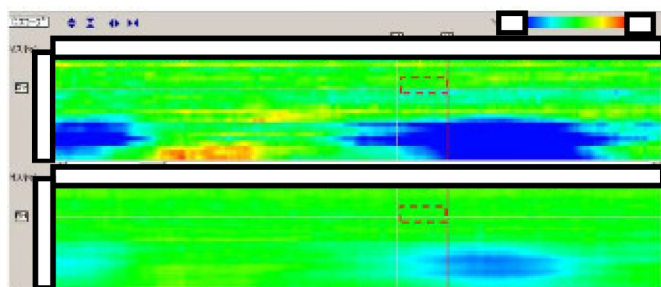
周波数 kHz

磁気ノイズ確認範囲

図1 実機適用試験で発生した磁気ノイズ

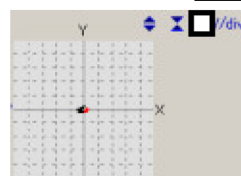
材質：SA-508 CL.2

形状：実機給水ノズル (N-4D ノズル第一象限 $0^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 範囲)

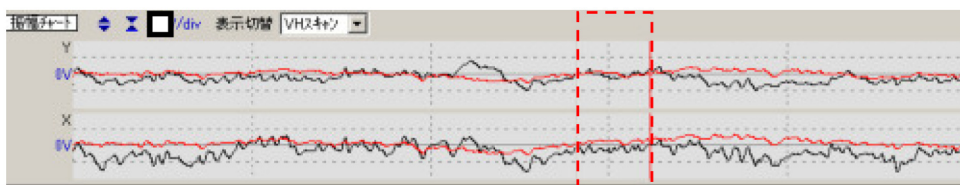


C スコープ

ノイズ最大値： V



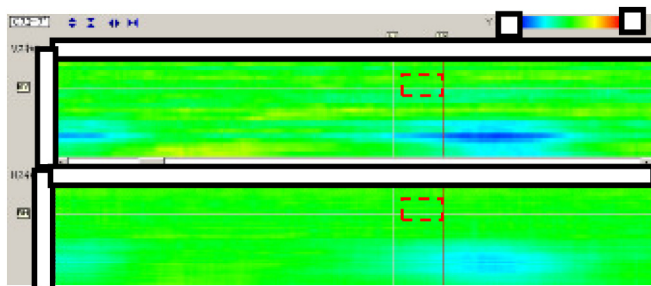
リサージュ波形



振幅チャート

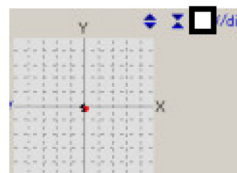
磁気ノイズ

周波数 kHz

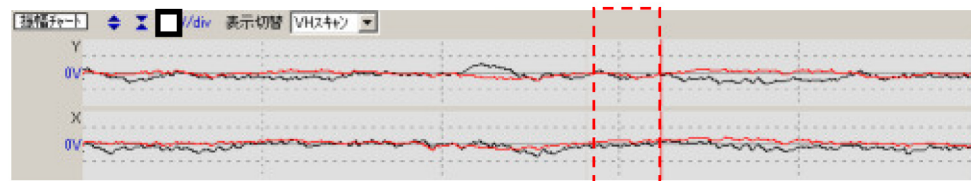


C スコープ

ノイズ最大値： V



リサージュ波形

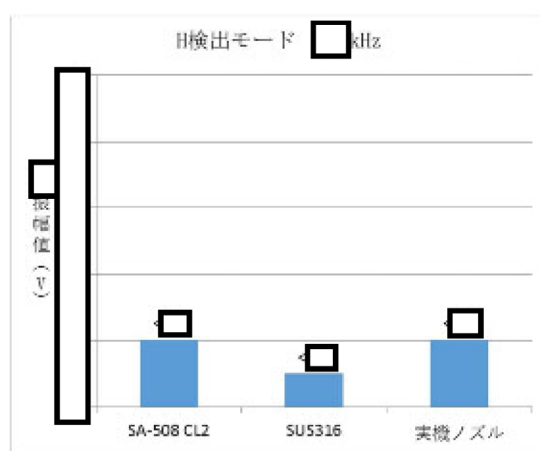
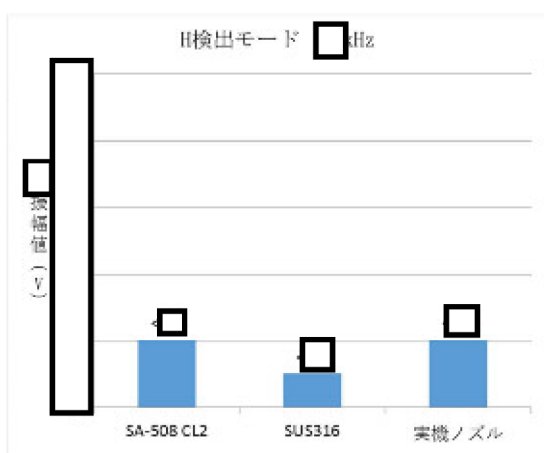
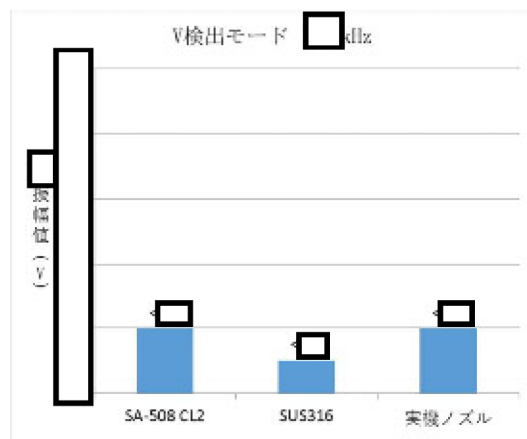
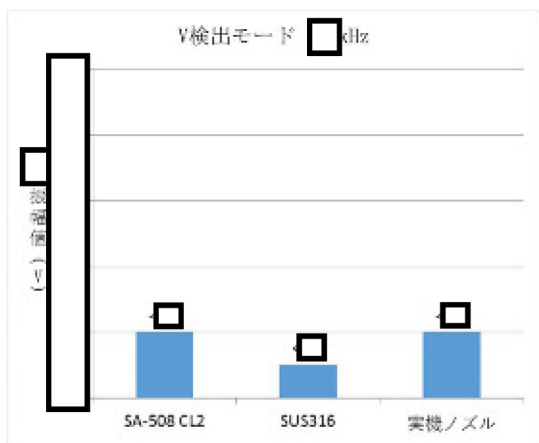


振幅チャート

磁気ノイズ

周波数 kHz

図2 実機の点検で発生した磁気ノイズ



磁性体 (SA-508 CL.2) と非磁性体 (SUS316) のノイズ信号の差は, V 程度であり, 実機適用試験で設定した基準感度 (V 検出モード V, H 検出モード V) の記録レベルである 20 % (V) を超えるものではないことから透磁率の違いによる影響は小さく, 欠陥検出性への影響は小さい。また, 実機で発生した磁気ノイズは最大で V であり, 実機適用試験と同程度であった。

図 3 材質の違いによるノイズ信号