

# JIS 意見受付

JIS Z 2319 漏えい磁束探傷試験方法  
原案作成委員会

この JIS は日本非破壊検査協会規則「JIS 原案作成に関する規則」に基づき関係者に JIS の制定前の意見提出期間を設けるために掲載するものです。

意見は規格原案決定の際の参考として取り扱いさせていただきます。

掲載されている JIS についての意見提出は下記メールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2016 年 12 月 26 日（月）

意見提出先：Email： [bsn@jsndi.or.jp](mailto:bsn@jsndi.or.jp)

---

## 目 次

ページ

序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
4 一般原理	2
5 技術者の資格	2
6 漏えい磁束探傷試験システム	2
6.1 システムの構成要素	2
6.2 探傷ヘッド	2
6.3 探傷試験装置	3
6.4 走査装置	4
6.5 附属装置	4
7 対比試験片	4
7.1 対比試験片の使用目的	4
7.2 対比試験片に用いる材料	4
7.3 人工きずの加工	4
7.4 対比試験片に用いる人工きず	4
8 試験の準備	5
8.1 試験体の準備	5
8.2 磁化条件の決定	6
8.3 漏えい磁束探傷試験システムの設定	6
9 試験	6
9.1 試験の実施	6
9.2 安全予防	6
9.3 信号の評価	7
10 システムの構成要素の点検	7
10.1 一般	7
10.2 日常点検	7
10.3 定期点検	7
10.4 是正処置	7
11 システムの全体機能の検証	7
11.1 総合機能点検	7
11.2 是正処置	7
12 文書類	8
12.1 一般	8

Z 2319 : 0000

12.2	試験手順書	8
12.3	試験報告書	8
12.4	点検手順書	9

Pubcome 2016/12/26迄

## まえがき

この規格は、工業標準化法第 14 条によって準用する第 12 条第 1 項の規定に基づき、一般社団法人日本非破壊検査協会（JSNDI）及び一般財団法人日本規格協会（JSA）から、工業標準原案を具して日本工業規格を改正すべきとの申出があり、日本工業標準調査会の審議を経て、経済産業大臣が改正した日本工業規格である。

これによって、**JIS Z 2319:1991** は改正され、この規格に置き換えられた。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本工業標準調査会は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。



## 漏えい（洩）磁束探傷試験方法

## Methods for magnetic flux leakage testing

## 序文

この規格は、1991年に制定され、今日に至っている。その後の技術的内容の変更に対応するために改正した。

なお、対応国際規格は現時点で制定されていない。

## 1 適用範囲

この規格は、鋼などの強磁性体の棒、管、板及びそれらの構造物、機械部品、ワイヤロープなどの表面及び表面下、裏面に存在するきずを検出することを目的とする漏えい（洩）（以下、漏えいという。）磁束探傷試験方法の一般事項について規定する。

## 2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS Z 2300 非破壊試験用語

JIS Z 2305 非破壊試験技術者の資格及び認証

JIS G 0431 鉄鋼製品の雇用主による非破壊試験技術者の資格付与

## 3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、JIS Z 2300によるほか、次による。

## 3.1

## 探傷ヘッド (Detecting head)

試験体との相対運動によってきずなどを検出する目的で使用される、磁化器及び磁気センサ（群）。

## 3.2

## センサ応答幅 (Effective width of sensing coverage)

磁気センサ（群）が漏えい磁束を検出できる幅（走査方向に直交な方向の有効検知幅）。

## 3.3

## 走査ピッチ (Scanning pitch)

走査の間隔（走査線に直交する方向への走査の送りピッチ）。らせん運動の場合は、らせんの軸方向の間隔。

## 4 一般原理

強磁性体の試験体を磁化器によって磁化し、試験体にきずなどの不連続部が存在すると、磁束が試験体外部に漏えいする。漏えい磁束探傷試験方法は、このきずから漏えいする磁束の分布及び強度を磁気センサで測定し、きずを検出するものである。漏えい磁束探傷試験方法は、磁気センサが試験体に非接触で、かつ高速の試験が可能となるため、鋼材などの製造ライン中での検査、機械部品の検査、ワイヤロープなどの保守検査に適する非破壊試験方法である。

## 5 技術者の資格

試験を行う者は、漏えい磁束探傷試験方法について十分な知識及び経験をもつ者でなければならない。JIS Z 2305 (ET 及び/又は MT)、JIS G 0431 又は同等規格で資格付けされていることが望ましい。

## 6 漏えい磁束探傷試験システム

### 6.1 システムの構成要素

漏えい磁束探傷試験システムは、探傷ヘッド、探傷試験装置、走査装置、附属装置などで構成される。簡易的機器では、これらが一体となったものもある。これらの探傷ヘッド及び装置は電気的安全、機械的安全に関する我が国の法令及び法規を遵守しなければならない。

### 6.2 探傷ヘッド

探傷ヘッドは磁化器及び磁気センサから成る。探傷ヘッドは磁極面と試験体表面間とのクリアランスを一定に保持できることが必要である。

#### 6.2.1 磁化器

磁化器には、次に示すコイル磁化器、電磁石磁化器及び永久磁石磁化器がある。磁極面と試験体のクリアランスの変化は試験体表面の磁束密度を変化させるため探傷信号に影響を及ぼす。

- a) **コイル磁化器** 空心コイルを用いた磁化器。励磁電流は直流又は、交流を用いる。
- b) **電磁石磁化器** 鉄心とコイルとを組み合わせた磁化器。交流を用いた交流磁化器及び直流を用いた直流磁化器に分類できる。
- c) **永久磁石磁化器** 永久磁石と鉄心とを組み合わせた磁化器。

#### 6.2.2 磁気センサ

磁気センサは、試験の目的、探傷方式によって適切なものを用いる。

漏えい磁束を検出する磁気センサとして、サーチコイル、ホール素子、磁気抵抗素子、磁気インピーダンス素子などがある。磁気センサに高透磁率材料を組み合わせ、感度向上及び探傷領域の改善を図ることがある。

磁気センサの信号出力はリフトオフの変化に大きく影響を受ける。そのため、磁気センサは試験体表面とのクリアランスを一定に保つことのできる俵い機能を設けて保持されることが望ましい。また、シューで保護された磁気センサを試験体表面に接触させて、試験を行うことがある。保護シューには、超硬プレート、ステンレスプレート、樹脂などがある。

磁気センサで測定される漏えい磁束は、試験体の表面に対して垂直方向成分  $\Phi_z$  もしくは平行方向成分  $\Phi_x$  である。きず中央からの距離を  $X$  とする時、試験体の表面に対して垂直方向成分の漏えい磁束を計測した信号は、**図 1** に示すように出力される。また、試験体の表面に対して平行方向成分の漏えい磁束を計測した信号は**図 2** に示すように、きずの中心で最大値を示す信号が出力される。試験では、測定する漏え

い磁束の方向成分を選択する。

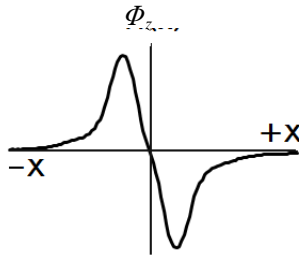


図 1—垂直方向成分の漏えい磁束

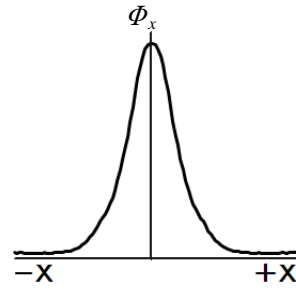


図 2—平行方向成分の漏えい磁束

### 6.3 探傷試験装置

探傷試験装置は、励磁電源装置、信号処理装置、信号評価装置及び表示装置からなる。

探傷試験装置は、外部及び内部からの電氣的雑音に対して保護されるものとする。

#### 6.3.1 励磁電源装置

励磁電源装置は、コイル磁化器のコイルや電磁石磁化器の巻線に電流を供給して磁界を発生させるための装置で、次に示す機能をもつものとする。

- 励磁電源装置には、電流調整の機能を備えるものとする。
- 磁化器を交流で励磁する場合は、商用周波数もしくは規定の周波数の交流電流を供給するための発振器を備えるものとする。
- 励磁電源装置は、試験体が磁化器に近接した時、発生する突入電流の増加及び逆起電力に十分耐えるものでなければならない。

#### 6.3.2 信号処理装置

信号処理装置は、磁気センサから得られる微弱な信号を信号評価装置で取り扱える電気信号に変換する装置である。信号処理装置には、増幅器、信号変換器、また、必要に応じて増幅度調整器、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタなどを備えるものとする。磁化器を交流で励磁する場合には、必要に応じて位相検波器、位相調整器などを備えるものとする。

#### 6.3.3 信号評価装置

信号評価装置は、きず判別処理機能、及びパラメータ設定機能を備えたものである。また、必要に応じて異常監視・警報機能、外部との通信機能などを選択装備する。信号評価装置の機能は、次による。

- きず判別処理機能** 信号処理装置の出力信号を判断してきずのイベント信号を出力し、きず位置の座標マッピングなどを行う。きず位置マッピングなどの処理データを外部に出力するほか、必要な場合にはデータ保存機能をもつものとする。
- パラメータ設定機能** 信号処理装置の増幅度、フィルタの設定、閾値レベルの設定、励磁電源装置の電流設定などを行う。また、交流を用いる装置では、励磁周波数、位相調整の機能をもつ。
- 異常監視・警報機能** 磁気センサの断線、磁気センサの感度異常、信号処理回路異常などの動作機能の監視を行う。異常箇所が検出された時は、外部に出力する。
- 外部通信機能** 外部通信インターフェースを備え、外部装置との間での探傷データ及び／又は情報の通信、遠隔メンテナンスなどを可能にする機能を、必要に応じて付加する。

#### 6.3.4 表示装置



表示装置は、信号処理装置及び／又は信号評価装置から得られた信号の表示を行う。

## 6.4 走査装置

走査装置は、探傷ヘッドと試験体表面とのクリアランスを一定に保ちながらそれらを相対的に走査させる装置で、探傷ヘッド又は試験体の回転装置、らせん（ヘリカル）送り装置、直進送り装置などからなる。

### 6.4.1 探傷ヘッドと試験体との相対速度

探傷ヘッドと試験体との相対速度は、磁気センサの寸法、形状、検出すべききず寸法などを考慮し決定する。また、交流磁化の場合、その励磁周波数やフィルタの遮断周波数は、相対速度も考慮して決定される。相対速度は、探傷試験中一定に保たなければならない。

## 6.5 附属装置

附属装置は、マーキング装置、位置検出装置、記録装置及び脱磁装置からなり、必要に応じて選択する。

### 6.5.1 位置検出装置

位置検出装置は、試験体の測定位置をデジタル又はアナログ出力するものである。

### 6.5.2 マーキング装置

マーキング装置は、マーカ及びその制御装置からなり、きず判別処理装置の出力信号に応じて、試験体のきず位置に直接、又は試験体の端部などの定められた範囲にきずの存在を示すマーキングができる機能をもつものである。

### 6.5.3 記録装置

記録装置は、漏えい磁束探傷試験システムから出力されたデジタル又はアナログ出力を記録するものである。

### 6.5.4 脱磁装置

脱磁装置は、試験体に交流磁界又は反転する直流磁界を作用させて残留磁気を除去するものである。

試験体の残留磁気が、後工程に影響を及ぼすことがある場合には、必要に応じて脱磁装置を用いて試験体の残留磁気を除去する。

## 7 対比試験片

### 7.1 対比試験片の使用目的

対比試験片は、探傷試験装置の感度などの調整、日常点検、定期点検及び総合点検を行うときに用いる。

### 7.2 対比試験片に用いる材料

対比試験片は、人工きずを加工したもの又は自然きずの存在するものを用いる。化学成分及び／又は熱処理条件が試験体と同じでない場合には、電磁気的特性が同等であることを確認する。

### 7.3 人工きずの加工

対比試験片の人工きずは、放電加工、機械加工、エッチングなどによって加工する。

### 7.4 対比試験片に用いる人工きず

対比試験片に用いる代表的な人工きずは、次による。

- a) 対比試験片に用いる人工きずの種類は、スリット（角溝）、貫通穴又は平底のドリル穴とする（**図 3**、**図 4**、**図 5** 参照）。
- b) 人工きずの呼び方は、人工きずの種類の記事及び人工きずの寸法で表し、次による。
  - 1) 人工きずの種類の記事は、スリットは **N**、ドリル穴は **D** とする。
  - 2) 人工きずの寸法は、スリットでは深さ、幅、長さ（mm）を、ドリル穴では、ドリル穴の深さ、直径（mm）を表す。さらに、貫通穴の場合は深さの数値の代わりに **P** と示し、人工きずを探傷面と

反対側に施す場合は、末尾に B を示す。

以下に表示例を示す。また、人工きずの深さを板厚に関して相対値で表してもよい。その場合、深さを板厚に関して相対値で表し、表示では%の記号を付与する。

例 1 N-0.3/0.5-25 (深さ 0.3 mm, 幅 0.5 mm, 長さ 25 mm のスリット)

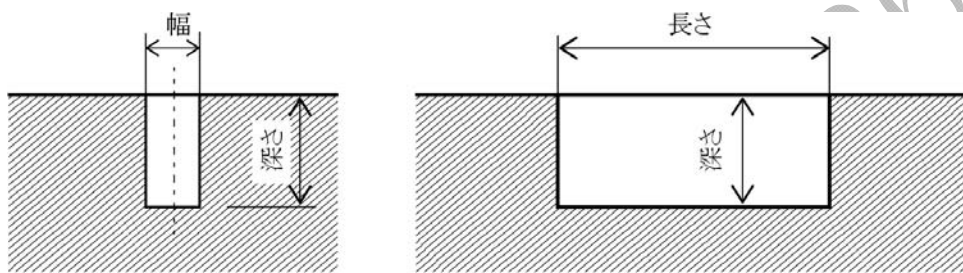
例 2 D-3/1.2 (深さ 3 mm, 直径 1.2 mm の平底のドリル穴)

例 3 D-P/1.2 (直径 1.2 mm の貫通穴)

例 4 D-3/1.2B (探傷面と反対側の面に施した深さ 3 mm 直径 1.2 mm の平底のドリル穴)

例 5 N-0.3/0.5-25B (探傷面と反対側の面に施した深さ 0.3 mm, 幅 0.5 mm, 長さ 25 mm のスリット)

例 6 D-30%/1.2 (板厚に関して深さ 30%, 直径 1.2 mm の平底のドリル穴)



注記 スリットの場合、形状がU字形となることがあるが、これはスリットとみなす。

図 3—スリットの断面形状

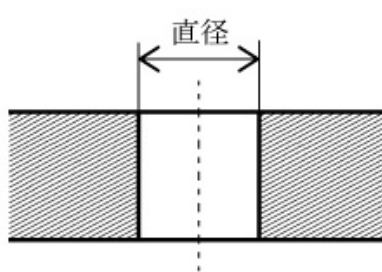


図 4—貫通穴の断面形状

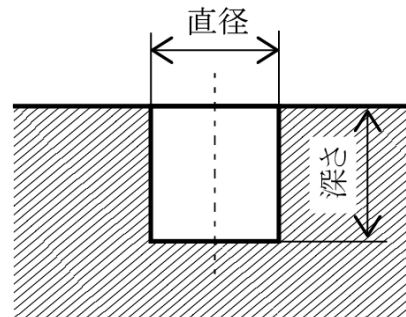


図 5—平底のドリル穴の断面形状

## 8 試験の準備

### 8.1 試験体の準備

#### 8.1.1 試験面の準備

試験の有効性に影響する表面性状に関わる要因には、次のものが考えられる。

- a) よごれ
- b) スケール
- c) 表面粗さ
- d) 溶接スパッタ
- e) ぼり
- f) 油, グリース又は水

### g) 塗装

これらの要因が試験の有効性を阻害する場合には、表面性状を改善する必要がある。試験に影響する表面性状要因を改善できない場合は、試験の有効性を実証しなければならない。

#### 8.1.2 試験体の識別

試験体は、それぞれ個別に又は同一ロット群ごとに識別しなければならない。

### 8.2 磁化条件の決定

試験体の形状及び検出すべききずを考慮して最適な磁化条件を決定しなければならない。このための磁化方向、励磁電流値、直流又は交流の選択、また交流である場合は励磁周波数を決定する。

交流の場合にはその周波数に応じた渦電流が試験体表面に発生する。また、交流・直流によらず、探傷ヘッドと試験体との相対速度によっても渦電流が発生する。この渦電流は、磁束が試験体に侵入することを妨げるように働くので、このことを考慮して磁化条件を設定しなければならない。

決定された磁化条件が適正であるかどうかを確認できる対比試験片を準備する。

### 8.3 漏えい磁束探傷試験システムの設定

漏えい磁束探傷試験システムの設定は、試験対象及び試験の目的で決められる。幾つかの設定(例えば、直流又は交流での励磁周波数、励磁電流、感度、位相、フィルタなど)は、対比試験片を用いて行う。

#### 8.3.1 探傷ヘッドの設定

探傷ヘッドの設定は、試験の有効性に影響を与える。探傷ヘッドと試験体とのクリアランスの変動は、試験の感度に影響するため、探傷ヘッドの位置合わせ及び倣い機能を設定する。

#### 8.3.2 探傷試験装置の設定

励磁電源装置は、試験対象や試験の目的に応じて、その励磁電流値、並びに交流の場合にはその周波数を、適正な値に設定する。

信号処理装置は、設定した磁化条件に応じて、検知すべききずに対して十分な大きさの信号振幅が得られるように調整する。

利得などが可変の場合、表示装置において対比試験片の人工きずによる指示が、十分表示されるように信号評価装置を設定する。

#### 8.3.3 走査装置の設定

探傷ヘッドのクリアランスや、相対速度、走査ピッチは、センサ応答幅及び検出対象とするきずの長さを考慮して、適正に設定する必要がある

試験の実施中において、試験体と探傷ヘッドとの相対速度などが許容範囲内に維持できるように走査装置を設定する。

#### 8.3.4 附属装置の設定

附属装置の設定は、次による。

- a) **マーキング装置** 対比試験片を用いて正常にマーキングするように設定する。
- b) **記録装置** 対比試験片の人工きずの検出が正常に記録できるように設定する。
- c) **脱磁装置** 脱磁の必要がある場合には、必要な限度まで脱磁できるように設定する。

## 9 試験

### 9.1 試験の実施

試験は、試験手順書に従って実施する。

### 9.2 安全予防

試験の実施においては、電気的安全、危険物の取扱いに関する国内及び関連する地方の法令及び法規を順守し、事故防止に努めなければならない。

### 9.3 信号の評価

試験で得られる信号は、きず形状、励磁周波数、試験速度、試験体の電磁気的特性などに関係するため、各試験条件に応じたきずの検出特性をあらかじめ求めておく。

検出信号によるきずの診断は、信号の振幅値をもって評価する。ただし、交流磁化で位相検波を用いている場合は、振幅だけでなく位相の情報を使って評価することもできる。

信号には、きず信号だけでなく材料の磁気特性の不均一、リフトオフ変動、支持板などの試験体以外の構造物によるノイズ及びその他の電磁気的なノイズなどが含まれるので、それらの識別法を検討しておくことが望ましい。

信号をきずの検出特性に基づいて評価を行う場合、多様な因子の識別手順、及び判定基準、さらにその後の処置などについては試験手順書の中に明記しなければならない。

## 10 システムの構成要素の点検

### 10.1 一般

確実で有効な漏えい磁束探傷試験を実施するために、漏えい磁束探傷試験システムの各構成要素の性能及び特性が、許容範囲内に維持されていることを確認しなければならない。そのための点検手順書を作成し、日常点検、定期点検を行い、必要であればその是正処置を行う。

### 10.2 日常点検

漏えい磁束探傷試験システムの各構成要素の性能が、指定した範囲内にあることを確認するために、定められた周期で実施する。この点検は、試験現場で日常的に実施する。

### 10.3 定期点検

一定の継続期間後の点検は、漏えい磁束探傷試験システムの各構成要素の特性が維持されていることを確認するために実施する。

### 10.4 是正処置

日常点検及び定期点検において、漏えい磁束探傷試験システムの各構成要素の性能又は特性が指定の範囲にないとき、それらが許容範囲内になるように処置しなければならない。また、その処置内容を記録する。

## 11 システムの全体機能の検証

### 11.1 総合機能点検

総合機能点検は、漏えい磁束探傷試験システムによって行った試験の有効性を検証するために対比試験片などを用いて実施する。

漏えい磁束探傷試験システム全体の総合機能点検は、定められた周期で、少なくとも同一試験の開始時・終了時、及び／又は装置の部品の交換時に実施しなければならない。漏えい磁束探傷試験システムの各構成要素の個別点検の実施の有無に関わらず、システム全体で実施する。

総合機能点検は、試験条件ごとに総合機能点検の手順書に規定した手順に従い実施する。

### 11.2 是正処置

総合機能点検を実施した結果、漏えい磁束探傷システム全体の設定された性能が許容限度から外れていた場合には、この結果を記録し、許容限度内の性能に復帰させる処置を行わなければならない。

さらに、前回の正常な総合機能点検以降に試験したすべての製品は、試験していないものと考えて、これらの製品に対する是正処置方法(例えば、再調整後の再試験、他の非破壊試験法による試験の実施など)を決定し、その実施結果を記録する。

## 12 文書類

### 12.1 一般

文書類は、試験手順書、試験報告書及び点検手順書からなる。

製品に対する漏えい磁束探傷試験方法の適用及び使用に対する一般要求事項は、例えば、次のような文書に記載されている。

- a) 試験体の規格
- b) 契約文書

### 12.2 試験手順書

試験手順書には、適用する文書から必要な項目を選び出し記載しなければならない。必要があれば関連する技術情報を収集して記載する。

試験手順書には、次のような事項がある。

- a) 試験の目的
- b) 試験体の詳細
- c) 適用した文書
- d) 技術者の資格・認証の詳細
- e) 試験の範囲
- f) 試験方法
- g) 試験体の前処理
- h) 環境条件
- i) 対比試験片
- j) 探傷試験装置の構成
- k) システムの構成要素の点検
  - 1) 日常点検の周期及び項目
  - 2) 定期点検の周期及び項目
- l) 総合機能点検の周期及び項目
- m) 試験条件
- n) 信号評価方法及び項目
- o) 合否判定基準
- p) 試験報告書に含める内容

### 12.3 試験報告書

試験報告書は、将来、試験を再現することを可能にする十分な情報を含む必要がある。受渡当事者間の協定がない限り、次の事項を含むことが望ましい。

- a) 製品製造者の名称
- b) 試験体の識別番号
- c) 参照した関連文書及び試験手順書。試験手順書が試験方法、漏えい磁束探傷試験システム、及び漏えい磁束探傷試験システムの設定値に対して変更を認めている場合、その方法の詳細を与える技術資料

又はそれと同等な資料

- d) 漏えい磁束探傷試験システムの名称, 特に, 使用する探傷ヘッド, 探傷試験装置の形式を特定するのに必要な詳細事項
- e) 日常点検結果, 定期点検結果及び総合機能点検結果
- f) 探傷試験装置の調整値
- g) 脱磁の有無
- h) 使用した対比試験片の識別番号
- i) 試験の結果
- j) 試験手順書との変更点
- k) 試験の責任組織
- l) 試験員の名前・資格
- m) 試験員の署名又は責任者の名前・署名
- n) 試験日及び試験場所

試験報告書の様式は, 受注時に同意しておくものとする。

#### 12.4 点検手順書

点検手順書は, 点検を実施するための手順書であり, 少なくとも次の事項を含むことが望ましい。

- a) 日常点検に関する項目
  - 1) 対比試験片
  - 2) 点検手順
  - 3) 是正処置手順
- b) 定期点検に関する項目
  - 1) 点検の周期
  - 2) 対比試験片
  - 3) 点検手順
  - 4) 是正処置手順
- c) 総合機能点検に関する項目
  - 1) 点検の周期: 定められた周期, 同一試験の開始時・終了時, 及び/又は装置の部品の交換時など
  - 2) 対比試験片
  - 3) 点検項目: 励磁電流, 探傷試験感度, 対比試験片のきず信号など
  - 4) 漏えい磁束探傷試験システムの設定及び校正手順
  - 5) 検出特性の評価基準
  - 6) 各項目ごとの点検方法及び点検結果の記録方法
  - 7) 是正処置の内容
- d) 試験員に関する項目
  - 1) 試験の責任組織
  - 2) 試験員の資格

## JIS Z 2319 : 0000

# 漏えい磁束探傷試験方法

## 解 説

この解説は、規格に規定・記載した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、日本規格協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は日本規格協会である。

### 1 今回の改正までの経緯

現行規格は 1991 年に制定されて以来、内容の改定が行われていなかった。規格制定当時の本探傷法の主要な用途は油井用鋼管の探傷試験であったが、現状では棒鋼、機械部品などの探傷試験、ワイヤロープの保守検査などにも適用範囲が拡大している。また、交流漏えい磁束探傷法も広く用いられるようになってきており、現状の探傷技術との乖離も生じている。

漏えい磁束探傷は主に鋼管、棒鋼など鉄鋼生産ラインで用いられてきたため、海外では ISO 10893-3 のような鋼管を対象とした漏えい磁束検査規格が整備されてきた。わが国では 2012 年に ISO 10893-3 を基とし、技術的内容を変更して作られた JIS G 0586 “鋼管の自動漏えい磁束探傷検査方法” が制定された。

しかし、現状で実用化されている機械部品を対象とした試験やワイヤロープの保守検査などに広く運用できる漏えい磁束探傷の一般通則が必要となった。そこで、漏えい磁束探傷の一般通則として JIS Z 2319 を見直し、現状の漏えい磁束探傷試験技術に基づいた内容に改正する。

### 2 今回の改正の趣旨

今回の改正では次の点に留意した。

- a) 現行規格では一般通則でありながら、対比試験片に用いる人工きずの寸法を規定しており、種々の試験、試験装置の測定などが制限を受けることが懸念された。この規格では使用する人工きずの呼称及び寸法の表記方法についてだけ規定している。
- b) 探傷装置に関しては技術的な進歩に合わせた内容とした。適用分野が拡大するにつれ、励磁方法、走査装置の運動形式など、適用対象に合わせたものが一般的になって来ている。特に、交流励磁方式の装置が増えていること、デジタル処理の採用などに対応した内容とした。
- c) 探傷試験の信頼性に関しては安全に対する社会的な要求に応えるべく、装置の点検及びシステムの検証に関する規定を設け、当事者間で用いる文書類についても規定することとした。

### 3 審議中に特に問題となった事項

この規格の改正審議で問題となった主な事項は、次のとおりである。

#### 3.1 技術者の資格

漏えい磁束探傷は主に鉄鋼生産ラインで用いられてきたため、鉄鋼製品の雇用主による非破壊試験技術者の資格に関する ISO 11484 が制定され、我が国でもこれを基にした JIS G 0431 が制定された。

JIS G 0431 では対象とする NDT 方法に漏えい磁束探傷試験 (FT) が規定されている。また、JIS Z 2305 では NDT 方法に漏えい磁束探傷試験がないため、JIS Z 2305 (ET 及び/又は MT) と記述することにした。

### 3.2 磁化条件の決定

漏えい磁束探傷試験は主に鉄鋼ラインの鋼棒、鋼板及び油井鋼管の検査として発展してきたが、近年は磁性をもつ部品の検査、エレベータ又は屋外のワイヤロープの保守検査などに広く使われるようになってきている。一方で磁化方式も直流だけでなく交流励磁も使われている。交流励磁を使うことによって、位相検波を適用し信号の強度と位相情報とを得られるようになった。このため、試験周波数を最適に選ぶことによって、表面近傍の微小亀裂の計測、表面と裏面とのきずを区別して計測するなど適用範囲が広がっている。この装置の高度化に伴い磁化条件を最適にする基本的な理解が必要になった。

磁化条件は検出すべききずの大きさと位置及び検出速度とを考慮して決定される。漏えい磁束は試験体の透磁率と比透磁率が1である亀裂などのきずの透磁率の差によって発生する。その漏えい磁束の強度はきずの深さ及びきずの開口幅に大きく影響される。表面近傍の開口していないきず又は裏面のきずを対象とする場合は、表面に生じる漏えい磁束は小さくなる。また漏えい磁束はきず表面から離れるに従い、指数的に減衰する。このため磁束検出センサのリフトオフ変動があると信号強度は大きく変動することになる。またロープの素線断線のように、断線位置により検出信号は大きく変化することも考慮しなければならない。磁化の強度は、磁粉探傷試験においては漏えい磁束が磁粉をトラップできる強度に設定する必要があるのに比べ、漏えい磁束探傷試験では検出すべき漏えい磁束を磁気センサで検出し、それをノイズの発生なく増幅できればよい。磁化器形状と磁気センサとの組み合わせを最適に設定すればよい。このため磁化条件は、検出すべききずの深さ及び形状、磁化方式、相対検出速度及び励磁周波数を考慮して決定する。これらに影響を与える表皮効果及び速度効果について次に説明する。

- a) 表皮効果 導体の表面に一樣な磁界が加わっているとき、導体の内部への磁束の侵入を妨げるように渦電流が発生し、導体内の磁束は表面から指数的に減衰する。表面の磁束から  $1/e$  ( $\approx 0.37$ ,  $e$  は自然対数の底) の値になる深さ  $\delta$  を表皮深さと定義し、次の式で表される。

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\sigma\mu}}$$

ここで、 $\omega$  : 角周波数 ( $=2\pi f$ )、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率である。

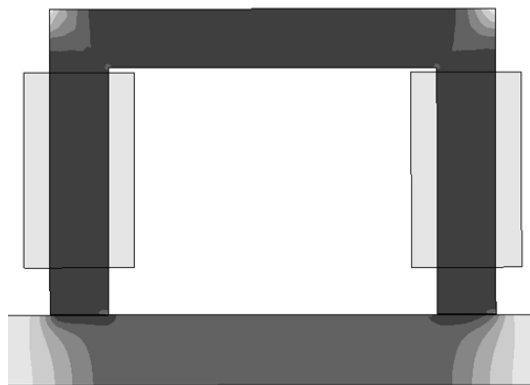
ただし、この式は無限平面をモデルにしているため、磁化器の極間距離が狭くなると表面からの磁束の侵入はこれより浅くなる。また、表面の磁界の強さが大きすぎると、表面の磁束密度が飽和し、表皮深さは実効的に深くなる。(この状態では、試験体表面の空間に平行な成分の磁束が多く発生し、センサは不要な磁束を検出することになる。) これらを考慮し、検出すべききずの形状及び深さに対してこの表皮深さを目安に周波数を決定すればよい。

- b) 速度効果 試験体と磁化器とが相対的な速度で運動するとき、導体にとっては磁束が時間的に変化することになり、表皮効果と同様に磁束の侵入を妨げるように渦電流が発生する。このとき試験体内の磁束は表面から指数的に減衰する。この現象を理解するために、電磁界数値解析の結果を次に示す。

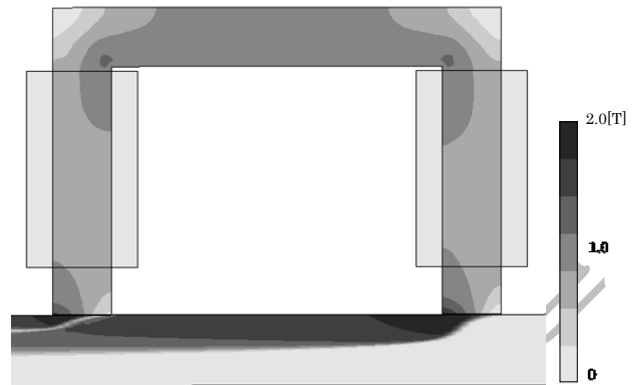
解析モデルは、ヨーク : ケイ素鋼板、コイル : 410 回巻、鋼板 : SPCC (厚さ 30 mm)、電流 : 3.18 A (直流) とした。解説図 1 は静止状態における直流磁化状態の磁束密度分布である。試験体の表面から底面まで均一に磁化されていることが分かる。解説図 2, 3, 4 は相対速度が 1 m/s, 5 m/s 及び 20 m/s の時の磁束密度分布である。(これらの図において、鋼板は左方向に移動している。) 前項の表皮効果のように、試験体内の磁束密度は表面から指数的に減衰し、移動相対速度が速くなると周波数が高くなる時の表皮効果と同じように分布することが分かる。解説図 2 の相対速度が 1 m/s における速度効果による表皮深さは磁極間の中央で約 15 mm (磁気飽和分も含む) であるが、それと同等になる静止状態での交流磁化 (2 Hz) における表皮効果の磁束密度分布を解説図 5 に示す。極間中央部における



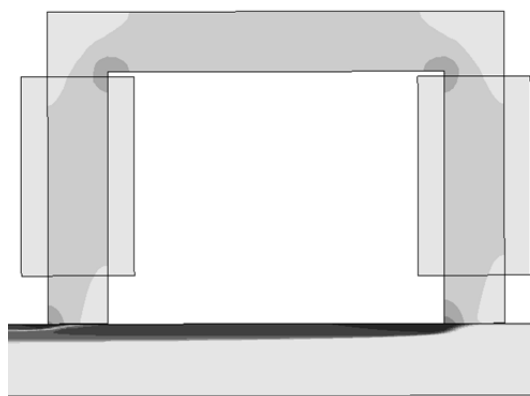
板厚方向の磁束密度分布は、両者でほぼ一致していることが分かる。



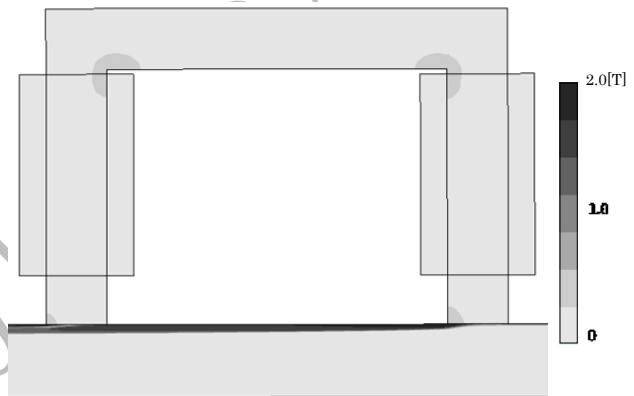
解説図 1—静止状態



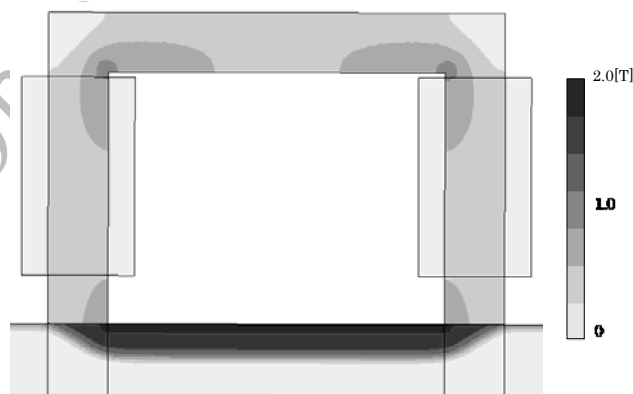
解説図 2—移動速度 : 1 m/s



解説図 3—移動速度 : 5 m/s



解説図 4—移動速度 : 20 m/s



解説図 5—静止状態, 交流磁化 (2 Hz)

また、**解説図 2, 3, 4**において、移動速度が速くなると、磁化器の脚部からの磁束密度は下流の方向に流れるように分布する。探傷ヘッドを小形に設計する時には、磁化器の磁極間距離が小さくなり、この傾向はより顕著になることを考慮すべきである。交流磁化でかつ相対的な移動速度が速い場合は、前項の交流による表皮効果と速度効果とを合わせて考慮しなければならない。これらの現象を検証するためには、検出すべききずの深さをパラメータにして、励磁周波数と移動速度に対する検出特性とをあらかじめ求めて

おくことが必要である。

### 3.3 ワイヤロープの対比試験片

本文に規定の人工きずを用いる対比試験片はワイヤロープの代わりに棒鋼又は鋼管を用いる場合にしか適用できない。

ワイヤロープを用いた対比試験片は、試験体と同一、あるいは同じ構成・直径のワイヤロープに、次のような人工きずを施したものが用いられている。

なお、ワイヤロープ対比試験片は、端末の影響がきず信号に及ばないように、探傷ヘッドの大きさに見合った十分な長さが必要である。

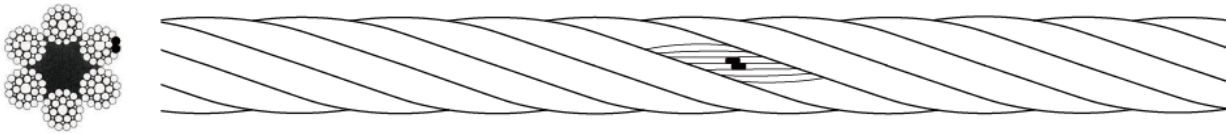
- a) 正常なワイヤロープに模擬断線（適当なギャップを設けた2本の素線）を貼り付けた対比試験片。



解説図 6—素線を貼り付け断面積変化を与えた対比試験片の説明図

解説図 6 の例は、構成 6×Fi (29) のワイヤロープに外層素線と同一径の素線を、断線を模擬した 5 mm 程度のギャップを設けてストランドの溝に沿わせてらせん状に貼り付けたものである。

- b) 正常なロープの素線をニッパーなどで切断し、人工的な断線を作成した対比試験片。



解説図 7—素線を切断して作成した対比試験片の説明図

解説図 7 の例は、構成 6×Fi (29) のワイヤロープの外層素線 2 本を切断したものである。

なお、一旦ストランドのよりを解いて、内側の素線を切断してから元に戻すことで、外観からは見えない内部断線を設ける場合もある。

## 4 規定項目の主な改正点

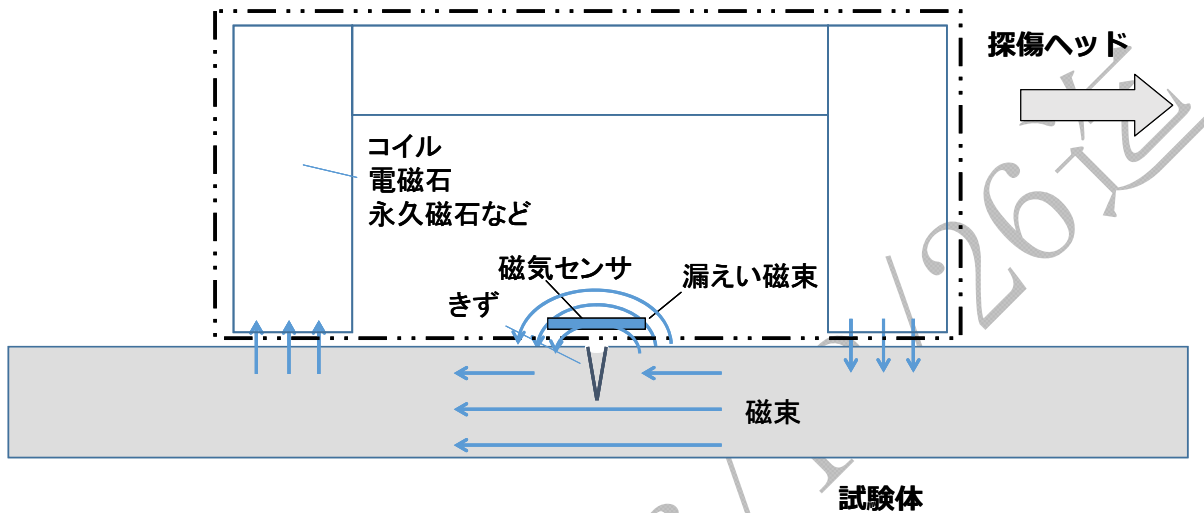
箇条番号	項目	旧規格	この規格
1 適用範囲	適用範囲	丸鋼、鋼管などの表面きずを自動的に検出することを目的	鋼などの強磁性体の棒、管、板及びそれらの構造物、機械部品、ワイヤロープなどの表面及び表面下、裏面に存在するきずを検出することを目的
2 引用規格		JIS Z 2300	JIS Z 2305, JIS G 0431 を追加
3 用語及び定義	<b>3.1</b> 探傷ヘッド <b>3.2</b> センサ応答幅 <b>3.3</b> 走査ピッチ		追加

箇条番号	項目	旧規格	この規格
4 一般原理	漏えい磁束探傷試験試験方法	—	漏えい磁束探傷試験方法は、このきずから漏えいする磁束の分布及び強度を磁気センサで測定し、きずを検出するものであるを追加。
	探傷方式の分類	<b>3.1</b> きずの方向による探傷方式の分類 <b>3.2</b> きずの位置による探傷方式の分類	削除
	仕様の指定	発注者と協議	削除
5 技術者の資格	試験技術者	十分な意識をもつ者	<b>JIS Z 2305</b> , <b>JIS G 0431</b> 又は同等規格で資格付けされることが望ましいを追加。
6 漏えい磁束探傷試験システム	<b>6</b> 漏えい磁束探傷試験システム	—  <b>6.2</b> 磁化装置  <b>6.5</b> 信号処理装置  <b>6.6</b> マーキング装置 <b>6.7</b> 記録装置	磁化器及び磁気センサから成る探傷ヘッドを追加。  励磁電源装置, 信号処理装置, 信号評価装置及び表示装置からなる探傷試験装置として記載。  きず判別処理機能, パラメータ設定機能, 及び磁気センサの感度校正機能などを備えた信号評価装置を追加。  マーキング装置, 記録装置, 脱磁装置を附属装置として記載。
7 対比試験片	<b>7</b> 対比試験片に用いる人工きずの種類	<b>a)</b> 人工きずの種類は, 角溝又はドリル穴。 <b>b)</b> 丸鋼の対比試験片に用いる人工きず <b>c)</b> 鋼管の対比試験片に用いる人工きず	人工きずの種類は, スリット (角溝), 貫通穴又は平底のドリル穴。丸鋼及び鋼管の対比試験片に用いる人工きずは削除
8 試験の準備	<b>8.1</b> 試験体の準備 <b>8.2</b> 磁化条件の決定 <b>8.3</b> 漏えい磁束探傷試験システムの設定	<b>8</b> 試験方法 <b>8.1</b> 試験の時期 <b>8.2</b> 試験体の前処理 <b>8.3</b> 試験装置の予備運転 <b>8.4</b> 試験条件の決定	試験の準備と試験とを分離した。

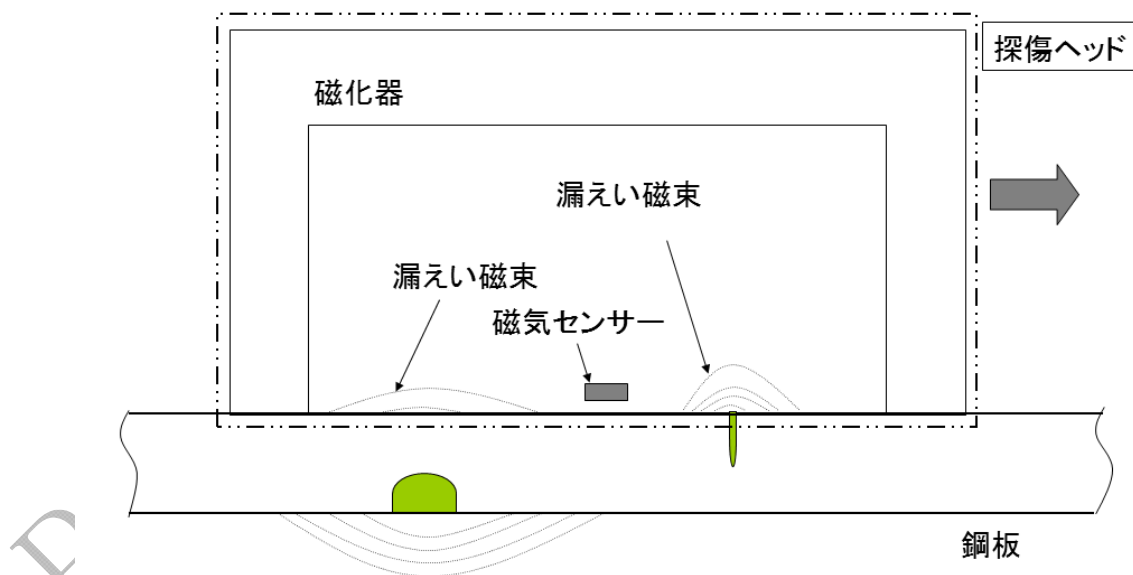


漏えい磁束探傷試験では検出したいきずの方向と磁束の方向とが直交するようにして探傷する。一般的に用いられている磁化方向の例をきずの性状と磁化器の配置との関係で示すと次のようになる。

鋼板などの表面にある線状のきずの検出に電磁石磁化器を用いて探傷試験を行う場合、**解説図 9**のようにきずを磁化器の極間に位置するようにする。図のような探傷ヘッドを用い試験体の表面を走査して探傷を行うが、きずの方向が不明の場合には試験体の表面を複数方向に走査することが行われている。



解説図 9—電磁石磁化器による線状きずの検出の説明図



解説図 10—鋼板の裏面のきずを検出する原理説明図

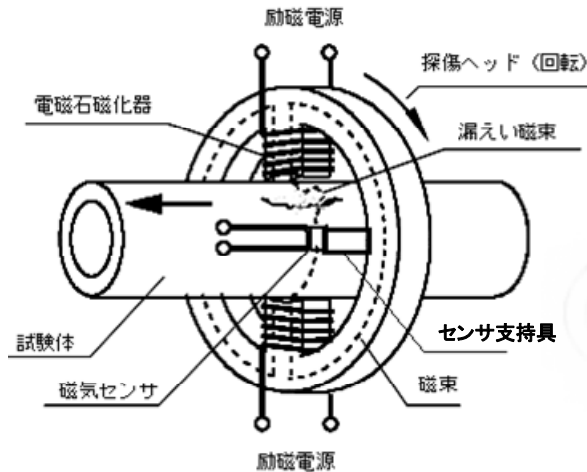
鋼板又は石油タンクの底板などの検査に使用される場合、**解説図 10**に示すように裏面に存在するきずからの漏えい磁束を検出している。

圧延材のようにきずの方向が試験体の軸方向(長手方向)と周方向(円形断面の材料)とに限定されるような場合には円周方向磁化、軸方向磁化が一般的である。

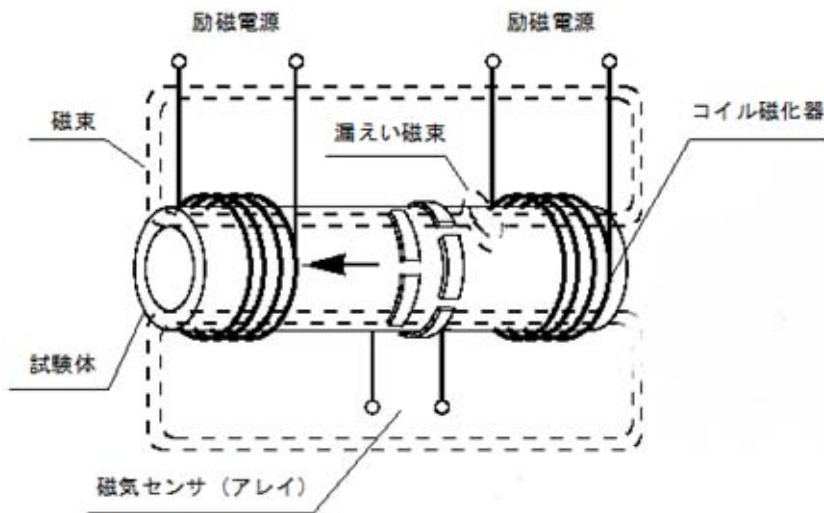
### 5.3 探傷ヘッド

探傷ヘッドは 6.2 に示すように磁化器と磁気センサから成っているが、検出対象きずによって種々のものが実用されている。

**解説図 11** は油井用鋼管を対象とした軸方向きず検出用の探傷ヘッド、**解説図 12** は油井用鋼管を対象とした周方向きず検出用の探傷ヘッドの例である。



解説図 11—油井用鋼管の軸方向きず検出用探傷ヘッドの例

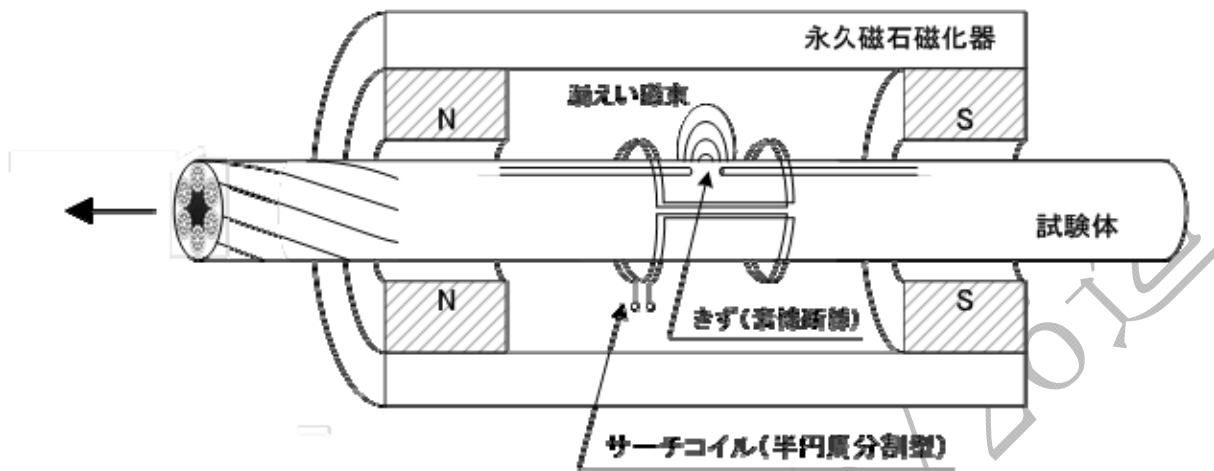


解説図 12—油井用鋼管の周方向きず検出用探傷ヘッドの例

**解説図 11, 12** に示した油井用鋼管の場合では材料規格に管の外表面、内表面に存在するきずを検出することが要求されている。そのため、磁化器は直流で駆動され、検出信号の周波数解析によって内面きず、外面きずの弁別を行っている。

ワイヤロープの保守検査などでは**解説図 13** に示すような永久磁石磁化器が用いられることがある。こ

の方式ではロープとワイヤとの相対運動によってきずからの漏えい磁束が磁気センサ（サーチコイル）で検出できる。



解説図 13—ワイヤロープの保守検査に用いる探傷ヘッドの例

#### 5.4 走査方式の分類

探傷ヘッドと試験体との運動状態の組み合わせによる運動形式は、解説表 1 に示すように分類される。

解説表 1—運動形式の分類

探傷ヘッドの運動		試験体の運動		運動形式の呼び方 (形式記号)
記号	運動状態	記号	運動状態	
S	静止	H	ら旋	SH
		T	直進	ST
		R	回転	SR
T	直進	R	回転	TR
		S	静止	TS
R	回転	T	直進	RT
		S	静止	RS
H	ら旋	S	静止	HS
C	平面回転	H	ら旋	CH
		T	直進	CT
		S	静止	CS

注 表中の記号は、運動状態を示す次の英語の頭文字をとったものである。  
 C : Circular rotating, H : Helical moving, R : Rotating, S : Stationary,  
 T : Travelling

## 6 原案作成委員会の構成表

原案作成委員会の構成表を，次に示す。

**JIS Z 2319 (漏えい (洩) 磁束探傷試験方法) 原案作成委員会 構成表**

	氏名	所属
(委員長)	○ 橋本光男	東北大学
(幹事)	○ 廣島龍夫	北斗電子工業株式会社
(委員)	平塚洋一	経済産業省 製造産業局 2016年6月まで
	佐々木忠則	経済産業省 製造産業局 2016年6月から
	桑原純夫	一般財団法人日本規格協会
	大岡紀一	ものづくり大学
	塚田和彦	京都大学
	○ 笠井尚哉	横浜国立大学
	○ 福岡克弘	滋賀県立大学
	○ 植竹一蔵	元 金属材料研究所
	八木隆義	一般社団法人日本鉄鋼連盟
	○ 四辻淳一	JFE スチール株式会社
	○ 鈴間俊之	新日鐵住金株式会社
	守谷敏之	東京製綱株式会社
	服部高治	日本工業検査株式会社
	○ 中楠實	日本フェルスター株式会社
	横尾泰夫	原電子測器株式会社
	○ 糸田昌彦	電子磁気工業株式会社
	松島勤	日本マテック株式会社
(オブザーバ)	榎健介	経済産業省 産業技術環境局
(事務局)	山口光輝	一般社団法人日本非破壊検査協会

**注記** ○印は，分科会委員を示す。

(執筆者 橋本 光男)