

書籍のご案内 渦電流探傷試験 II

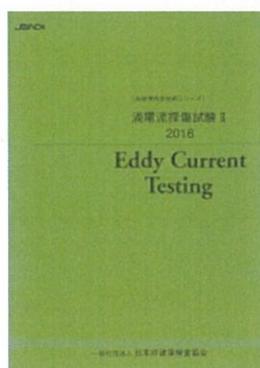
編集：(一社)日本非破壊検査協会 編集委員長 小井戸純司
体裁：B5 版, 225 頁
発行：平成 28 年 4 月 15 日
定価：本体 5,000 円+税 (送料別)

非破壊試験技術者の技能向上を目的として 1968 年に始まった(社)日本非破壊検査協会(当時)による「NDIS 0601」に基づく技量認定は、非破壊試験の発注側と実施側の間で、非破壊試験技術者が一定の知識と技能が必要であるという認識に進んでいった。また、工業製品の品質保証においても有資格者が検査した結果が必要であるということが、供給側と需要側の共通認識となっていったが、世界的にもそのような動きが活発化し、その国際的な動きに対応する必要があった。1998 年には ISO 9712 Non-destructive Testing – Qualification and Certification of Personnel が制定されたため、その和訳版 NDIS J001「非破壊試験-技術者の資格及び認証」に基づく認証制度が開始された。その後、非破壊試験技術者の能力検定の方法及び認証について国際的なシステム化を図る必要性が提言され、ISO 9712: 1999 を基本とした JIS Z 2305: 2001 が制定され、2010 年にはこれに基づく認証制度に完全に移行した。その後、JIS Z 2305 は改訂作業が進行し、現在は JIS Z 2305: 2013 が制定され、(一社)日本非破壊検査協会(現在)が実施する認証制度もこれに準拠すべく、認証および教育のシステムにおける改訂作業が進められている。

この動きの中で、講習会で用いる参考書も当然、改訂を進めなければならないが、渦電流探傷試験レベル 2 の参考書は 1995 年に出版されたものであるため、早期の改訂が待ち望まれていた。これを受け、この度、全面改訂した本書を上梓することとなった。JIS Z 2305: 2013 に準拠した内容とすることは勿論、旧版の発行から 20 年が経過しているため、装置や技術や試験方法が相当に進歩しているため、それらの内容を取り込むことにも十分に留意した。また、レベル 2 を保有する技術者は、その認証された試験技術については試験方法の企画立案から下位技術者の指導まで求められるため、資格取得後も更に理解を深めることが必要となると考えられる。したがって、そのような技術者の需要に応えるため、特に重要な基礎の部分は内容を厚くした。

本書が、渦電流試験に携わる技術者に十分に活用され、渦電流試験の技術が更に進歩することを望む。

(はしがきより抜粋)



目 次

1 渦電流探傷試験の概要	1
1.1 渦電流試験方法とは	1
1.2 渦電流試験方法の歴史	1
1.3 種々の渦電流試験方法	2
1.4 渦電流探傷試験方法の適用	2
1.5 渦電流探傷試験方法の特徴	3
1.6 他の表面探傷試験方法との比較	3
1.7 試験技術者の役割	3
2 電気と磁気の基礎	5
2.1 静電界とクーロン力	5
2.1.1 電荷とクーロン力	5
2.1.2 電界	6
2.1.3 電位	7
2.2 直流電流とオームの法則	8
2.2.1 導体中の電気伝導	8
2.2.2 電流と電流密度	9
2.2.3 直流回路とオームの法則	10
2.2.4 ジュール熱	11
2.3 電流と磁気	11
2.3.1 磁気	11
2.3.2 電流と磁界	12
2.3.3 ビオ・サバールの法則	13
2.3.4 磁束密度	14
2.3.5 インダクタンス	15
2.4 電磁誘導	16
2.4.1 電磁誘導現象	16
2.4.2 自己誘導	18
2.4.3 相互誘導	19
2.4.4 渦電流	19
2.5 マクスウェルの方程式☆	20
2.5.1 アンペアの周回積分の法則	20
2.5.2 電磁誘導の法則	21
2.5.3 その他の法則	21
2.5.4 マクスウェルの方程式	22
2.5.5 平面波による磁界	22

2.5.6	有限要素法による電磁界解析	23
2.6	交流回路	24
2.6.1	交流とフェーザ	24
2.6.2	交流の複素表示	28
2.6.3	抵抗だけの回路	29
2.6.4	インダクタンスだけの回路	30
2.6.5	インピーダンス	30
2.6.6	複素インピーダンス	32
3	金属の電磁氣的性質	34
3.1	金属の結晶構造	34
3.2	金属の電氣的性質	35
3.2.1	電流の発生	35
3.2.2	抵抗率と導電率	36
3.2.3	電氣的性質の変化	37
3.3	金属の磁氣的性質	40
3.3.1	強磁性体の磁区と磁化	40
3.3.2	磁壁の移動	41
3.3.3	磁化曲線	42
3.3.4	キュリー温度	45
3.3.5	磁氣的性質の変化	46
4	渦電流探傷試験の基礎	49
4.1	渦電流探傷の基礎	49
4.1.1	渦電流の発生と試験コイル	49
4.1.2	きずによる渦電流の変化	50
4.1.3	コイルによる渦電流の変化の検出	51
4.2	渦電流と表皮効果	52
4.2.1	表皮効果	52
4.2.2	表皮深さ	52
4.2.3	渦電流の位相	53
4.3	コイルのインピーダンス	54
4.3.1	導体が無いときのコイルのインピーダンス	54
4.3.2	導体があるときのコイルのインピーダンス	54
4.3.3	変圧器モデルによるインピーダンス変化の理解	55
4.3.4	正規化インピーダンス	58
4.4	相互誘導形プローブ	59
4.4.1	相互誘導形プローブの構造	59
4.4.2	相互誘導形プローブの起電力	60

4.4.3	自己誘導形プローブと相互誘導形プローブの比較	61
4.5	コイルのインピーダンスに影響を与える因子	61
4.5.1	インピーダンス平面図の例	62
4.5.2	試験周波数	63
4.5.3	試験体の導電率	63
4.5.4	試験体の透磁率	64
4.5.5	試験体の形状と寸法	65
4.5.6	コイルと試験体の相対位置	65
4.5.7	速度効果	66
5	試験プローブ	67
5.1	試験プローブとは	67
5.2	励磁と検出方法による試験プローブの分類	67
5.3	適用方法による試験プローブの分類	68
5.4	使用方法によるコイルの分類	70
5.4.1	単一方式	70
5.4.2	差動方式（自己比較方式）	71
5.4.3	標準比較方式	71
5.5	試験プローブの例	72
5.5.1	各種試験プローブ概要	72
5.5.2	その他の試験プローブ	72
5.6	試験に際して注意すべき事から	74
5.6.1	充填率	74
5.6.2	磁心（コア）	75
5.6.3	インピーダンス整合	76
5.6.4	端末効果	76
5.6.5	偏心	76
5.6.6	リフトオフ雑音	76
5.7	試験プローブの JIS 規格	77
6	渦電流探傷試験装置	79
6.1	渦電流探傷器	79
6.1.1	渦電流探傷器の構成と信号処理	79
6.1.2	発振回路	80
6.1.3	電力増幅回路	81
6.1.4	ブリッジ（平衡回路）	81
6.1.5	増幅回路	82
6.1.6	同期検波回路	84
6.1.7	移相回路	86

6.1.8	自動平衡回路	87
6.1.9	フィルタ回路	88
6.1.10	リジェクション回路	89
6.1.11	振幅弁別回路	90
6.1.12	表示装置 (ディスプレイ)	90
6.1.13	直流電源回路	90
6.2	附属装置	91
6.2.1	記録装置	91
6.2.2	送り装置及び心出し装置	91
6.2.3	マーキング装置	92
6.2.4	磁気飽和装置	92
6.2.5	脱磁装置	92
6.3	貫通プローブによる渦電流探傷装置	93
6.3.1	非磁性体用の渦電流探傷装置	93
6.3.2	強磁性体用の渦電流探傷装置	94
6.3.3	熱間の試験体に用いる渦電流探傷装置	94
6.4	上置プローブを用いた渦電流探傷装置	94
6.4.1	回転プローブ型渦電流探傷装置	94
6.4.2	マルチプローブ型渦電流探傷装置	95
6.4.3	試験体を回転する渦電流探傷装置	96
6.4.4	保守検査用携帯型渦電流探傷器	97
6.5	デジタル式渦電流探傷器	99
6.6	内挿プローブを用いた渦電流探傷装置	100
6.6.1	きず信号発生のプロセスと信号情報	100
6.6.2	多重周波数を用いた渦電流探傷装置	102
6.7	渦電流試験器の特性試験と管理	104
7	渦電流探傷試験方法	107
7.1	渦電流探傷試験の実施概要	107
7.1.1	貫通プローブを用いる試験方法	107
7.1.2	内挿プローブを用いる試験方法	107
7.1.3	上置プローブを用いる試験方法	107
7.1.4	試験の適用	107
7.1.5	探傷試験の実施手順	108
7.2	貫通プローブを用いた渦電流探傷試験	109
7.2.1	試験準備	109
7.2.2	前処理	109
7.2.3	装置の設置	109
	(1) 渦電流探傷試験装置	109
	(2) 対比試験片	110

7.2.4	探傷条件の設定	112
7.2.5	探傷試験の実施及び指示の確認	117
7.2.6	評価	117
	(1) 疑似指示	117
	(2) 再試験	118
	(3) 残留磁気と脱磁	118
7.2.7	報告書作成	120
7.3	内挿プローブを用いた渦電流探傷試験	121
7.3.1	試験の準備	121
	(1) 試験対象の確認	121
	(2) 試験プローブと試験方法の選定	121
7.3.2	前処理	127
7.3.3	装置の設置と対比試験片	127
	(1) 装置の設置	127
	(2) 対比試験片	127
7.3.4	試験条件の設定	128
	(1) 試験条件の予備検討	128
7.3.5	試験の実施	129
	(1) 検出信号の解析, 評価	129
	(2) 報告書の作成と試験記録の整理	133
	(3) 試験の後処理	133
	(4) 点検, 保守管理	133
7.4	上置プローブを用いた渦電流探傷試験	134
7.4.1	試験準備	134
7.4.2	前処理	134
7.4.3	装置の設置	134
7.4.4	探傷条件の設定	134
7.4.5	試験実施	138
7.4.6	評価	139
7.4.7	報告書作成	140
8	渦電流探傷試験の実際	141
8.1	鉄鋼材料の渦電流探傷試験	141
8.1.1	鋼管の渦電流探傷試験	141
	(1) 製造方法	141
	(2) 鋼管にみられるきず	142
	(3) 渦電流探傷試験方法	143
	(4) 渦電流探傷試験の実際	145
8.1.2	棒鋼・線材などの渦電流探傷試験	148
	(1) 製造方法	148

(2) 渦電流探傷試験の適用	149
(3) 渦電流探傷試験装置について	149
8.2 非磁性金属材料の渦電流探傷試験	152
8.2.1 銅及び銅合金管の渦電流探傷試験	152
(1) 銅及び銅合金管の種類	152
(2) 銅及び銅合金管のきず	152
(3) 銅及び銅合金管の渦電流探傷試験に用いられる試験プローブ	152
(4) 貫通プローブを用いた試験における試験条件の設定方法	153
(5) 渦電流探傷試験の適用例	155
8.2.2 アルミニウム及びアルミニウム合金管、棒の渦電流探傷試験	156
(1) アルミニウム及びアルミニウム合金管、棒の種類	156
(2) アルミニウム及びアルミニウム合金管、棒のきず	156
(3) アルミニウム及びアルミニウム合金管、棒に用いられる試験プローブ	156
(4) 渦電流探傷試験の適用例	156
8.2.3 ステンレス鋼管の渦電流探傷試験	157
(1) ステンレス鋼管の用途	157
(2) 継目無ステンレス鋼管のきずとプローブ	157
(3) 探傷装置	157
(4) 探傷事例	157
8.3 航空機整備における渦電流探傷試験	159
8.3.1 機体構造部の検査	159
8.3.2 航空機エンジン部品の検査	165
8.4 機械部品の渦電流探傷試験	169
8.4.1 機械部品への適用	169
8.4.2 渦電流探傷試験装置	171
8.4.3 検出波形ときず検出力	173
8.4.4 渦電流探傷による機械部品の自動検査	173
8.5 熱交換器伝熱管の保守検査	176
8.5.1 伝熱管の保守検査とは	176
8.5.2 検出対象となる伝熱管のきず	178
8.5.3 試験の実際	178
9 その他の電磁誘導試験	187
9.1 探傷試験以外の電磁誘導試験	187
9.1.1 材質試験	187
9.1.2 膜厚測定	190
9.1.3 電磁誘導式鉄筋探査器	190
9.2 その他の渦電流試験	191
9.2.1 リモートフィールド渦電流試験	191
9.2.2 磁気飽和型渦電流試験による鋼板の厚さ測定	192

9.2.3	パルス渦電流試験	192
9.2.4	炭素繊維強化プラスチックの渦電流試験	193
9.2.5	直流磁化を併用した渦電流試験による強磁性伝熱管の探傷	195
10	非破壊試験の管理システム	197
10.1	非破壊試験の目的, 問題点, 信頼性	197
10.1.1	非破壊試験の目的	197
10.1.2	非破壊試験の問題点	197
10.1.3	非破壊試験の信頼性確保の要素	198
10.2	試験方法の計画と文書化	198
10.2.1	試験方法・手順の種類	198
10.2.2	試験手順書の確立・維持管理	199
10.3	非破壊試験技術者の資格管理	199
10.3.1	資格認証制度の変遷	199
10.3.2	非破壊試験技術者の資格及び認定の概要	200
10.3.3	その他の非破壊試験技術者の認証規格	201
10.3.4	商取引における NDT 資格の要求	201
10.4	渦電流試験装置の管理	202
10.4.1	点検と検証	202
10.4.2	探傷試験装置の検証システムの流れ	202
10.4.3	国際統合化された探傷器, プローブ, システムの特性と検証	203
10.4.4	対比試験片	205
10.5	信頼性を確保する管理システム	205
11	非破壊試験関連規格と文書類	206
11.1	非破壊試験規格	206
11.1.1	規格の役割	206
11.1.2	規格の制定機関	206
11.1.3	非破壊試験規格の種類	207
11.1.4	製品規格と試験方法規格の適用	207
11.1.5	JIS における渦電流探傷試験規格	209
11.2	文書類	214
11.2.1	文書類の種類	214
11.2.2	NDT 仕様書	215
11.2.3	NDT 手順書	216
11.2.4	NDT 指示書	216
11.2.5	試験報告書	217
索引		218