

INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE	10
1.1. Storia del metodo	10
1.2. Descrizione scopo e limitazioni del metodo	11
1.3. Competenze e qualifica del personale	13
1.4. Ambiente e sicurezza	13
2. PRINCIPI FISICI E TEORIA DEL METODO	14
2.1. Campi magnetici	14
2.1.1 Cenni sul magnetismo	14
2.1.2 Materiali magnetici	15
2.1.3 Materiali ferromagnetici	15
2.1.4 Magneti permanenti	15
2.1.5 Poli magnetici	15
2.1.6 Campo magnetico e suoi effetti	17
2.1.7 Permeabilità magnetica	18
2.1.8 Dia-para-ferromagnetico	19
2.1.9 Leghe particolari	21
2.1.10 Circuiti elettrici	21
2.1.11 Corrente continua, alternata e raddrizzata	23
2.1.12 Campo magnetico generato da conduttore rettilineo e bobina	28
2.1.13 Magnetizzazione circonferenziale	32
2.1.13.1. Magnetizzazione diretta (sistema elettrico)	32
2.1.13.2. Magnetizzazione circonferenziale indiretta mediante conduttore centrale (sistema elettrico)	34
2.1.14 Determinazione della direzione, dell'intensità e della densità del flusso magnetico	35
2.1.15 Influenza del materiale sulle linee di forza	36
2.1.16 Curva di prima magnetizzazione	37
2.1.17 Misura dell'intensità del campo magnetico tangenziale	41
2.1.18 Temperatura di Curie	42
2.2 Flusso magnetico	42
2.3 Flusso magnetico disperso	43
2.3.1 Origine	43
2.3.2 Flusso magnetico disperso in prossimità di una discontinuità nel materiale	44

2.3.3	Flusso magnetico disperso fra due materiali con differente permeabilità magnetica	44
2.3.4	Flusso magnetico disperso in prossimità di repentini cambiamenti di sezione	45
2.3.5	Evidenziazione dei flussi magnetici dispersi con particelle magnetiche	45
2.3.6	Sensibilità di rilevazione in funzione dell'orientamento e della posizione della discontinuità rispetto alla direzione del flusso magnetico	46
3.	TECNICHE APPLICATIVE	47
3.1.	Tipi e tecniche di magnetizzazione	47
3.1.1.	Magnetizzazione longitudinale	47
3.1.2.	Magnetizzazione circonferenziale	48
3.1.3.	Magnetizzazione pluridirezionale	49
3.2.	Smagnetizzazione	49
3.2.1.	Generale	49
3.2.2.	Teoria della smagnetizzazione	50
3.2.3.	Mediante passaggio di corrente	51
3.2.4.	Mediante tunnel di smagnetizzazione	51
3.2.5.	Verifica dell'efficienza della smagnetizzazione	51
3.3.	Metodi d'esame	52
3.3.1.	Esame a magnetizzazione diretta o continua	52
3.3.2.	Esame a magnetizzazione residua	53
3.3.3.	Prospetto sistemi di magnetizzazione	53
4.	APPARECCHIATURE E ACCESSORI	54
4.1.	Magneti permanenti	54
4.2.	Gioghi elettromagnetici	54
4.3.	Generatori di corrente mobili	56
4.4.	Apparecchi di controllo fissi (bancali)	60
4.5.	Bobine, solenoidi e conduttore centrale	65
4.5.1.	Bobine fisse	65
4.5.2.	Solenoidi	67
4.5.3.	Bobina di Minden	68
4.5.4.	Spire con cavo adiacente e bobina formata da cavo flessibile	69
4.5.5.	Conduttori centrale	71
4.6.	Apparecchiature per la smagnetizzazione	73
4.7.	Dispositivi per evitare le bruciature	73
4.8.	Strumenti di misura, strumentazione di bordo e relative tarature	74
4.8.1.	Strumenti di misura	74
4.8.2.	Strumentazioni di bordo e relative tarature	75
4.9.	Impianti d'irrorazione e di comando delle apparecchiature	75
4.10.	Apparecchiature di controllo magnetoscopico meccanizzate o automatiche	76
4.11.	La manutenzione dei sistemi di controllo e delle apparecchiature	77

5. RIVELATORI	77
5.1. Generale	77
5.2. Rivelatori a secco	78
5.3. Rivelatore in sospensione liquida	79
5.4. Mezzi ausiliari e metodi per l'applicazione delle polveri a secco e dei rivelatori in sospensione liquida	80
5.4.1. Mezzi per applicare le polveri a secco	80
5.4.2. Mezzi per applicare i rivelatori a umido	80
5.5. Controllo della sensibilità di indicazione e della corretta preparazione del mezzo rivelatore	81
5.6. Illuminamento	84
5.6.1. Ergonomia visiva	84
5.6.2. Lampade a luce bianca e ultravioletta	84
5.6.3 Lampade LED	85
5.7. Scelta della granulometria e della colorazione delle particelle	85
5.8. Scelta del metodo a secco o di quello a umido	85
5.9. Sensibilità di rivelazione in funzione del tipo di particelle magnetiche impiegate	86
5.10. Scelta del rivelatore in funzione delle problematiche di controllo, tipi di discontinuità da rilevare e condizioni superficiali del pezzo	86
6. VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEI MEZZI DI CONTROLLO	86
6.1. Verifica dell'efficienza del campo magnetico	86
6.2. Campioni di riferimento con difetti artificiali per la verifica della direzione dimagnetizzazione	87
6.3. Verifica dell'efficienza della lampada di Wood	89
6.4. Verifica dell'illuminamento naturale e ambientale	90
7. VALUTAZIONE DELLE INDICAZIONI	90
7.1. Generale	90
7.2. Indicazioni false	91
7.3. Indicazioni spurie	91
7.4. Indicazioni vere	92
7.5. Valutazione dei risultati delle prove	92
7.6. Valutazione e registrazione delle forme, posizione, dimensioni e orientamento delle indicazioni rilevate	93
8. APPLICAZIONI	93
8.1. Saldature	93
8.1.1. Generale	93
8.1.2. Condizioni superficiali	94
8.1.3. Magnetizzazione	94
8.1.4. Verifica della magnetizzazione	94
8.1.5. Giogo magnetico	95
8.1.6. Puntali	97
8.1.7. Solenoide o spira	98

8.1.8.	Smagnetizzazione	100
8.1.9.	Difettologie	100
8.2.	Forgiati	100
8.2.1.	Generale	100
8.2.2.	Condizioni superficiali	101
8.2.3.	Magnetizzazione	101
8.2.4.	Verifica della magnetizzazione	102
8.2.5.	Forgiati a stampo chiuso	102
8.2.6.	Giogo magnetico e puntali	103
8.2.7.	Solenoide o spire	105
8.2.8.	Bobina di Minden	106
8.2.9.	Conduttore passante e spira passante	107
8.2.10.	Smagnetizzazione	108
8.2.11.	Difetti	108
8.3.	Fusioni	109
8.3.1.	Generale	109
8.3.2.	Condizioni superficiali	110
8.3.3.	Magnetizzazione	110
8.3.4.	Verifica della magnetizzazione	110
8.3.5.	Fusioni a cera persa e in terra fino 200 Kg	111
8.3.6.	Giogo e puntali	112
8.3.7.	Magnetizzazione multidirezionale	112
8.3.8.	Smagnetizzazione	113
8.3.9.	Difetti	113
8.4.	Tubi e barre	114
8.4.1.	Generale	114
8.4.2.	Condizioni superficiali	114
8.4.3.	Magnetizzazione	114
8.4.4.	Verifica della magnetizzazione	114
8.4.5.	Impianti	115
8.4.6.	Controllo delle testate dei tubi con giogo e puntali	117
8.4.7.	Magnetizzazione in fase d'esercizio	117
8.4.8.	Smagnetizzazione	118
8.4.9.	Difetti	118
8.5.	Particolari trattati termicamente	119
8.5.1.	Generale	119
8.5.2.	Condizioni superficiali	119
8.5.3.	Magnetizzazione	119
8.5.4.	Verifica della magnetizzazione	119
8.5.5.	Bancale fisso	119
8.5.6.	Smagnetizzazione	120
8.5.7.	Difetti	120
8.6.	Livelli d'accettabilità	121



9. NORMATIVE	121
9.1. Generale	121
9.1.1. Norme UNI EN ISO	121
9.1.2. UNI EN ISO 9934-1: Magnetoscopia principi generali	121
9.1.3. EN ISO 9934-2-Magnetoscopia- mezzi di rivelazione	133
9.1.4. UNI EN ISO 3059 Prove non distruttive- Esame con liquidi penetranti e controllo magnetoscopico- Condizioni di visione	135
9.1.5. UNI EN ISO-9934-3 Prove non distruttive-Parte 3- Apparecchiature	136
9.2. NORME ASME V	144
9.2.1. ARTICLE 7 MAGNETIC PARTICLE EXAMINATION (ARTICOLO 7 ESAME CON PARTICELLE MAGNETICHE)	144
10. REDAZIONE ISTRUZIONE SCRITTA PER I LIVELLI 1	147
11. QUESTIONARIO	150
12. BIBLIOGRAFIA	161
13. ELENCO NORMATIVE UNI EN ISO	162
14. ELENCO NORMATIVE ASME V ASTM	163
15. TERMINOLOGIA	164
16. VOCABOLARIO	164