

INDICE GENERALE

SIGLE ED ABBREVIAZIONI IN ORDINE PROGRESSIVO	8
UNITA' DI MISURA	9
1. PRINCIPI DELLA PROVA CON ULTRASUONI	10
1.1. Principio del metodo	10
1.2. Scopo e limitazioni del metodo mediante ultrasuoni	10
2. BASI FISICHE DEL METODO	11
2.1 Onde ultrasonore e loro forme elementari	11
2.1.1 Tipi di onde ultrasonore	14
2.1.2 Onde continue	14
2.1.3 Onde a impulsi	14
2.1.4 Onde longitudinali	14
2.1.5 Onde trasversali	15
2.1.6 Onde superficiali	15
2.1.7 Grandezze fisiche delle onde ultrasonore	17
2.1.8 Frequenza	17
2.1.9 Velocità di propagazione	19
2.1.10 Lunghezza d'onda	20
2.1.11 Pressione acustica	21
2.1.12 intensità acustica	21
2.1.13 Coefficienti di trasmissione e di riflessione	21
2.1.14 Frequenza di ripetizione degli impulsi (Pulse Repetition Frequency PRF)	23
2.1.15 Misura in decibel (dB)	25
2.2 Propagazione degli ultrasuoni.	26
2.2.1 Generazione del fascio ultrasonoro	26
2.2.2 Geometria del fascio ultrasonoro.	26
2.2.3 Rifrazione e conversione di modo	31
2.2.4 Diffusione	35

2.2.5	Assorbimento	38
2.2.6	Attenuazione	38
2.2.7	Riflessione e rifrazione delle onde ultrasonore incidenti non perpendicolarmente	39
2.2.8	Riflessioni in un tondo	39
2.2.9	Riflessione da un foro cilindrico all'interno di un manufatto a sezione quadrata	40
2.2.10	Riflessione da un grande riflettore	41
2.2.11	Riflessione da un piccolo riflettore	41
2.2.12	Accoppiamento su una superficie rugosa Rilevabilità di una discontinuità	41
2.2.13	Rilevabilità di una discontinuità	42
2.2.14	Influenza del mezzo d'accoppiamento	43
2.2.15	Mezzi d'accoppiamento speciali	44
3.	APPARECCHIATURE	45
3.1.	Composizione dell'apparecchiatura	45
3.2.	Sonde	45
3.3.	Effetto piezoelettrico	45
3.4.	Trasduttori elettrostrittivi	46
3.5.	Eccitazione dei trasduttori	46
3.6.	Segnale e spettro di frequenza di un trasduttore	47
3.7.	Cristalli speciali	47
3.8.	Sonde a fascio diritto (sonde normali)	48
3.9.	Sonde a fascio angolato (sonde angolato)	49
3.10.	Sonda doppia a emettitore e ricevitore separati	52
3.11.	Sonde a fascio diritto con linea di ritardo	54
3.12.	Sonde per alte temperature	54
3.13.	Sonde per immersione	55
3.14.	Sonde a ruota	56
3.15.	Caratteristiche delle sonde	57
4.	APPARECCHI A ULTRASUONI	58

4.1.	Generale	58
4.1.1.	Apparecchi a eco impulso analogici	58
4.1.2.	Apparecchi a eco impulso digitali	58
4.1.3.	Eccitazione del trasduttore	60
4.1.4.	Presentazione dello schermo	60
4.1.5.	Caratteristiche tecniche dell'apparecchiatura	62
4.1.6.	Dispositivi di misura del tempo di volo (misuratori di spessore)	68
5.	BLOCCHI DI TARATURA	70
5.1.	Blocchi per la regolazione del campo di misura	70
5.2.	Blocchi per la regolazione dei misuratori di spessore	71
5.3.	Regolazioni con il blocco N. 1	72
5.4.	Regolazione del campo di misura con sonda normale	72
5.5.	Regolazione del campo di misura con sonda doppia	74
5.6.	Regolazione del campo di misura con sonda angolata sul blocco N. 1	75
5.7.	Regolazione del campo di misura con sonda angolata sul blocco N. 2	77
5.8.	Verifica del punto d'uscita del fascio ultrasonoro e dell'angolo rifranto della sonda nell'acciaio sul blocco N. 1	79
5.9.	Verifica del punto d'uscita del fascio ultrasonoro e dell'angolo rifranto della sonda nell'acciaio sul blocco N. 2	80
5.10.	Verifica del potere risolutore con sonda a fascio diritto	81
5.11.	Regolazione del campo di misura con sonda a fascio diritto con linea di ritardo	82
5.12.	Verifica della linearità della base dei tempi	82
5.13.	Verifica della linearità dell'amplificazione	83
5.14.	Verifiche della durata dell'impulso	85
5.15.	Verifica del rapporto segnale rumore di fondo e sensibilità	86
5.16.	Stato fisico e aspetto esterno	87
5.17.	Regolazione del campo di misura con sonda miniaturizzata con linea di ritardo	87
6.	BLOCCHI DI RIFERIMENTO	88
6.1.	Premessa	88

6.2.	Definizione di grande riflettore_____	88
6.3.	Piccolo riflettore_____	90
6.4.	Blocchi di riferimento per le curve DAC_____	90
6.5.	Costruzione delle curve DAC con sonde a fascio diritto_____	92
6.6.	Correzioni di trasferimento con sonda diritta_____	93
6.7.	Costruzione delle curve DAC con sonde a fascio angolato su blocco con foro singolo_____	94
6.8.	Costruzione delle curve DAC con sonde a fascio angolato su blocco con 3 fori_____	94
6.9.	Costruzione delle curve DAC con sonde a fascio angolato su blocco con intaglio_____	96
6.10.	Correzioni di trasferimento con sonde angolate_____	96
6.11.	Scale o diagrammi AVG (o DGS)_____	97
6.12.	Scale AVG per le sonde a fascio diritto generate sull'apparecchio a ultrasuoni_____	102
6.13.	Scale AVG per le sonde a fascio angolato generate sull'apparecchio a ultrasuoni_____	103
7.	TECNICHE DI CONTROLLO_____	104
7.1.	Tecnica per trasmissione_____	104
7.2.	Tecnica tandem_____	105
7.3.	Tecnica per immersione_____	107
7.4.	Tecnica di controllo per echi multipli_____	108
7.5.	Tecnica PHASED ARRAY_____	109
8.	IMPIANTI AUTOMATICI_____	111
8.1.	Generale_____	111
8.2.	Impianti per vasche per immersione _____	111
8.3.	Impianto con parziale immersione del pezzo con gabbia rotante_____	112
9.	APPLICAZIONI_____	113
9.1.	Misura della velocità con gli ultrasuoni _____	113
9.1.1.	Misura della velocità per la classificazione delle ghise sferoiali_____	113
9.2.	Misure di spessore_____	114
9.2.1.	Generale_____	114
9.2.2.	Fattori, che influenzano la precisione delle misure_____	115

9.2.3.	Preparazione e addestramento del personale	116
9.2.4.	Misure di spessori su manufatti finiti	116
9.2.4.1.	Misure di spessore su lamiere di acciaio, alluminio	118
9.2.4.2.	Misure di spessore su lamierini e nastri	118
9.2.4.3.	Misure di spessore su tubi	118
9.2.4.4.	Misure di spessore di fusioni, stampati, forgiati, d'acciaio, di ghisa, d'alluminio	119
9.2.4.5.	Misura dello spessore residuo su particolari eserciti	119
9.3.	Controllo con ultrasuoni delle lamiere	120
9.3.1.	Generale	120
9.3.2.	Tipi di sonde	120
9.3.3.	Esecuzione della prova secondo EN 10160	120
9.3.3.1.	Regolazione dell'apparecchiatura	120
9.3.3.2.	Schema di scansione	121
9.3.3.3.	Referto di prova	122
9.4.	Controllo delle fusioni	122
9.4.1.	Generale	122
9.4.2.	Apparecchiature	123
9.4.3.	Regolazione dell'apparecchiatura	123
9.4.4.	Esecuzione della prova	125
9.4.5.	Norma UNI EN 12680-3: controllo mediante ultrasuoni- Parte 3 – Getti di ghisa a grafite sferoidale	130
9.5.	Controllo con ultrasuoni di stampati	133
9.6.	Controllo dei forgiati in acciaio	136
9.6.1.	Problematiche di controllo	136
9.6.2.	Esecuzione delle prove	138
9.6.3.	Difetti riscontrati con ultrasuoni	144
9.6.4.	Controllo di barre quadrate e tonde di acciaio e alluminio	147
9.6.5.	Norma UNI EN 10228-3: 2000 – Prove non distruttive dei fucinati in acciaio – Controllo con ultrasuoni dei fucinati d'acciaio ferritico o martensitico	149

9.7.	Controllo delle saldature	154
9.7.1.	Generale	154
9.7.2.	Controllo delle saldature a V	155
9.7.3.	Controllo delle saldature a bicchiere	162
9.7.4.	Controllo delle saldature a X asimmetriche e simmetriche	163
9.7.5	Controllo delle saldature a K	167
9.7.6.	Controllo delle saldature a cianfrino stretto	168
9.7.7.	Controllo di giunti saldati ad L	172
9.7.8.	Controllo dei giunti saldati a T	174
9.7.9.	Saldature con piastra di rinforzo	174
9.7.10.	Giunti di bocchelli	179
9.7.11.	Rilevazione delle cricche trasversali al cordone di saldatura	179
9.7.12.	Controlli preliminari	181
9.7.13.	Saldature per frizione	182
9.7.14.	Normative saldature: UNI EN ISO 17640	184
9.8.	Controllo dei tubi	188
9.9	Controlli di particolari eserciti	190
9.9.1.	Generale	190
9.9.2.	Controllo di assili e rulli	190
9.9.3.	Controllo di tiranti e prigionieri	193
10.	Questionario	197
11.	Bibliografia	211
ELENCO NORMATIVE ULTRASUONI		212
TERMINOLOGIA		215
VOCABOLARIO		215