

Controlli non Distruttivi..

Metodo Ultrasonico

Indice.

Parte I .

FISICA DEGLI ULTRASUONI.

Capitolo 1.

§	PROPRIETA' FISICHE FONDAMENTALI DEGLI ULTRASUONI.	Pag.
1.1	Introduzione	1
1.2	Onde ultrasoniche	
1.3	Parametri che caratterizzano la propagazione degli ultrasuoni	
1.3.1	Pressione acustica	5
1.3.2	Frequenza	6
1.3.3	Lunghezza d'onda	7
1.3.4	Velocità di propagazione	
1.3.5	Propagazione di un fascio di onde	8
1.4	Impedenza acustica caratteristica	11
1.5	Intensità	
1.6	Misure in <i>decibel</i>	

Capitolo 2.

FENOMENI RELATIVI ALLA PROPAGAZIONE DEGLI ULTRASUONI.

2.1	Introduzione	15
2.2	Il principio di <i>Huygens</i>	
2.3	Geometria del campo di irradiazione	16
2.4	Campo di irradiazione reale	22
2.5	Diagrammi polari del fascio US nel campo lontano	
2.6	Leggi della trasmissione e della riflessione	23
2.6.1	Riflessione e trasmissione	
2.6.2	Riflessione da strati sottili	26
2.6.3	Inversione di fase all'interfaccia tra due mezzi A e B	28
2.7	Rifrazione e conversione del modo	
2.8	Descrizione di alcuni fenomeni della rifrazione.	31
2.9	Grafici di particolare interesse relativi ai fenomeni di riflessione, rifrazione e conversione del modo	34
2.10	Diffusione e diffrazione	38
2.10.1	Diffusione da parte di un piccolo ostacolo	
2.10.2	Diffusione da parte di superfici rugose	39
2.10.3	Diffrazione da reticoli	
2.11	Attenuazione degli ultrasuoni nel passaggio attraverso un mezzo	42

Parte II.

APPARECCHIATURE PER CONTROLLI CON ULTRASUONI.

Capitolo 3.

§	GENERAZIONE DI ONDE ULTRASONICHE. TRASDUTTORI.	Pag.
3.1	Introduzione	48
3.2	Trasduttori piezoelettrici	
3.3	Trasduttori elettrostrittivi	50
3.4	Trasduttori magnetostrittivi	54
3.5	Eccitazione dei trasduttori	55
3.5.1	Modello elettrico equivalente.	
3.5.2	Segnale e spettro di frequenza di un trasduttore US	57
3.6	Tipi di trasduttori ultrasonici	59
3.6.1	Trasduttori per contatto a fascio normale	
3.6.2	Trasduttori per contatto a fascio inclinato	61
3.6.3	Trasduttori per contatto doppi (trasmittente e ricevente separate)	64
3.6.4	Trasduttori per il metodo di controllo US ad immersione.	65
3.6.5	Trasduttori per immersione a fascio focalizzato	66
3.6.6	Parametri caratteristici dei trasduttori per immersione	68

Capitolo 4.

GENERAZIONE DI ONDE ULTRASONICHE. APPARECCHI PER ULTRASUONI.

4,1	Introduzione	71
4.2	Metodo impulso-eco.	
4.2.1	Tubo a raggi catodici (TRC).	72
4.2.2	Generatore base-tempi	74
4.2.3	Generatore di impulsi	75
4.2.4	Sincronizzatore	76
4.2.5	Ricevitore	77
4.3	Dispositivi aggiuntivi	79
4.3.1	Allarme automatico	
4.3.2	Compensazione distanza-ampiezza (DAC)	80
4.4	Soppressore a soglia.	
4.5	Metodo di misura del tempo di transito	
4.6	Metodo di misura della frequenza	82
4.7	Misure di spessore con ultrasuoni	83
4.7.1	Metodo impulso-eco	
4.7.2	Metodo a risonanza	85
4.8	Presentazione del segnale US	86
4.8.1	Presentazione A	
4.8.2	Presentazione B	87
4.8.3	Presentazione C	88
4.8.4	Moderne realizzazioni della presentazione del segnale US	89

Parte III.

APPLICAZIONI STRUMENTALI DEGLI ULTRASUONI

Capitolo 5.

§	TECNICHE DI CONTROLLO ULTRASONICO PER CONTATTO.	Pag
5.1	Tecniche di controllo ultrasonico	92
5.2	Tecnica per riflessione	
5.3	Tecniche per echi multipli	95
5.4	Controllo US di strati sottili mediante trasduttore doppio	97
5.5	Controllo di lamiere per echi multipli	
5.6	Fenomeno degli <i>echi spuri</i>	98
5.6.1	Echi spuri prodotti in un solido parallelepipedo	
5.6.2	Echi spuri prodotti nell'esame radiale su tondi	99
5.6.3	Echi spuri prodotti da un foro prossimo ad una superficie laterale	100
5.7	Tecnica US con fascio <i>inclinato</i> (angolato) per controllo US di manufatti	101
5.8	Controllo di giunti saldati mediante fascio US inclinato	103
5.9	Controllo di un giunto mediante US	104
5.10	Taratura delle scale per il controllo delle saldature	105
5.11	Localizzazione delle discontinuità	106
5.12	Tecnica a <i>tandem</i> per il controllo di saldature di grande spessore	108
5.13	Controllo dell'accoppiamento acustico di un trasduttore a fascio inclinato	
5.14	Controllo US di giunti saldati a T	109
5.15	Controllo di fucinati	110
5.16	Controllo US di grossi alberi con flangia fucinati	111
5.17	Controllo US assiale di alberi lavorati	

Capitolo 6.

TECNICHE DI CONTROLLO ULTRASONICO PER IMMERSIONE ED ALTRE TECNICHE SPECIFICHE.

6.1	Metodo per immersione	113
6.2	Sistemi a colonna d'acqua	117
6.3	Trasduttori a rullo	
6.4	Trasduttori a colonna d'acqua	118
6.4.1	Tecnica con pattino ad acqua fluente	
6.4.2	Tecnica con <i>squirter</i>	119
6.5	Tecnica <i>delta</i>	120
6.6	Controllo di pezzi a geometria cilindrica	121
6.7	Controllo di corpi cilindrici cavi con fascio US inclinato	122
6.8	Regolazione pratica dell'angolo di incidenza	123
6.9	Analisi della purezza degli acciai mediante US	124
6.10	Sistemi automatici per il controllo US di prodotti lunghi	125
6.11	Sistemi US a <i>gabbia rotante</i>	126
6.12	Controllo delle caratteristiche dei materiali in base alla velocità acustica	127
6.12.1	Misura della velocità acustica	128
6.12.2	Misura della velocità acustica (in fascio largo)	
6.12.3	Metodo interferometrico	129
6.12.4	Metodo della porta di coincidenza	130
6.13	Determinazione delle costanti elastiche dei materiali	
6.14	Determinazione del grado di sferoidizzazione delle <i>ghise sferoidali</i>	131
6.15	Determinazione della profondità delle discontinuità per mezzo della tecnica cosiddetta <i>time of flight diffraction</i> (T.O.F.D)	132
6.16	Controllo US dall'interno di alberi cavi	134

Parte IV.

BLOCCHI DI CALIBRAZIONE E RIFERIMENTO.

Capitolo 7.

CALIBRAZIONE E TARATURA DELLE APPARECCHIATURE ULTRASONICHE.

§		Pag.
7.1	Introduzione	136
7.2	Valutazione dell'efficienza del sistema apparecchio-cavo-trasduttore	
7.3	Calibrazione e taratura di un apparecchio US	137
7.4	Metodologie per la valutazione dell'entità delle discontinuità.	
7.4.1	Valutazione dell'entità del <i>grande riflettore</i>	
7.4.2	Valutazione dell'entità del <i>piccolo riflettore</i>	138
7.4.2.1	Metodo del rapporto eco discontinuità/eco di fondo (<i>Metodo del K</i>)	
7.4.2.2	Metodo con riferimento a blocchi campione con foro circolare piano come riflettore (per fascio US normale)	140
7.4.2.3	Serie di blocchi campione <i>area-ampiezza</i>	141
7.4.2.4	Serie di blocchi campione <i>distanza-ampiezza</i>	
7.4.2.5	Serie di base	143
7.4.2.6	Relazione <i>area-ampiezza</i>	
7.4.2.7	Relazione <i>distanza-ampiezza</i>	144
7.5	Curva correzione distanza-ampiezza (<i>Distance Amplitude Correction curve</i>)-	145
7.6	Variazione del livello di severità utilizzando la stessa curva DAC	147
7.7	Metodo con riferimento a blocchi campione per fascio US inclinato	148
7.7.1	Taratura dell'asse dei tempi (scala orizzontale) mediante echi multipli	149
7.7.2	Taratura della scala orizzontale impiegando un fascio US inclinato	150
7.7.3	Verifica dell'angolo β del fascio US per un trasduttore a fascio inclinato	151
7.8	Altre verifiche col blocco campione IIW	
7.9	Blocco campione IIW miniaturizzato (Blocco V2)	152
7.10	Blocco campione A3 (secondo la BS 2704)	154
7.11	Blocco campione NAVSHIPS	155
7.12	Blocchi campione per misure di spessore	
7.13	Altri tipi di blocchi campione	156
7.14	Curve AVG	157
7.15	Impiego delle curve AVG per determinare l'entità delle discontinuità	162
7.16	Determinazione del coefficiente di attenuazione α mediante le curve AVG	163
7.17	Determinazione dell'entità delle discontinuità mediante le curve AVG, tenendo conto dell'attenuazione del materiale	165

Parte V .

CARATTERIZZAZIONE DELLE APPARECCHIATURE PER CONTROLLI ULTRASONICI.

Capitolo 8.

CARATTERIZZAZIONE DEI TRASDUTTORI ULTRASONICI.

8.1	Introduzione	167
8.2	Trasduttori per contatto	
8.2.1	Punto di emissione per trasduttori US a fascio inclinato	168
8.2.2	Angolo di emissione per trasduttori US a fascio inclinato	
8.3	Profilo del fascio US.	170
8.3.1	Trasduttori a fascio normale per onde longitudinali	
8.3.2	Trasduttori US a fascio inclinato	173
8.4	Determinazione della frequenza fondamentale dell'impulso US	179
8.5	Durata di un impulso US	180

8.6	Campo prossimo N (<i>near field</i>)	181
8.7	Allineamento del fascio US . (angolo di sghembo- <i>squint angle</i>)	183
8.8	Potere risolutore trasversale (o angolare)	185
8.9	Trasduttori per immersione	186
8.10	Profilo del fascio US	187
8.11	Parametri del campo di irradiazione per un trasduttore focalizzato	189
8.12	Allineamento del fascio US (angolo di <i>sghembo</i> o di <i>squint</i>)	191
8.13	Metodi alternativi per l'analisi del fascio US	
8.13.1	Analisi quantitativa del fascio US mediante <i>sonda elettrodinamica</i>	
8.13.2	Altri metodi di analisi	192

Parte V .

CARATTERIZZAZIONE DELLE APPARECCHIATURE PER CONTROLLI ULTRASONICI.

Capitolo 9 .

CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEGLI APPARECCHI ULTRASONICI.

§		Pag.
9.1	Introduzione	194
9.2	Linearità orizzontale	195
9.3	Linearità verticale	197
9.4	Rapporto segnale-disturbo	198
9.5	Potere risolutore vicino (zona morta)	199
9.6	Potere risolutore lontano	200
9.7	Sensibilità	205
9.8	Penetrazione massima	

Bibliografia generale. 207

Bibliografia di riferimento.

Indice analitico. 208

Appendici.

Appendice A .		
Velocità di propagazione di un impulso		212
Appendice B		
Campo di irradiazione di un trasduttore circolare piano		214
Appendice C		
Divergenza del campo d'irradiazione		216
Appendice D		
Ordine di grandezza dell'ampiezza di oscillazione		217
Appendice E		
Espressione analitica di un'onda elastica piana		218
Importanti parametri relativi alla propagazione delle onde elastiche		219
Formule di riflessione e di trasmissione		220
Intensità del fascio US		222
Appendice F		
Legge di rifrazione		224
Appendice G		
Norme di tipo generale metodologico		225
Norme di prodotto.		226