



GILARDONI

DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' RIVELATORE ULTRASONORO NDT

CONFORMITY STATEMENT NON DESTRUCTIVE TESTING FLAW DETECTOR

La GILARDONI S.p.A. dichiara sotto la propria esclusiva responsabilità che il prodotto:
GILARDONI S.p.A. declares under its own exclusive responsibility that the unit:

Modello: RDG600
Model

Matricola: I003481
Serial number

Software: V2.50 18 Luglio 2008

Help: help_IT_V2_31.hex

Batteria modello GB600
Battery model

Matricola batteria B003275
Serial number

Caricabatteria modello CB600
Battery charger model

Matricola caricabatteria 0911/13
Battery charger serial number

ha superato le prove di verifica previste dai propri documenti normativi armonizzati con le:
has passed the inspection test foreseen by its own testing documents complying with standards:

EN 12668 Parte 1

utilizzando strumentazione verificata a cura del servizio di calibrazione interno, sulla base degli strumenti primari certificati SIT

testing with instrumentation verified by its own internal calibration department, based on primary instruments SIT certified

Certificato SIT: 322439
SIT certificate

del: 03/08/2005
issued on

Validità al: 03/08/2010
expiring on

Dichiarazione N° 4854
Declaration N°

Approvato da:
Approved by

in data 14.07.2009
on



S.p.A. • APPARECCHIATURE RADIOLOGICHE E NUCLEARI

Cap. Soc. Int. Vers. € 4.800.000,00
R.E.A. Milano 503452
R.I. MI - C.F. e P.IVA 0073400151
Sede e negozio di vendita 20124 MILANO
Piazza Luigi di Savoia, 28
Telefoni: (+39) 02 669.05.38
(+39) 02 669.07.37
Direzione e stabilimento 23826 MANDELLO DEL LARIO (LC)
Via Arturo Gilardoni, 1
Tel. (+39) 0341 705.111 pluri linee ra.
Telefax (+39) 0341 73.50.46
e-mail: gx@gilardoni.it
sito web: www.gilardoni.it
Filiale 00162 ROMA - Via dei Foscari, 7
Telefoni: (+39) 06 442.907.17
(+39) 06 442.912.38
Telefax: (+39) 06 442.912.94
Laboratori di ricerca Riconosciuti "Altamente Qualificati"
con D.M. 9-10-1985 - l. 46/82 art. 4
Azienda Certificata
ISO 9001:2000 ISO 13485:2003

**MODULO DI ACCETTAZIONE
INSTALLAZIONE E COLLAUDO
INSTALLATION AND ACCEPTANCE TEST FORM**

DATA/DATE.....

CLIENTE/CLIENT.....

INDIRIZZO/ADDRESS.....

IMPIANTI TIPO/DEVICE TYPE.....
.....
.....

Matr./Serial N°.....

Collaudo è stato effettuato da/Acceptance test carried out by:

PER IL CLIENTE/FOR CLIENT ⁽¹⁾.....
.....

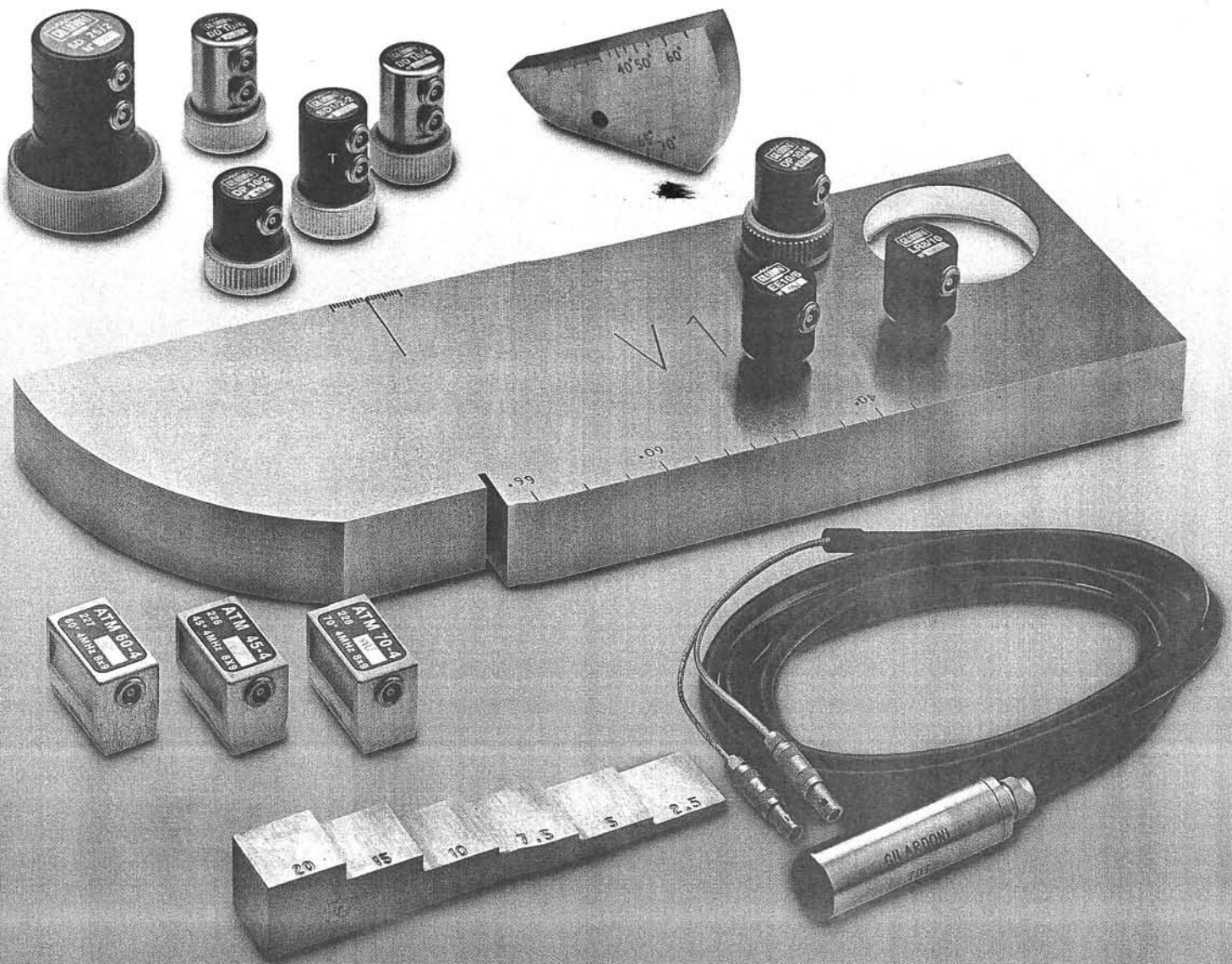
PER LA « GILARDONI S.p.A. »/FOR « GILARDONI S.p.A. ».....
.....

FIRMA DEL TECNICO
TECHNICIAN'S SIGNATURE

FIRMA E TIMBRO DEL CLIENTE
CLIENT'S SIGNATURE AND STAMP

(1) nome e qualifica: persona autorizzata all'Ente
name and qualification: representative

ULTRASONIC PROBES



GILARDONI

INTRODUZIONE

Le sonde di produzione Gilardoni inserite nel presente catalogo sono studiate per l'applicazione nel settore dei controlli non distruttivi dei materiali e sfruttano il fenomeno della piezoelettricità di piastrine ceramiche. Le sonde sono progettate per garantire, nel rispetto della massima sicurezza, un elevato rapporto segnale rumore e buona ergonomia d'impugnatura.

Le sonde di serie utilizzano connettori BNC o LEMO della serie 00, ma su richiesta del cliente Gilardoni è disponibile a realizzare le stesse con i connettori LEMO 1. Per le sonde speciali il connettore varia a seconda della dimensione della sonda e dell'applicazione cui essa è associata.

SONDE DI SERIE

La produzione Gilardoni di serie, prevede per le sonde ultrasonore una gamma di diametri e frequenze in grado di soddisfare tutte le esigenze di controllo, rendendo disponibili:

Sonde diritte a contatto per esami che prevedono il contatto diretto sonda-pezzo, con la possibilità di scegliere tra superfici in allumina o con protezione a membrana e ghiera, per la protezione dall'usura e la facilitazione dell'accoppiamento acustico per superfici a rugosità contenuta.

Sonde doppie diritte per misure di spessore e ricerca difetti prossimi alla superficie di contatto. La riduzione della zona morta, unitamente alla focalizzazione ed elevata risoluzione indicano le sonde doppie per la ricerca di corrosioni, difetti prossimi alla superficie, sdoppiature e impieghi di misurazione di spessore. Per alcune sonde è previsto l'impiego di membrana protettiva removibile ed attacco a ghiera.

Sonde angolate a contatto con angoli di trasmissione in acciaio variabili da 35° a 70°. Particolarmente indicate nel controllo dei giunti saldati e saldature in genere, offrono una buona gamma di dimensione dei cristalli ed una buona risoluzione. La produzione di serie rende disponibili sonde monolitiche combinabili con zoccoli ad angolo variabile.

Sonde doppie angolate per l'esame in onde trasversali (T) o longitudinali (L) per la ricerca di difettosità prossime alla superficie in acciai ferritici o austenitici.

INTRODUCTION

The Gilardoni probes in this catalogue have been designed for non destructive testing of materials and make use of the piezoelectric properties of ceramic plates. The probes have been designed to guarantee a high signal to noise ratio and good ergonomics for the user, while maximizing safety.

Standard probes use BNC or LEMO 00 series connectors, but upon request Gilardoni can manufacture the same articles with LEMO 1 connectors. For special probes the connector varies according to the size of the probe and its application.

STANDARD PROBES

Gilardoni standard products include ultrasonic probes with a range of diameters and frequencies that meet all inspection requirements:

Contact straight beam probes for tests involving direct probe-piece contact. These probes can be selected with surfaces in alumina or with membrane and threaded ring protection against wear and tear and for ease of sound combination for almost smooth surfaces.

Straight twin crystal probes to measure thicknesses and detect flaws near the contact surface. Dead zone reduction and high-resolution focus make twin probes ideal for detecting corrosion, flaws near the surface, split ends and for thickness measurements. Some probes come with a removable protective membrane and threaded ring.

Contact angle beam probes with steel transmission angles from 35° to 70°. Particularly useful for checking welded joints and welds in general. They offer a good range of crystal sizes and good resolution. Standard products include monolithic probes that can be combined with variable angle wedges.

Twin angle beam probes for inspection with transversal waves (T) or longitudinal waves (L) to detect faults near the surface in ferritic or austenitic steels.

SONDE DIRITTE A CONTATTO

Le sonde diritte a contatto Gilardoni operano in un campo di frequenze variabili da 0,5MHz a 10MHz con diametri da 6mm a 40mm. Trovano impiego in quelle indagini che per tipologia di materiale e geometria richiedono un contatto diretto tra il trasduttore ed il prodotto in esame. Laddove le caratteristiche superficiali di rugosità incrementano l'usura della superficie di contatto, Gilardoni rende disponibili due soluzioni per prolungare la vita operativa del proprio prodotto.

Le sonde diritte della gamma DP sono concepite per impiegare una protezione in materiale antiusura ad elevata trasparenza ultrasonora, da interporre e trattenerne mediante una ghiera con fissaggio a vite: la protezione è rinnovabile.

Le sonde SBD sono protette mediante uno strato in allumina che, stanti le proprie caratteristiche di durezza, prolunga la vita operativa del trasduttore sottostante.

A differenza delle sonde con protezione elastica DP, quelle con protezione in allumina non possono essere rigenerate con una semplice sostituzione.

Nella Tabella sono elencate le sonde diritte a contatto con alcune caratteristiche geometriche ed ultrasonore.



CONTACT STRAIGHT BEAM PROBES

Gilardoni contact straight beam probes work in a frequency field range from 0.5MHz to 10MHz and have diameters from 6mm to 40mm.

They are used in tests that, because of the type of material and geometry, call for direct contact between the transducer and the item being tested.

When contact surface roughness increases

wear and tear, Gilardoni offers two alternatives for increasing the working life of its products.

Straight soft faced probes in the DP range can be fitted with an anti-wear material protection with a high level of ultrasonic transparency, fastened with a screw-on ring.

This protection layer can be renewed.

SBD probes are protected by a layer of alumina that, due to its characteristic hardness, prolongs the

working life of the transducer it covers.

Unlike probes with DP elastic protection, those in alumina cannot be regenerated by simply replacing the protection.

The table below lists contact straight beam probes with their geometric and ultra-sound characteristics.

TIPO MODEL		FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL mm	DIMENSIONI DIMENSIONS mm
DP 35/0,5	*	0,5	35	Ø 40 X 35
DP 25/1	*	1,0	25	Ø 45 X 55
DP 25/2	*	2,0		
DP 25/4	*	4,0		
DP 10/2	*	2,0		
DP 10/4	*	4,0	10	Ø 15 X 30
DP 10/6	*	6,0		
EE 10/6	*	6,0		
SBD 10/2		2,0		
SBD 10/4		4,0	20	Ø 20 X 50
SBD 20/2		2,0		
LR 8/10		10,0	8	Ø 14 X 25

DP Sonda Diritta con Protezione
Straight soft faced probe

SBD Sonda Blindata Diritta
Waterproof straight beam probe

EE Sonda Diritta ECO-ECO
ECO-ECO straight probe

LR Sonda con Linea di Ritardo
Delay line straight beam probe

* Sonda con protezione
Soft faced probes

ULTRASONIC PROBES

SONDE DIRITTE DOPPIE

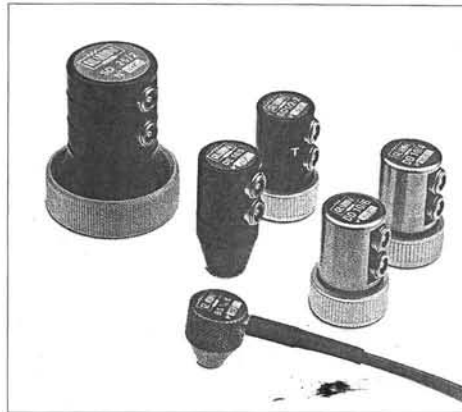
Le sonde diritte doppie Gilardoni sono indicate per la conduzione degli esami defectologici e di spessimetria dove è richiesta una elevata risoluzione nelle zone prossime alla superficie di contatto. L'elevata risoluzione laterale permette una ottima misurazione del tempo di volo con specifici vantaggi in occasione di superfici corrose.

Le sonde diritte doppie Gilardoni utilizzano nella nuova veste i connettori LEMO della serie 00, sia direttamente sul corpo, sia al termine del cavo quando le proprie dimensioni ridotte ne impediscono l'alloggiamento sull'involucro esterno.

La temperatura di utilizzo delle sonde diritte è normalmente limitata ai 60°C: per prove in temperatura e con l'impiego di opportune paste ad elevata resistenza, Gilardoni rende disponibile la sonda TDT, opportunamente concepita per offrire una maggiore resistenza al calore, fino a temperature limite di 400°C.

Con Riferimento alla tabella, le sonde evidenziate con la lettera T nella seconda colonna sono indicate per la misurazione di spessore e quindi per gli spessimetri Gilardoni della serie DG.

Le sonde doppie di serie Gilardoni sono certificate secondo la normativa europea EN 12668 - part 2 e corredate di curve ADA (AWG) come da pubblicazione P131 edita da Gilardoni S.p.A.



STRAIGHT TWIN CRYSTAL PROBES

Gilardoni straight twin crystal probes are ideal for flaw detection and thickness measurements calling for high resolution in areas close to the contact surface. The high lateral resolution enables excellent measurement of time of flight with special advantage on corroded surfaces.

New production Gilardoni straight twin crystal probes use LEMO 00 series connectors, either directly on the body or at the end of the cable when the small size of the probe prevents positioning on the external cover.

Straight probes normally have a maximum use temperature of 60°C.

For high-temperature inspections Gilardoni offers its

TDT probe especially designed to withstand greater heat. The TDT probe, used with specific high heat resistance pastes, can work at temperatures of up to 400°C.

In the table below the probes marked with a T in the second column can be used for thickness measurements and therefore for the Gilardoni DG series thickness gauges.

Gilardoni standard twin probes are certified in compliance with European standard EN 12668 - part 2 and are provided with ADA (AWG) curve as per publication P131 released by Gilardoni S.p.A.

TIPO MODEL		FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL mm	DIMENSIONI DIMENSIONS mm
BS 1/4"-6	T	6,0	6	Ø 18x24
EE 10/6	T		25	Ø 20x25
DD 10/6				Ø 25x37
DG 10/4	T	4,0	10	Ø 25x37
DD 10/4				Ø 25x37
TDT	T			Ø 16x55
DE**	T			Ø 20x42
DM 10/6		6,0		Ø 20x25
SD 1/2"-2		2,0	12,8	Ø 25x40
SD 25/2			25	Ø 45x55
SD 25/4				Ø 45x55

BS Bassi Spessori
Low thickness transducer

DM Doppia Miniatura
Straight double transducer miniature

SD/DD Sonda Doppia
Double crystal transducer

DE Trasduttore Doppio per tecnica Eco-Eco
Double transducer for echo-echo method

TDT Trasduttore Doppio alta Temperatura
Double transducer high temperature

EE Sonda Diritta ECO-ECO
ECO-ECO straight probe

**Verniciati con solo DG40B - Painted surfaces with only DG40B unit

SONDE ANGOLATE

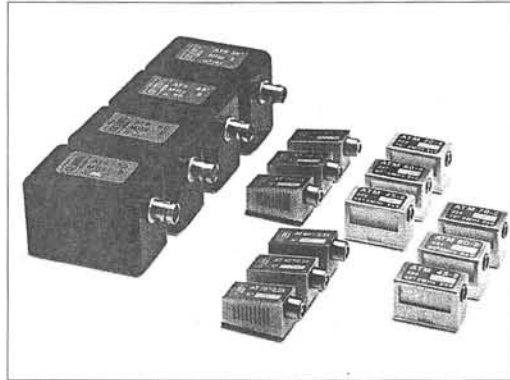
Le sonde angolate sono particolarmente indicate per tutti quei controlli che richiedono una trasmissione del fascio ultrasonoro inclinato rispetto alla perpendicolare della superficie di contatto. Il controllo di saldature su strutture piane o circolari, la ricerca di cricche o difettosità orientate richiedono l'impiego di sonde angolate.

Le sonde angolate Gilardoni hanno una vasta gamma di dimensioni del cristallo ultrasonoro e, nelle frequenze di 2 e 4 MHz consentono, grazie alle elevate sensibilità e potere risolutivo, di procedere alla maggior parte dei controlli richiesti.

Tutte le sonde angolate di serie Gilardoni sono in onde trasversali: qualora il controllo richieda onde longitudinali o superficiali è possibile studiare e realizzare trasduttori che soddisfino i requisiti più esigenti mediante soluzioni speciali.

Le sonde angolate sono concepite in modo da poter accogliere una soletta di accoppiamento sostituibile: ciò consente un prolungamento della vita del trasduttore.

Dotate di impugnatura ergonomica le sonde angolate Gilardoni di serie sono disponibili con angoli di rifrazione in acciaio variabili da 35° a 70°.



SHEAR WAVE ULTRASONIC PROBES

Shear wave ultrasonic probes are particularly useful for all inspections that call for transmission of the ultrasonic wave in a curve in relation to the perpendicular of the contact surface. Inspecting welds on flat or circular structures, detection of cracks or unfavorably oriented flaws requires shear wave ultrasonic probes.

Gilardoni shear wave ultrasonic probes have a wide range of ultrasonic crystal sizes and with their high sensitivity and resolution in 2 and 4MHz frequencies, allow most types of inspections.

All standard Gilardoni shear wave ultrasonic probes are in transversal waves. If a test

requires longitudinal or surface waves, Gilardoni can design and produce transducers to meet the most demanding situations.

Shear wave ultrasonic probes have been designed to be fitted with a replaceable coupling shoe which lengthens the life of the transducer.

Equipped with ergonomic grip, standard Gilardoni shear wave ultrasonic probes are available with steel refraction angles ranging from 35° to 70°.

TIPO MODEL	FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL mm	ANGOLO ANGLE
ATS 35/2	2,0	20X22	35°
ATS 45/2			45°
ATS 60/2			60°
ATS 70/2			70°
AT 45/2,25	2,25	12X12	45°
AT 60/2,25			60°
AT 70/2,25			70°
AT 45/4	4	12X12	45°
AT 60/4			60°
AT 70/4			70°
ATM 35/2	2,0	8X9	35°
ATM 45/2			45°
ATM 60/2			60°
ATM 70/2			70°
ATM 35/4	4,0	8X9	35°
ATM 45/4			45°
ATM 60/4			60°
ATM 70/4			70°

ATS Angolata Trasversale Standard
Shear wave standard probe

AT Angolata Trasversale
Shear wave probe

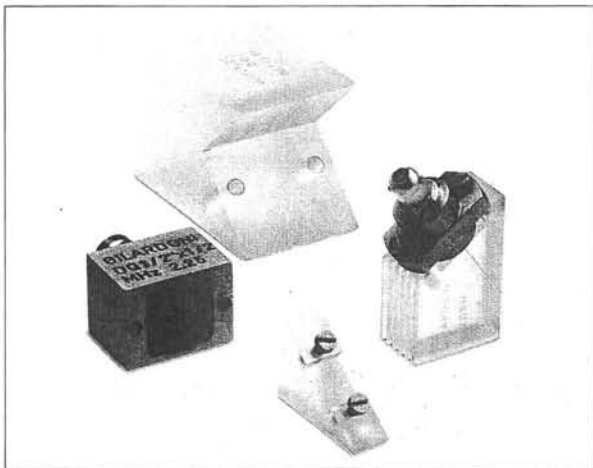
ATM Angolata Trasversale Miniatura
Shear wave miniaturized probe

ULTRASONIC PROBES

SONDE ANGOLATE CON ZOCCOLO INTERCAMBIABILE

Le sonde Gilardoni della serie DQ e DSM sono trasduttori ultrasonori monolitici, concepiti per operare singolarmente come sonde piane o, accoppiati a zoccoli della serie ZDQ e ZDSM come angolate.

La gamma di prodotto varia da frequenze di 1MHz a 5MHz con diametri attivi della piastrina variabili da 1" a 1/4".



ZOCCOLI INTERCAMBIABILI REPLACEABLE WEDGES

TIPO MODEL	FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL axbxc mm
ZDQ 1"x1"	45	45 X 42 X 40
	60	57 X 42 X 40
	70	42 X 42 X 40
ZDQ1/2"x1/2"	45	50 X 30 X 35
	60	
	70	
ZDSM 10	45	32 X 22 X 13
	60	
	70	
ZDSM 1/4"	45	30 X 18 X 9
	60	
	70	

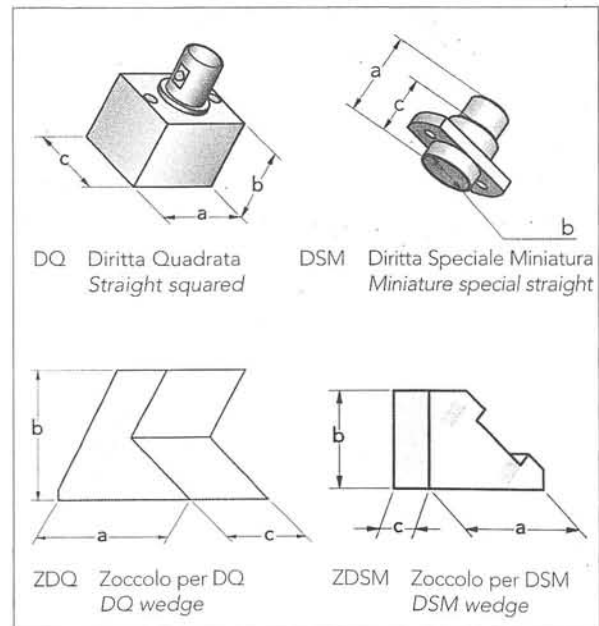
ANGLE BEAM PROBES WITH REPLACEABLE WEDGES

DQ and DSM series Gilardoni probes are monolithic ultrasonic transducers. They are designed to work either separately as planar probes or with ZDQ and ZDSM series wedges as angle beam probes.

The probes range from frequencies of 1MHz to 5MHz with active plate diameters varying from 1" to 1/4".

SONDE MONOLITICHE MONOLITHIC PROBES

TIPO MODEL	FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL axc mm
DQ 1"x1"-1	1	25,6X25,6
DQ 1"x1"-2,25	2,25	
DQ1/2"x1/2"-1	1	12,8X12,8
DQ1/2"x1/2"-2	2	
DQ1/2"x1/2"-4	4	
DSM 10/2	2	Ø 10
DSM 10/4	4	Ø 6,4
DSM 1/4"-4	5	

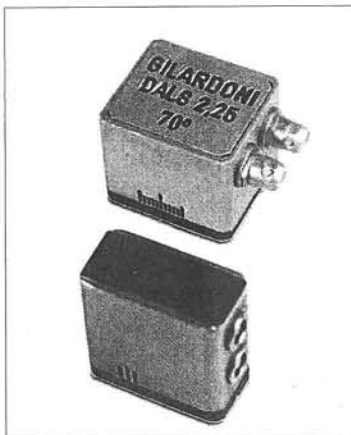


SONDE DOPPIE ANGOLATE

Le sonde doppie angolate Gilardoni sono realizzate in modo da poter operare con onde trasversali (DATM e DATS) o onde longitudinali (DALM e DALS).

Le sonde in onde longitudinali vengono impiegate in occasione di esami di materiali austenitico e per la ricerca di cricche sotto lo strato di placcatura dei metalli, mentre le sonde in onde trasversali trovano impiego su acciai ferritici per la ricerca di indicazioni prossime alla superficie.

Le sonde doppie angolate sono disponibili in due formati, in funzione della dimensione dei cristalli e quindi della quantità di energia ultrasonora richiesta: per entrambe le versioni si utilizzano i connettori LEMO della serie 00.

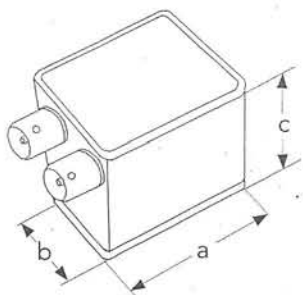


DOUBLE TRANSDUCERS ANGLE BEAM PROBES

Gilardoni double transducers angle beam probes permit work with shear waves (DATM and DATS) or with longitudinal waves (DALM and DALS).

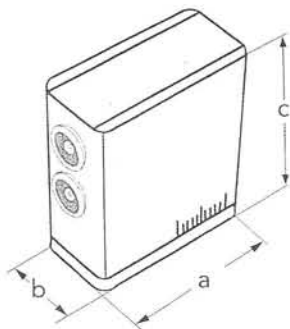
The longitudinal wave probes are used for the inspection of austenitic materials and for the detection of cracks under the layer of plating on metals, while transversal wave probes are used on ferritic steel for detection close to the surface.

Double transducers angle beam probes are available in two formats, depending on the size of the crystals and therefore on the quantity of ultrasonic energy required: LEMO series 00 connectors are used for both versions.



DALS Doppia Angolata Longitudinale Standard
Double transd. angled compressional waves standard

DATS Doppia Angolata Trasversale Standard
Double transd. angled shear waves standard



DALM Doppia Angolata Longitudinale Miniatura
Miniaturized double transd. angled compressional waves

DATM Doppia Angolata Trasversale Standard
Miniaturized double transd. angled shear waves

TIPO MODEL	FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL axb mm
DALS 45/2,25	2,25	10X12
DALS 60/2,25		
DALS 70/2,25		
DATS 45/2,25		
DATS 60/2,25	4,0	5X12
DATS 70/2,25		
DALM 45/4		
DALM 60/4		
DALM 70/4	4,0	5X12
DATM 45/4		
DATM 60/4		
DATM 70/4		

ULTRASONIC PROBES

SONDE AD IMMERSIONE

Le sonde ad immersione prodotte da Gilardoni operano in un'ampia gamma di frequenze (da 1MHz a 10MHz) con dimensione delle piastrine da 1/4" (pari a 6,4mm) a 25mm.

Concepite per l'impiego in condizioni ambientali critiche, sono realizzate con corpo in AISI e munite di connettori BNC o UHF a tenuta per il mantenimento delle migliori condizioni di trasmissione del segnale.

Le sonde ad immersione sono disponibili nelle configurazioni:

BDN Sonda piana

BDFP Sonda focalizzata a punto

BDFL Sonda focalizzata in linea

La produzione di serie è raccolta nella tabella sottostante, ma condizioni particolari possono essere realizzate nel campo delle sonde speciali, specificando le caratteristiche tecniche richieste. In taluni casi le sonde ad immersione sono realizzate con uscita cavo di dimensione opportuna con terminale connettore BNC o LEMO delle serie 00, 1 e 2.



IMMERSION ULTRASONIC PROBES

Gilardoni immersion ultrasonic probes work in a wide range of frequencies (from 1MHz to 10MHz) with plates measuring from 1/4" (6.4mm) to 25mm.

Designed for use under difficult environmental conditions, the probes have AISI bodies and are fitted with BNC or UHF sealed connectors to maintain optimal signal transmission conditions.

Immersion ultrasonic probes are available in the configurations:

BDN Straight probe

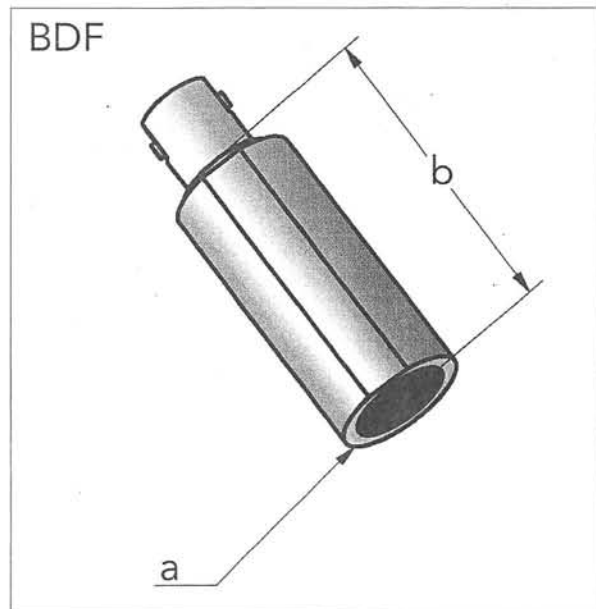
BDFP Straight waterproof spot focused

BDFL Straight waterproof line focused.

The standard production line is listed in the table but specific

special probes can also be produced to meet the specification of the technical characteristics required. In some cases immersion probes are produced with output cable of suitable size for BNC or LEMO series 00, 1 and 2 connector heads.

TIPO MODEL	FREQUENZA FREQUENCY MHz	CRISTALLO CRYSTAL a mm	DIMENSIONI DIMENSIONS Øxb mm
BDN 1/4"	4	6,4	Ø 10x30
	5		
	6		
	10		
BDN 10	2	10	Ø 16 X 35
	4		
	6		
	10		
BDN 1/2"	1	12,8	Ø 18x40
	2,25		
	4		
	6		
BDN 20	1	20	Ø 26x50
	2		
	4		
BDN 25	1	25	Ø 35x50
	2		



BDN Blindata Diritta Non focalizzata
Straight waterproof non focused

BDFP Blindata Diritta Focalizzata a Punto
Straight waterproof spot focused

BDFL Blindata Diritta Focalizzata in Linea
Straight waterproof line focused

SONDE SPECIALI

Le sonde speciali sono difficilmente catalogabili in quanto assolvono i compiti di controllo che normalmente non sono affrontabili con i prodotti di serie.

La Gilardoni ha internamente una struttura in grado di progettare il trasduttore con le caratteristiche ultrasonore, elettriche e geometriche più indicate.

La presenza trentennale nel settore ha reso disponibili gamme di sonde che trovano applicazione in settori specifici, quali ferroviario, automotive, siderurgico.

Le applicazioni di maggiore sviluppo sono state

Settore automotive

- Saldatura laser di ingranaggi cambio;
- Controllo pistoni alluminio grezzi e lavorati;
- Controllo sferoidizzazione bracci sospensione;
- Controllo riporto di stellite nelle valvole.

Settore ferroviario

- Controllo assili in esercizio e produzione
- Controllo assi cavi in esercizio e produzione
- Controllo ruote in esercizio e produzione
- Controllo rotaie in esercizio e produzione

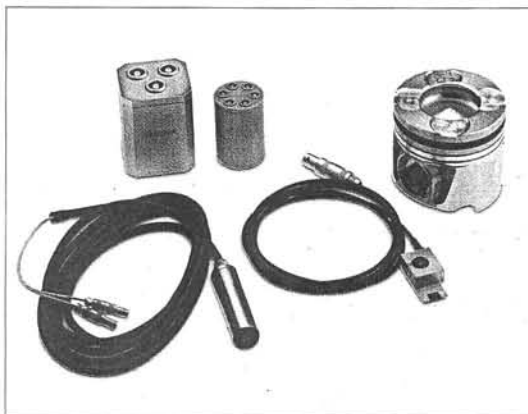
Settore siderurgico

- Controllo barre e billette
- Controllo saldatura tubi
- Controllo integrità tubi
- Controllo lamiere

SPECIAL PROBES

Special probes are difficult to catalogue as they are suitable for inspections that cannot normally be covered by standard products. Gilardoni has an inhouse organization able to design transducers with the most suitable ultrasonic, electric and geometric characteristics.

A thirty-year presence in the field has led to the availability of a wide range of probes for application in specific sectors such as railway, automotive and steel industry.



Sonde speciali per il settore automotive e siderurgico
Automotive and steel industry special probes



Sonde speciali per il settore ferroviario
Railways special probes

The most developed applications are:

Automotive

- Laser welding of transmission gears;
- Inspection of raw and finished aluminium pistons;
- Inspection of suspension arm spheroidizing
- Inspection of deposit of stellite in valves.

Railway

- Inspection of axles in service and in production
- Inspection of hollow axles in service and in production
- Inspection of wheels in service and in production
- Inspection of rails in service and in production

Steel industry

- Inspection of bars and billets
- Inspection of pipe welding
- Inspection of pipe integrity
- Inspection of coils

SONDE PER MISURATORI DI SPESSORE

La misura di spessore necessita della combinazione sonda-strumento con le necessarie caratteristiche tali da poter garantire una misura affidabile e precisa.

Il misuratore di spessore è uno strumento che opera sulla lettura del tempo di volo del segnale ultrasonoro e lo converte, mediante il parametro di velocità ultrasonora (tipico di ogni materiale), in spessore.

La misura deve essere effettuata, in funzione del tipo di prodotto e delle sue condizioni geometriche e di finitura, con sonde e tecniche di lavoro adeguate.

I misuratori di spessore funzionano con sonde diritte, sia singole che doppie.

Le sonde doppie vengono normalmente impiegate per i rilievi spessimetrici di strutture a spessore uniforme in cui si intende valutare lo stato di corrosione, sfruttando la focalizzazione della sonda ed il maggior potere risolutivo che questo comporta: la ridotta zona morta permette inoltre di estendere il controllo a spessori ridotti che, contestualmente allo stato di usura, sarebbero difficilmente affrontabili.

Le sonde diritte singole, siano esse provviste o meno di linea di ritardo, svolgono appieno la propria funzione per superfici caratterizzate da corrosione diffusa e andamento più regolare: l'inferiore potere risolutivo e la mancanza di focalizzazione consentono, con le opportune tecniche, di effettuare misurazioni su superfici verniciate senza dover rimuovere lo strato di vernice ed ignorandone la presenza facendo riferimento non alla superficie di ingresso ma a quella di interfaccia metallo-vernice.

THICKNESS GAUGES PROBES

Measuring thickness needs a combination of probe and instrument with the characteristics necessary to guarantee reliable and accurate measurements.

The thickness gauge is an instrument that detects the time of flight of the ultrasonic signal and converts it by means of the ultrasonic speed parameter (specific to each material)

into thickness.

Measurements must be taken using the most appropriate probes and work techniques for the type of product and its geometric and finishing characteristics.

Thickness gauges work with straight probes, either single or twin.

Twin probes are normally used to measure the thickness of structures with a uniform thickness when evaluating the level of corrosion using the focus of the probe and its greater resolution power. The reduced dead zone permits inspection to be extended to thinner areas that would otherwise be difficult to test for wear and tear.

Single straight probes, with or without a delay line technique, are perfect for surfaces with widespread corrosion and a more regular surface.

Lower resolution power and the lack of focalization of these probes mean that, with the appropriate techniques,

painted surfaces can be measured without having to remove the layer of paint.

In this case the paint layer is ignored and the reference surface becomes that of the metal-paint interface.

TIPO MODEL	TIPO DI IMPIEGO WORKING FIELD
Diritta piana Straight beam probe	Superfici piane di medio spessore Medium thickness flat surfaces
Diritta linea ritardo Straight line delay probe	Superfici piane di basso spessore Low thickness flat surfaces
Diritta doppia Straight double probe	Superfici con corrosione puntuale Pitted corroded surfaces

TIPO MODEL	SPESSORI RANGE mm	TECNICA TECHNIQUE
DG 10/4	1-300	SE
BS	0,8-30	
TDT <400°C	1,5-50	
SD 1/2" 2,25	5-300	
SD 25/2	25-600	EE
EE 10/6	5 - 30	
LR 8/10	0,5-10	LR

SE Eco impulso
Pulse Echo EE Eco Eco
Echo to echo LR Linea di ritardo
Delay line technique

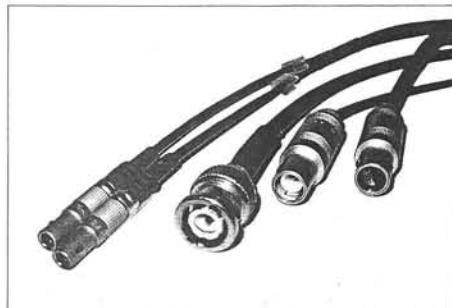
CAVI COASSIALI

La corretta rappresentazione dei segnali ultrasonori non è demandata esclusivamente ad apparecchi e sonde: un cavo di collegamento correttamente realizzato assicura una fedele ricostruzione delle risposte riducendo al minimo i fattori di attenuazione e degrado nel tempo.

I cavi coassiali di collegamento prodotti da Gilardoni hanno caratteristiche eccellenti in termini di realizzazione e materiali costruttivi: soluzioni di lunghezza standard ed a richiesta, per applicazioni manuali, semiautomatiche ed automatiche.

Tutti i cavi coassiali Gilardoni adottano connettori certificati e di alta qualità, saldati o a crimpare: attacchi a baionetta BNC, LEMO delle serie 00, 1 e 2, multipolari LEMO, Multicoassiali LEMO, MCX ed UHF.

I cavi Gilardoni trovano impiego per applicazioni di defectologia (RDG) o rilievi spessimetrici (DG).



COAXIAL CABLES

Correct representation of ultrasonic signals does not depend only on apparatus and probes. A correctly manufactured connecting cable ensures faithful reconstruction of the

results, reducing factors of attenuation and wear and tear to a minimum over time.

Gilardoni connecting coaxial cables have excellent characteristics in terms of production and materials used. Cables are available in standard lengths as well as lengths made to order, for manual, semi-automatic and automatic applications.

All Gilardoni coaxial cables use high-quality certified connectors either welded or to be crimped on: BNC, LEMO 00, 1 and 2 series, LEMO, MCX and UHF Multi-coaxial bayonet attachments.

Gilardoni cables are used for flaw-detection (RDG) or thickness measurements (DG).

SONDA PROBE	CAVO CABLE	STRUMENTO EQUIPMENT
DP 10/2-6	BL/2	RDG
DP 25/1-4	CC/2-10	
DP 35		
EE 10/6	BL/2	
SBD	CC/2-10	
LR 8/10	BL/2	DG
EE 10/6	L/L2	
DG 10/..		
SD 1/2"-2,25	2L/B2	
	2L/SP	
SD 25/2-4	2L/B2	RDG
DD 10/...	CC/2-10	
ATS../..		
AT../..	BL/2	
ATM../..		
DQ 1/2"...	CC/2-10	
DQ 1"		
DSQ	BL/2	
DSM		
BS		
TDT	Uscita cavo Cable provided	RGD/DG

TIPO MODEL	CONNETTORE 1 CONNECTOR 1	CONNETTORE 2 CONNECTOR 2	LUNGH. LENGTH m
CC/2	BNC		2
CC/5			5
CC/10			10
BL/2		LEMO 00	2
CLB/2		LEMO 1	
2L/B2	2 BNC	2 LEMO 00	
2L/SP	2 LEMO 00	2 LEMO 00	
L/L2	LEMO 00	LEMO 00	

DG Spessimetro Digitale Gilardoni
Gilardoni thickness gauge

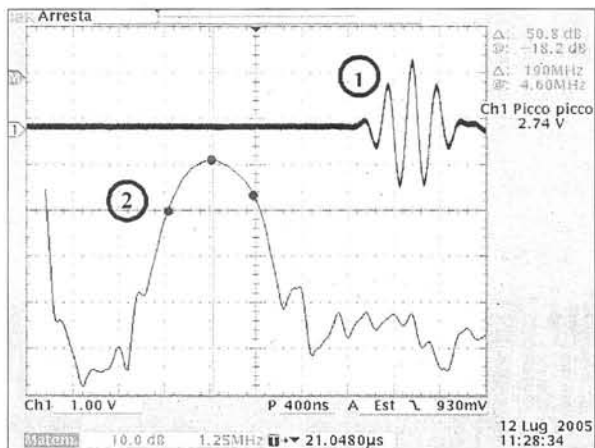
RDG Rivelatore Digitale Gilardoni
Gilardoni digital flaw detector

CERTIFICAZIONE DELLE SONDE

Tutte le sonde Gilardoni sono verificate per il rispetto delle norme di accettazione interne. I parametri di lavoro sono conformi alle più restrittive norme di verifica secondo le EN 12668 part 2.

Gilardoni è attrezzata per fornire il massimo supporto al cliente e fornire materiale con relativo attestato di conformità.

Gli attestati di conformità riportano, su livelli differenti, tutte le informazioni utili per un chiaro e preciso riconoscimento del prodotto, rendendo possibile la certificazione e la tracciabilità dello stesso. La certificazione della sonda evidenzia i parametri geometrici, elettrici ed ultrasonori per valutare, oltre all'andamento del fascio, il rendimento ed il potere risolutore.



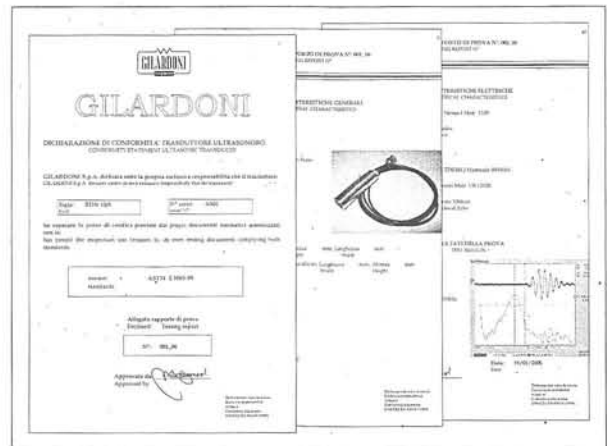
PROBE CERTIFICATION

All Gilardoni probes are certified in compliance with internal acceptance levels. Working parameters conform to the strictest control standards in compliance with EN 12668 part 2.

Gilardoni is equipped to offer its clients complete support and supply the material with its conformity certification.

The conformity certifications provide all the information necessary for clear and accurate recognition of the product, making it possible to be certified and traced.

Probe certification highlights geometric, electric and ultrasonic parameters in order to evaluate, in addition to sweep of the beam, performance and resolution.



Con riserva di modifiche e miglioramenti / Reserving the right to improve and modify

LABORATORI DI RICERCA riconosciuti "Altamente Qualificati" con D.M. 9-10-1985 - L.46/82 art.4
RESEARCH LABORATORIES acknowledged "Highly Qualified" with decree D.M. 9-10-1985 - L.46/82 art.4

Head office and facilities:

Via Arturo Gilardoni, 1 - 23826 Mandello del Lario (LC) - Italy
tel. (+39) 0341-705.111 - fax (+39) 0341-735.046
e-mail: ndt@gilardoni.it - www.gilardoni.it
tel. (+39) 0341-705.283 - 0341-705.282

Export department:



I BLOCCHI DI TARATURA NEL CONTROLLO CON ULTRASUONI

1. INTRODUZIONE

I fattori che influenzano maggiormente la buona riuscita di un esame ultrasonoro sono: la scelta appropriata della sonda, l'efficienza, dell'apparecchio ed in particolare la sua corretta taratura, essendo il controllo ultrasonoro essenzialmente basato sul confronto fra la risposta oscilloscopica del pezzo in esame e la risposta di blocchi con discontinuità note e ben definite, chiamati pezzi campione di taratura (in fig. 1 è illustrato uno dei più significativi). In tal modo l'interpretazione diventa oggettiva ed univoca.

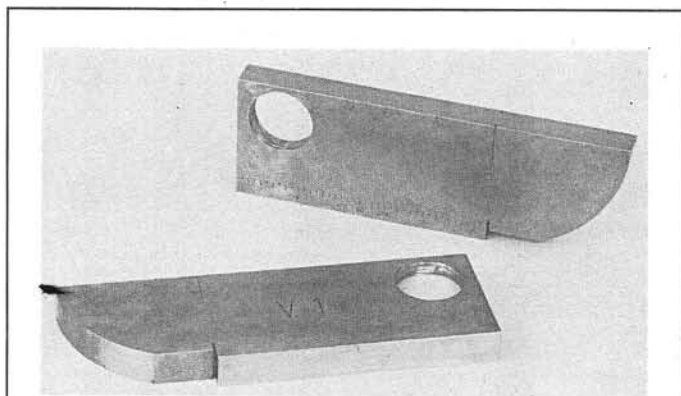


Fig. 1 - Pezzo campione ISO V1

Realizzato in acciaio al carbonio, consente, oltre alla taratura dell'apparecchio, anche verifiche e determinazioni delle caratteristiche dell'apparecchio e della sonda ultrasonora. Per la sua versatilità di impiego è il pezzo campione maggiormente usato.

I blocchi di taratura per esami ultrasonori, di cui nel seguito vengono presentati i più significativi e maggiormente usati, permettono diverse verifiche e determinazioni:

1.1. Valutazione delle prestazioni dell'apparato ultrasonoro.

L'uso di blocchi standard di taratura consente di verificare periodicamente l'efficienza del complesso apparecchio-sonda intesa come capacità di rivelazione di difetti campione e riproducibilità dei risultati.

Inoltre i blocchi campione permettono il periodico controllo della sensibilità d'ispezione durante l'esame ultrasonoro.

1.2. Ricerca della tecnica di controllo.

I difetti che si possono evidenziare durante l'esame sono per lo più noti all'operatore sia come tipo che come posizione nel pezzo. L'operatore è pertanto in grado di scegliere la tecnica e le modalità di controllo più appropriate utilizzando pezzi standard con difetti similari a quelli che deve ricercare nel pezzo.

1.3. Scelta della sensibilità di controllo.

Le moderne apparecchiature consentono ampie variazioni di amplificazione del segnale ultrasonoro per l'ispezione di materiali con diverso assorbimento e spessore.

I pezzi campione, con i loro difetti artificiali, permettono di scegliere di volta in volta il livello di sensibilità adeguato. Infatti una scarsa sensibilità di controllo consente inevitabilmente l'evidenziazione di difetti di limitate entità, mentre una sensibilità eccessiva comporta difficoltà nel distinguere i difetti veri e propri dalle indicazioni legate alla struttura del materiale in esame.

1.4. Ripetibilità dei controlli.

La sostituzione dell'apparecchio o della sonda, l'esecuzione dell'esame da parte di operatori diversi, ecc. sono alcuni dei fattori che possono modificare i risultati di un controllo.

La loro influenza viene eliminata se la taratura si effettua sempre nelle medesime condizioni con appropriati pezzi campione; in tal modo si assicura la ripetibilità e la validità dell'esame.

1.5. Taratura per l'accettabilità dei pezzi controllati.

Lo scopo essenziale del controllo è quello di verificare la integrità di un materiale ai fini della sua accettabilità.

L'ispezione ultrasonora consente il controllo dell'omogeneità del pezzo e la determinazione di eventuali difetti presenti, per i quali è possibile definire l'esatta localizzazione nella sezione mentre la loro entità può essere valutata solo confrontando la loro risposta con quella di difetti campione di geometria e posizione note.

Solo l'uso di blocchi campione con discontinuità note consente la valutazione della entità delle discontinuità presenti nel pezzo in esame sulla base del confronto fra le risposte relative ai riflettori artificiali e ai riflettori reali.

2. BLOCCHI CAMPIONE

2.1. Blocco campione ISO V1.

Il blocco campione ISO V1 è presentato in fig. 1, mentre in fig. 2 si indicano quote costruttive che occorre conoscere per un suo uso corretto e completo.

Il blocco V1, realizzato secondo norma DIN 54120, è in acciaio al carbonio bonificato, con una struttura a grana fine, caratterizzato da un assorbimento ultrasonoro pressochè nullo alle normali frequenze di lavoro e da una velocità ultrasonora in onde longitudinali pari a 5920 ± 30 m/sec.

Le tarature e le verifiche che si possono effettuare con questo pezzo sono molteplici; di seguito vengono considerate le più significative.

2.1.1. Taratura dell'asse dei tempi in onde longitudinali.

Per la taratura dell'asse dei tempi si intende la predisposizione dello strumento ultrasonoro a definire direttamente la corrispondenza fra la posizione del difetto e le divisioni del reticolo di lettura predisposto sulla scala orizzontale.

Il blocco V1 permette di tarare l'asse dei tempi con fondo scala multipli degli spessori 25 e 100 mm, essendo questi i valori degli spessori utilizzabili, con una profondità massima di 500 mm Fe. (ved. fig. 3).

2.1.2. Controllo del potere di risoluzione assiale.

Per potere di risoluzione assiale si intende la capacità del sistema ultrasonoro (apparecchio + sonda) di rilevare contemporaneamente e distintamente discontinuità che si trovano a profondità prossime fra loro.

Questa caratteristica dipende, in particolare, dalla frequenza e dal fattore di smorzamento della sonda.

Il controllo si effettua come indicato in fig. 4.

Il potere di risoluzione è tanto migliore quanto più distinti si presenteranno i fianchi anteriori (fronti di salita) delle tre riflessioni relative alle profondità 85, 91 e 100 mm.

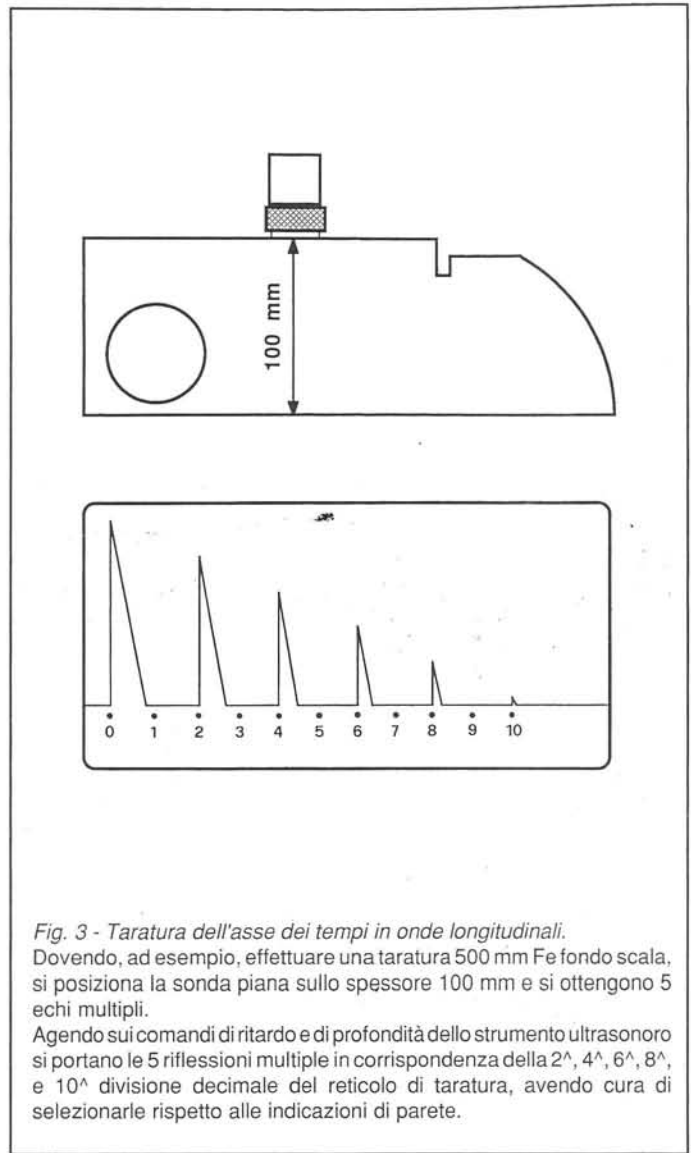


Fig. 3 - Taratura dell'asse dei tempi in onde longitudinali.

Dovendo, ad esempio, effettuare una taratura 500 mm Fe fondo scala, si posiziona la sonda piana sullo spessore 100 mm e si ottengono 5 echi multipli.

Agendo sui comandi di ritardo e di profondità dello strumento ultrasonoro si portano le 5 riflessioni multiple in corrispondenza della 2^a, 4^a, 6^a, 8^a, e 10^a divisione decimale del reticolo di taratura, avendo cura di selezionarle rispetto alle indicazioni di parete.

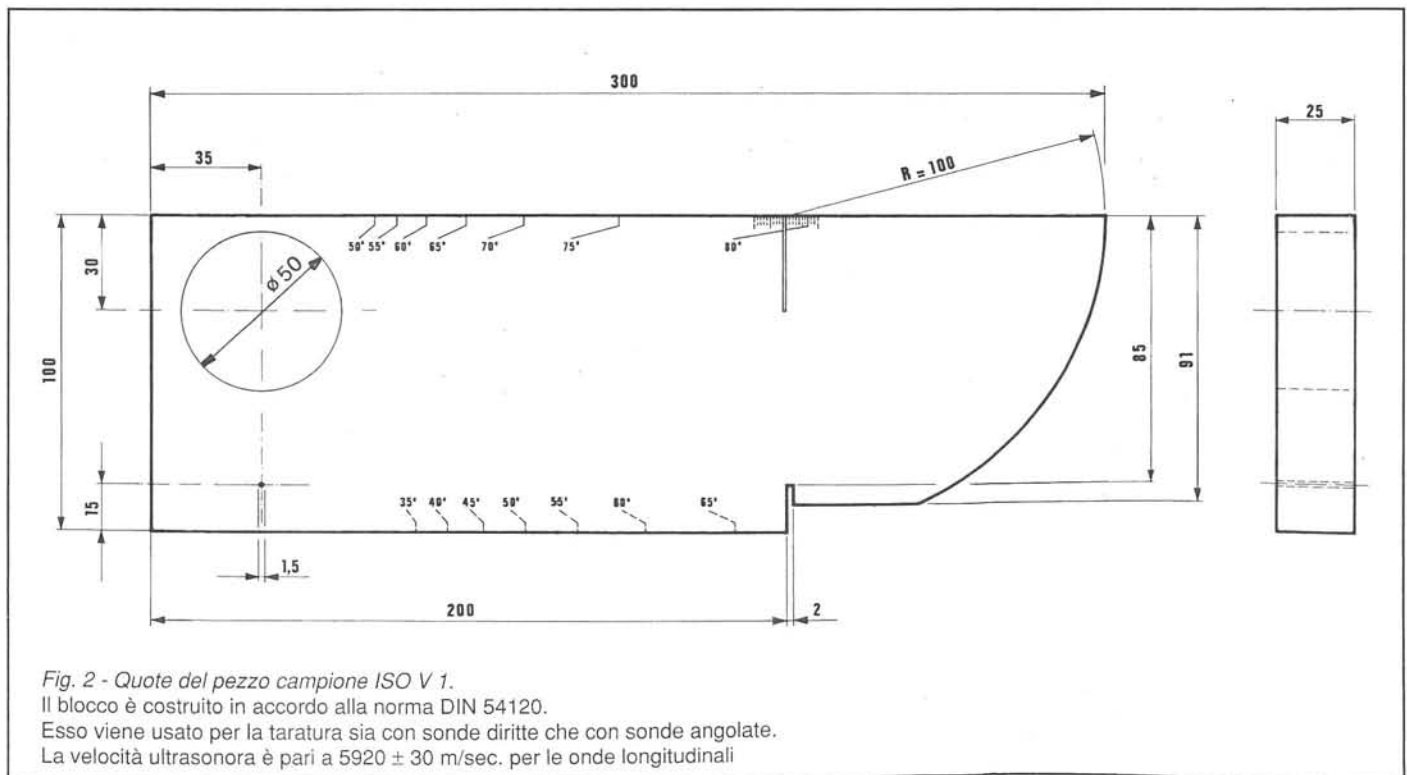
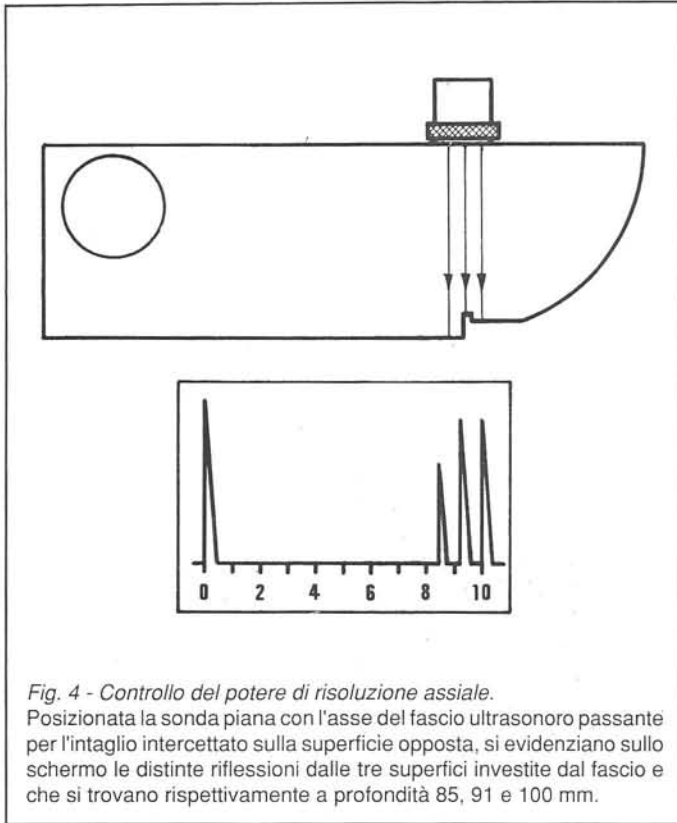


Fig. 2 - Quote del pezzo campione ISO V 1.

Il blocco è costruito in accordo alla norma DIN 54120.

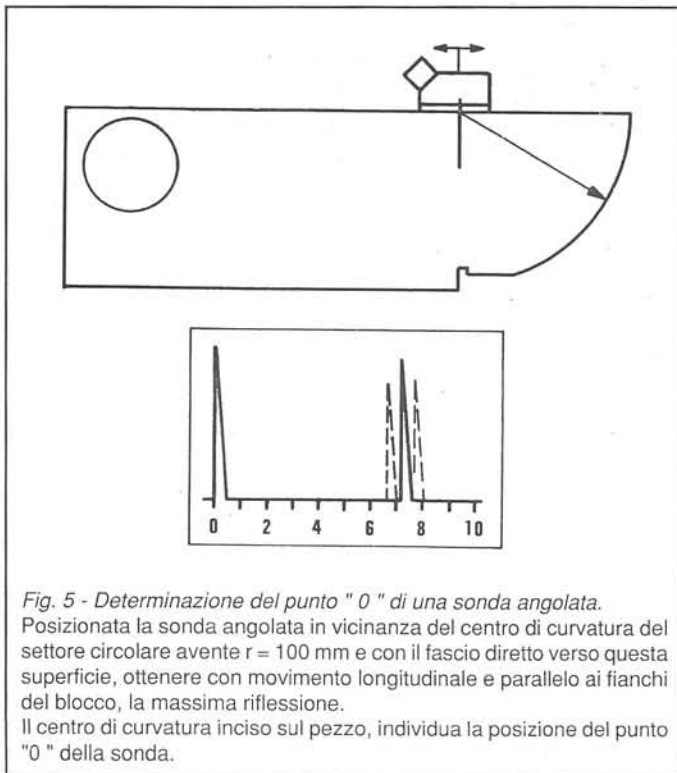
Esso viene usato per la taratura sia con sonde diritte che con sonde angolate.

La velocità ultrasonora è pari a 5920 ± 30 m/sec. per le onde longitudinali



2.1.3. Determinazione del punto "0" di una sonda angolata.

Per punto "0" di una sonda angolata si intende la posizione, sul fianco della sonda, in cui l'asse del fascio ultrasonoro interseca il piano di uscita del fascio della sonda stessa. La determinazione è illustrata in fig. 5.



La posizione del punto "0" deve essere nota per la determinazione dell'angolo di trasmissione (vedi prg. 2.1.4.) e per la valutazione esatta della posizione delle discontinuità evidenziate dall'indagine ultrasonora.

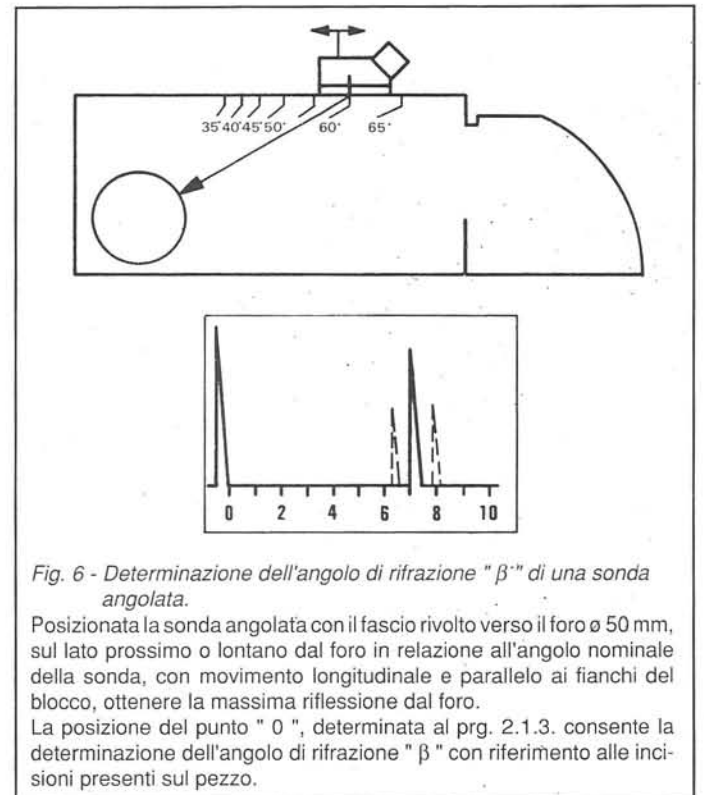
2.1.4. Determinazione dell'angolo di rifrazione " β ", di una sonda angolata.

Per angolo di rifrazione " β " di una sonda si intende l'angolo formato dal fascio ultrasonoro rifratto (trasmesso nel pezzo in esame) con la normale alla superficie di entrata.

La determinazione dell'angolo " β " è illustrata in fig. 6.

L'angolo di rifrazione " β ", funzione del materiale in cui il fascio ultrasonoro si trasmette, è generalmente relativo alla trasmissione del fascio nell'acciaio.

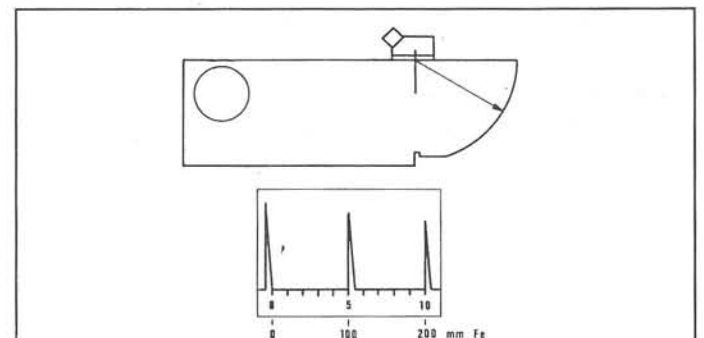
Il valore di " β " viene utilizzato per una precisa valutazione della posizione di una discontinuità nel pezzo in esame.



2.1.5. Taratura dell'asse dei tempi in onde trasversali.

La taratura in onde trasversali concettualmente non si discosta dalla taratura indicata al prg. 2.1.1., ma si effettua in pratica, sfruttando le riflessioni multiple come indicato in fig. 7.

Le riflessioni multiple dell'O.T. si verificano per la presenza di un profondo intaglio in corrispondenza del centro di curvatura del settore circolare $r=100$ mm.



2.2.3. Taratura dell'asse dei tempi in onde trasversali.

La taratura si ottiene sfruttando gli echi determinati dai due settori circolari $r = 25$ mm e $r = 50$ mm.

La taratura si effettua come indicato in fig. 12.

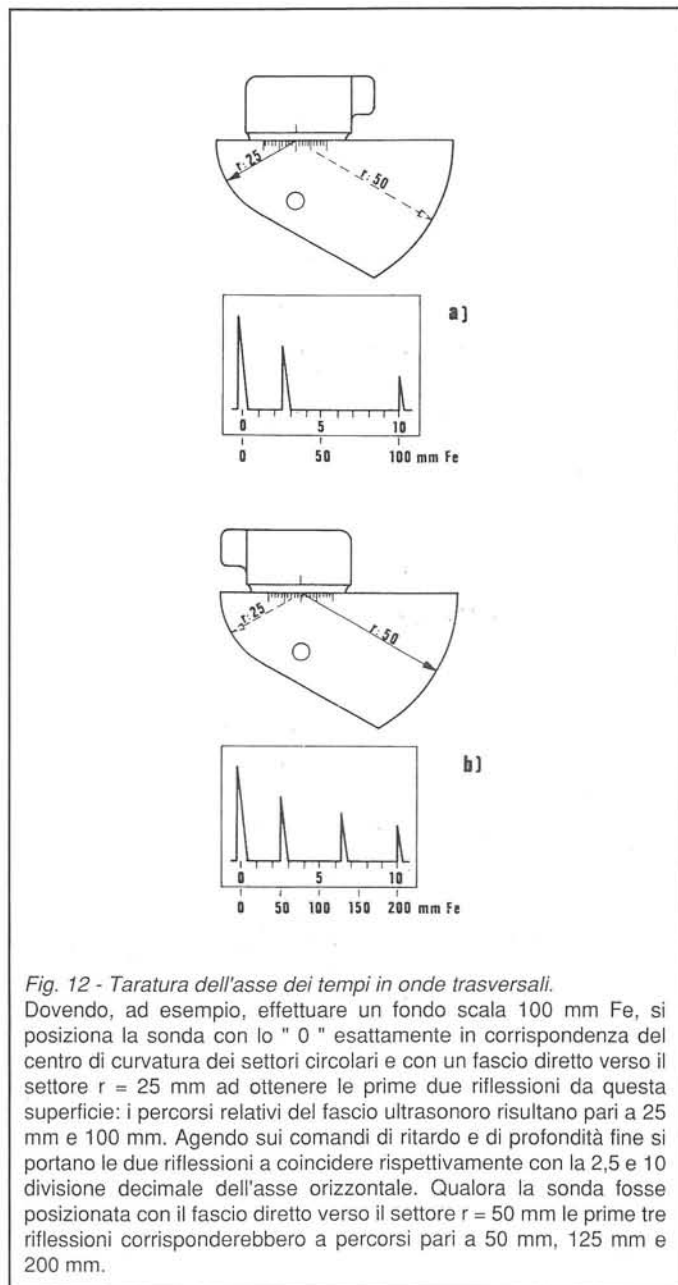


Fig. 12 - Taratura dell'asse dei tempi in onde trasversali.

Dovendo, ad esempio, effettuare un fondo scala 100 mm Fe, si posiziona la sonda con lo "0" esattamente in corrispondenza del centro di curvatura dei settori circolari e con un fascio diretto verso il settore $r = 25$ mm ad ottenere le prime due riflessioni da questa superficie: i percorsi relativi del fascio ultrasonoro risultano pari a 25 mm e 100 mm. Agendo sui comandi di ritardo e di profondità fine si portano le due riflessioni a coincidere rispettivamente con la 2,5 e 10 divisione decimale dell'asse orizzontale. Qualora la sonda fosse posizionata con il fascio diretto verso il settore $r = 50$ mm le prime tre riflessioni corrisponderebbero a percorsi pari a 50 mm, 125 mm e 200 mm.

E' utile ricordare che il blocco V2, contrariamente al blocco V1, non presenta intagli in corrispondenza del centro di curvatura per cui le riflessioni significative per la taratura sono esclusivamente quelle prodotte dal settore circolare verso cui è rivolto il fascio ultrasonoro.

Con il blocco V2 è possibile produrre i fondo scala 100 e 200 orientando la sonda verso la curvatura 25; orientando invece la sonda verso il 50 è possibile invece produrre i fondo scala 125, 200 e 250.

E' possibile anche produrre il fondo scala 50 mm utilizzando, alternativamente, le due curvature disponibili.

2.2.4. Determinazione del percorso l_v di una sonda angolata.

Per la definizione del percorso l_v vedere prg. 2.1.6. La determinazione si effettua come indicato in fig. 13.

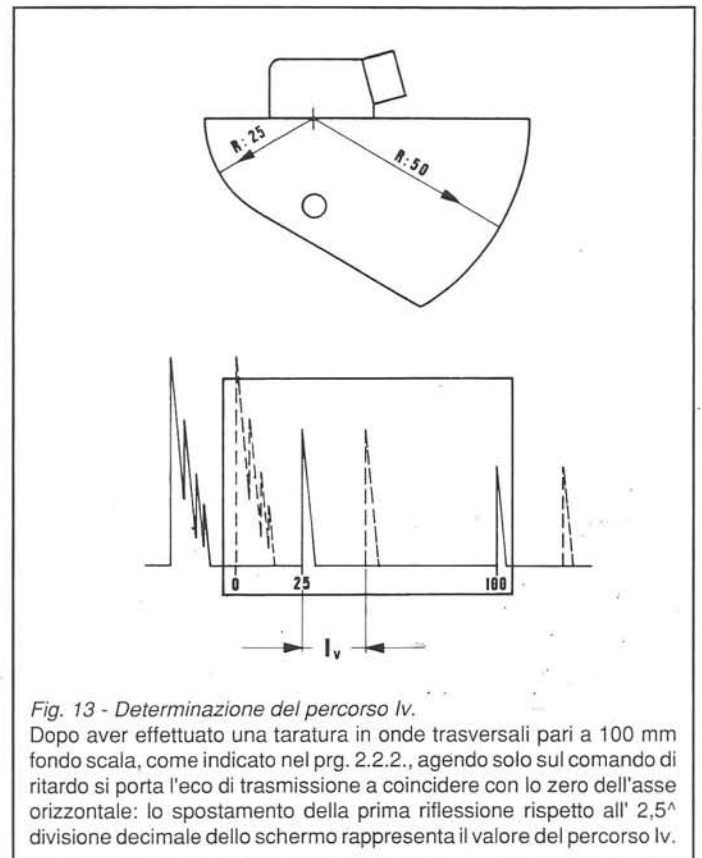


Fig. 13 - Determinazione del percorso l_v .

Dopo aver effettuato una taratura in onde trasversali pari a 100 mm fondo scala, come indicato nel prg. 2.2.2., agendo solo sul comando di ritardo si porta l'eco di trasmissione a coincidere con lo zero dell'asse orizzontale: lo spostamento della prima riflessione rispetto all' $2,5^a$ divisione decimale dello schermo rappresenta il valore del percorso l_v .

2.2.5. Taratura dell'asse dei tempi in onde longitudinali.

Per la definizione relativa a questa taratura vedere prg. 2.1.1. Lo spessore previsto attualmente dalla norma DIN per il pezzo campione V2 è di 12,5 mm: tenere presente che lo spessore di blocchi V2 previsto dalla norma superata era di 20 mm. La taratura in oggetto si effettua come indicato in fig. 14.

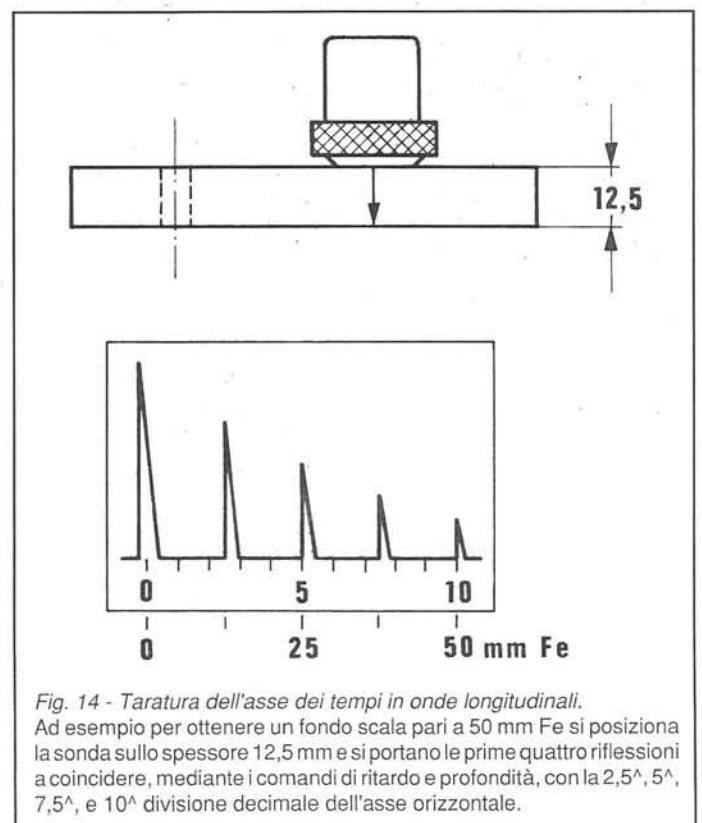


Fig. 14 - Taratura dell'asse dei tempi in onde longitudinali.

Ad esempio per ottenere un fondo scala pari a 50 mm Fe si posiziona la sonda sullo spessore 12,5 mm e si portano le prime quattro riflessioni a coincidere, mediante i comandi di ritardo e profondità, con la $2,5^a$, 5^a , $7,5^a$, e 10^a divisione decimale dell'asse orizzontale.

2.2.6. Blocco V2 speciale.

E' disponibile un blocco V2 che conserva tutte le caratteristiche e dimensioni del precedente: solo lo spessore è pari a 25 mm. Tale blocco si rivela particolarmente utile per la taratura di sonde doppie angolate.

2.3. Pezzo campione I.O.W.

L'istituto Internazionale di saldatura (I.I.W.) ha proposto il blocco I.O.W., riportato in fig. 15 per alcune verifiche sui parametri caratteristici delle sonde angolate, quali il potere risolvente e l'apertura del fascio.

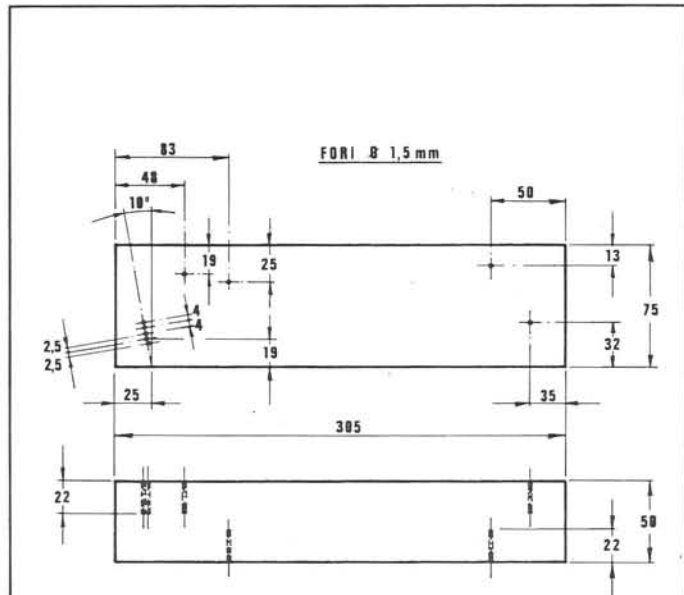


Fig. 15 - Pezzo campione I.O.W. dell'ISTITUTO INTERNAZIONALE SALDATURA.

Blocco in acciaio al carbonio particolarmente indicato per il controllo del potere risolvente e per la tracciatura del profilo del fascio di sonde angolate.

Per la definizione di potere risolvente vedere prg. 2.1.2.

Il controllo del potere risolvente di sonde angolate si effettua come in fig. 16.

Il potere risolutivo è tanto migliore quanto tanti più distinti si presentano i fronti di salita degli echi a fronte della serie di fori molto vicini fra loro.

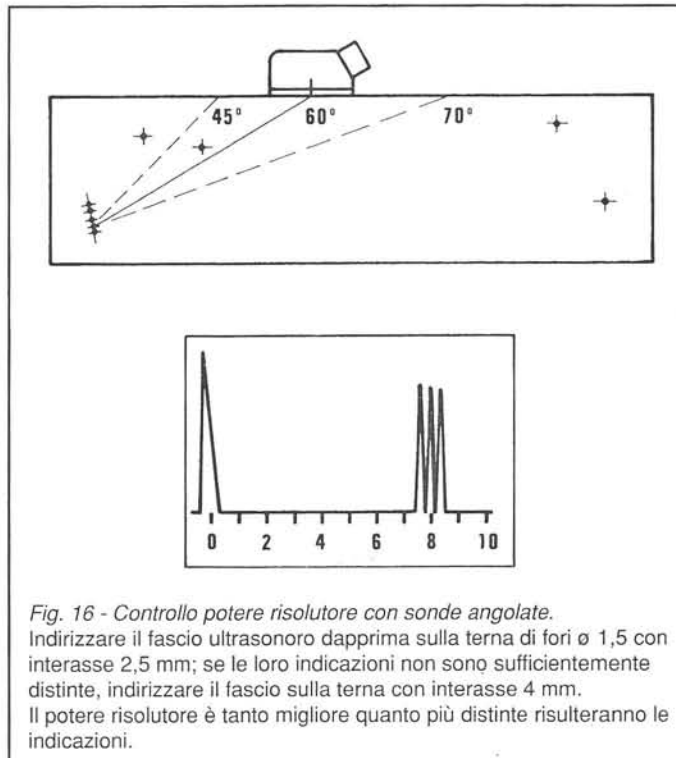


Fig. 16 - Controllo potere risolvente con sonde angolate.

Indirizzare il fascio ultrasonoro dapprima sulla terna di fori ϕ 1,5 con interasse 2,5 mm; se le loro indicazioni non sono sufficientemente distinte, indirizzare il fascio sulla terna con interasse 4 mm. Il potere risolvente è tanto migliore quanto più distinte risulteranno le indicazioni.

2.4. Pezzi campione ASTM.

In fig. 17 è illustrata la configurazione standard del blocchetto campione ASTM in accordo alle normative E 127 ed E 148 le quali prevedono, come caratteristica fondamentale, un foro a fondo piatto praticato nel centro della superficie opposta a quella di appoggio sonda.

Il diametro del pezzo è fissato in 2" (50,8 mm), mentre il diametro del foro a fondo piatto e la sua distanza dalla superficie di esame (percorso del fascio ultrasonoro nel metallo) sono variabili come indicato nelle tabelle I e II. La norma ASTM 127 prevede l'utilizzo di pezzi campione in lega di alluminio 7075-T6, mentre la norma E 428 prevede come materiale costituente i pezzi campione acciaio al carbonio, acciaio inossidabile, titanio o nickel in relazione alla natura dei materiali da controllare.

Normalmente sono impiegate due serie di blocchi: la serie Area-Ampiezza (ved. fig. 18) consistente in 8 blocchi aventi percorso ultrasonoro fisso e pari a 3" (76,2 mm) e diametro dei fori da 1/64" a 8/64" con incrementi di 1/64" e la serie Distanza-Ampiezza (ved. fig. 19) consistente in 19 blocchi aventi diametro dei fori fisso e pari a 3/64" (1,2 mm) o 5/64" (2 mm) o 8/64" (3,2 mm) e profondità del foro variabile.

Le tabelle I e II danno la composizione delle due serie indicate.

TABELLA I					
Numeri di identificazione e dimensioni dei pezzi campione ASTM serie Area- Ampiezza					
Numero di identificazione	Diametro foro E	Percorso nel metallo B		Lunghezza totale G	
	1/64"	in.	mm	in.	mm
1 - 0300	1	3.000	76.2	3.750	95.3
2 - 0300	2	3.000	76.2	3.750	95.3
3 - 0300	3	3.000	76.2	3.750	95.3
4 - 0300	4	3.000	76.2	3.750	95.3
5 - 0300	5	3.000	76.2	3.750	95.3
6 - 0300	6	3.000	76.2	3.750	95.3
7 - 0300	7	3.000	76.2	3.750	95.3
8 - 0300	8	3.000	76.2	3.750	95.3

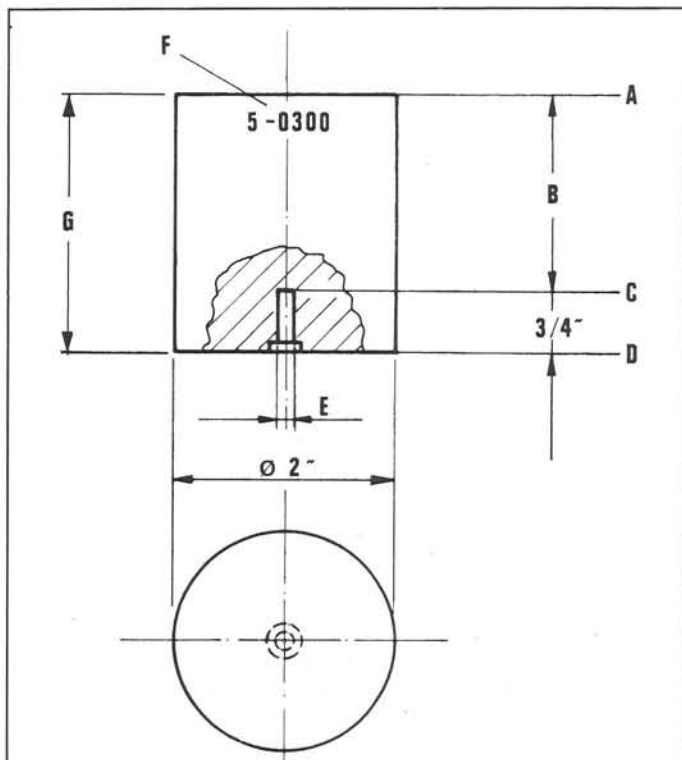


Fig. 17 - Configurazione standard del pezzo campione ASTM.
 A - Superficie d'entrata degli ultrasuoni.
 B - Percorso nel metallo: 3" per i blocchi Area-Ampiezza, variabile per i blocchi Distanza-Ampiezza.
 C - Foro a fondo piatto, perpendicolare alle superfici A e con fondo parallelo alla stessa.
 D - Superficie di fondo, parallela alla superficie d'entrata.
 E - Diametro del foro: di valore variabile per blocchi Area-Ampiezza da 1/64" a 8/64", con incrementi di 1/64" e 3/64" o 5/64" o 8/64" per tutti i blocchi Distanza-Ampiezza.
 Il foro è chiuso con un dischetto ϕ 14".
 F - Sigla di identificazione: 5 esprime il diametro E del foro a fondo piatto in 64esimi di pollice, 5/64"; 0300 esprime il percorso B in centesimi di pollice (3").
 G - Lunghezza totale.



Fig. 18 - Serie blocchi campione AREA-AMPIEZZA (ASTM).
 Serie di 8 blocchetti aventi percorso fisso e pari a 3" (76,2 mm) con diametro dei fori variabile da 1/64" (vedere tab. I).
 Utile in particolare per valutare la linearità di amplificazione degli apparecchi a ultrasuoni.



Fig. 19 - Serie di blocchi campione DISTANZA-AMPIEZZA (ASTM).
 Serie di 19 blocchetti aventi diametro dei fori fisso pari a 3/64" (1,2 mm) o 5/64" (2 mm) o 8/64" (3,2 mm) e profondità del foro variabile (vedi tab. II).
 Indicata per tracciatura dei diagrammi ADA (o DGS) e della curva DAC direttamente sullo schermo.

TABELLA II

Numeri di identificazione e dimensioni dei pezzi campione ASTM serie Distanza - Ampiezza

Numero di identificazione *	Percorso nel metallo B		Lunghezza totale G	
	in.	mm	in.	mm
- 0012	0.125	3.2	0.875	22.2
- 0025	0.250	6.4	1.000	25.4
- 0038	0.375	9.5	1.125	28.6
- 0050	0.500	12.7	1.250	31.8
- 0062	0.625	15.9	1.375	34.9
- 0075	0.750	19.1	1.500	38.1
- 0088	0.875	22.2	1.625	41.3
- 0100	1.000	25.4	1.750	44.5
- 0125	1.250	31.8	2.000	50.8
- 0150	1.500	38.1	2.250	57.2
- 0175	1.750	44.5	2.500	63.5
- 0200	2.000	50.8	2.750	69.9
- 0225	2.250	57.2	3.000	76.2
- 0250	2.500	63.5	3.250	82.6
- 0275	2.750	69.9	3.500	88.9
- 0300	3.000	76.2	3.750	95.3
- 0325	3.250	82.6	4.000	101.6
- 0350	3.500	88.9	4.250	108.0
- 0375	3.750	95.3	4.500	114.3
- 0400	4.000	101.6	4.750	120.7
- 0425	4.250	108.0	5.000	127.0
- 0450	4.500	114.3	5.250	133.4
- 0475	4.750	120.7	5.500	139.7
- 0500	5.000	127.0	5.750	146.1
- 0525	5.250	133.4	6.000	152.4
- 0550	5.500	139.7	6.250	158.8
- 0575	5.750	146.1	6.500	165.1
- 0600	6.000	152.4	6.750	171.5
- 0625	6.250	158.8	7.000	177.8
- 0650	6.500	165.1	7.250	184.2

* Il primo numero sarà 3, 5 o 8 in relazione al diametro del foro che può essere 3/64", 5/64" o 8/64".

2.4.1. Costruzione della curva Area-Ampiezza.

Si utilizza la serie di blocchi ASTM indicata in tabella I. I dati per la costruzione si rilevano con la tecnica ad immersione con una colonna d'acqua fra sonda-pezzo di 3" (76,2 mm). Partendo dalla massima indicazione del pezzo 5-0300 portata al 30% della altezza schermo e senza più modificare la amplificazione dello strumento si rilevano le indicazioni degli altri sette pezzi che completano la serie. Il grafico risultante è indicato in fig. 20: la risultante ideale è costituita da una retta che congiunge gli otto punti ricavati ed è rappresentativa della linearità verticale dello strumento ultrasonoro. Il blocco 1-0300 è altresì normalmente impiegato per la valutazione della sensibilità e del rapporto segnale/rumore secondo la norma ASTM E-317.

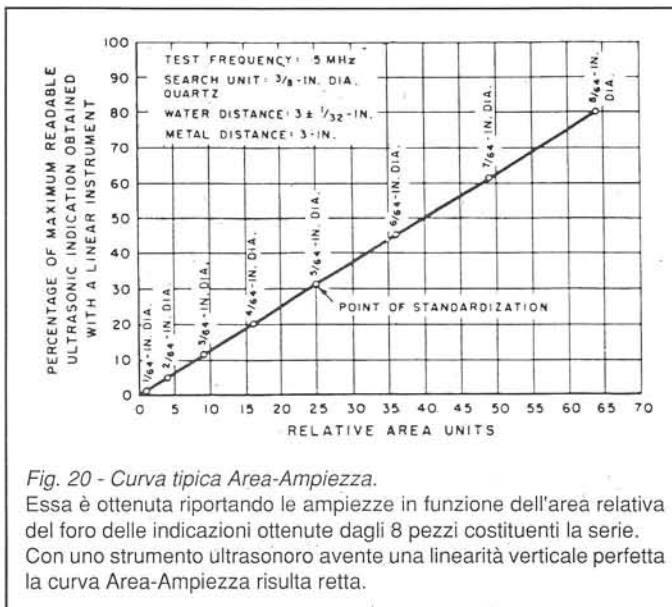


Fig. 20 - Curva tipica Area-Ampiezza. Essa è ottenuta riportando le ampiezze in funzione dell'area relativa del foro delle indicazioni ottenute dagli 8 pezzi costituenti la serie. Con uno strumento ultrasonoro avente una linearità verticale perfetta la curva Area-Ampiezza risulta retta.

2.4.2. Costruzione della curva Distanza-Ampiezza.

Si utilizza la serie di pezzi ASTM indicata in tabella II. I dati per la costruzione si rilevano come indicato al prg. 2.4.1. partendo dall'indicazione del pezzo 5-0300 portato al 25% dell'altezza schermo. La fig. 21 indica le curve ottenute per le tre serie di pezzi aventi foro a fondo piatto pari a 3/64", 5/64" e 8/64".

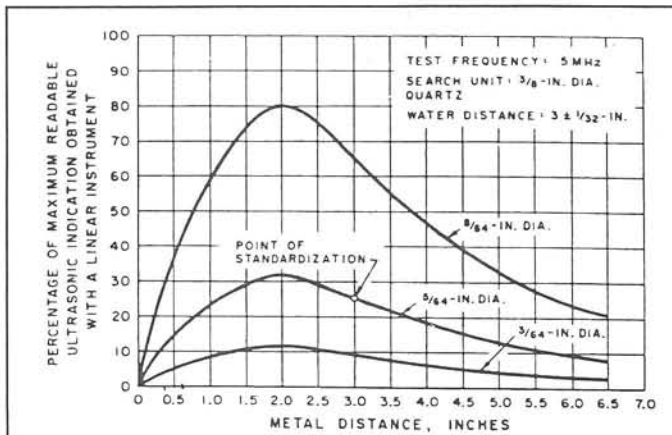


Fig. 21 - Curve tipiche Distanza-Ampiezza. Si ottengono riportando in ampiezza, in funzione del percorso ultrasonoro, le indicazioni ottenute da tutti i pezzi costituenti la serie ed aventi lo stesso foro a fondo piatto. La posizione del massimo della curva determina il valore del campo prossimo N della sonda.

Le curve Distanza-Ampiezza vengono utilizzate per la valutazione del campo prossimo della sonda impiegata (percorso in corrispondenza del massimo della curva) e per la tracciatura di una eventuale curva di accettazione-scarto dei pezzi da controllare.

2.5. Pezzi campione per misure di spessore.

Per la misura degli spessori ed in particolare per gli spessimetri ad ultrasuoni, si utilizzano dei pezzi campione di taratura a gradini del tipo illustrato in fig. 22.

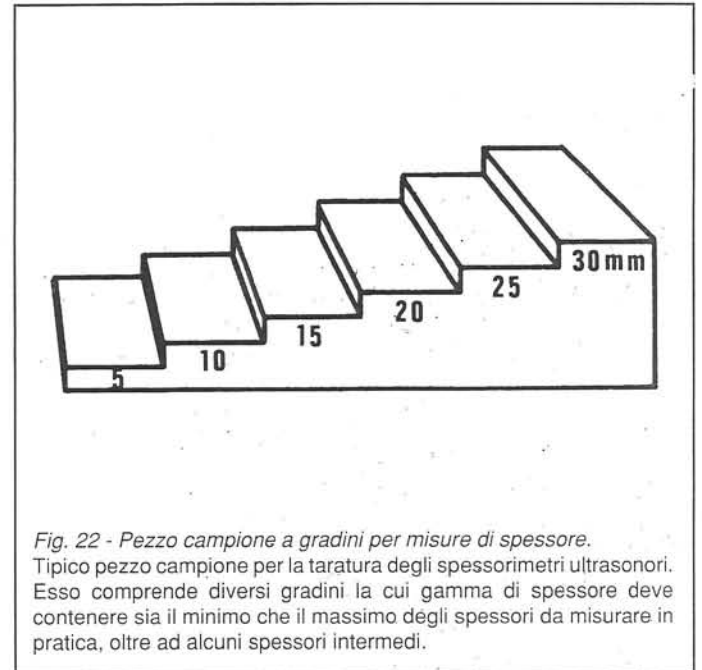


Fig. 22 - Pezzo campione a gradini per misure di spessore. Tipico pezzo campione per la taratura degli spessimetri ultrasonori. Esso comprende diversi gradini la cui gamma di spessore deve contenere sia il minimo che il massimo degli spessori da misurare in pratica, oltre ad alcuni spessori intermedi.

Lo spessore dei gradini deve includere gli spessori minimo e massimo da misurare oltre ad altri valori intermedi. Nel caso di misure su superfici curve si utilizzano come campioni di taratura degli spezzoni di tubo con diversi spessori a gradini (fig. 23); il tal modo è possibile una corretta taratura che non risenta dell'influenza della curvatura del tubo.

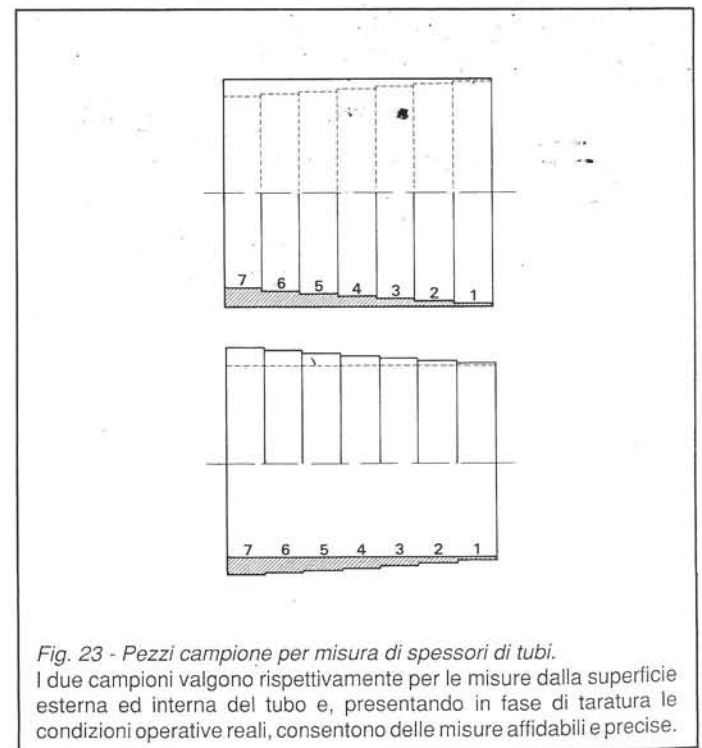


Fig. 23 - Pezzi campione per misura di spessori di tubi. I due campioni valgono rispettivamente per le misure dalla superficie esterna ed interna del tubo e, presentando in fase di taratura le condizioni operative reali, consentono delle misure affidabili e precise.

2.6.2. Taratura della sensibilità.

- Ricerca la risposta massima dal foro che da la massima ampiezza e portarla all'80% ($\pm 5\%$) dell'altezza schermo: marcare il picco sullo schermo.
- Spostare la sonda alla ricerca della massima risposta da un secondo foro e marcarne il picco sullo schermo.
- Posizionare la sonda per ottenere la massima risposta dal 3° foro e marcare il picco sullo schermo.
- Posizionare la sonda per ottenere la massima risposta del foro a $3/4 T$ dopo che il fascio è stato riflesso dalla parete opposta. La indicazione relativa sarà sulla 10^a divisione decimale dello schermo: marcarla sullo schermo (posizione $5/4 T$). La curva di riferimento sarà la spezzata ottenuta collegando tutti i punti marcati sullo schermo come indicato in fig. 26.

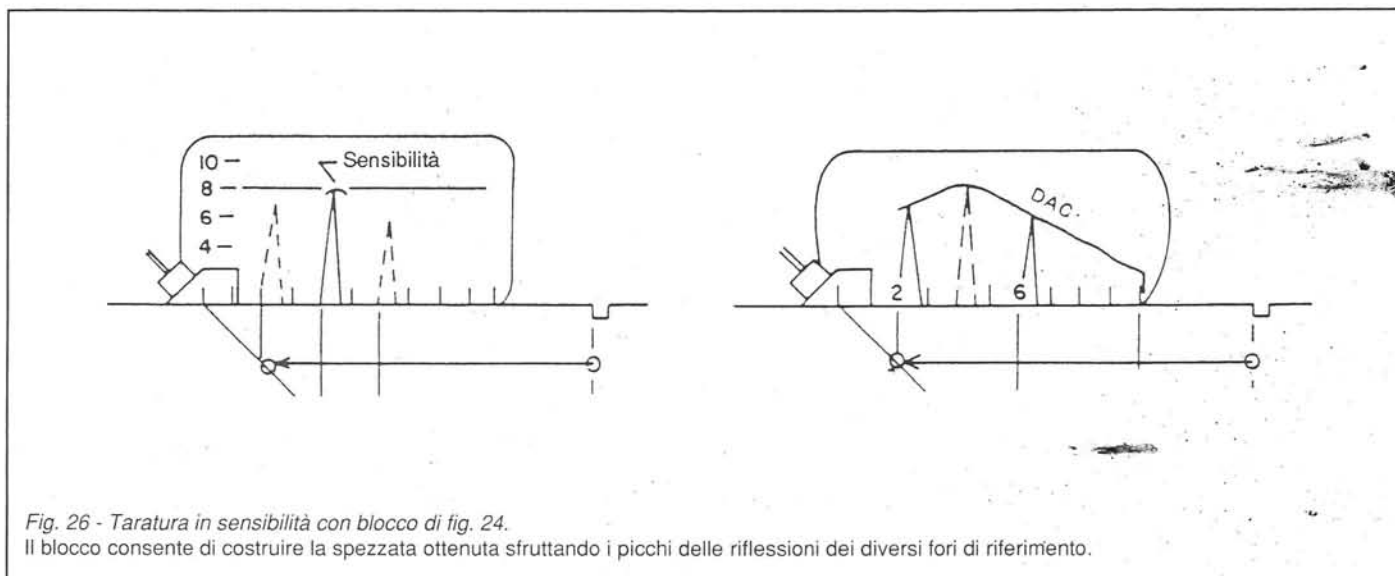
esame che si deve effettuare. Non esiste infatti alcun pezzo campione che soddisfi tutte le esigenze dei vari controlli. Le principali raccomandazioni nell'uso di pezzi di taratura solo le seguenti:

3.1. Uso di pezzi campione adeguati.

L'esame e quindi la taratura dell'apparecchio deve basarsi su un pezzo campione adeguato.

In assenza di queste condizioni difficilmente gli esami risultano ripetibili e originano discussioni sull'interpretazione dei risultati ottenuti.

Naturalmente oltre all'adeguatezza del tipo di pezzo campione da impiegare occorre che, in maniera determinante alla buona riuscita dell'esame, sia la natura del materiale costituente il pezzo, che



2.6.3. Esami da superfici curve.

Per l'esame da superfici curve aventi diametro pari o inferiore a 20" (508 mm) il blocco di riferimento dovrà avere superficie curva. Uno stesso blocco può essere utilizzato per componenti aventi diametri comprensivi fra 0,9 e 1,5 volte il diametro del blocco. Il campo di diametri compresi fra 0,94" e 20" (da 24 a 508 mm) richiede praticamente sei blocchi. Per l'esame da superfici curve aventi diametri maggiori di 20" (508 mm) il blocco di riferimento può essere piano.

2.7. Pezzi campione per controllo tubi.

La corretta taratura del livello di intervento del monitor in un controllo automatico di tubi è possibile solo utilizzando spezzoni del tubo da esaminare con particolari difetti standard espressamente richiamati nelle norme di collaudo.

I difetti sono normalmente rappresentati da intagli interni ed esterni, di lunghezza 50 mm, di geometria a U od a V con profondità pari al 3 - 7% dello spessore normale del tubo e comunque non inferiore a 0,3 mm.

Esistono anche serie di pezzi standard di vario spessore e diametro con difetti convenzionali disposti sia assialmente che circonferenzialmente.

3. RACCOMANDAZIONI NELL'USO DEI PEZZI CAMPIONE.

Da quando detto appare evidente l'utilità dell'uso di pezzi campione nel controllo ultrasonoro: tuttavia bisogna saper utilizzare di volta in volta il pezzo campione che meglio si presta al tipo di

la sua condizione superficiale siano rappresentative del pezzo che si deve esaminare.

3.2. Criterio nel definire il minimo difetto accettabile.

In fase di stesura di una nuova norma di taratura occorre verificare empiricamente, con prova distruttiva, che la combinazione della geometria del fascio ultrasonoro, della frequenza dello stesso, dell'attenuazione specifica del materiale e del difetto campione prescelto, risultati idonei a definire il limite fra difetti reali ancora accettabili e difetti non accettabili.

3.3. Uso sistemico del pezzo campione negli esami di serie.

E' necessario durante esami automatici o comunque di serie procedere periodicamente, ad intervalli ad esempio di 1 o 2 ore, al controllo della taratura del complesso apparecchio sonda, naturalmente sfruttando il pezzo campione usato per la messa a punto del controllo.

Pertanto seguendo le raccomandazioni riportate è possibile eliminare le remore di soggettività sempre legate all'esame ultrasonoro rendendolo il più possibile oggettivo, ripetibile e quindi tale da garantire una maggiore affidabilità.

3.4. Dichiarazione di conformità

I blocchi di taratura Gilardoni sono corredati da una Dichiarazione di Conformità che attesta le caratteristiche acustiche del materiale e le verifiche dimensionali.



PARAMETRI CARATTERIZZANTI LE SONDE ULTRASONORE

Questa pubblicazione fornisce al lettore tutte le informazioni necessarie per approfondire il significato tecnico dei parametri caratterizzanti le sonde.

Il lettore deve dunque intendere questa pubblicazione come un documento da accompagnare ai "data sheets" delle sonde di serie Gilardoni (documento P131).

Analizziamo tali parametri rispettando l'ordine con cui sono presentati sul singolo "data sheet".

1. FREQUENZA DELL'ECO: f_e

Per definizione è la frequenza effettiva dell'impulso RF all'ingresso del ricevitore.

Tale frequenza può scostarsi dalla frequenza nominale, dichiarata dal costruttore, fino al $\pm 10\%$.

In pratica la frequenza dell'eco coincide con la frequenza corrispondente al massimo dello spettro caratteristico della sonda (vedi fig. 1).

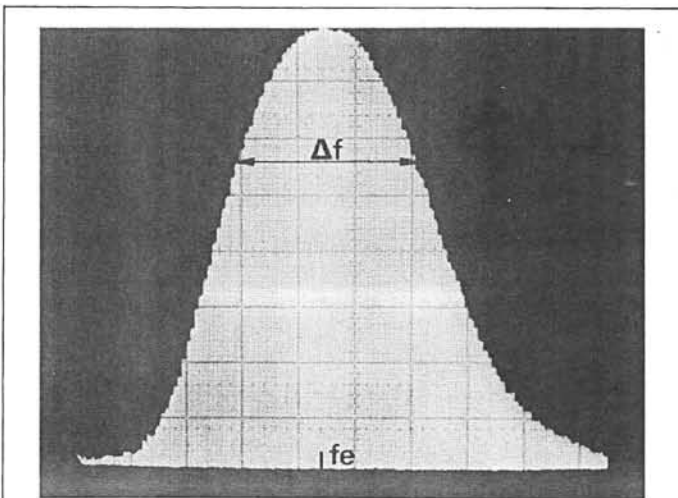


Fig. 1 - Spettro in frequenza

Scala orizzontale: 0,5 MHz/div.

Scala verticale : lineare

Risultati : $f_e = 2,2$ MHz

$\Delta F (-3 \text{ dB}) = 1,5$ MHz

$Q = 1,5$

Lo spettro si riferisce ad una sonda Gilardoni BDN 10/2,25 con diametro cristallo 10 mm e frequenza nominale 2,25 MHz. Tale grafico oltre a definire la frequenza dell'eco f_e , che è il parametro fondamentale del controllo, e il numero Q che definisce la risoluzione in profondità, consente il riscontro di eventuali armoniche, ovviamente indesiderate.

L'impulso RF usato per la valutazione è quello di risposta da un riflettore piano e speculare posto alla distanza del campo prossimo N per le sonde non focalizzate o alla distanza focale F per le sonde focalizzate.

In fig. 1 è riportato lo spettro di una sonda Gilardoni tipo BDN 10/2,25 (cristallo \varnothing 10 mm, frequenza 2,25 MHz) e sono riportati i dati di frequenza dell'eco f_e e di larghezza di banda Δf , $a-3\text{dB}$, dati questi che definiscono il potere risolvente della sonda attraverso il numero Q (fattore di smorzamento):

$$Q = \frac{f_e}{\Delta f}$$

2. CAMPO PROSSIMO "N" E DISTANZA FOCALE "F"

Il campo prossimo N, per le sonde non focalizzate è la distanza dall'emettitore della sezione di massima sensibilità.

La formula che definisce il valore N. è:

$$(1) \quad N = \frac{D_{\text{eff}}^2}{4 \lambda} = \frac{D_{\text{eff}}^2 f_e}{4 c}$$

essendo D_{eff} il diametro effettivo dell'emettitore (vedi punto 5), f_e la frequenza d'eco c la velocità ultrasonora del mezzo considerato e $\lambda = \frac{c}{f_e}$ è la lunghezza d'onda.

I valori dichiarati sono riferiti all'acciaio ($V_L = 5900$ m/sec e $V_T = 3230$ m/sec).

I valori indicati nei data sheets scaturiscono dai dati di caratterizzazione della sonda.

Per le sonde angolate i cristalli sono rettangolari con lati di dimensioni molto prossime; per essi non è più applicabile la formula riportata e si deve ricorrere a formule empiriche salvo poi suffragarle con l'esperienza.

La formula empirica seguente:

$$(2) \quad N = 1,3 \frac{a^2}{c} f_e$$

con "a" metà della lunghezza del lato maggiore, è stata ampiamente verificata in pratica.

A tal riguardo fa fede il grafico riportato in figura 2 che è quello di distanza-ampiezza in immersione, per un cristallo 20 x 22 mm², frequenza 2 MHz.

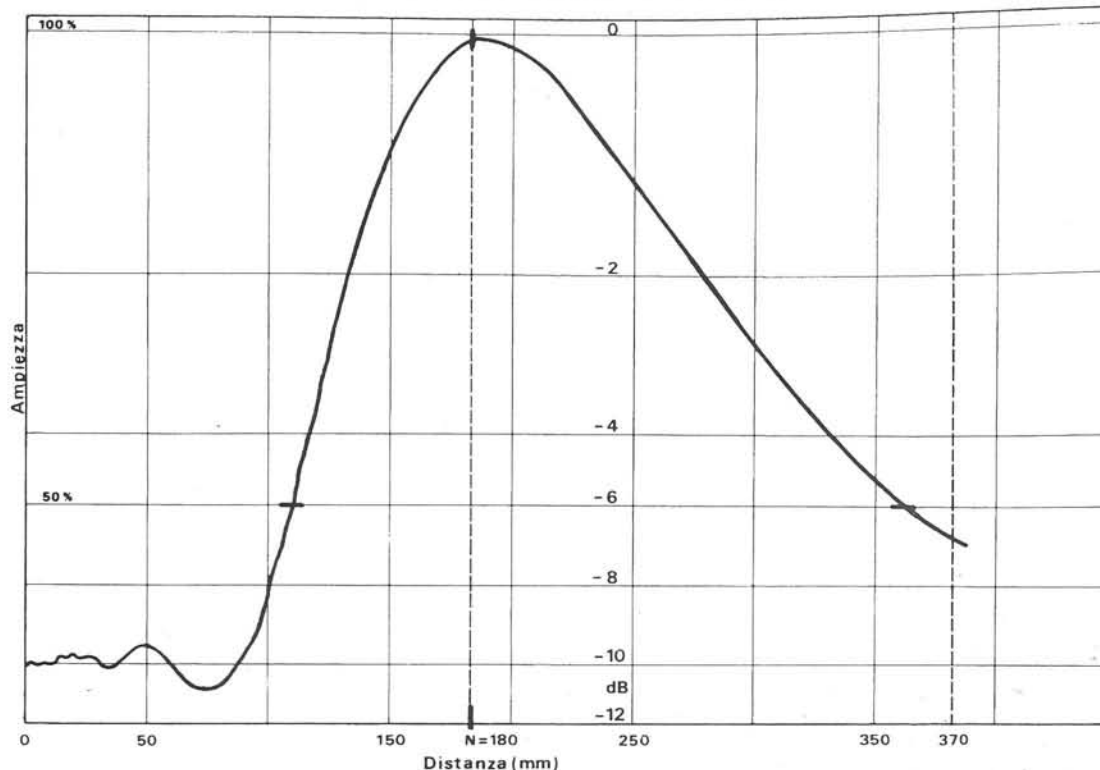


Fig. 2 - Grafico distanza-ampiezza per un cristallo 20 x 22 mm² frequenza nominale 2 MHz.

Scala orizzontale: 1 cm/div
Scala verticale : 2 dB/div

Il valore desunto del grafico è $N \approx 180$ mm.

Applicando la formula (2) scaturisce un valore di N pari a 220 mm quando si assume che tutto il cristallo sia effettivamente risonante. In pratica ciò non si verifica (vedi punto 5) cosicché la formula è abbastanza attendibile.

Ricordiamo che quando il cristallo assume una spiccata geometria rettangolare, cioè il rapporto fra i lati è $\geq 1,2$ la formula non è più valida.

Il calcolo teorico ed il rilievo empirico sono praticamente coincidenti, quando si tenga conto (vedi punto 5) che una piccola parte periferica del cristallo, essendo vincolata lateralmente al corpo della sonda, è impossibilitata a vibrare.

È importante notare che, nel caso delle sonde angolate, la lunghezza del campo prossimo include il percorso nel plexiglass lv (vedi punto 8) cosicché, per valutare la effettiva estensione di N in acciaio, occorrerà fare la differenza fra N e lv.

Occorre notare poi che, nella valutazione del campo prossimo, i valori di tolleranza addotti sono superiori al 10%.

Ciò è giustificato dal fatto che, oltre alla incertezza relativa alla frequenza, si deve tener conto dell'effettivo diametro risonante che può assumere valori diversi a seconda della sonda.

È utile ricordare infine che quando il cristallo assume una spiccata geometria rettangolare, cioè quando il rapporto fra i lati supera il valore 1,2, la formula (2) non è più valida.

Nostre esperienze sul rilievo del fascio a fronte di cristalli rettangolari mostrano andamenti anomali del fascio che ne sconsigliano l'uso applicativo.

La distanza focale F è, per una sonda focalizzata, la distanza del punto di massima sensibilità dall'emettitore.

Nel caso di sonde doppie, ovviamente, la normale legge di propagazione ultrasonora non è più verificata; come si può notare nella figura 3, che riporta il grafico distanza-ampiezza per una sonda Gilardoni DD 25/2, ϕ 25 mm, frequenza 2 MHz, la curva non è simmetrica rispetto al punto focale.

Tale situazione di asimmetria è comunque ben evidente nelle curve ADA di tutte le sonde doppie.

Per tali sonde i due cristalli sono ottenuti dividendo a metà un cristallo di diametro 25, 10 o 6 mm.

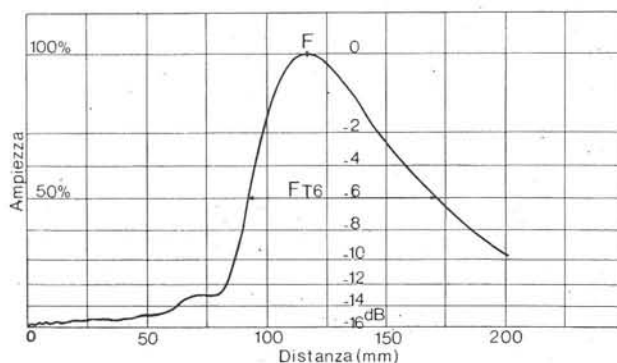


Fig. 3 - Grafico distanza-ampiezza per una sonda Gilardoni tipo DD 25/2.

Scala orizzontale: da 50 a 200 mm

Scala verticale : 2 dB/div

Risultati : F = 116 mm

$F_{T6} = 90$ mm (da 90 a 180 mm)

Il valore di F, riportato in acciaio, equivale a circa 29 mm, mentre il valore di F_{T6} è 23 mm di acciaio (da 22 a 45 mm). È ben evidente la asimmetria della curva rispetto al piano focale.

3. LARGHEZZA E LUNGHEZZA FOCALE: F_{B6} e F_{L6}

Rappresentano le dimensioni del fascio nella sezione di massima sensibilità per cui tali valori definiscono implicitamente il potere risolutore laterale della sonda nei due piani considerati.

Per le sonde diritte, tutte a cristallo circolare, stante la simmetria cilindrica, i valori di larghezza e lunghezza focale coincidono e sono generalmente noti come macchia focale. Dai dati riportati si può notare che il valore di macchia focale, nella sezione N, è vicino ad un terzo del diametro quale che sia la frequenza, quando la larghezza del fascio sia valutata con pressione acustica pari al 50% rispetto al massimo. La tolleranza per i valori di F_{B6} e F_{L6} è da mettere in relazione alla incertezza del diametro effettivo D_{eff} .

Per le sonde angolate la larghezza focale e la lunghezza focale sono illustrate nella figura 4: i valori non coincidono poiché la geometria tipica degli emettitori, pressoché quadrati, risulta poi compromessa in sede di rifrazione dato che una dimensione dell'emettitore la subisce, mentre l'altra no.

È interessante, a questo proposito, prendere in esame la figura 5 che mostra i profili del fascio, ottenuti in immersione, in due piani perpendicolari, per un cristallo $20 \times 22 \text{ mm}^2$, frequenza nominale 2 MHz (quella effettiva risulta intorno a 1,85 MHz).

Tali due piani, quando il cristallo sarà montato nello zocchetto nella costruzione della sonda angolata relativa (tipo ATS 2 MHz) risulteranno il piano orizzontale e il piano verticale. I grafici sono stati ripetuti in una sezione più lontana per valu-

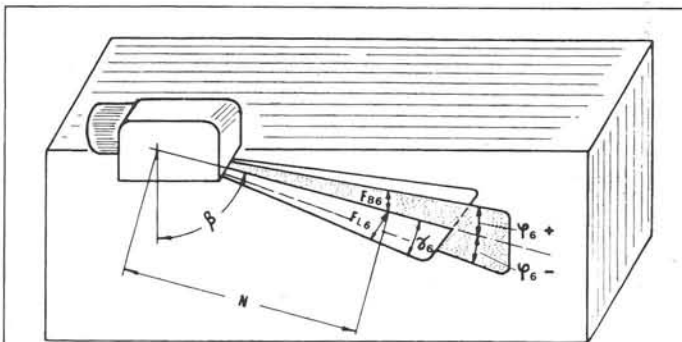


Fig. 4 - Lunghezza focale F_{L6} e larghezza focale F_{B6} per sonde angolate.

Il piano di valutazione per F_{L6} è noto come piano orizzontale, mentre il piano di valutazione di F_{B6} è noto come piano verticale.

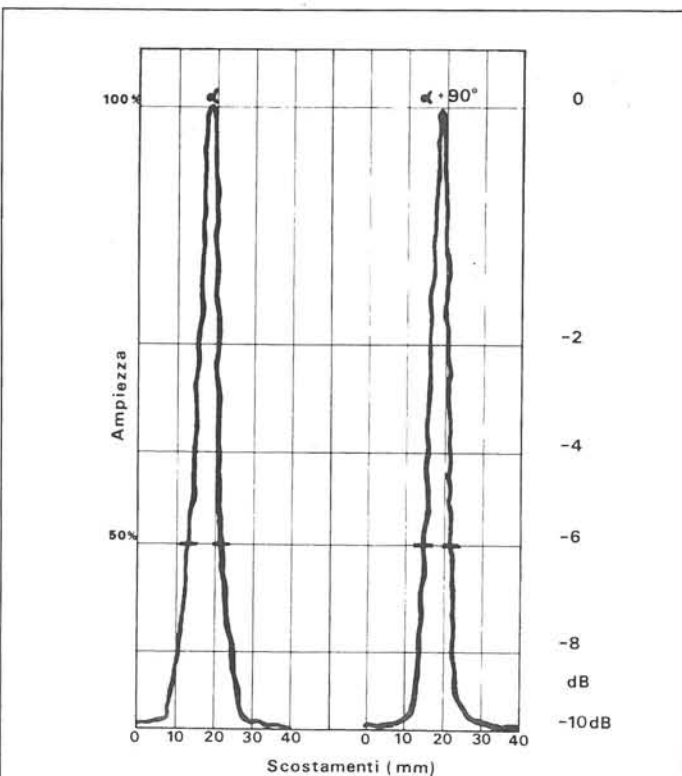


Fig. 5 - Grafico del profilo del fascio, in due piani a 90° , per un cristallo $20 \times 22 \text{ mm}^2$, 2 MHz.

Scala orizzontale: da 0 a 40 mm
 Scala verticale : 2 dB/div
 Risultati : piano α macchia focale = 8 mm
 piano $\alpha + 90^\circ$ macchia focale = 7,2 mm

Il piano α corrisponderà, in pratica, con il cristallo montato sullo zocchetto a realizzare la sonda ATS 2 MHz, al piano orizzontale, mentre il piano $\alpha + 90^\circ$, naturalmente, a quello verticale.

tare le aperture del fascio che sono risultate di $\sim 1,2^\circ$ nel piano orizzontale, e di $1,5^\circ$ in quello verticale.

Come si può notare dai valori riportati sui data sheet le aperture del fascio nel piano orizzontale quasi coincidono (tenuto conto del rapporto delle velocità in acqua e in acciaio); il valore invece relativo al piano verticale quasi coincide con quello della sonda ATS 35/2 per la quale, infatti, la rifrazione è molto contenuta.

Per le sonde doppie, infine, i piani di riferimento, secondo la convenzione generalmente seguita, sono:

- il piano trasversale al piano del setto di separazione passante per la sua mezzeria, per la valutazione di F_{B6} .
- il piano contenente il setto di separazione per la valutazione di F_{L6} .

I grafici di figura 6 dimostrano l'effettivo divario di F_{B6} e F_{L6} per una sonda tipo DD 25/4 $\phi 25 \text{ mm}$, frequenza 4 MHz; essi sono stati ottenuti registrando su un plotter XY la risposta ultrasonora relativa ad una sfera $\phi = 4 \text{ mm}$ che scorreva di fronte alla sonda, nei due piani significativi.

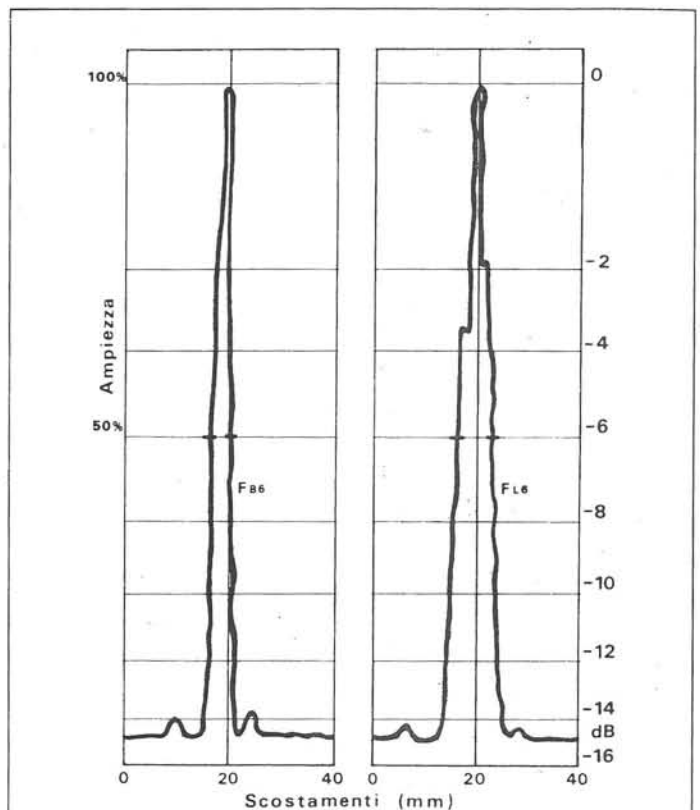


Fig. 6 - Determinazione di F_{B6} e F_{L6} per una sonda Gilardoni tipo DD 25/4.

Scala orizzontale: da 0 a 40 mm
 Scala verticale : 2 dB/div
 Risultati : $F_{B6} = 2 \text{ mm}$
 $F_{L6} = 5 \text{ mm}$

Risulta evidente che la ampiezza della macchia focale è molto diversa nei due casi, per cui le sonde doppie hanno diversa risoluzione laterale, a seconda che siano mosse lungo la direzione del setto o trasversalmente ad esso.

4. PROFONDITÀ FOCALE: F_{T6}

Definisce l'ampiezza focale lungo l'asse di propagazione e quindi il campo di ottimale utilizzo della sonda.

Praticamente è il terzo parametro utile a definire, nello spazio, l'ellissoide di focalizzazione delle sonde doppie. Sempre il grafico di figura 3 evidenzia il valore F_{T6} per una sonda DD 25/2, diametro $\phi 25 \text{ mm}$, 2 MHz.

Come si vede il campo di utilizzo ottimale è da 90 a 180 mm in H_2O e quindi da 22 a 45 mm di acciaio.

In questo campo la sonda conserva, infatti, una sensibilità non inferiore al 50% di quella massima.

5. DIAMETRO EFFETTIVO: D_{eff}

È il diametro effettivo risonante, cioè sede del fenomeno ultrasonoro.

Lo scostamento fra diametro nominale e diametro effettivo è giustificato dal fatto che, essendo il cristallo vincolato lateralmente ad una struttura, una parte di esso è impossibilitata a vibrare.

Con i dati della caratterizzazione è possibile calcolarlo. Dalla formula (1) esplicitando rispetto a D_{eff} si ottiene:

$$D_{eff} = 2 \sqrt{\frac{N \cdot c}{f_e}}$$

Dato che N ed f_e sono dati dalla caratterizzazione, nota c, è possibile valutare D_{eff} .

Generalmente risulta inferiore del 5-6% rispetto a quello nominale. All'aumentare della frequenza tale scarto tende a diminuire, anche se lievemente.

Le stesse considerazioni sono valide per i cristalli rettangolari calcolando nella formula (2) un valore di "a" reale e da questo risalendo al valore effettivo del lato maggiore.

6. ANGOLO DI TRASMISSIONE: β

È l'angolo di rifrazione in acciaio per onde trasversali. Le tolleranze addotte sono quelle ormai riconosciute dalle normative di più largo impiego (ASTM, DIN, BSI...).

Nei nostri Laboratori è possibile, attraverso un sistema dotato di sonda elettrodinamica, tracciare il grafico del profilo del fascio nei due piani significativi, come indicato in figura 7. L'angolo in corrispondenza del massimo esprime esattamente l'angolo di rifrazione per la sonda indicata.

Il grafico si riferisce ad una sonda Gilardoni tipo ATS 60/2, e l'angolo di rifrazione risulta di $\sim 60^\circ$.

Ovviamente l'operatore ha la possibilità di valutare il valore di β sfruttando il blocco V1 od altri equivalenti.

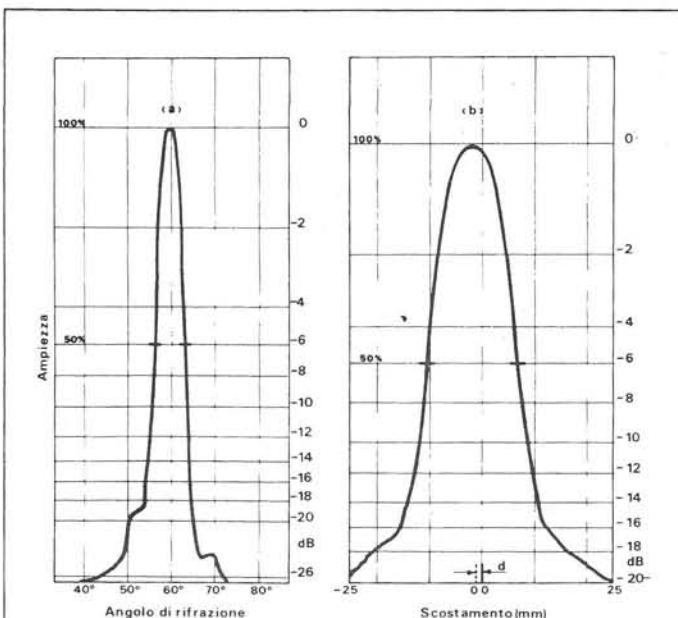


Fig. 7 - Profili del fascio per una sonda Gilardoni tipo ATS 60/2 - a) nel piano verticale e b) nel piano orizzontale.

Grafico a) Scala orizzontale : da 40° a 80°
Scala verticale : 2 dB/div

Grafico b) Scala orizzontale : da -25 a +25 mm
Scala verticale : lineare

Si può notare dal grafico a) che l'angolo di rifrazione è circa 60° e l'apertura del fascio di poco superiore a 3° . Dal grafico b) possiamo invece rilevare che lo scostamento "d" fra asse geometrico e asse acustico è di circa 1,5 mm in una sezione distante 200 mm e affermare quindi che, per tale sonda, l'angolo di squint (vedi punto 6) è praticamente trascurabile.

7. INFLUENZA DELLA TEMPERATURA: $\frac{d\beta}{dT}$

Tale parametro definisce la variazione dell'angolo di rifrazione per una variazione di temperatura da 20°C a 30°C .

Tali variazioni di β sono legate ad alterazioni prodotte da una variazione di temperatura nelle caratteristiche ultrasonore (velocità) del plexiglass e dell'acciaio.

8. PERCORSO NELLO ZOCCOLO: I_v

Rappresenta, per le sonde angolate, il percorso ultrasonoro fra emettitore e superficie di contatto pezzo-sonda riferito alla velocità delle onde trasversali in acciaio.

Tale caratteristica è valutabile dall'operatore utilizzando il blocco V1 e la semplice procedura qui riportata:

1. Effettuare un fondo scala di 200 mm portando, mediante i comandi di ritardo e profondità fine, la prima e seconda riflessione del raggio 100 mm a coincidere rispettivamente con la 50° e 100° divisione della scala orizzontale.
2. Agendo sul ritardo portare l'eco di trasmissione a coincidere con lo 0.
3. Il numero di divisioni centesimali di cui si sposta la eco della 50° divisione, moltiplicato per due, esprime, in mm, il valore di I_v .

Per calcolare l'effettiva estensione del campo prossimo in acciaio, occorre sottrarre dal valore di N il valore I_v , come ricordato al punto 2.

9. ANGOLO DI SQUINT: σ

Eventuale angolo di deviazione fra asse geometrico e asse acustico del fascio.

Nel caso di trasduttori piani l'angolo di squint deve essere nullo o comunque trascurabile.

Nel caso di trasduttori angolati non deve superare il mezzo grado: per tali sonde, il valore massimo dell'angolo di squint fissa le tolleranze di lavorazione in modo che tale limite risulti invalicabile.

Significativo è il grafico b) della figura 7 che mostra la valutazione dell'angolo di squint, attraverso la sonda elettrodinamica, per una sonda Gilardoni ATS 60/2.

A conti fatti l'angolo di squint è inferiore a $30'$.

Infatti lo scostamento d è inferiore a 1,5 mm in una sezione distante 200 mm. Risulta quindi:

$$\sigma = \arctg \frac{d}{200} = \arctg \frac{1.5}{200} < 30'$$

Chiaramente la presenza di significativi angoli di deviazione inibisce l'uso della sonda poiché nessuna precisione si avrebbe nella determinazione della posizione del difetto.

10. DISASSAMENTO: Z

Eventuale spostamento laterale del trasduttore rispetto al suo contenitore (o "housing").

I valori limite sono fissati in funzione del diametro dell'emettitore, nel senso che all'aumentare di questo aumenterà il valore limite fissato.

Tale difetto della sonda è meno grave del precedente dato che, in questo caso, lo scarto di posizione del difetto è fisso, mentre in presenza di angolo di squint, lo scarto di posizione aumenta all'aumentare della profondità del difetto.

11. VARIAZIONE DEL PUNTO "O"

Per le sonde angolate lo scostamento del punto di uscita effettivo del fascio rispetto a quello indicato sulle sonde. La valutazione è fatta tramite il blocco V1 o V2.

Lo scostamento è destinato ad aumentare con l'utilizzo della sonda per cui è buona norma, per l'operatore, rivalutare periodicamente il punto "O" effettivo e riportarlo su sonda.

12. APERTURA DEL FASCIO

Per le sonde dritte, a simmetria cilindrica, l'apertura del fascio, così come la sua dimensione, è identica nei due piani.

I valori riportati, determinati a 6 dB, cioè assumendo come riferimento il 50% del massimo, verificano con sufficiente precisione la legge teorica secondo la quale la semi-divergenza del fascio è espressa da:

$$\sin \delta = 0.5 \frac{\lambda}{D_{\text{eff}}}$$

essendo δ l'angolo di semi-divergenza.

Come già visto tale simmetria decade per le sonde angolate e quindi i valori di apertura del fascio sono diversi nei due piani. Con riferimento alla figura 7 è possibile determinare le aperture del fascio nei due piani per una sonda ATS 60/2.

I risultati riportati sono molto vicini a quelli teorici e, comunque, dentro le tolleranze indicate.

Per il calcolo nel caso b), relativo al piano orizzontale, si è assunto che la macchia focale F_{L6} coincidesse con quella teorica, così come il valore di campo prossimo: la valutazione dell'apertura del fascio nel piano orizzontale γ_6 è dunque legata a tale ipotesi.

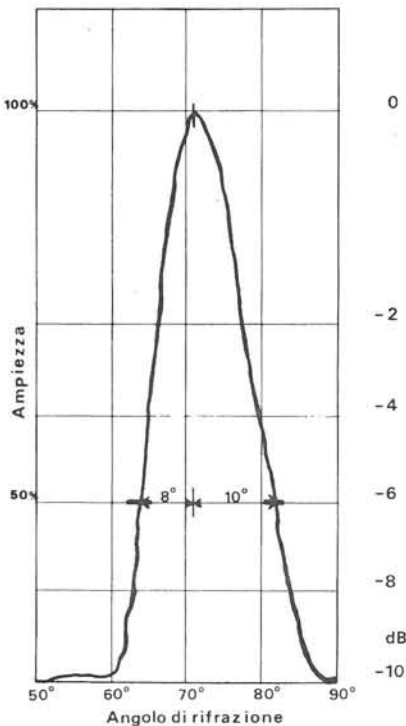


Fig. 8 - Grafico dell'apertura del fascio, nel piano verticale, di una sonda Gilardoni tipo ATM 70/2.

Scala orizzontale: da 50° a 90°

Scala verticale : 2 dB/div

Risultato : $\beta = 71^\circ$

Il grafico mostra un'asimmetria del fascio nel piano verticale.

Addirittura, come è evidente dall'esame della figura 8, per le sonde angolate miniatura in bassa frequenza, le semiaperture del fascio nel piano verticale così come le relative ampiezze focali, sono diverse, cioè il fascio nel piano considerato è asimmetrico.

Un secondo sistema, che sfrutta ancora la sonda elettrodinamica come elemento ricevitore, consente di tracciare i profili del fascio nei due piani significativi, a diverse sezioni.

Si sfruttano, a questo scopo, dei cunei di acciaio angolati esattamente a 45°, 60° e 70°.

La sonda, vincolata a due guide parallele, è spostata dal bordo del cuneo e, di conserva, si sposta la sonda elettrodinamica lungo l'altra faccia del cuneo, andando così a cogliere il fascio ultrasonoro con profondità diverse.

Confrontando i grafici ottenuti in due sezioni, ben distinte, è possibile risalire facilmente all'apertura del fascio nei due piani.

È da notare che i sistemi di rilievo del fascio, attraverso la sonda elettrodinamica, assicurano un'assoluta fedeltà di riproduzione della geometria di propagazione del fascio.

Infatti, lavorando in riflessione, il regime di propagazione-ricezione, interagendo su dei riflettori, risulta influenzato dal riflettore prescelto per cui i segnali raccolti dalla sonda non sono certamente idonei a definire i limiti del campo ultrasonoro. Numerose esperienze degli autori confermano questa tesi, del resto avallata dalla teoria.

Le stesse esperienze ribadiscono altresì che i parametri del fascio risultano funzione del riflettore prescelto, per cui, in definitiva, i parametri così ricavati non possono più essere assunti come assoluti.

13. RESISTENZA ALL'USURA: M. - MAX USURA TOLLERATA: Mz

La resistenza all'usura esprime la capacità della sonda di sopportare lo strisciamento: è espressa in mm/km.

Tale caratteristica divide le sonde di serie Gilardoni in due categorie. Da una parte le sonde dritte che, presentando uno strato di protezione dell'elemento piezoelettrico di tipo ceramico, hanno una usura praticamente trascurabile; dall'altra le sonde doppie e angolate per le quali la superficie di contatto è una superficie in plexiglass che, rispetto ad una ceramica molto dura, presenta una resistenza all'usura molto minore.

La max usura tollerata, dunque, è piccola per le sonde dritte (essendo molto sottile lo strato ceramico di protezione e accoppiamento) mentre è maggiore per le sonde doppie e angolate.

Val la pena di ricordare in ultimo che, per le sonde angolate, è possibile ripristinare le condizioni iniziali incollando sulla sonda usurata, opportunamente preparata in superficie, una soletta di plexiglass adeguata nello spessore e nelle dimensioni.

Tale reintegrazione delle sonde è semplice da eseguire per cui, spesso, se ne incarica l'utilizzatore stesso.

14. PRESSIONE PUNTIFORME MAX: P

Carico massimo che la sonda può sopportare su un punto della sua superficie di contatto senza danneggiarsi.

15. TEMPERATURA AMBIENTE AMMESSA: T_a - TEMPERATURA TOLLERATA PER TEMPI BREVI: T_{3sec} .

Il primo parametro T_a indica la temperatura ambiente massima consentita per un funzionamento corretto della sonda.

Le cautele nei confronti della temperatura risalgono al fatto che le caratteristiche piezoelettriche dell'elemento si degradano all'aumentare della temperatura fino ad un punto limite, detto temperatura di Curie, in cui, praticamente, si annullano.

Dai dati in nostro possesso è comunque lecito affermare che le variazioni delle proprietà piezoelettriche, fino a temperature intorno a $70^\circ \div 80^\circ\text{C}$, sono molto contenute.

L'unica variazione non trascurabile è quella della costante dielettrica relativa, grandezza però che non influenza direttamente il rendimento ultrasonoro del cristallo, influenzando l'accoppiamento elettrico della sonda: si tratta, in pratica, di alterazioni non significative.

Ma è da notare che le temperature limite riportate sono da collegarsi, soprattutto, sia ad altri materiali costituenti la sonda (il plexiglass, per esempio, ha temperatura di prima deformazione compresa fra 75° e 85°) che tenuta degli incollaggi fra l'elemento piezoelettrico e la protezione (o la soletta di plexiglass).

Del resto, anche al di sotto di certe temperature, la bontà dell'incollaggio, stante la differenza di comportamento a bassa temperatura fra i materiali a contatto, risulta compromessa.

I valori tollerati, per tempi brevi, T_{3sec} sono caratteristici di ogni sonda: quelli riportati sono da riferirsi a tempi di contatto non superiori a 3 secondi.

Per le sonde diritte, per le quali l'elemento piezoelettrico risulta prossimo alla sorgente termica, cioè alla superficie di contatto, le temperature T_{3sec} sono più basse, mentre aumentano per sonde doppie e angolate per le quali fra elemento piezoelettrico e superficie di contatto esiste un consistente spessore di plexiglass.

Per lavorare a temperature superiori a quelle indicate, come è richiesto da alcuni controlli in fabbricazione e in opera, sono realizzate sonde che includono materiali a bassissimo coefficiente di conducibilità termica che "isolano" termicamente il cristallo dal pezzo caldo.

Questi materiali sono comunque tali da garantire la trasmissibilità ultrasonora.

Le temperature limite sono attualmente fissate intorno ai 400°C per tempi di contatto contenuti nei 3 secondi.

L'utilizzo delle sonde in alta temperatura comporta alcune difficoltà, dato che l'accoppiamento sonda-pezzo può avvenire soltanto attraverso fluidi o semifluidi speciali.

Le sonde poi devono avere particolari geometrie per semplificare le operazioni di contatto pur garantendone l'affidabilità.

16. RISERVA DI AMPLIFICAZIONE V_R

Tale caratteristica è da collegare al tipo di apparecchio prescelto. Indica di quanti dB si può ancora amplificare un'eco di riferimento, portata al 40% dello schermo, nella condizione in cui il rumore non superi il 20%. Quali echi di riferimento, si possono utilizzare: lo spessore 25 mm del

blocco V1 per sonde diritte, la curvatura del 100 mm del V1 per sonde angolate ed uno spessore di acciaio al carbonio corrispondente alla distanza focale per sonde doppie.

Il valore V_R consente di confrontare, sul medesimo apparecchio, le varie sonde in termini di sensibilità, cioè di ampiezza del segnale utile prodotto dai riflettori indicati e disponibile all'ingresso del ricevitore.

Il dato V_R rappresenta uno dei parametri significativi per valutare la qualità del sistema sonda + apparecchio.

Precisamente, tanto maggiore è la riserva di amplificazione tanto maggiore è il campo di profondità d'indagine per un fissato riflettore e per una fissata attenuazione del materiale o, ciò che è lo stesso, fissato un campo di profondità d'indagine e un valore di attenuazione, tanto più piccolo è il riflettore che si può rilevare.

Tali considerazioni possono essere facilmente trasferite nella pratica con l'ausilio dei diagrammi ADA, nei quali sia riportata la curva di attenuazione relativa alla frequenza della sonda utilizzata.

Le ascisse delle intersezioni di tale curva con le varie curve caratteristiche dei vari "difetti equivalenti" definiscono le profondità massime cui, in quel materiale e con quella sonda, è possibile rilevare quel difetto equivalente.

In ultimo sarà bene ricordare che sensibilità della sonda e riserva di amplificazione, pur essendo strettamente collegate, non sono coincidenti.

Il dato "sensibilità della sonda" si riferisce alla capacità della sonda alla conversione reversibile della energia meccanica ed elettrica, mentre il dato "riserva di amplificazione" si riferisce al sistema sonda + apparecchio, nel senso che esprime quanta di questa sensibilità l'apparecchio è in grado di rendere disponibile.

17. DISTANZE DI RISOLUZIONE t_n

È un dato da riferire al tipo di apparecchio prescelto.

Per sonde diritte o angolate, definisce il campo, a partire dalla superficie di contatto sonda-pezzo, entro cui un riflettore, di data grandezza, non è più chiaramente rilevabile.

Si conviene che un riflettore di data grandezza non è più rilevabile quando la gola fra l'impulso iniziale e l'eco del riflettore è inferiore a 6 dB.

Tale valore si riferisce, dunque, al campo vicino così come, in definitiva, la riserva di amplificazione V_R si riferisce al campo lontano.

Questo dato non è da confondere con la zona morta che rappresenta invece il campo, a partire dalla superficie di contatto, entro cui non è possibile individuare alcun riflettore, qualunque dimensione esso abbia.

Occorre notare che l'indice "n" indica di quanti dB l'eco del riflettore risulta inferiore all'eco di riferimento, definita come al punto 16: il valore t_n farà riferimento, dunque, ad un grande riflettore.

Per il calcolo dei valori t_n occorre riferirsi ancora alla curva ADA del trasduttore considerato.

I valori t_n diminuiscono all'aumentare della frequenza della sonda.

VERIFICA E CERTIFICAZIONE DEGLI APPARECCHI AD ULTRASUONI GILARDONI

1. Introduzione

Nella costruzione dei recipienti a pressione e dei relativi materiali base per componenti di centrali nucleari sono di fondamentale importanza i controlli non distruttivi da eseguirsi secondo metodologie adeguate a garantire il livello di qualità stabilito dalle norme e dalle specifiche contrattuali.

Le norme americane ASME (1) in particolare richiedono in modo chiaro ed univoco l'identificazione, la verifica periodica e la certificazione degli strumenti impiegati per il controllo.

Riferendoci al codice ASME sez. III Par. 4600 si rileva che:

- a) *devono essere stabilite e documentate le misure prese per assicurare che materiali, calibri, strumenti, attrezzature ed apparecchi di prova utilizzati per il controllo della qualità rientrino nei campi di tolleranza previste;*
- b) *deve essere operante la procedura che assicuri che gli strumenti impiegati per il controllo della qualità siano adeguatamente calibrati e che si stabilisca la riverifica ad intervalli periodici al fine di garantire la accuratezza delle prove;*
- c) *le calibrature, dove esistono standard nazionali, devono essere condotte impiegando standard identificati che si correlino agli standard ufficiali e certificate.*

Il paragrafo 4620 stabilisce anche che: «*gli strumenti devono essere marcati con un numero di identificazione in modo che sia documentata la correlazione biunivoca fra esame fatto ed attrezzo per la prova*».

Sempre il codice ASME al par. 4630 prescrive che «*devono essere dichiarati non conformi tutti gli esami eseguiti con uno strumento trovato, dopo l'esame, fuori tolleranza*».

Le sopracitate prescrizioni hanno determinato la necessità di istituire delle procedure di identificazione, calibrazione e certificazione degli apparecchi e relativi accessori usati per i controlli.

Ed è altresì evidente che la certificazione degli apparecchi ha richiesto un miglioramento qualitativo sia a livello di prestazioni sia a livello di ripetibilità degli impianti.

Nel presente articolo viene presentata una procedura di calibrazione e certificazione per rivelatori ultrasonori universali, strumenti di impiego quotidiano nei controlli sia in fabbricazione che in esercizio.

2. Discussione

2.1. Riferimento alle norme

Le verifiche periodiche che si devono effettuare sulle apparecchiature ultrasonore concernono:

- la linearità orizzontale
- la linearità verticale
- gli attenuatori calibrati.

Per maggiore completezza si suggerisce anche la verifica del «*campo di dinamica (dynamic range)*» come indicato dall'I.I.W. (2).

Procedure di valutazione delle caratteristiche di cui sopra sono contenute in documenti come E-317-85 dell'ASTM (3), Richtlinien Sept. 71 della DGZ fP (4) e BS 4331-74 del BSI (5). È opportuno precisare che tali procedure differiscono fra loro pur consentendo una valutazione finale equivalente e che inoltre la loro applicazione non è sempre di facile e pratica attuazione.

La presente pubblicazione ha lo scopo di illustrare il metodo impiegato nei nostri laboratori per la verifica e la certificazione degli apparecchi ultrasonori, in modo che si possa facilitare il lavoro di coloro ai quali è affidato il compito della verifica periodica durante l'utilizzo.

2.2. Riferimento allo strumento

Dal principio di funzionamento di un rivelatore ultrasonoro US (presentato sul Notagil S.I. Vol. 13 n. 1-2, 1977) si ricava che solo alcune sezioni del circuito influenzano le funzioni da verificare: in particolare la linearità orizzontale dipende dal tubo a raggi catodici e dal circuito di scansione, la linearità verticale dipende ancora dal tubo a raggi catodici e dai circuiti di amplificazione e rivelazione, mentre la precisione degli attenuatori dipende dalla loro esecuzione e soprattutto dal loro grado di usura.

2.2.1. Linearità orizzontale

Le moderne apparecchiature ultrasonore presentano una suddivisione centesimale della scala orizzontale (asse dei tempi) incisa direttamente sulla faccia interna del tubo a raggi catodici per l'eliminazione degli errori di parallasse.

La verifica di linearità orizzontale ha lo scopo di assicurare che gli scostamenti dai valori teorici legati sia al tubo (scostamenti costanti indipendenti dal fondo scala), che al circuito di scansione, (scostamenti dipendenti dal fondo scala),

siano contenuti entro limiti di tolleranza che risultano fissati nel $\pm 1\%$, ovvero una divisione centesimale.

Gli errori di linearità del tubo a raggi catodici sono legati alle caratteristiche costruttive dello stesso ed in particolare alla tensione di accelerazione degli elettroni del pennello catodico ed alla geometria degli elettrodi.

I tubi di dimensioni ridotte, per apparecchi portabili, con tensione di lavoro da $5 \div 6$ kV, vengono forniti dal costruttore con errori di linearità orizzontale dell'ordine del 3%, mentre i tubi di maggiori dimensioni per apparecchi di maggior prestigio, con tensione di lavoro di $15 \div 18$ kV, presentano errori contenuti nell'1%.

Per eliminare o comunque contenere la linearità orizzontale entro il valore $\pm 1\%$ proprio del tubo, si realizza un reticolo di lettura che compensa la non linearità del tubo stesso.

Le procedure di verifica della linearità orizzontale, nei documenti citati, prevedono di ottenere una serie di echi multipli da uno spessore e di verificare gli scostamenti dalle rispettive divisioni: tale sistema implica, anche se a volte non specificamente espresso, di correggere per ogni valutazione l'amplificazione degli echi, (sino a portarli di volta in volta ad un livello costante) per evitare l'influenza sulla linearità dei nodi di alta frequenza.

Noi consigliamo di procedere, più semplicemente, con due echi multipli portati esattamente su due indicazioni centrali (es. 30 e 80 divisioni centesimali), per poi agire sul ritardo in modo che gli stessi echi si spostino su tutte le divisioni dello schermo, come meglio illustrato al paragrafo 3.1. della procedura.

2.2.2. Linearità verticale

Il tubo a raggi catodici influenza anche la bontà della linearità verticale di un apparecchio ultrasonoro: ma per la disposizione più prossima al cannone elettronico delle placche di deflessione verticale, tale influenza è contenuta e rientra generalmente nei limiti di tolleranza fissati ($\pm 5\%$) anche per tubi a raggi catodici a tensione di lavoro ridotta.

Pertanto il reticolo inciso per la valutazione delle ampiezze è sempre suddiviso in parti uguali. I circuiti di amplificazione e di rivelazione che «manipolano» il segnale della sonda, prima di visualizzarlo sullo schermo, sono i principali responsabili della linearità verticale; pertanto nel procedere alla verifica, occorre attenersi alle indicazioni relative alla posizione di alcuni comandi, come soglia e compenso profondità. È bene evidenziare che i comandi di amplificazione (dB), se partitori resistivi, funzionano da attenuatori senza influenza sulla linearità verticale. Questa risulta ideale allorché il rapporto fra le ampiezze di due echi visualizzati contemporaneamente si mantiene costante per tutta la altezza dello schermo.

La verifica di linearità verticale sperimentata dai nostri laboratori ed illustrata al paragrafo 3.2. si effettua valutando che il rapporto, impostato al valore 2, fra due echi la cui ampiezza viene fatta variare dal 100% al 10% della altezza schermo, rimanga entro i limiti prefissati.

Il rapporto 2:1 per l'ampiezza degli echi è stato scelto con il criterio di soddisfare la duplice esigenza di poter effettuare un numero esteso di valutazioni di rapporto e di avere echi di ampiezze alquanto diverse, dal momento che echi di ugual ampiezza non permettono verifiche affidabili di linearità verticale.

Il rapporto 2:1, che è di facile impostazione e di immediata valutazione, è pure richiesto dalle norme ASME Sezione V art. 4 Appendix I e Sez. XI art. 4110.

Per una tolleranza del $\pm 5\%$, il rapporto fra echi deve mantenersi fra i valori 1,9 e 2,1; valori inferiori a 2 per segnali prossimi al 100% dello schermo indicano saturazione, mentre per segnali ridotti denotano presenza di soglia.

2.2.3. Calibrazione degli attenuatori

I comandi di amplificazione di un apparecchio ultrasonoro sono costituiti da partitori di tensione resistivi discreti azionati da commutatori.

Due sono normalmente i comandi previsti per la regolazione calibrata: un comando di regolazione con 20 dB per scatto per un totale di 40 o 60 dB ed un comando con 2 dB per scatto per un totale di 40 dB.

L'usura è la causa che impone la verifica periodica di questi comandi che sono fondamentali per la valutazione delle discontinuità equivalenti con riferimento a difetti campione.

Un sistema pratico e indicato per una rapida e quotidiana verifica degli attenuatori da parte dell'operatore, è previsto dai codici ASME alla Sez. V - art. 4 Appendix II e alla Sez. XI art. I-4120. Gli esperti dei nostri laboratori suggeriscono, come del resto previsto al punto 3.1.3. B della Richtlinie (4) citata al paragrafo 2.1. l'impiego di un generatore di segnale come dettagliatamente descritto al paragrafo 3.3. per una completa ed accurata verifica degli attenuatori fatta in laboratorio.

Il segnale del generatore, variabile la frequenza, viene attenuato dai comandi dell'apparecchio ultrasonoro e successivamente amplificato della medesima quantità dai comandi calibrati del generatore di segnale.

2.2.4. Campo di dinamica (dynamic range)

Questa prova complementare viene suggerita per completare la verifica degli amplificatori con segnali visualizzati molto ridotti, allorché la verifica di linearità verticale diventa problematica.

La prova consiste nell'attenuare un segnale di ampiezza pari al 100% dello schermo e di rilevare i dB che riducono questo segnale ad un'ampiezza ancora distinguibile sulla traccia di base (vedere paragrafo 3.4.).

Un buon apparecchio deve visualizzare completamente un segnale senza «sogiarlo»: questo si ha quando il valore di «dynamic range» è uguale o superiore ai 30 dB.

3. Procedura per la certificazione degli apparecchi US

3.1. Controllo linearità orizzontale

(Attrezzatura; attrezzo di fig. 1, spessore campione e sonda diritta 2 \div 4 MHz).

3.1.1. Posizionare la sonda su uno spessore pari a metà della scala che si vuole controllare e bloccarla con l'attrezzo di fig. 1.

3.1.2. Agire sulle manopole di ritardo e profondità sino ad avere 2 echi multipli dello spessore esattamente sulle indicazioni 30% e 80% della scala orizzontale (fig. 2).

3.1.3. Senza più agire sull'amplificazione e sulla regolazione della scala delle profondità, portare con la manopola di ritardo, la prima riflessione successivamente sullo 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% della scala orizzontale e riportare in tabella, per ogni posizione, la distanza fra le due riflessioni.

3.1.4. Gli scostamenti di ogni lettura dal valore ideale di 50 divisioni devono essere contenute entro $\pm 1\%$ del fondo scala, ovvero entro ± 1 divisione centesimale.

3.2. Controllo linearità verticale

(Attrezzatura: pezzo campione di fig. 3, attrezzo di fig. 1 e scala graduata di fig. 4, sonda diritta 2 \div 4 MHz).

3.2.1. Escludere i comandi di soglia e l'eventuale compenso di profondità ovvero portare tutti i comandi sulla posizione di calibrazione prevista.

3.2.2. Posizionare la sonda sul pezzo campione di fig. 3 impiegando l'attrezzo di fig. 1.

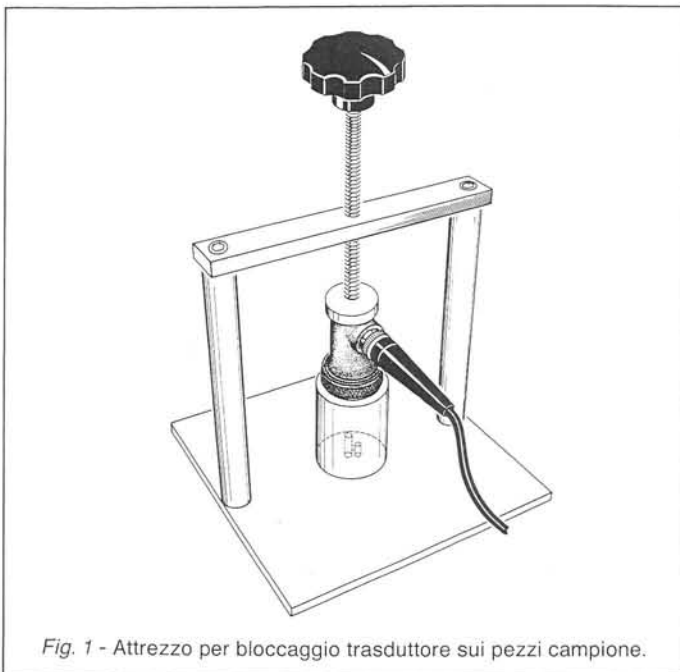


Fig. 1 - Attrezzo per bloccaggio trasduttore sui pezzi campione.

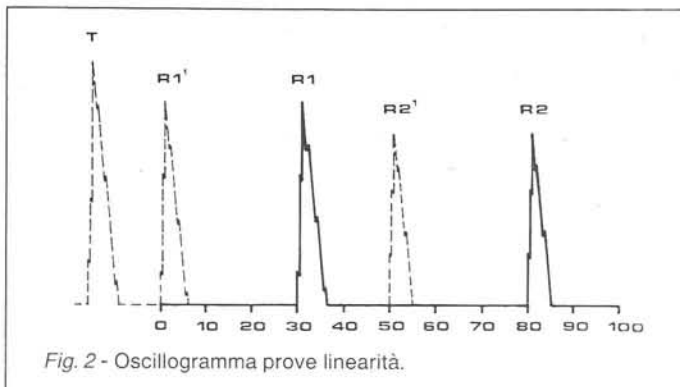


Fig. 2 - Oscillogramma prove linearità.

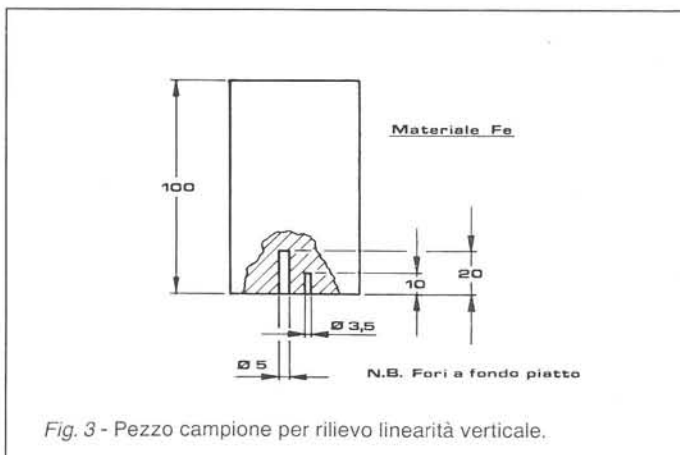


Fig. 3 - Pezzo campione per rilievo linearità verticale.

- 3.2.3. Applicare la scala graduata autoadesiva di fig. 4 con le divisioni estreme (0 e 100) esattamente coincidenti con le suddivisioni estreme verticali del reticolo del tubo, in posizione tale che, regolando opportunamente ritardo e profondità, le cuspidi delle riflessioni dei due fori risultino, per comodità di lettura, l'una a destra e l'altra a sinistra della scala graduata (fig. 5).
- 3.2.4. Regolare la posizione del trasduttore sino ad avere un rapporto delle riflessioni dai due fori pari a 2:1 con la maggiore al valore 80% della altezza schermo (fig. 5). Ciò ottenuto, bloccare la sonda con l'attrezzo di fig. 1.
- 3.2.5. Mediante i comandi di amplificazione, variare il valore dell'indicazione maggiore dal 100% al 20% dell'ampiezza verticale con decrementi del 10%; leggere e riportare in tabella il valore assunto dalla indicazione minore.

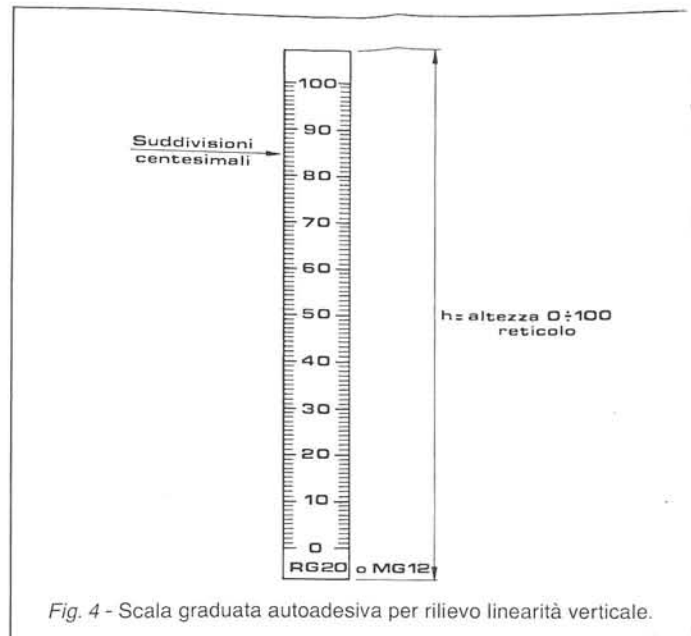


Fig. 4 - Scala graduata autoadesiva per rilievo linearità verticale.

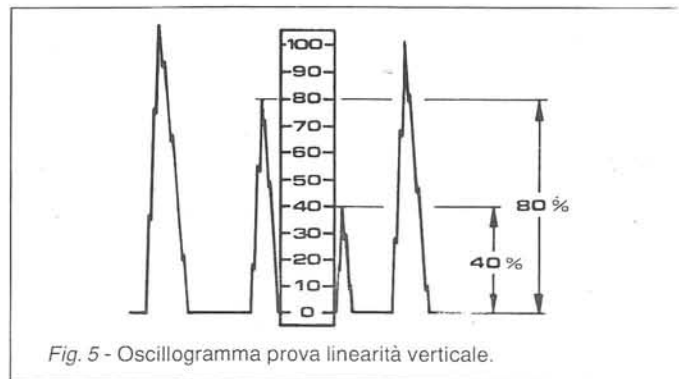


Fig. 5 - Oscillogramma prova linearità verticale.

- 3.2.6. Fare, per ogni punto di lettura il rapporto fra l'indicazione di riferimento e quella, minore, registrata in tabella.
- 3.2.7. I rapporti possono scostarsi dal valore 2 del $\pm 5\%$ ovvero i rapporti devono risultare compresi fra 1,9 e 2,1.
- Nota:** Per apparecchi sprovvisti di regolazione fine dell'amplificazione fare il rilievo per variazioni di 2 dB.

3.3. Controllo attenuatori calibrati

(Attrezzatura: generatore di segnali calibrato)

- 3.3.1. Predisporre l'apparecchio in trasparenza e collegare all'entrata del ricevitore (RX) l'uscita del generatore di segnali, come illustrato in figura 6.
- 3.3.2. Impostare la frequenza del generatore sul valore 3 ÷ 4 MHz (o sul valore di frequenza per la quale intende eseguire il rilievo della calibratura).
- 3.3.3. Escludere l'attenuatore a 20 scatti di 2 dB e inserire completamente l'attenuatore a scatti di 20 dB.
- 3.3.4. Agire sugli attenuatori calibrati del generatore affinché la striscia visualizzata sullo schermo coincida con il valore 100% con lo strumento di lettura o perfettamente azzerato.
- 3.3.5. Passare da 0 a 20 dB, uno scatto, con il comando di amplificazione ed attenuare di 20 dB il segnale del generatore.
- 3.3.6. Con la regolazione fine riportare il livello superiore della traccia al valore del punto 3.3.4. Leggere sullo strumento del generatore lo scostamento rispetto allo zero: valori letti sulla destra dello zero vanno sottratti al valore di 20 dB, valori letti sulla sinistra dello zero vanno sommati al valore 20 dB.

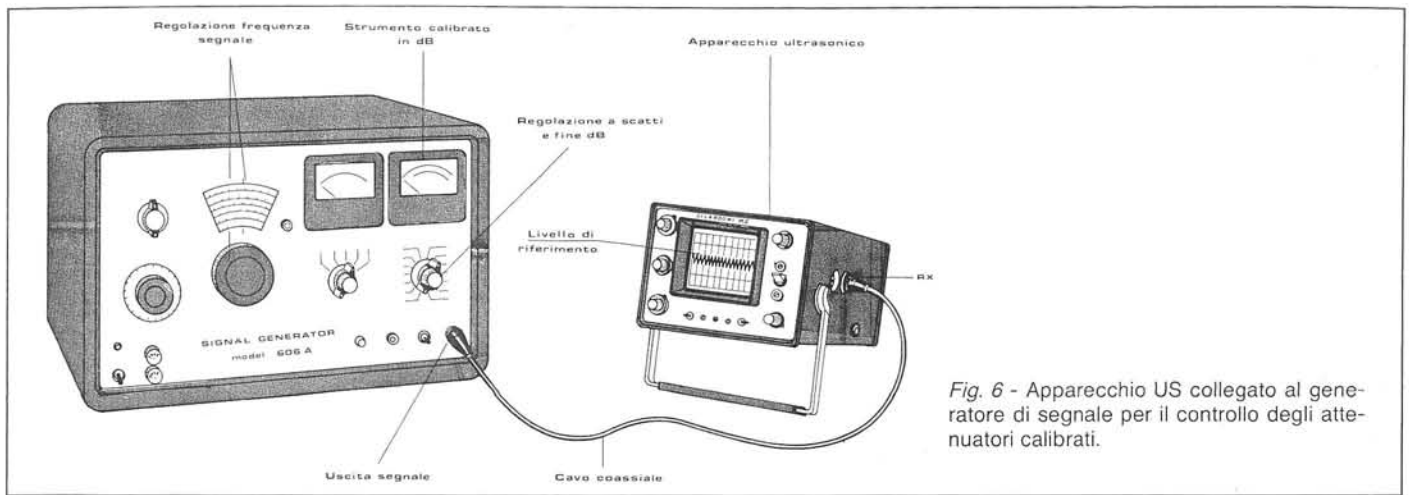


Fig. 6 - Apparecchio US collegato al generatore di segnale per il controllo degli attenuatori calibrati.

- 3.3.7. Passare da 20 dB a 40 dB con un altro scatto dell'attenuatore dell'apparecchio e ripetere le operazioni dei punti 3.3.5. e 3.3.6.
- 3.3.8. La differenza fra la lettura dei punti 3.3.7. e 3.3.5. dà il valore esatto dello scatto 20-40 dB.
- 3.3.9. Se è previsto un ulteriore scatto 40-60 dB ripetere le operazioni 3.3.7. e 3.3.8.
- 3.3.10. Escludere l'attenuatore da 20 dB e inserire completamente l'attenuatore a scatti di 2 dB.
- 3.3.11. Ripetere le operazioni indicate al punto 3.3.4.
- 3.3.12. Introdurre 5 scatti (10 dB) di amplificazione e valutare il valore calibrato di tali scatti con le operazioni indicate al punto 3.3.6.
- 3.3.13. Fare quattro rilievi, come al punto 3.3.12., per valori pari a 10-20-30-40 dB (per maggiore completezza si dovrebbe fare il rilievo per ogni scatto da 2 dB).

3.4. Determinazione del «dynamic range»

(Attrezzatura: attrezzo di fig. 1 spessore campione, trasduttore piano 2 ÷ 4 MHz).

- 3.4.1. Escludere i comandi di soglia, l'eventuale compenso di profondità, ovvero portare i comandi sulla posizione di calibratura dove è prevista.
- 3.4.2. Bloccare una sonda su qualsiasi pezzo campione e portare al 100% una risposta (eco) qualsiasi.
- 3.4.3. Agire sui comandi di amplificazione tarata sino a ridurre detto segnale al valore più piccolo ancora distinguibile sull'asse dei tempi e rilevare la variazione in dB riportandola in tabella.

4. Certificazione

I risultati che si ricavano dall'applicazione della procedura descritta vengono raccolti in tabella I a costituire una certificazione delle prestazioni dell'apparecchio ultrasonico. La certificazione risulta conforme allorquando gli scostamenti rilevati rientrano nelle tolleranze previste. La certificazione deve rinnovarsi periodicamente come previsto dai codici e comunque dopo ogni intervento di riparazione o revisione dell'apparecchio.

5. Conclusione

La certificazione periodica, come richiesto dai codici, comporta la verifica delle principali caratteristiche degli apparecchi ultrasonici. La procedura di verifica e certificazione illustrata è derivata dalla sistematica applicazione pratica delle diverse raccomandazioni internazionali sulle apparecchiature di nostra produzione al fine di dotarle di una certificazione iniziale.

Bibliografia

- (1) ASME: ASME boiler and pressure vessel code, American Society of Mechanical Engineers, 1971.
- (2) IIW: Raccomandation for ultrasonic testing of butt welds, International Institute of Welding, 1967.
- (3) ASTM: E 317-85: Evaluating performance characteristics of pulse-echo ultrasonic testing systems, American Society for Testing Materials Standard.
- (4) DGZFP: Richtlinie: Eigenschaften von Prüfeinrichtungen mit ultraschall - Impuls - Echo-Geräten und ihre Kontrolle, Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, September 1971.
- (5) BSI: BS 4331-74: Methods for Assesing the performance characteristics of ultrasonic flaw detection equipment, British Standards Institution.

TABELLA I - Tabulato per la certificazione di apparecchi US.

LINEARITÀ ORIZZONTALE		LINEARITÀ VERTICALE		AMPLIFICAZIONE CALIBRATA
Reticolo	Letture	Ampiezza	Rapporto	
0-50	100: .....	.....	Amplificazione 0-20-40 dB (± 1 dB)
10-60	90: .....	.....	+ 20 dB
20-70	80: 40...	.....	+ 40 dB
30-80	70: .....	.....	.....
40-90	60: .....	.....	Amplificazione 0 ÷ 40 dB (± 1 dB)
50-100	50: .....	.....	+ 10 dB
Scarto max	40: .....	.....	+ 20 dB
(± 1%)	30: .....	.....	+ 30 dB
		20: .....	.....	+ 40 dB
		Scarto max	.....	.....
		(± 5%)	.....	Dynamic range
				..... dB (> 30 dB)

SONDE GILARDONI: PROFILI DEL FASCIO IN Fe

1. INDICAZIONI PER LA CONSULTAZIONE

All'interno sono riportati i profili del fascio relativi alle sonde di serie GILARDONI di utilizzo più comune.

Per quanto concerne le caratteristiche generali delle sonde si rimanda al Notagil Vol. 18, n. 2/1982 che le esamina in modo esauriente.

Esiste un tableau originale in scala 1:1 concepito per l'applicazione a parete: il presente è stato sviluppato in scala ridotta 1:2,5 per un utilizzo a tavolino.

Di seguito vengono fornite alcune indicazioni per una più facile comprensione e consultazione dei diagrammi.

I profili del fascio, relativi alle sonde diritte e angolate di più largo impiego, sono stati tracciati sulla base dei parametri geometrici estratti dai "data sheets" delle sonde oggetto della pubblicazione "Diagrammi ADA (AVG) per sonde ultrasuono Gilardoni" edita dalla GILARDONI.

In particolare, i parametri necessari e sufficienti a definire la geometria di propagazione di un emettitore ultrasuono, sono:

- 1) il valore di campo prossimo, N
- 2) la macchia focale o larghezza del fascio nella sezione N
- 3) l'apertura del fascio

Il valore di N può essere calcolato attraverso la formula:

$$N = \frac{D^2 \text{ eff}}{4 \lambda}$$

essendo D_{eff} il diametro equivalente dell'emettitore e λ la lunghezza d'onda.

Nel caso di un emettitore rettangolare (tale comunque che il rapporto dei lati non superi il valore 1,2) la formula diviene:

$$N = 1,3 \frac{a^2}{\lambda}$$

essendo a la misura del semilato maggiore.

Il valore dell'angolo di semiapertura δ del fascio può essere calcolato attraverso la formula:

$$\sin \delta = 0,6 \frac{\lambda}{D}$$

e la larghezza del fascio, nelle sezioni N, può essere assunta pari a circa $\frac{1}{3}$ del diametro.

Siccome tali valori sono riferiti ad una caduta di pressione pari al 50% del massimo (assunto, come noto, in corrispondenza dell'asse acustico) ne consegue che i diagrammi riportati circoscrivono il campo sonoro costituito dai punti in cui la pressione è superiore al 50% di quella massima.

Occorre ricordare che per le sonde angolate non sussiste la simmetria cilindrica stante il fenomeno di rifrazione (vedi Notagil Vol. 18 n. 2/1982) tanto da rendere necessaria, per esse, la definizione di un piano verticale e di un piano orizzontale. I diagrammi riportati si riferiscono al solo piano verticale.

Per ogni diagramma esistono varie zone identificate da colori diversi.

Ciascun colore fa riferimento ad una precisa entità di difetto equivalente cosicché la zona, identificata da quel colore, sarà quella nella quale è possibile, stante le caratteristiche acustiche del mezzo indicato, rilevare quella entità minima di difetto. I limiti di profondità di tali zone sono stati estratti dalle curve ADA delle singole sonde.

Costruita la curva di attenuazione, a partire dalla minima riserva di amplificazione, sono state evidenziate le intersezioni di tale curva con le varie curve ADA relative ai vari diametri equivalenti.

Le profondità lette in corrispondenza di tali intersezioni sono quelle assunte quale limite delle varie zone.

Tale procedura è chiaramente illustrata nella già citata pubblicazione "Diagrammi ADA (AVG) per sonde ultrasuono Gilardoni".

Per esempio, con la sonda DP 25/4, su un materiale tipo Fe 52 D (assorbimento medio a 4 MHz pari a 4 dB/m), è possibile individuare un difetto equivalente ϕ 0.5 fino ad una profondità di 550 mm. Evidentemente, all'aumentare della profondità, cresce l'entità del minimo difetto rilevabile.

2. PARAMETRI CARATTERIZZANTI LE SONDE DOPPIE E LE SONDE FOCALIZZATE

Riteniamo utile fornire indicazioni riguardanti le sonde doppie e focalizzate che non figurano nei diagrammi.

2.1. Sonde doppie

Per sonda doppia si intende una sonda a doppio cristallo, uno trasmittente e l'altro ricevente.

Entrambi i cristalli sono montati su uno zocchetto di plexiglass, opportunamente sagomato per ricevere i cristalli e alloggiare il setto di separazione, sordo agli ultrasuoni, che inibisce la interazione diretta fra i due cristalli.

Per tali sonde la sensibilità decresce rapidamente con la distanza; esse sono però in grado di fare ricerca di difetti anche sotto pelle (non hanno zona morta) e misura di spessore su pareti anche sottili e corrose.

Dall'esame dei "data sheets" relativi a tali sonde, risulta che sono caratterizzate da una macchia focale piccola che assume valori diversi nel piano del setto e nel piano ad esso perpendicolare (come le sonde angolate, le sonde doppie non godono di simmetria cilindrica) e che all'aumentare del diametro aumenta la distanza focale compromettendo però l'utilizzo sottopelle.

2.2. Sonde focalizzate

Per sonda focalizzata si intende una sonda a cristallo singolo concepita in modo da concentrare l'energia emessa in una zona limitata.

La concentrazione di energia è tale che, nella zona focale, sussiste una spiccata risoluzione laterale dovuta al fatto che la larghezza del fascio è notevolmente ridotta: ne consegue una particolare sensibilità ai piccoli difetti.

Inoltre tale focalizzazione rende possibile l'esame a strati del materiale (C-scan) avendo cura di modificare la focale compatibilmente alla profondità da esplorare.

A seconda delle esigenze del controllo può essere richiesta una focalizzazione su linea (lente cilindrica) o su punto (lente sferica).

I parametri caratterizzanti le sonde focalizzate sono:

- a) il **coefficiente di focalizzazione f** cioè il rapporto fra la distanza focale F e la entità del campo prossimo N.

Il regime di focalizzazione sarà tanto più accentuato quanto più piccolo è il valore di f; al tendere di f a 1 il regime di focalizzazione scompare.

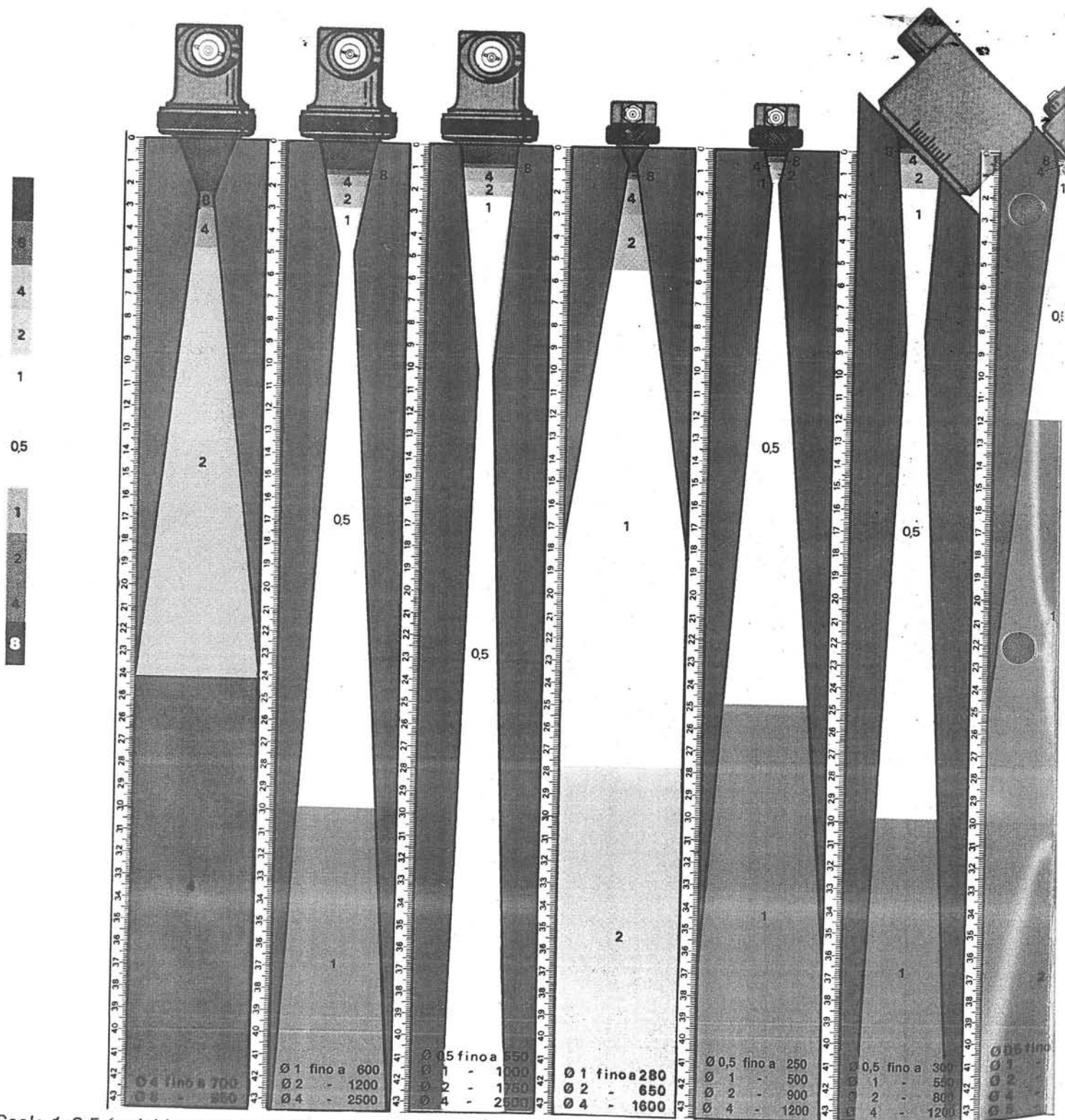
La focalizzazione è dunque possibile solo se il valore di N è ben superiore a quello di distanza focale da instaurare.

- b) la **distanza focale F** cioè la distanza fra la superficie dell'emettitore e il punto focale (espressa in mm di acqua). Nel caso di lente sferica, la distanza focale F è legata al raggio R della lente dalla relazione:

$$F = R \frac{n}{n-1}$$

Sonde GILARDONI: profi

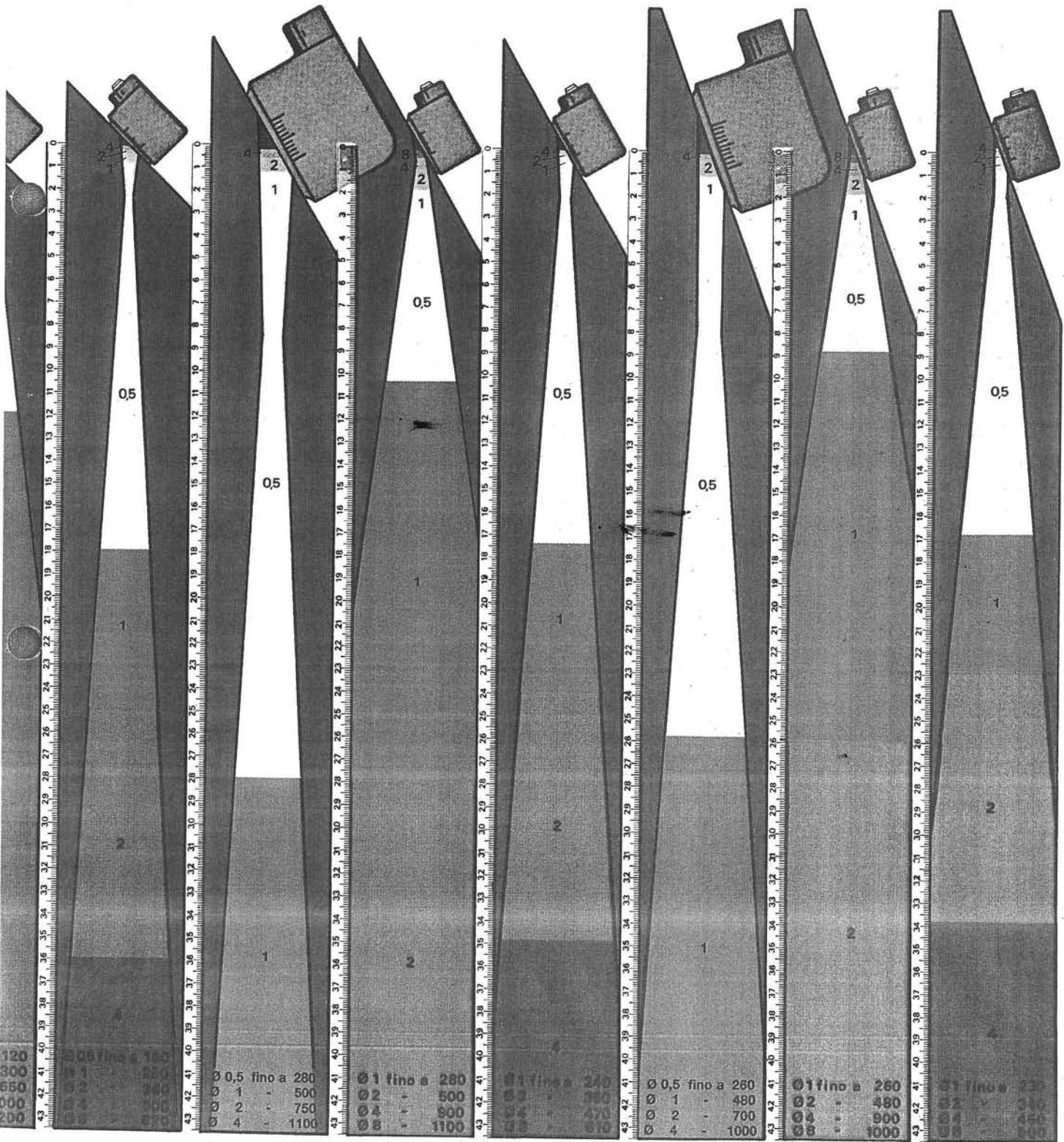
DIMENSIONE PIATRINA	Ø 25mm	Ø 25mm	Ø 25mm	Ø 10mm	Ø 10mm	20x22mm	8x9
ANGOLO DI RIFRAZIONE	0°	0°	0°	0°	0°	45°	45°
FREQUENZA	1MHz	2MHz	4MHz	2MHz	4MHz	2MHz	2MHz
RISERVA D'AMPLIFIC.	80dB	86dB	82dB	82dB	80dB	81dB	80dB
MATERIALE	Ghisa grigia	Fe 52 Bonif.	Fe 52 Bonif.	Fe 52 Bonif.	Fe 52 Bonif.	Acciaio al carb.	Acciaio al carb.
ATTENUAZIONE	15dB/m	0dB/m	4dB/m	0dB/m	4dB/m	8dB/m	8dB/m
TIPO	DP25/1	DP25/2	DP25/4	DP10/2	DP10/4	ATS 45/Z	ATM



Scala 1:2,5 (a richiesta disponibile in Scala 1:1)

lo del fascio sonoro in Fe

n	8x9mm 45° 4MHz 76dB	20x22mm 60° 2MHz 79dB	8x9mm 60° 2MHz 79dB	8x9mm 60° 4MHz 75dB	20x22mm 70° 2MHz 77dB	8x9mm 70° 2MHz 78dB	8x9mm 70° 4MHz 73dB
arb.	Acciaio al carb. 60dB/m	Acciaio al carb. 8dB/m	Acciaio al carb. 8dB/m	Acciaio al carb. 60dB/m	Acciaio al carb. 8dB/m	Acciaio al carb. 8dB/m	Acciaio al carb. 60dB/m
1	60dB/m	8dB/m	8dB/m	60dB/m	8dB/m	8dB/m	60dB/m
2	ATM45/4	ATS60/2	ATM60/2	ATM60/4	ATS70/2	ATM70/2	ATM70/4



essendo n l'indice di rifrazione, rispetto all'acqua, del materiale costituente la lente: n è dunque il rapporto fra la velocità ultrasonora del materiale costituente la lente e la velocità ultrasonora dell'acqua.

c) **le dimensioni della macchia focale l (profondità focale) e m.f. (macchia focale).**

La profondità focale esprime l'entità della zona focale valutata lungo l'asse acustico, mentre la macchia focale (o diametro focale) esprime l'entità della zona focale misurata nella direzione perpendicolare alla precedente. L'entità " l " in acqua, a -6 dB, è data dalla relazione:

$$l = 4 \lambda \frac{F^2}{D^2}$$

mentre l'entità "m.f." in acqua, a -6 dB, è data dalla relazione:

$$\text{m.f.} = \lambda \frac{F}{D}$$

Nella figura 1 è schematizzata la zona focale con evidenziati i parametri caratteristici: l e m.f.

Per una sonda di distanza focale F in acqua, posta alla distanza " d " dalla superficie da controllare, la focale F_1 misurata nel materiale è data dalla relazione:

$$F_1 = (F-d) \frac{V_1}{V_2}$$

essendo V_1 la velocità ultrasonora in acqua e V_2 la velocità ultrasonora nel materiale da controllare.

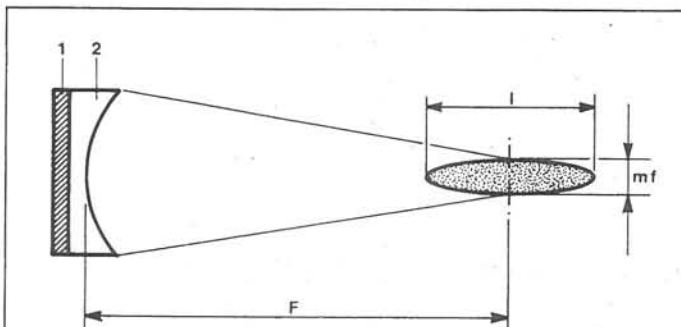


Fig. 1 - Parametri della macchia focale in acqua per una sonda focalizzata su punto.

- 1) cristallo
- 2) lente concava

La zona focale è caratterizzata dai parametri: " l " lunghezza della zona focale e "m.f." larghezza della zona focale, generalmente nota come macchia focale.

Anche la entità " l " subisce una contrazione nel materiale, riducendosi anch'essa nel rapporto V_1/V_2 , mentre la macchia focale rimane inalterata.

La situazione è schematizzata in figura 2.

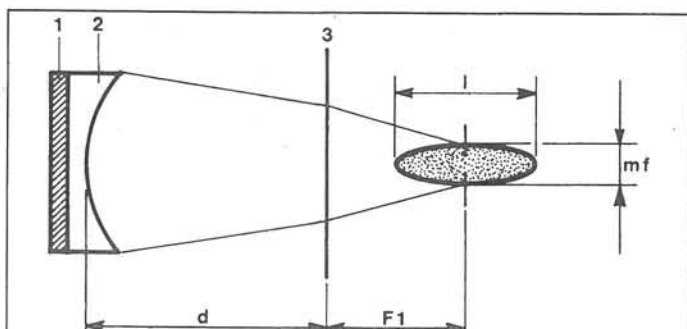


Fig. 2 - Parametri della macchia focale nel materiale.

- 1) cristallo
- 2) lente concava
- 3) interfaccia acqua/materiale

Nel materiale sia la distanza focale che la dimensione " l " subiscono una contrazione imposta dal rapporto fra la velocità US nel materiale e la velocità US in acqua.

La dimensione "m.f." rimane invece inalterata.

d = distanza fra la sonda e l'interfaccia acqua-acciaio

F_1 = distanza focale in acciaio.

3. PROCEDURA DI CARATTERIZZAZIONE DELLE SONDE

Per procedura di caratterizzazione si intende la raccolta delle prove documentate atte a definire i parametri significativi della sonda, ai fini della certificazione della sua qualità.

Tali parametri sono di natura elettrica e geometrica.

In particolare quelli di natura elettrica sono:

- 1) sensibilità (forma d'onda in tempo reale);
- 2) frequenza;
- 3) smorzamento

mentre quelli geometrici sono:

- 1) campo prossimo;
- 2) macchia focale;
- 3) apertura del fascio;
- 4) angolo di "squint".

L'analisi della sensibilità è fatta valutando all'oscilloscopio il segnale ripreso da un riflettore piano posto ad una distanza pari al campo prossimo N o alla distanza focale F .

Tanto maggiore è l'ampiezza di tale segnale, espressa in termini di volt picco-picco, tanto maggiore sarà la capacità della sonda a convertire mutuamente energia elettrica ed energia meccanica.

La frequenza e lo smorzamento sono valutati, invece, tramite una analisi spettrale del segnale già analizzato sull'oscilloscopio. Tale analisi evidenzia la frequenza centrale f_0 (o armonica relativa al massimo), la larghezza di banda Δf e l'eventuale presenza di armoniche superiori.

Il rapporto fra la frequenza centrale f_0 e la larghezza di banda Δf , definisce il numero Q noto come fattore di smorzamento. Tanto più piccolo è il numero Q tanto minore è la durata dell'impulso e quindi tanto maggiore la risoluzione in profondità.

Per la valutazione dei parametri geometrici occorre distinguere fra sonde diritte e sonde angolate.

Per le **sonde diritte** si utilizza una vasca in immersione, corredata dagli opportuni riflettori.

Facendo interagire la sonda con essi, ed in particolare, allontanandola lungo l'asse acustico, è possibile registrare sul plotter XY previsto il grafico distanza-ampiezza che evidenzia, in corrispondenza del massimo, la lunghezza del campo prossimo N o la distanza focale F .

Muovendo invece la sonda lungo una direzione perpendicolare alla precedente è possibile tracciare i profili del fascio (normalmente le direzioni prescelte sono due, ortogonali fra loro).

Il profilo del fascio consente di valutare, oltre alla regolare emissione della sonda, l'entità della macchia focale (cioè la larghezza del fascio nella sezione N o F).

Ripetendo il profilo in una sezione più lontana e confrontandolo con il precedente, è possibile valutare l'apertura del fascio cosicché la geometria di propagazione risulta completamente nota.

Per le **sonde angolate** si utilizza invece una sonda elettrodinamica che sfrutta l'interazione fra il campo sonoro e un campo magnetico fisso per captare, in una minuscola bobina immersa nel campo stesso, segnali elettrici proporzionali alla pressione acustica.

Il sistema utilizzato per il rilievo del fascio di una sonda angolata consente di costruire i profili del fascio nei due piani significativi.

In particolare, quello nel piano verticale, consente di conoscere l'esatto angolo di rifrazione della sonda in acciaio, mentre quello nel piano orizzontale consente la valutazione dell'eventuale angolo di squint, che è possibile evidenziare quando non ci sia coincidenza fra riferimento meccanico e massimo ultrasonoro.

I risultati di tali prove sono raccolte in un documento di caratterizzazione in cui i grafici ottenuti con il plotter compaiono come allegati.

Nel documento di caratterizzazione sono riportate tutte le condizioni operative instaurate per le prove; in particolare il tipo di apparecchio usato per l'eccitazione, la resistenza di damping (normalmente 50Ω) e il tipo e le dimensioni del riflettore usato.

La caratterizzazione della sonda è prodotta dalla Gilardoni a richiesta del cliente.

RACCOMANDAZIONI PER IL CONTROLLO CON ULTRASUONI DI GIUNTI SALDATI FERRITICI A PIENA PENETRAZIONE DI RECIPIENTI A PRESSIONE (TUBAZIONI ESCLUSE) SECONDO NORMATIVA ASME

1. INTRODUZIONE

La presente pubblicazione ha lo scopo di illustrare i principi della normativa ASME (prescrizioni del cod. ASME sezione V, ed. 80) in merito all'esecuzione di esami ultrasonori di giunti saldati ferritici a piena penetrazione.

Una raccolta di moduli di certificazione per una corretta documentazione in accordo ai codici ASME sarà oggetto di una prossima pubblicazione.

Come già detto per le raccomandazioni di controllo radiografico, avvertiamo il lettore che da parte nostra è stata posta ogni cura per la corretta interpretazione della normativa, tuttavia nessuna responsabilità in merito è assunta dalla Gilardoni, facendo fede sempre il testo originale in inglese dei codici menzionati.

2. REQUISITI GENERALI

2.1. Procedura di controllo

Quando richiesto dalla sezione del codice applicato, l'esame ultrasonoro deve essere condotto in accordo ad una procedura scritta.

Questa deve contenere almeno i seguenti elementi:

2.1.1. Tipo di saldatura e/o materiale e geometria del giunto da esaminare, nonché spessore e tipo di prodotto (fusione, forgiato, laminato).

2.1.2. Superficie o superfici dalle quali deve essere condotto l'esame e le loro condizioni.

2.1.3. Mezzo di accoppiamento.

2.1.4. Tecnica d'esame, a contatto o ad immersione, scansione manuale o automatica.

2.1.5. Tipo di sonde, dimensione cristallo, angolo di trasmissione, tipo di onda ultrasonora, eventuali adattatori.

2.1.6. Tipo di strumento usato.

2.1.7. Posizione, direzione e modalità di scansione.

2.1.8. Pezzi campione e blocchi di taratura.

2.1.9. Dati di taratura e valori da registrare o segnalare.

2.1.10. Presenza di segnalazione automatica e/o di registrazione dati.

2.2. Caratteristiche apparecchiature

Per l'indagine ultrasonora deve essere usato uno strumento con funzionamento ad impulso-eco.

La linearità verticale del rivelatore deve essere migliore del 5% nel campo 20% ÷ 80% altezza schermo (quest'ultima valutata dalla linea di base alla massima altezza del reticolo di lettura). La linearità verticale va valutata come indicato al prg. 9.3. a pag. 234.

Inoltre lo strumento deve prevedere un attenuatore calibrato con una precisione del $\pm 20\%$ del rapporto nominale degli echi esteso a tutto il campo di lavoro.

La precisione degli attenuatori va valutata come indicato al prg. 9.4 a pag. 235.

2.3. Sonde ultrasonore

La frequenza nominale del fascio impiegato deve essere di 2 ÷ 2,25 MHz: frequenze superiori od inferiori possono essere imposte dalla struttura del materiale esaminato al fine di avere una migliore risoluzione o una migliore penetrazione. L'angolo va scelto in relazione alla geometria del giunto. La verifica delle caratteristiche delle sonde è indicata al prg. 10. a pag. 235.

3. PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI

La superficie del giunto può non essere preparata, ovvero risultare come si presenta dopo la saldatura a condizione che non interferisca con la buona riuscita dell'esame.

Il materiale base su entrambi i lati, e comunque su tutti i lati per i quali è richiesta l'indagine ultrasonora, deve essere privo di gocce di saldatura, irregolarità superficiali o materiali estranei che potrebbero interferire con l'esame.

Dove il cordone può interferire con l'esame si richiede che la saldatura venga adeguatamente preparata allo scopo.

4. MEZZO DI ACCOPPIAMENTO

Il mezzo di accoppiamento tra sonda e pezzo può essere acqua, olio o pasta a base di glicerina e colla.

Ogni mezzo di accoppiamento deve essere chimicamente controllato per il contenuto di alogeni secondo ASTM.

5. PEZZI CAMPIONE

Per la taratura del fondo scala e per le verifiche sia sull'apparecchio che sulle sonde possono essere usati i pezzi campione tipo V1 e V2 illustrati in fig. 1 e 2.

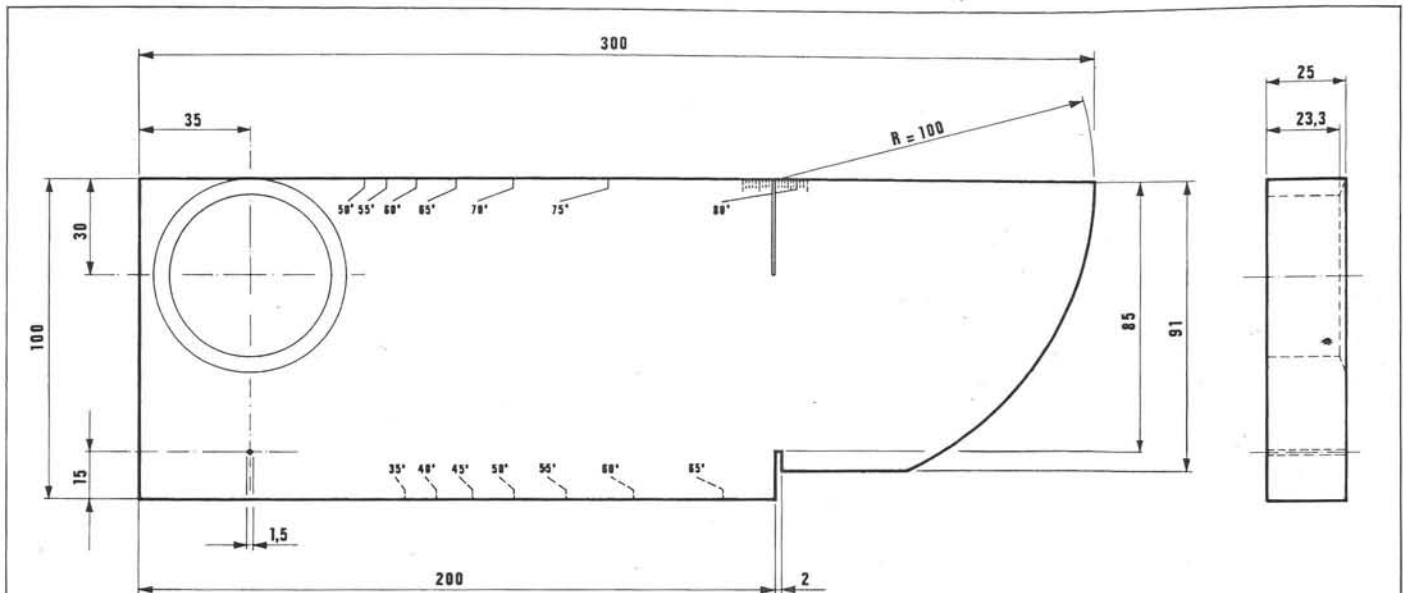


Fig. 1 - Quote del pezzo campione ISO V1.

Questo blocco in acciaio è costruito in accordo alla norma DIN 54120. Esso viene usato per la taratura sia con sonde diritte che con sonde angolate. La velocità ultrasonora di questo pezzo campione è di 5920 ± 30 m/sec.

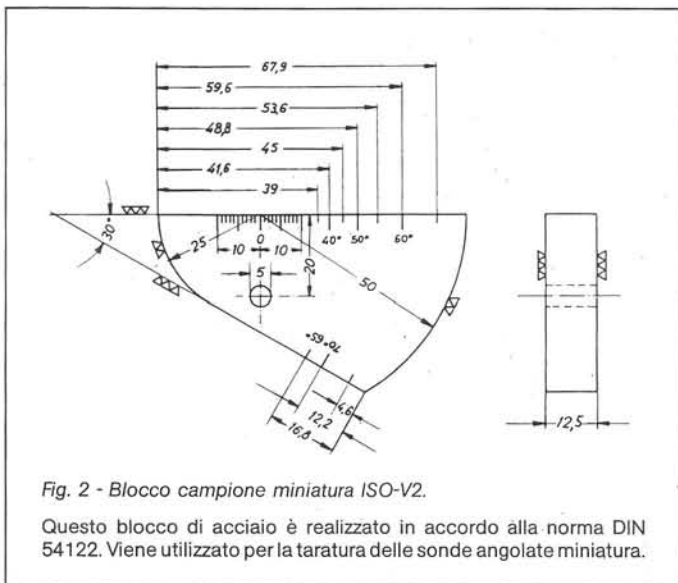


Fig. 2 - Blocco campione miniatura ISO-V2.

Questo blocco di acciaio è realizzato in accordo alla norma DIN 54122. Viene utilizzato per la taratura delle sonde angolate miniatura.

nel blocco di riferimento del tipo illustrato in fig. 3 o in alternativa in fig. 4.

Le tabelle I e II danno le quote più significative dei blocchi di fig. 3 e 4.

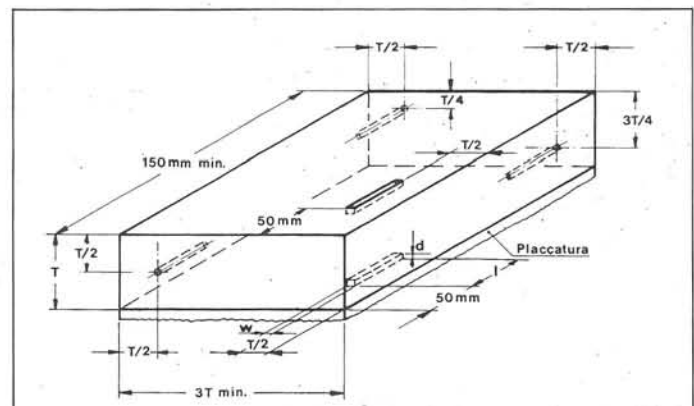


Fig. 3 - Blocco di calibrazione.

Blocco di calibrazione in accordo alla normativa ASME Sez. V art. 5. In alternativa il blocco può essere realizzato come indicato in fig. 4. I fori devono risultare a superficie liscia e paralleli alla superficie d'esame con una lunghezza minima di $1\frac{1}{2}$ " (38,1 mm). La tolleranza per il diametro dei fori è di $\pm 1/32$ " (0,8 mm) e di $\pm 1/8$ " (3 mm) per la loro posizione nello spessore del pezzo; la tolleranza per la profondità (d) delle incisioni è $-20\% \div +10\%$.

6. BLOCCO DI RIFERIMENTO

6.1. Geometria del blocco

Per stabilire il livello di riferimento primario dell'apparecchiatura (taratura della sensibilità d'esame e costruzione della curva DAC) devono essere usati i riflettori campione presenti

TABELLA I

Spessore T del blocco di calibrazione di fig. 3 - Diametro fori e dimensioni incisioni in funzione dello spessore t della saldatura.

Spessore saldatura (t)	Spessore del blocco di calibrazione (T)	Diametro foro	Dimensione incisione
$t \leq 1"$ ($t \leq 25,4$ mm)	$3/4"$ (19 mm) o t	$3/32"$ (2,4 mm)	Larghezza $w = 1/8"$ (3,2 mm) \div $1/4"$ (6,35 mm) Profondità $d = 2\% T$ (a partire dal metallo base) Lunghezza $l = \geq 2"$ (50,8 mm)
$1" < t \leq 2"$ ($25,4 < t \leq 50,8$ mm)	$1\frac{1}{2}$ (38,1 mm) o t	$1/8"$ (3,2 mm)	
$2" < t \leq 4"$ ($50,8 < t \leq 101,6$ mm)	$3"$ (76,2 mm) o t	$3/16"$ (4,8 mm)	
$4" < t \leq 6"$ ($101,6 < t \leq 152,4$ mm)	$5"$ (127 mm) o t	$1/4"$ (6,35 mm)	
$6" < t \leq 8"$ ($152,4 < t \leq 203$ mm)	$7"$ (177,8 mm) o t	$5/16"$ (7,9 mm)	
$8" < t \leq 10"$ ($203 < t \leq 254$ mm)	$9"$ (228,6 mm) o t	$3/8"$ (9,5 mm)	

Per spessori $t > 10"$ il diametro del foro si incrementa di $1/16"$ (1,6 mm) per ogni incremento dello spessore di $2"$ (50,8 mm) o frazione di esso.

TABELLA II

Spessore T del blocco di calibrazione di fig. 4 - Diametro fori e dimensioni incisioni in funzione dello spessore t della saldatura.

Spessore saldatura (t)	Spessore del blocco di calibrazione (T)	Diametro foro	Dimensione incisione
$2'' < t \leq 4''$ (50,8 < $t \leq 101,6$ mm)	3'' (76,2 mm) o t	3/16'' (4,8 mm)	Larghezza $w = 1/8''$ (3,2 mm) \div $1/4''$ (6,35 mm) Profondità $d = 2\% T$ (a partire dal metallo base) Lunghezza $l = \geq 2''$ (50,8 mm)
$4'' < t \leq 6''$ (101,6 < $t \leq 152,4$ mm)	5'' (127 mm) o t	1/4'' (6,35 mm)	
$6'' < t \leq 8''$ (152,4 < $t \leq 203$ mm)	7'' (177,8 mm) o t	5/16'' (7,9 mm)	
$8'' < t \leq 10''$ (203 < $t \leq 254$ mm)	9'' (228,6 mm) o t	3/8'' (9,5 mm)	
$10'' < t \leq 12''$ (254 < $t \leq 304,8$ mm)	11'' (279,4 mm) o t	7/16'' (11,1 mm)	
$12'' < t \leq 14''$ (304,8 < $t \leq 355,6$ mm)	13'' (330,2 mm) o t	1/2'' (12,7 mm)	

* Per spessori $t > 14''$ il diametro del foro si incrementa di 1/16'' (1,6 mm) per ogni incremento dello spessore di 2'' (50,8 mm) o frazione di esso.

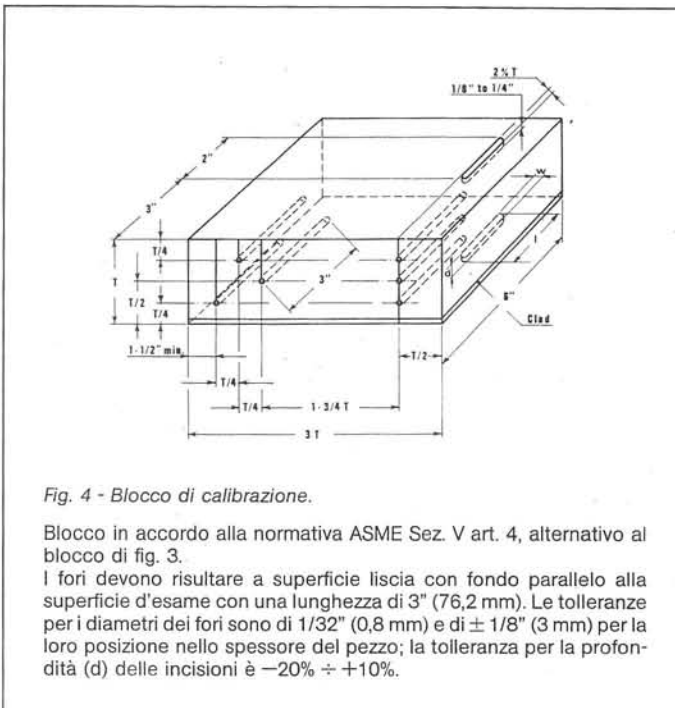


Fig. 4 - Blocco di calibrazione.

Blocco in accordo alla normativa ASME Sez. V art. 4, alternativo al blocco di fig. 3.

I fori devono risultare a superficie liscia con fondo parallelo alla superficie d'esame con una lunghezza di 3'' (76,2 mm). Le tolleranze per i diametri dei fori sono di 1/32'' (0,8 mm) e di $\pm 1/8''$ (3 mm) per la loro posizione nello spessore del pezzo; la tolleranza per la profondità (d) delle incisioni è $-20\% \div +10\%$.

6.2. Campo di applicazione

Quando lo spessore del blocco ± 25 mm copre due campi di spessore indicati nelle tabelle I e II, l'uso del blocco è accettabile per tutti gli spessori di saldatura coperti dallo spessore del blocco ± 25 mm.

Qualora la saldatura da controllare abbia due differenti spessori, lo spessore del blocco di riferimento va scelto in base alla media dei due spessori.

6.3. Materiale del blocco

Il materiale costituente il blocco di riferimento deve avere la stessa origine e qualità o P-Number equivalente al materiale da controllare (P-N 1, 3, 4, 5 possono essere considerati equivalenti).

Per l'esame di giunti tra materiali differenti dovranno essere utilizzati di volta in volta due blocchi di materiale equivalente a quello dal quale viene condotto l'esame.

6.4. Placcatura

Quando il componente da controllare è placcato anche il blocco di riferimento deve essere placcato con lo stesso procedimento del componente.

Qualora il deposito di placcatura non possa essere fatto in automatico per le ridotte dimensioni del blocco l'operazione può essere manuale.

Si consiglia di ricavare il blocco da una porzione eccedente, precedentemente prevista, del componente.

6.5. Trattamento

Il blocco dovrà, come minimo, ricevere il trattamento di rinvenimento richiesto per il componente ed un trattamento termico di distensione di almeno due ore se il blocco è saldato oltre che placcato.

6.6. Stato superficiale

Lo stato superficiale del blocco deve essere rappresentativo dalla superficie del componente da controllare.

6.7. Qualità del blocco

Il materiale scelto per il blocco deve essere esaminato con ultrasuoni per mezzo di sonde piane (onde longitudinali).

Le zone che contengono indicazioni superiori all'altezza rimanente dell'eco di fondo non devono essere interessate dai fasci ultrasuoni utilizzati per la taratura dell'amplificazione o la costruzione delle curve distanza-ampiezza (DAC).

7. RIFLETTORI DI CALIBRAZIONE

I riflettori campione sono costituiti da superfici cilindriche (fori) o da intagli come indicato nelle fig. 3 e 4.

Riflettori aggiuntivi possono essere eseguiti nel blocco di riferimento a condizione che non interferiscano con le operazioni di taratura.

8. ESAMI DA SUPERFICI CURVE

8.1. Componenti con diametro $\phi \leq 20''$ (508 mm)

Per l'esame da superfici curve aventi diametro pari o inferiore a 20'' (508 mm) il blocco di riferimento dovrà avere superficie curva.

Uno stesso blocco può essere utilizzato per componenti aventi diametri compresi fra 0,9 e 1,5 volte il diametro del blocco.

Il campo di diametri compresi fra 0,94'' e 20'' (da 24 a 508 mm) richiede sei blocchi, come indicato in fig. 5.

8.2. Componenti con diametro $\phi > 20''$ (508 mm)

Per l'esame da superfici curve aventi diametri maggiori di 20'' (508 mm) il blocco di riferimento può essere piano.

8.3. Esame da superficie convessa con sonda piana

Nell'esame con sonda piana dalla superficie convessa di un componente avente $\phi > 20''$ (508 mm) ed utilizzando, come ammesso, un blocco di riferimento piano, si deve operare una correzione di amplificazione.

Quando il rapporto R/R_c tra il raggio di curvatura R del componente ed il raggio critico R_c della sonda (desunto dalla tabella III e dalla fig. 6) è uguale o maggiore di 1, non è richiesto

alcun incremento di amplificazione; quando invece il rapporto è minore di 1 l'incremento in dB si ricava dal grafico di fig. 7.

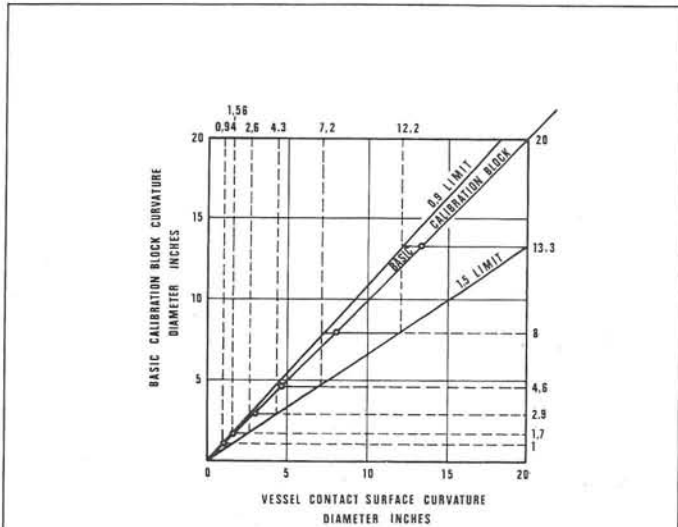


Fig. 5 - Rapporti limite per l'utilizzo dei blocchi di calibrazione con superfici curve.

Le rette rappresentative dei rapporti limite 0,9 e 1,5 delimitano il campo di impiego di un blocco curvo. Sei blocchi consentono di coprire la gamma dei diametri da 0,94" (24 mm) a 20" (508 mm). Per un componente avente diametro di curvatura 10" (254 mm) il blocco di riferimento può avere un diametro di curvatura compreso fra 6,7" e 11". Così un blocco avente curvatura 10" (254 mm) può essere usato per componenti aventi diametri compresi fra 9" e 15".

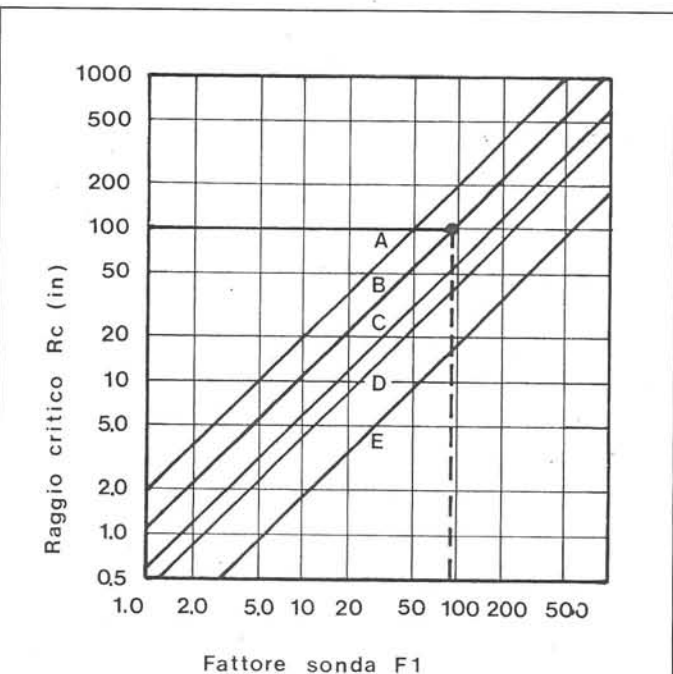


Fig. 6 - Raggio critico Rc per le sonde piane in funzione del fattore F1 (ved. tab. III) e del mezzo di accoppiamento.

Curva	Mezzo di accoppiamento	Superfici di contatto sonda
A	olio od acqua	allumina o carburo di boro
B	olio od acqua	quarzo
	glicerina	allumina o carburo di boro
C	glicerina	quarzo
D	olio od acqua	materiale plastico
E	glicerina	materiale plastico

TABELLA III
Fattori F1 delle sonde piane in funzione del diametro e della frequenza.

Frequenza (MHz)	Diametro (in)				
	0,25"	0,5"	0,75"	1"	1,125"
1 MHz	2,58	10,3	23,2	41,3	52,3
2,25 MHz	5,81	23,2	52,2	92,2	118
5 MHz	12,9	51,2	116	207	262
10 MHz	25,8	113	232	413	523

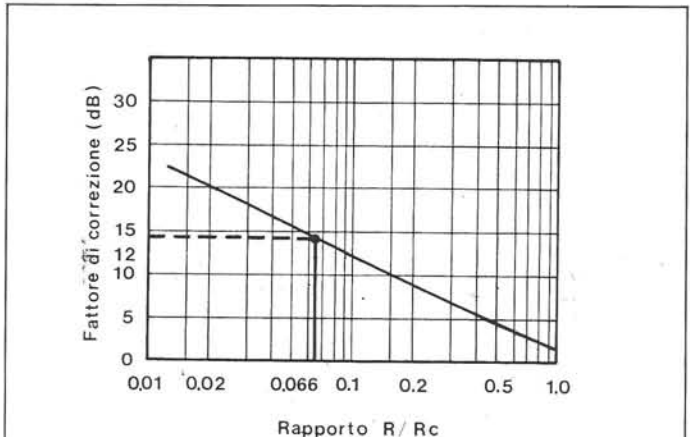


Fig. 7 - Fattore di correzione (guadagno) in funzione del rapporto R/Rc.

Noto il raggio R di curvatura della superficie convessa da controllare e ricavato il valore Rc relativo alla sonda piana nelle condizioni operative (ricavabile dalla tabella III e dalla fig. 6) si determina il fattore di correzione di amplificazione. Esempio: sonda $\phi = 1"$, frequenza 2,25 MHz ($F_1 = 92,2$ da tab. III), superficie sonda in allumina con mezzo di accoppiamento glicerina $R_c = 100$ (curva B di fig. 6), raggio di curvatura componente $R = 15"$; $R/R_c = \frac{15}{100} = 0,066$ per cui $\Delta \text{dB} = 14 \text{ dB}$ (fig. 7).

9. CONTROLLO DELL'APPARECCHIO ULTRASONORO

9.1. Requisiti generali

L'intero sistema di controllo ultrasonoro deve essere sottoposto a taratura prima di ogni ciclo di lavoro; essa, oltre a quanto previsto ai prg. 10 e 11, deve essere estesa al controllo delle prestazioni principali dello strumento ultrasonoro come descritto di seguito.

9.2. Controllo della linearità orizzontale

Mediante il blocco V1 di fig. 1 ottenere, con una sonda piana, una serie di echi multipli come indicato in fig. 8. I fronti di salita dei dieci echi multipli non dovranno scostarsi di ± 1 divisione centesimale della scala orizzontale.

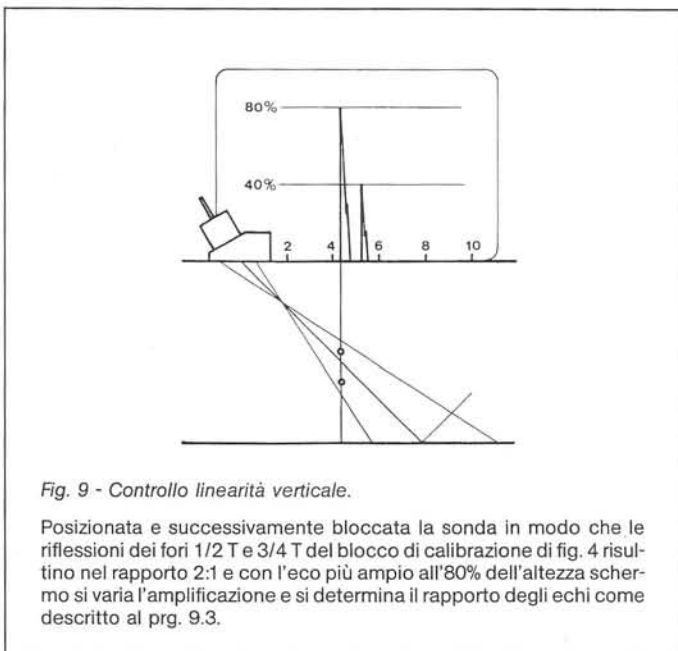
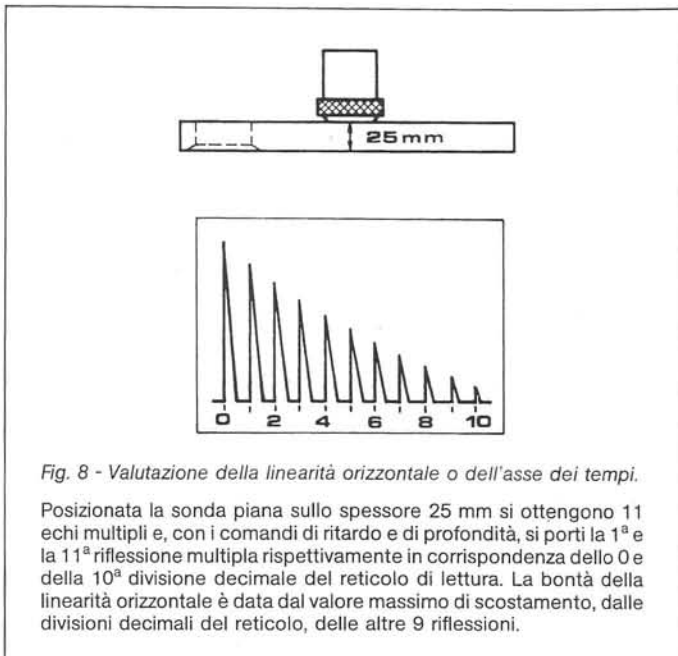
9.3. Controllo della linearità verticale

Per questa verifica posizionare una sonda angolata come indicato in figura 9 e regolare la posizione della sonda in modo che le riflessioni dei fori 1/2 T e 3/4 T siano nel rapporto 2:1, con l'eco più ampio all'80% dell'altezza schermo.

Bloccata la sonda portare con i comandi di amplificazione dal 100% al 20% l'ampiezza dell'eco più grande con incrementi del 10% (scatti di 2 dB se non è disponibile una regolazione fine dell'amplificazione).

L'eco di ampiezza minore deve mantenersi al 50% dell'ampiezza dell'eco maggiore con tolleranza del 5% dell'intera altezza schermo.

È ammessa una tolleranza pari all'1% della altezza schermo nella stima delle ampiezze d'eco.



9.4. Controllo degli attenuatori

Per controllare la precisione degli attenuatori utilizzare la riflessione del foro 1/2 T di fig. 9. Partendo dai valori indicati in tabella IV e con i corrispondenti incrementi o decrementi di amplificazione verificare che l'ampiezza dell'eco rientri nei limiti di tolleranza. È ammessa una tolleranza pari all'1% della altezza schermo nella stima delle ampiezze d'eco. Altri riflettori o altre sonde possono essere utilizzate per questo controllo.

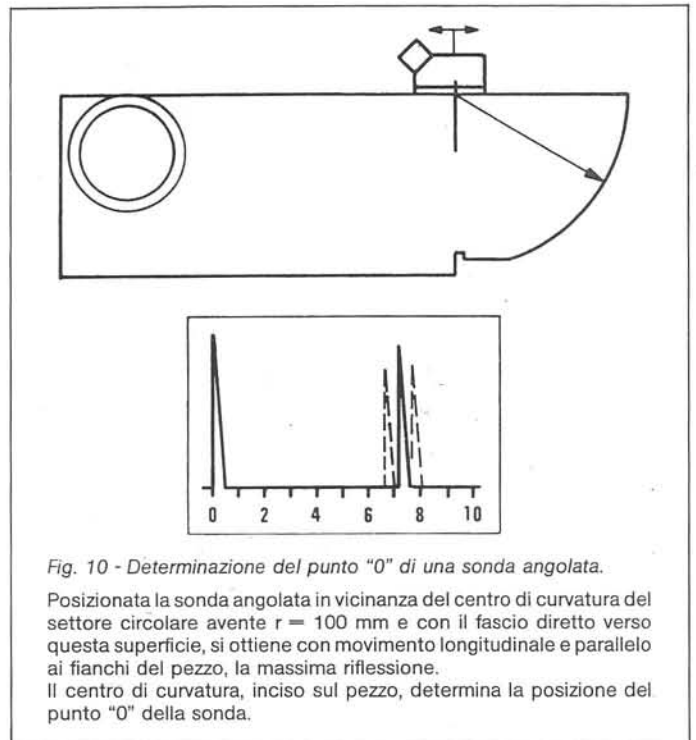
TABELLA IV Scostamenti ammessi nel controllo della precisione degli attenuatori.		
Indicazione eco in % altezza schermo	Variazione dB attenuatori	Limiti di indicazione eco %
80%	- 6 dB	32 ÷ 48%
80%	- 12 dB	16 ÷ 24%
40%	+ 6 dB	64 ÷ 96%
20%	+ 12 dB	64 ÷ 96%

10. CONTROLLO DELLE SONDE ANGOLATE

Prima di iniziare un controllo con sonde angolate è necessario verificarne le caratteristiche mediante il blocco V1 o V2 (fig. 1 e 2).

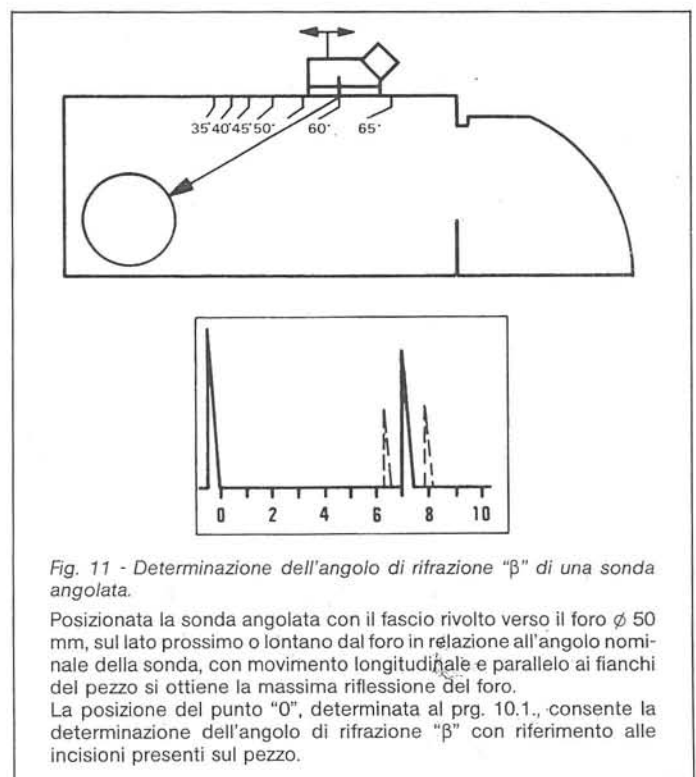
10.1. Punto zero della sonda

Dal settore circolare ottenere la massima riflessione spostando avanti o indietro la sonda, come indicato in fig. 10. Il centro di detto settore, indicato sul pezzo campione, definirà il punto zero effettivo di emissione della sonda.



10.2. Angolo di trasmissione

Dirigere il fascio verso il foro contenente l'inserto di plexi-glass, come indicato in fig. 11. Ricercato il punto di massima riflessione il punto zero definirà l'angolo reale di trasmissione con riferimento alle incisioni presenti sul pezzo campione.



11. TARATURE PER ESAMI CON SONDE ANGOLATE

È importante che in fase di taratura vengano utilizzate le massime indicazioni dai fori o dagli intagli del blocco di riferimento.

Il centro della sonda deve essere ad almeno 1-1/2" (38 mm) dal bordo più vicino del blocco.

Le temperature delle superfici da esaminare e del blocco di riferimento non devono differire di più di 14°C.

Ogni taratura deve essere eseguita dal lato corrispondente alla superficie del componente da esaminare, che sia placcato o meno.

11.1. Taratura dell'asse dei tempi (fondo scala)

Il fondo scala da impostare è funzione dello spessore del componente e dell'angolo di trasmissione della sonda utilizzata.

Il pezzo campione V1 di fig. 1 consente tarature con fondo scala multiplo del valore 100 mm.

Posizionata la sonda come indicato in fig. 12 con il punto zero coincidente con il centro del settore avente $r = 100$ mm, ottenere, con gli echi multipli di detto, settore il fondo scala desiderato.

La taratura in percorso facilita il rilievo dei dati utili per la localizzazione ed il dimensionamento di eventuali discontinuità presenti.

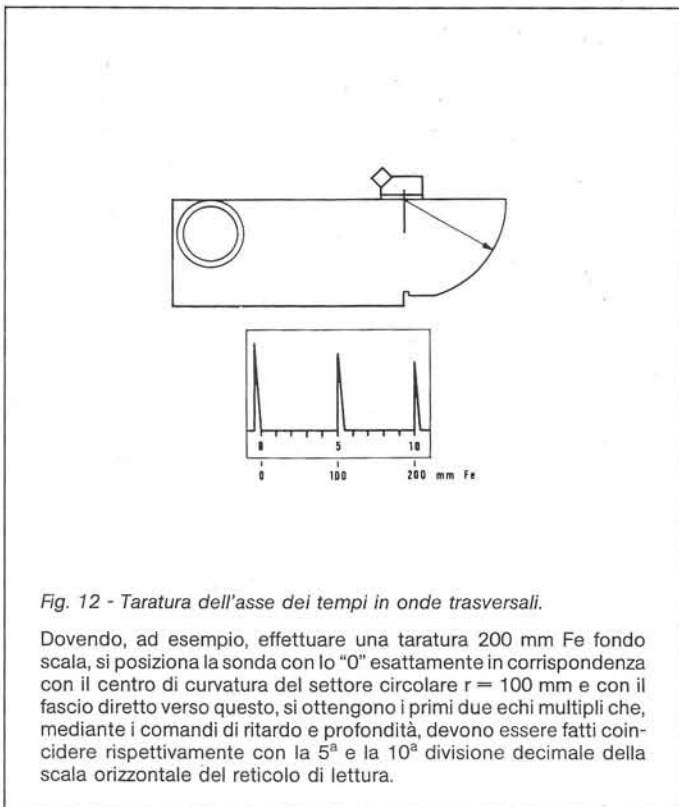


Fig. 12 - Taratura dell'asse dei tempi in onde trasversali.

Dovendo, ad esempio, effettuare una taratura 200 mm Fe fondo scala, si posiziona la sonda con lo "0" esattamente in corrispondenza con il centro di curvatura del settore circolare $r = 100$ mm e con il fascio diretto verso questo, si ottengono i primi due echi multipli che, mediante i comandi di ritardo e profondità, devono essere fatti coincidere rispettivamente con la 5^a e la 10^a divisione decimale della scala orizzontale del reticolo di lettura.

11.2. Costruzione della curva distanza-ampiezza (DAC)

Si utilizzano i tre fori 1/4 T, 1/2 T e 3/4 T del blocco di calibrazione di fig. 3 o 4.

11.2.1. Taratura dal lato placcato (se esiste placcatura)

Ricercare la riflessione del foro che fornisce la massima ampiezza da regolare fino all'80 ± 5% dell'altezza schermo e segnare la posizione sullo schermo stesso.

Senza più modificare l'amplificazione trovare le massime riflessioni degli altri due fori, nonché del foro 3/4 T in prima riflessione (profondità apparente 5/4 T) e segnare le creste sullo schermo, come indicato in fig. 13.

Le marcature collegate fra loro danno la curva DAC (livello di riferimento primario).

In assenza di placcatura si procede in modo analogo.

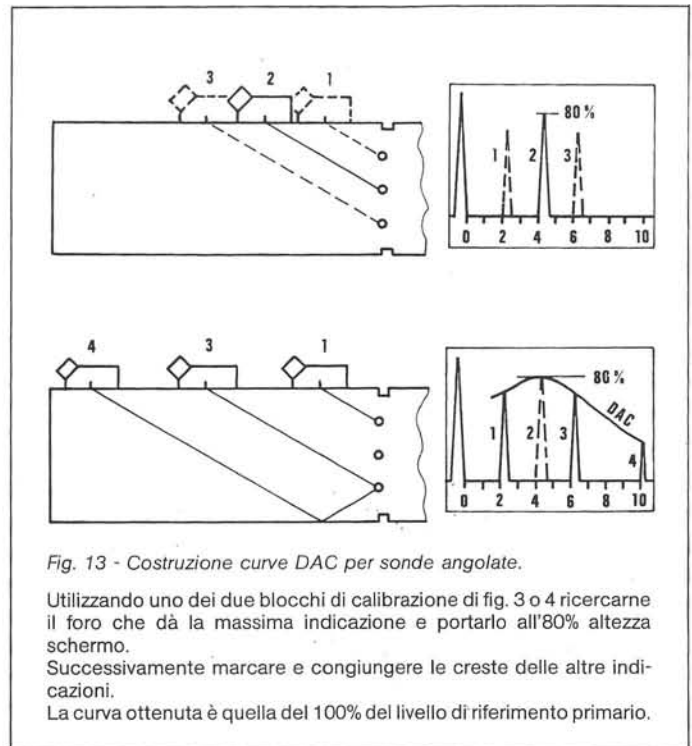


Fig. 13 - Costruzione curve DAC per sonde angolate.

Utilizzando uno dei due blocchi di calibrazione di fig. 3 o 4 ricercarne il foro che dà la massima indicazione e portarlo all'80% altezza schermo.

Successivamente marcare e congiungere le creste delle altre indicazioni.

La curva ottenuta è quella del 100% del livello di riferimento primario.

11.2.2. Taratura dal lato non placcato (se esiste placcatura)

Determinare dapprima dal lato placcato del blocco la differenza in dB fra le indicazioni del foro 3/4 T in diretta ed in prima riflessione (profondità apparente 5/4 T).

Procedere poi dal lato non placcato come indicato al punto 11.2.1. con la differenza che l'ampiezza della riflessione 5/4 T si ottiene sottraendo all'ampiezza della riflessione 3/4 T il valore di dB prima determinato dal lato placcato.

Le marcature collegate fra loro danno la curva DAC (livello di riferimento primario).

11.3. Correzione dell'amplificazione per difetti bidimensionali prossimi e perpendicolari alla superficie opposta a quella d'esame.

Per una corretta valutazione di queste discontinuità, la cui risposta ultrasonora è anche funzione dell'angolo del fascio utilizzato, si deve considerare la risposta dell'intaglio a sezione quadra praticato nel pezzo di calibrazione sul lato opposto a quello di appoggio sonda.

Pertanto con la sonda posizionata come indicato in fig. 13 ottenere la massima riflessione dell'intaglio e marcare sullo schermo il valore trovato.

Esso dà un'indicazione circa doppia (+ 6 dB) del valore della DAC a quella profondità per una sonda a 45° ed un valore circa la metà (- 6 dB) della DAC per una sonda a 60°.

11.4. Determinazione delle coordinate delle indicazioni

Effettuata la taratura dell'asse dei tempi come indicato al punto 11.1. è facile determinare il valore del percorso ultrasonoro per ogni indicazione che si presenti sullo schermo: detto valore risulta una percentuale (numero delle divisioni centesimali corrispondenti all'indicazione) del fondo scala impostato.

Esempio: fondo scala 250 mm, indicazione alla 48^a divisione centesimale, percorso ultrasonoro $\frac{250 \cdot 48}{100} = 120$ mm

Noti il valore del percorso ultrasonoro e l'angolo effettivo di trasmissione della sonda, come indicato al punto 10.2, si risale, con calcoli trigonometrici, al valore della distanza e della profondità della discontinuità indicata.

Per facilitare questa operazione è stato realizzato il regolo tascabile indicato in fig. 14.

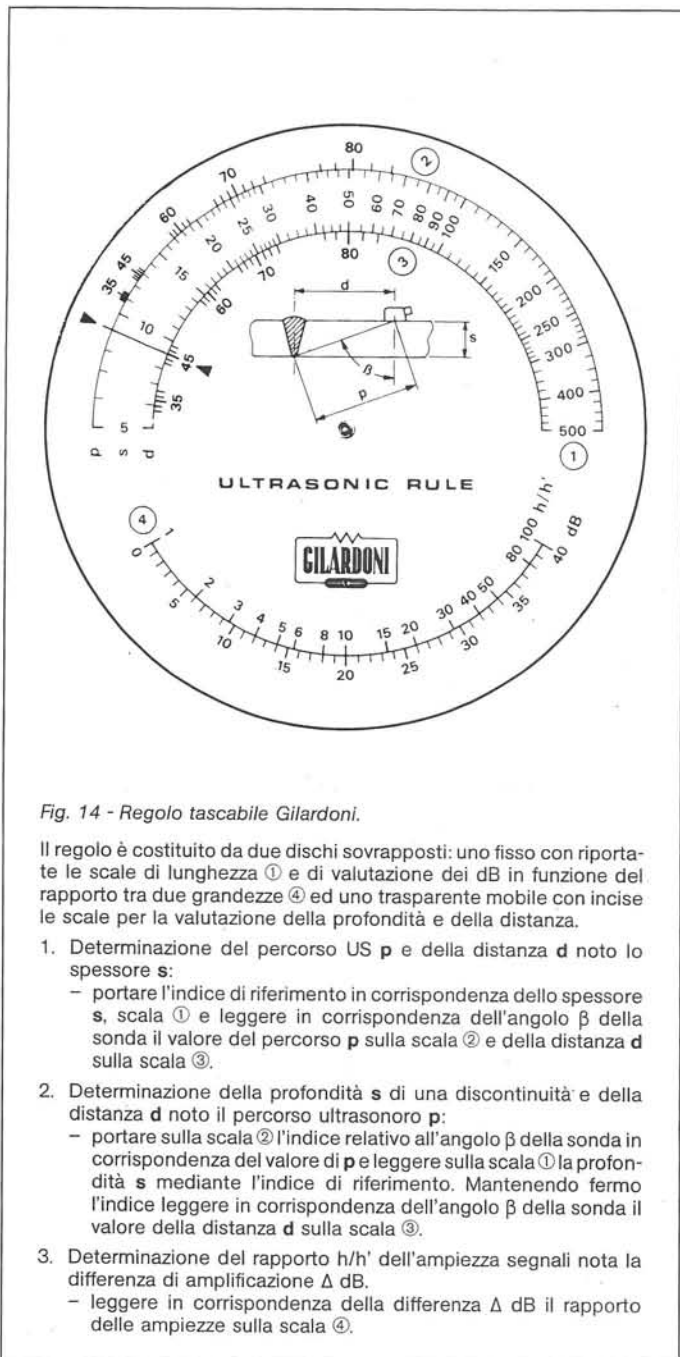


Fig. 14 - Regolo tascabile Gilardoni.

Il regolo è costituito da due dischi sovrapposti: uno fisso con riportate le scale di lunghezza ① e di valutazione dei dB in funzione del rapporto tra due grandezze ④ ed uno trasparente mobile con incise le scale per la valutazione della profondità e della distanza.

1. Determinazione del percorso US p e della distanza d noto lo spessore s :
 - portare l'indice di riferimento in corrispondenza dello spessore s , scala ① e leggere in corrispondenza dell'angolo β della sonda il valore del percorso p sulla scala ② e della distanza d sulla scala ③.
2. Determinazione della profondità s di una discontinuità e della distanza d noto il percorso ultrasonoro p :
 - portare sulla scala ② l'indice relativo all'angolo β della sonda in corrispondenza del valore di p e leggere sulla scala ① la profondità s mediante l'indice di riferimento. Mantenendo fermo l'indice leggere in corrispondenza dell'angolo β della sonda il valore della distanza d sulla scala ③.
3. Determinazione del rapporto h/h' dell'ampiezza segnali nota la differenza di amplificazione Δ dB.
 - leggere in corrispondenza della differenza Δ dB il rapporto delle ampiezze sulla scala ④.

12. TARATURE PER ESAMI CON SONDE PIANE (DIRITTE)

12.1. Taratura dell'asse dei tempi (fondo scala)

In questo caso il fondo scala da impostare è solo funzione dello spessore del componente da esaminare.

Il pezzo campione V1 di fig. 1 consente tarature con fondo scala multipli di 25 o 100 mm (tarature da eseguirsi come indicato in fig. 15).

12.2. Costruzione della curva distanza-ampiezza (DAC)

Posizionata la sonda, come indicato in fig. 16 sul pezzo di calibrazione, stabilire quale dei tre fori determina la massima riflessione e regolare l'amplificazione dello strumento ultrasonoro fino a portare l'ampiezza di tale indicazione al valore $80 \pm 5\%$ dell'altezza schermo.

Ottenere successivamente le indicazioni degli altri due fori e segnare il valore massimo sullo schermo.

Le marcature collegate fra loro danno la curva DAC (livello di riferimento).

Per l'esame di superfici curve convesse con diametro superiore a 20" (508 mm) e con tarature su blocco di calibrazione piano il livello di riferimento sarà costituito dalla curva DAC più l'amplificazione di correzione determinata al punto 8.3.

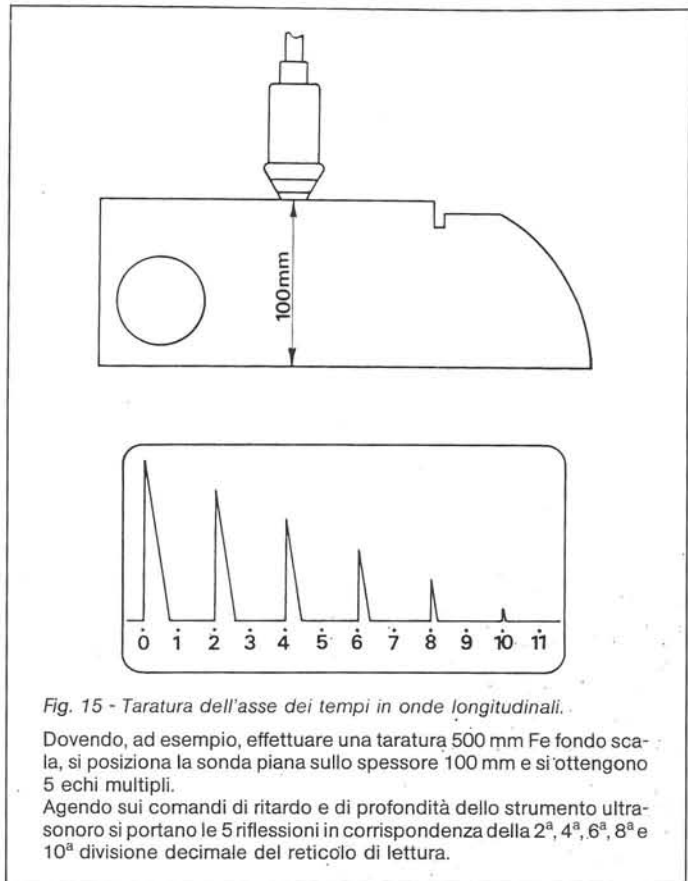


Fig. 15 - Taratura dell'asse dei tempi in onde longitudinali.

Dovendo, ad esempio, effettuare una taratura 500 mm Fe fondo scala, si posiziona la sonda piana sullo spessore 100 mm e si ottengono 5 echi multipli.

Agendo sui comandi di ritardo e di profondità dello strumento ultrasonoro si portano le 5 riflessioni in corrispondenza della 2^a, 4^a, 6^a, 8^a e 10^a divisione decimale del reticolo di lettura.

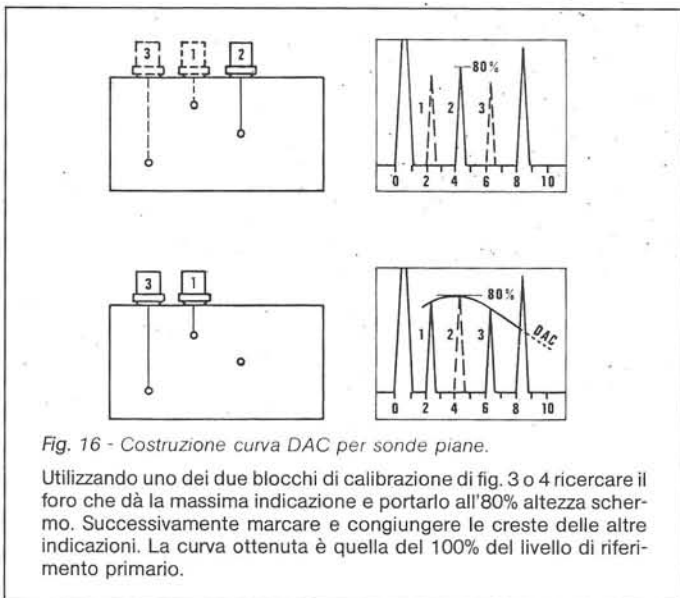


Fig. 16 - Costruzione curva DAC per sonde piane.

Utilizzando uno dei due blocchi di calibrazione di fig. 3 o 4 ricercare il foro che dà la massima indicazione e portarlo all'80% altezza schermo. Successivamente marcare e congiungere le creste delle altre indicazioni. La curva ottenuta è quella del 100% del livello di riferimento primario.

VERIFICA DELLA TARATURA

Le operazioni di taratura prima descritte vanno sempre eseguite prima di ogni esame nel campo di spessori da controllare.

La verifica della taratura durante l'esame deve essere eseguita:

- quando viene sostituito l'operatore;
- quando viene sostituito un elemento del sistema di controllo (apparecchio, sonda, cavo);
- al termine dell'esame;
- almeno ogni quattro ore.

La verifica deve interessare la taratura dell'asse dei tempi (fondo scala) e dell'amplificazione (curva DAC) e va eseguita con il blocco di calibrazione con le modalità indicate nei prg. 10 e 11 o mediante blocchi alternativi o con simulatori elettronici, purché idonei e le cui correlazioni siano state verificate in fase di taratura originale.

13.1. Verifica della taratura dell'asse dei tempi

Se un punto della curva DAC si è spostato sull'asse dei tempi di una quantità superiore al 10% del suo valore di lettura o superiore al 5% dell'intero fondo scala, (vale lo scostamento maggiore) occorre correggere la taratura e segnalare l'operazione sul rapporto d'esame.

Se sono state registrate eventuali indicazioni queste dovranno essere ricontrollate facendo riferimento alla ultima verifica di calibrazione valida e andranno riportati i corretti valori di indicazione.

13.2. Verifica dell'amplificazione (DAC)

Se un punto della curva DAC (distanza-ampiezza) presenta una riduzione della sua ampiezza del 20% o di 2 dB tutta la zona controllata dall'ultima verifica di amplificazione valida va ricontrollata, dopo naturalmente aver proceduto ad una nuova corretta taratura.

Se viceversa un punto della curva DAC presenta un incremento della sua ampiezza del 20% o di 2 dB, dopo aver corretto l'amplificazione, dovranno essere controllate solo le eventuali indicazioni registrate, sempre a partire dall'ultima verifica valida.

14. TECNICHE DI ESPLORAZIONE

L'esecuzione dell'esame deve avvenire in accordo alla procedura scritta ("written instruction") come anticipato al punto 2.1. a pag. 231.

14.1. Esplorazione con sonde piane

La zona adiacente alla saldatura, per una lunghezza interessata dal fascio ultrasonoro delle sonde angolate previste, deve essere ispezionata con sonda piana al fine di individuare eventuali discontinuità che potrebbero alterare o modificare i risultati dell'esame del giunto saldato.

Le aree con indicazioni dovranno essere registrate; questa esplorazione non può determinare l'accettazione o lo scarto della saldatura se non rifacendosi alla specifica di controllo applicabile al materiale base.

Quando il codice applicato lo prevede, la saldatura ed il metallo base vanno esplorati con sonda piana, dopo aver tarato l'apparecchiatura come indicato al prg. 12.

L'esplorazione viene condotta con un incremento di almeno 6 dB di amplificazione e con valutazione delle indicazioni al valore del livello primario (curva DAC).

14.2. Esplorazione con sonde angolate

14.2.1. Ricerca di discontinuità longitudinali (orientate parallelamente alla saldatura)

Il fascio ultrasonoro deve essere diretto pressoché perpendicolarmente all'asse della saldatura e, se possibile, da due direzioni.

La sonda va spostata in modo da ricoprire l'intero volume di saldatura e di metallo base adiacente.

L'esplorazione va eseguita con almeno un incremento di 6 dB di amplificazione ma con valutazione delle indicazioni al valore del livello primario.

14.2.2. Ricerca di discontinuità trasversali (orientate normalmente alla saldatura)

Il fascio ultrasonoro deve risultare pressoché parallelo all'asse di saldatura. La sonda va spostata in modo da interessare il volume di saldatura e del metallo base adiacente richiesto dal codice applicato.

L'esplorazione va eseguita con un incremento di almeno 6 dB di amplificazione ma con valutazione delle indicazioni al valore del livello primario.

L'esame va poi ripetuto ruotando di 180° la sonda, ovvero in direzione opposta rispetto alla prima esplorazione.

15. INDICAZIONI DA RIPORTARE

Le discontinuità che determinano indicazioni superiori al 20% del livello primario (curva DAC) devono essere analizzate per determinarne l'estensione al fine di valutarle in termini di criterio d'accettazione del codice applicato.

16. CRITERI DI ACCETTABILITÀ

Il criterio di accettabilità è fissato dal codice applicato; per le sez. I, III e VIII del codice ASME non sono accettabili i seguenti difetti:

16.1. cricche, mancanza di penetrazione o di fusione.

16.2. discontinuità lineari con ampiezza di riflessione superiore al livello di riferimento e con estensione in lunghezza superiore a :

- 6 mm per giunti con spessori fino a 3/4" (19 mm);
- 1/3 dello spessore per giunti aventi spessori da 3/4" (19 mm) a 2 1/4" (57 mm);
- 19 mm per giunti con spessori maggiori di 2 1/4" (57 mm).

17. RIMOZIONE DEI DIFETTI

I difetti determinati con il criterio di accettabilità fissati al prg. 16 possono essere rimossi e riparati secondo procedimenti di riparazione concordati fra le parti.

La zona di giunto interessata dalla riparazione deve essere ricontrollata.

18. PULIZIA DOPO L'ESAME

Dopo l'esame il mezzo di accoppiamento ultrasonoro utilizzato va adeguatamente rimosso dal componente controllato.

19. CERTIFICAZIONE

Dopo l'esame si deve compilare un certificato "U" (certificato di controllo ad ultrasuoni).

In una prossima pubblicazione verrà proposta, come anticipato nell'introduzione, anche una bozza di certificato "U".

20. QUALIFICA DEL PERSONALE

Gli operatori che eseguono il controllo ultrasonoro devono essere stati qualificati secondo le prescrizioni SNT-TC-1A (Recommended Practice for Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification).