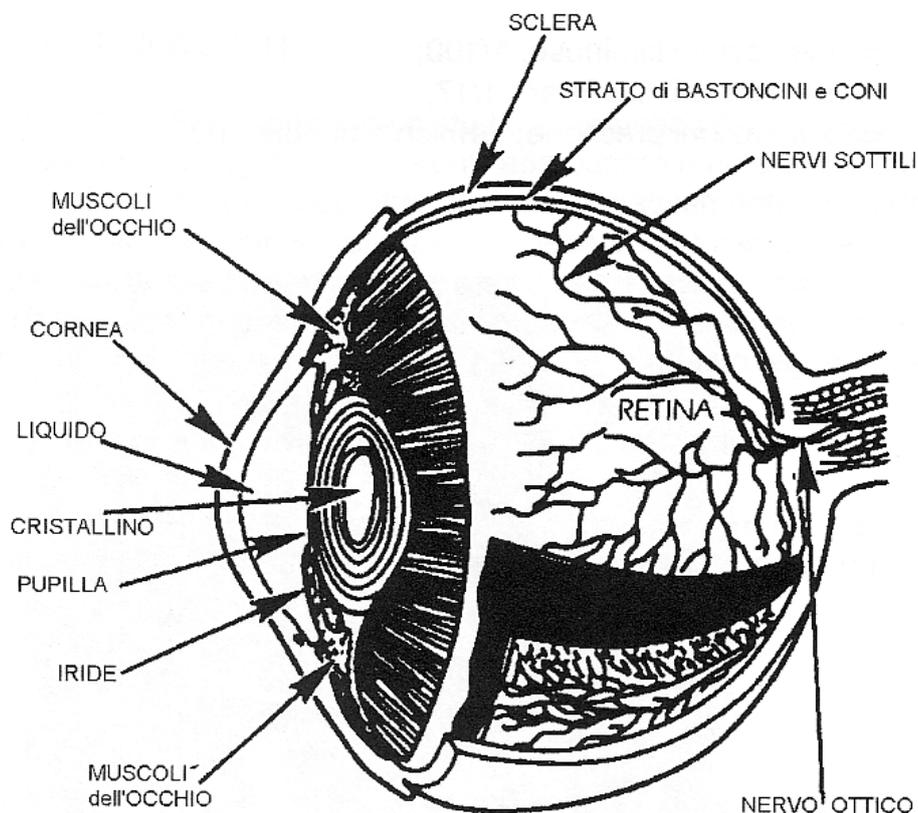


QUADERNI DIDATTICI

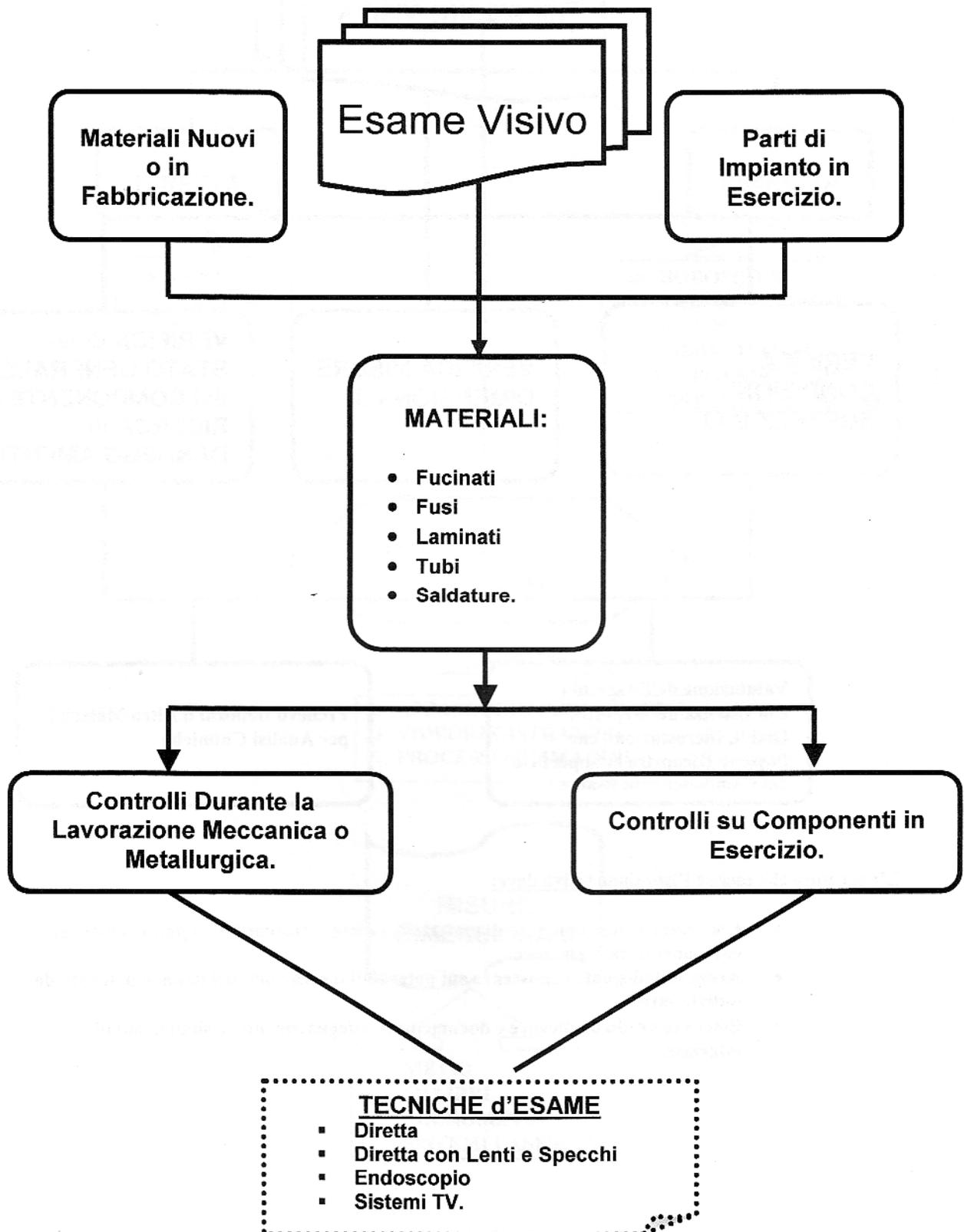


CORSO PER LA QUALIFICA DI OPERATORI ADDETTI ALL'ESAME VISIVO

(LIVELLO I – II)

Gianni Polidori

CAMPI DI APPLICAZIONE E TECNICHE D'ESAME



DEFINIZIONI TECNICHE

DISCONTINUITA': Interruzione della struttura fisica normale o nella configurazione di una parte.

INDICAZIONE: Ciò che denota la presenza di una discontinuità.

DIFETTO: Discontinuità nociva per un buon esercizio della parte in cui essa si manifesta.

PROVE NON DISTRUTTIVE: Termine usato per descrivere una quantità di metodi di esame che possono determinare l'integrità fisica di una parte o componente senza alterare o pregiudicare il suo uso in esercizio.

ESAME VISIVO DIRETTO: Ispezione di un oggetto condotta da una distanza non maggiore di 600 mm dalla sua superficie e con un angolo non inferiore a 30° rispetto alla superficie stessa.

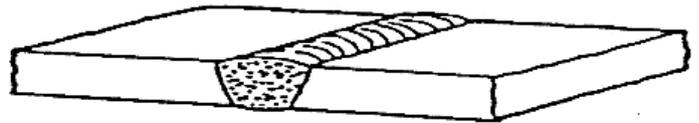
ESAME VISIVO REMOTO: Ispezione di un oggetto condotta con l'uso di specchi, telescopi, boroscopi, endoscopi a fibre ottiche o altri strumenti che hanno una capacità di risoluzione per lo meno equivalente ai risultati ottenuti con un esame visivo diretto.

ESAME VISIVO: Ispezione dei prodotti lavorati, condotta ad occhio nudo o con strumenti per rilevare eventuali discontinuità.

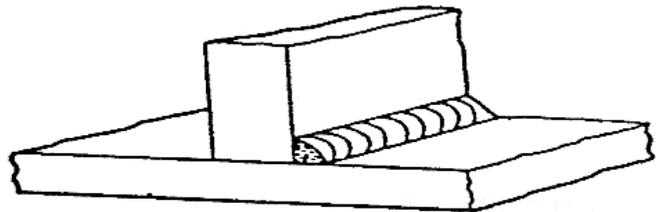
ACUTEZZA VISIVA: Capacità di distinguere la separazione di punti adiacenti o piccoli dettagli.

TIPY DI SALDATURE

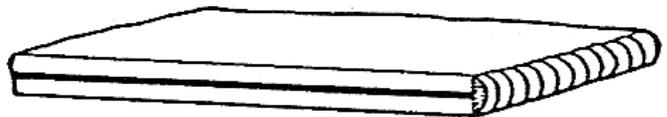
SALDATURA DI TESTA



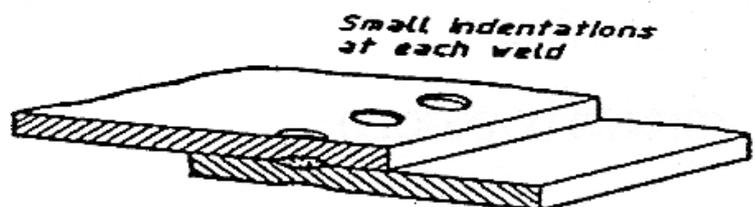
SALDATURA D'ANGOLO



SALDATURA D'ORLO



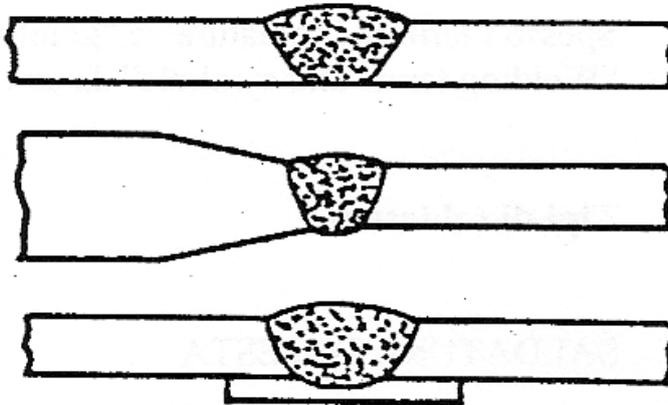
SALDATURA A PUNTI



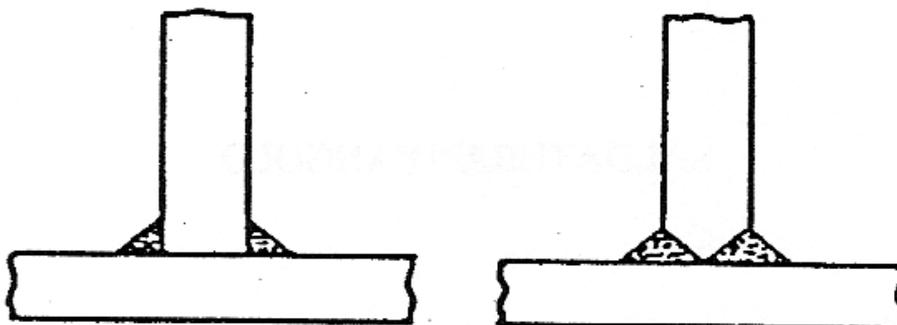
TIPI DI GIUNTI

Le saldature base possono essere impiegate per realizzare diversi tipi di giunti.

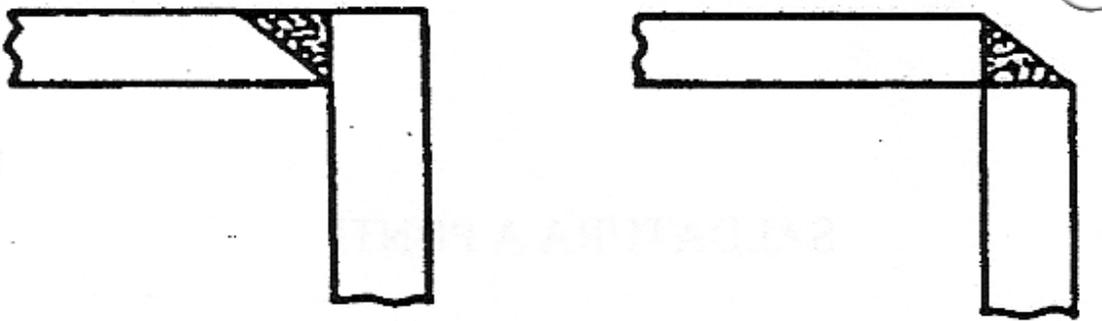
GIUNTO TESTA A TESTA



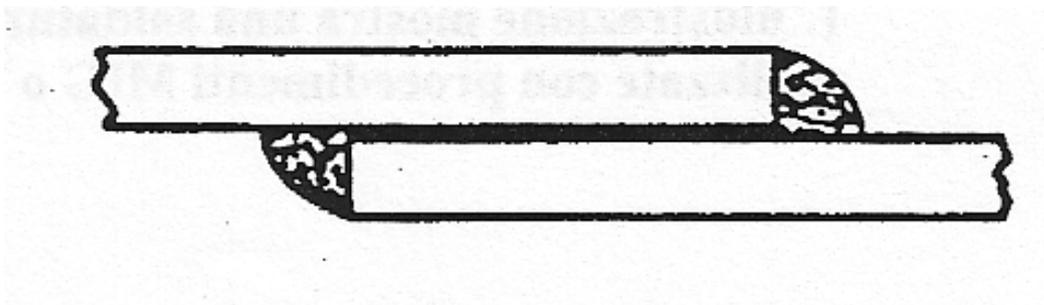
GIUNTO A T



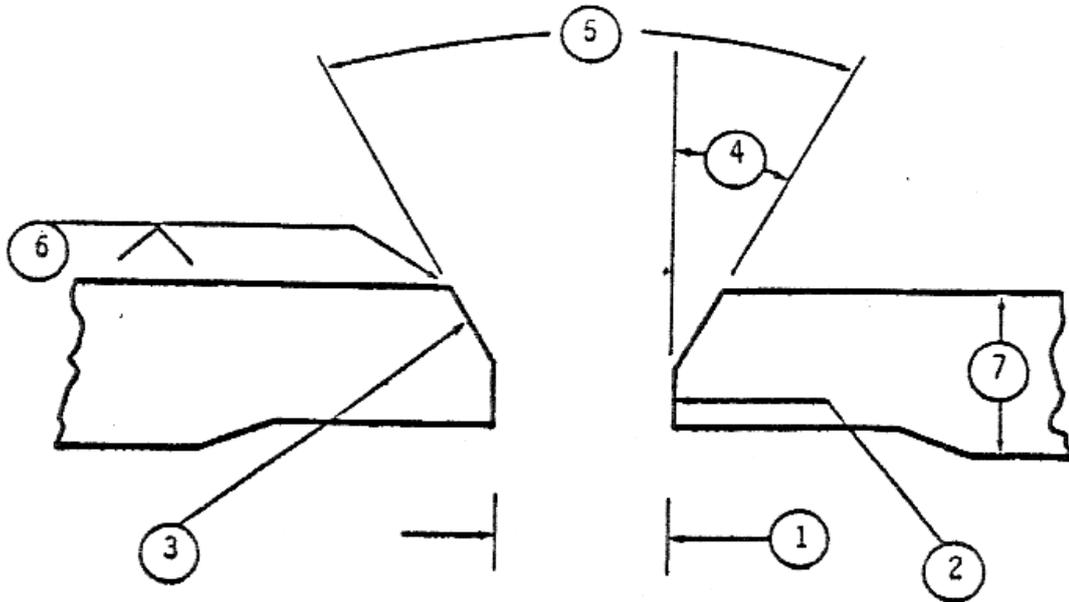
GIUNTO D'ANGOLO



GIUNTO A SOVRAPPOSIZIONE



SALDATURE DI TESTA



1. **intervallo tra i lembi (aria)**: separazione tra gli elementi che devono essere uniti, alla radice del giunto;
2. **spalla**: faccia del cianfrino adiacente alla radice del giunto;
3. **parete del cianfrino**: superficie di un membro inclusa nel cianfrino;
4. **angolo di smusso**: angolo formato tra il bordo preparato di un elemento ed un piano perpendicolare alla superficie dell'elemento;
5. **angolo di apertura del cianfrino**: angolo totale incluso del cianfrino tra le parti che devono essere unite;
6. **dimensione di saldatura**: penetrazione del giunto;
7. **spessore**: spessore della lamiera saldata.

PREPARAZIONE DEI LEMBI PER SALDATURE DI TESTA

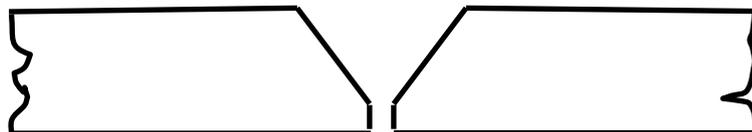
Preparazione a V

Preparazione nella quale i bordi dei due elementi sono smussati e disposti in modo che il profilo del cianfrino abbia la forma di una V.

La preparazione a V può essere simmetrica o asimmetrica ed essere priva di spalla o averne una di piccole dimensioni.

Questa preparazione può assicurare la completa penetrazione anche quando non è possibile effettuare la ripresa a rovescio.

La mancanza di penetrazione al vertice diventa più probabile quando diminuisce la spalla e/o diminuisce la distanza tra i lembi.



Preparazione a ½ V

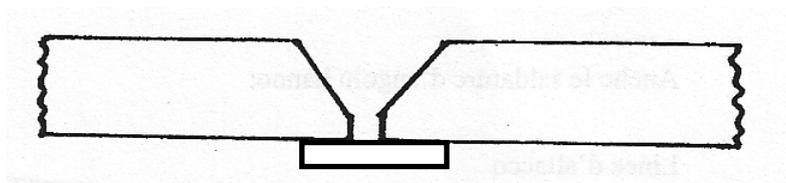
Preparazione in cui uno solo degli elementi ha il bordo preparato con una smussatura, mentre l'altro è piano.



Preparazione a V con sostegno

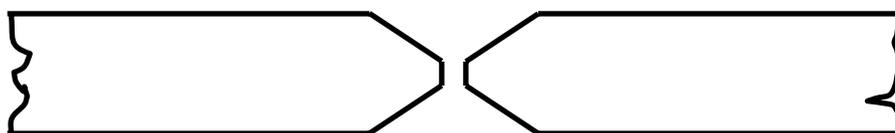
Questa preparazione è del tutto simile alla preparazione a V.

È inoltre previsto un sostegno sotto il vertice della saldatura che risulterà permanentemente legato al giunto.



Preparazione a X (o a doppia V)

Preparazione nella quale i bordi dei due elementi sono lavorati in modo che il profilo del cianfrino abbia la forma di due V opposte al vertice.



Preparazione a K

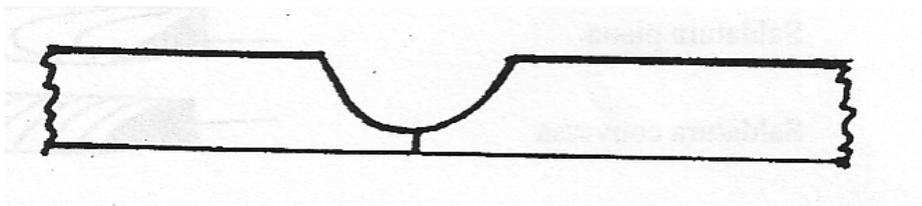
Preparazione nella quale uno solo degli elementi ha il bordo preparato e la preparazione è tale che il profilo del cianfrino risultante ha la forma di una K.



Preparazione ad U

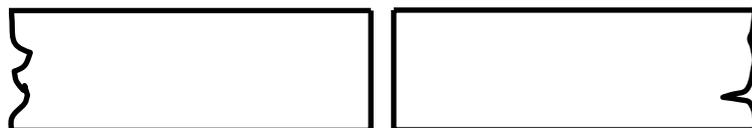
Preparazione nella quale i bordi dei due elementi sono cianfrinati in modo che il profilo del cianfrino abbia la forma di una U più o meno aperta.

Questa preparazione è un'alternativa alla preparazione a V ed è preferibile per saldare lamiere di grosso spessore.



Preparazione di testa a lembi retti

Preparazione nella quale i lembi da saldare sono paralleli tra di loro e perpendicolari alla superficie degli elementi ai quali appartengono.



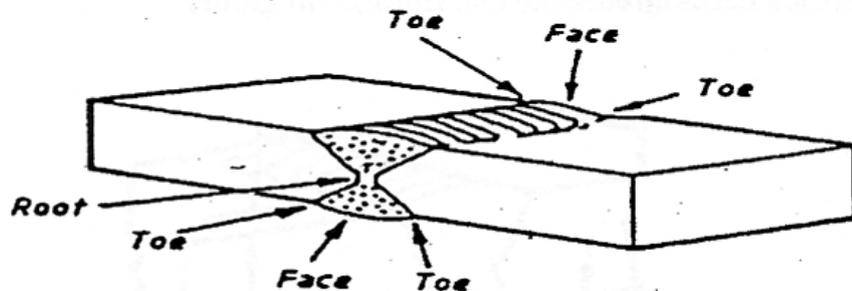
SALDATURA ULTIMATA

SALDATURA DI TESTA

La saldatura di testa di una lamiera, realizzata saldando da entrambi i lati, ha due diritti di saldatura e quattro linee di attacco.

In caso di saldatura a piena penetrazione eseguita da un solo lato, la parte che sporge dal lato inferiore è il cordone di penetrazione.

Toe = linea d'attacco
Face= diritto
Root = piede

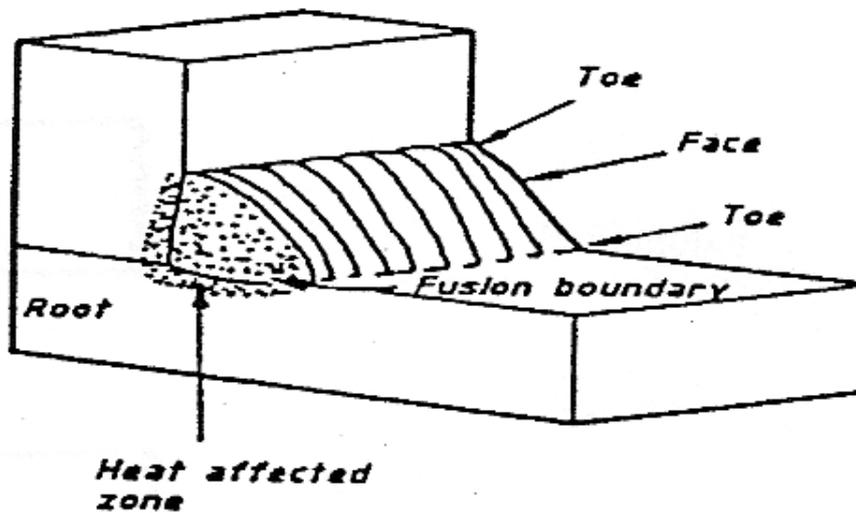


Sezionando, lucidando e trattando chimicamente una saldatura, è possibile determinare il limite della fusione. Il metallo compreso tra i due limiti della fusione è il metallo fuso, costituito dalla fusione del metallo d'apporto e da quello della lamiera. L'area adiacente i limiti della fusione è la zona termicamente alterata: un'area in cui la struttura metallurgica del materiale della lamiera è stata modificata dal calore della struttura.

SALDATURA D'ANGOLO

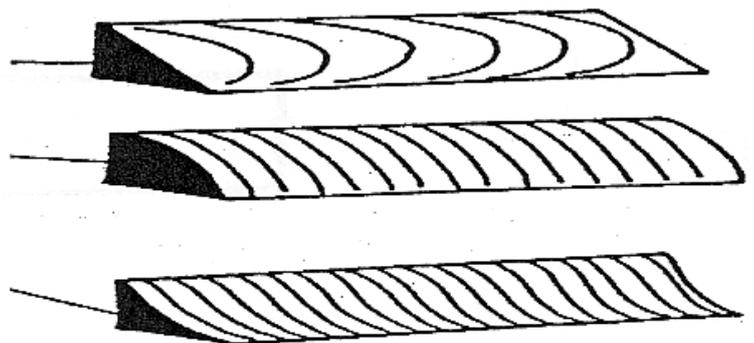
Anche la saldatura d'angolo ha:

- Linee di attacco
- Un diritto della saldatura
- Un piede
- Un limite della fusione
- Una zona termicamente alterata



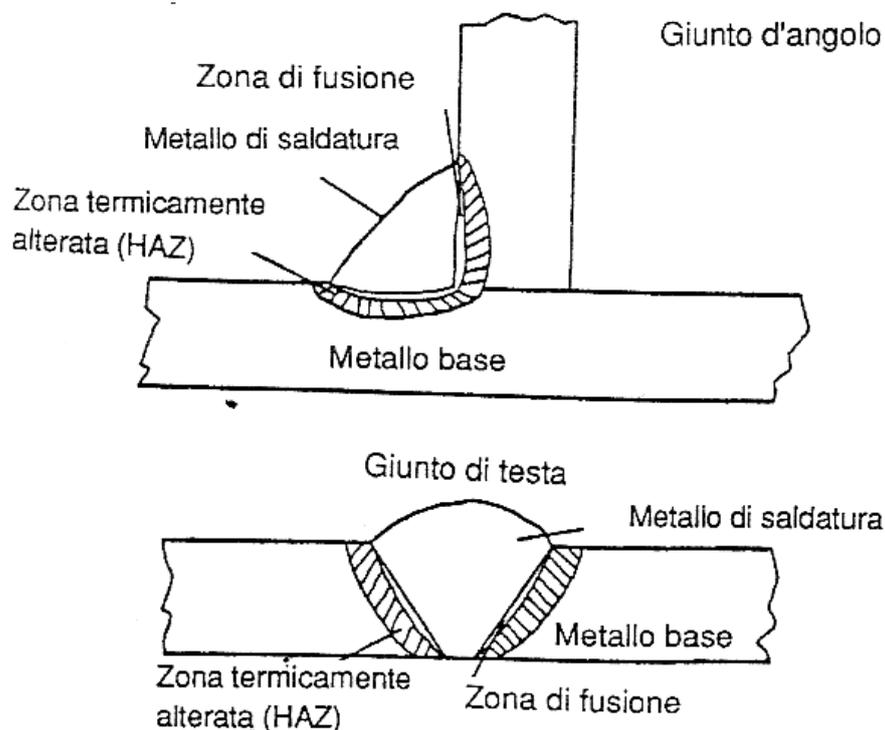
Esistono tre termini per descrivere la sezione di una saldatura d'angolo:

- Saldatura piana
- Saldatura convessa
- Saldatura concava



TERMINOLOGIA DEI GIUNTI SALDATI

Una saldatura di testa o d'angolo che è stata realizzata con materiale d'apporto contiene diverse zone che si osservano nella figura seguente:



Metallo base: metallo originale che è stato saldato;

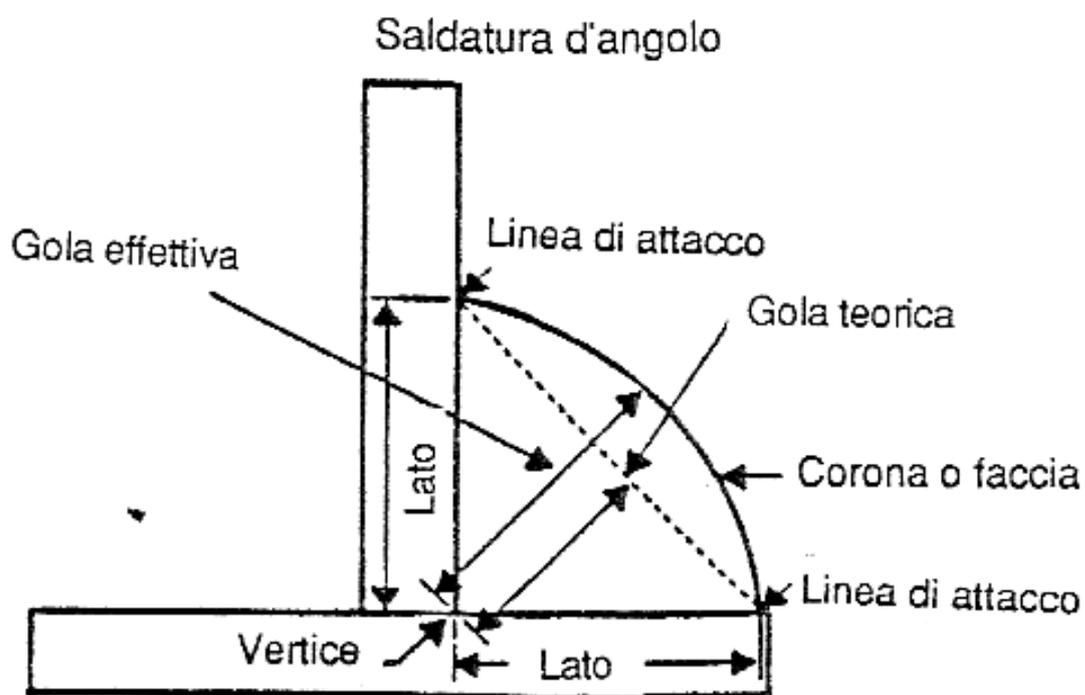
Metallo di saldatura: metallo che è stato aggiunto per produrre il giunto saldato;

Zona di fusione: porzione di metallo base che è stata fusa;

Zona termicamente alterata: porzione di metallo base che non è stata fusa, ma le cui proprietà meccaniche e la sua struttura sono state alterate dal calore di saldatura.

TERMINOLOGIA DEI GIUNTI SALDATI

Qui di seguito vengono mostrati i termini usati comunemente per descrivere i vari parametri del giunto saldato.



- Faccia di saldatura
- Radice
- Rinforzo
- Linea di attacco o di fusione
- Vertice di saldatura
- Gola effettiva
- Gola teorica

I COMPITI DI UN ISPETTORE

PRATICA DI ISPEZIONE VISIVA

L'ispettore deve essere a conoscenza di quanto segue:

- Tutti i documenti applicabili
- Norme di qualità di esecuzione
- Tutte le fasi di una buona pratica di officina
- Utensili e strumenti di misurazione

ISPEZIONE PRIMA DELLA SALDATURA

Prima del montaggio

Controllare:

- Norma applicabile
- Disegni
- Condizione del materiale
- Tipo, metodo e finitura di preparazione dei lembi

Dopo il montaggio

Controllare:

- Gioco, tolleranze e tipo di sostegno (eventuale)
- Allineamento, saldature di puntatura, ecc.
- Pulizia

ISPEZIONE DOPO LA SALDATURA

Controllare:

- Precisione dimensionale
- Conformità a requisiti e norme
- Accettabilità dell'aspetto della saldatura
- Eventuali riparazioni

RIPARAZIONI

- Segnare l'area in modo chiaro e preciso
- Adottare un metodo chiaro e comprensibile da tutto il personale addetto alla riparazione
- Controllare il difetto dopo rimozione (visivo e CND)
- Controllare la nuova saldatura
- Ispezionare nuovamente

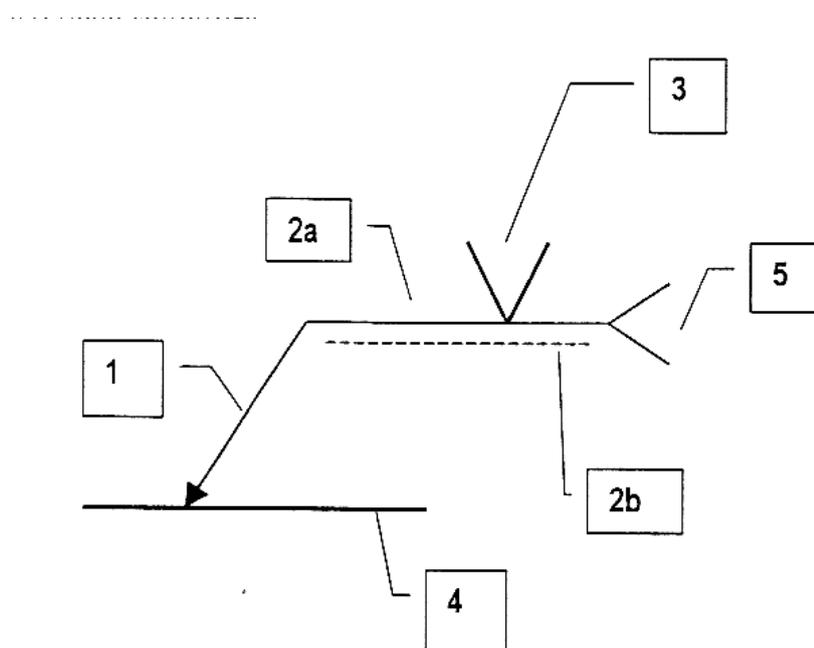
RAPPRESENTAZIONE DELLE SALDATURE NEI DISEGNI

I giunti devono essere rappresentati applicando le raccomandazioni generali dei disegni tecnici.

La rappresentazione delle saldature deve essere completata con le indicazioni seguenti.

La rappresentazione schematica comprende:

- un segno grafico elementare
- eventualmente un segno grafico supplementare
- una quota

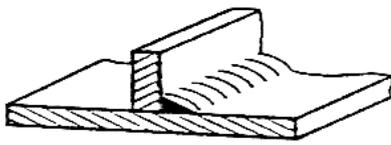
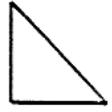


1	linea di freccia
2a	linea di riferimento (linea continua)
2b	linea di identificazione (linea a tratti)
3	segno grafico della saldatura
4	giunto
5	forcella di richiamo

SEGNI GRAFICI

SEGNO GRAFICO ELEMENTARE

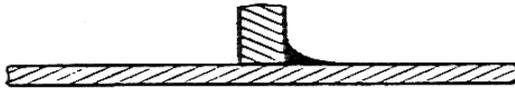
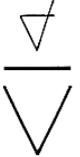
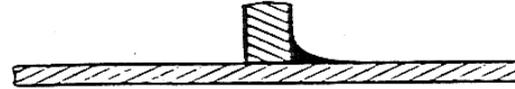
Ogni tipo di giunto è caratterizzato da un segno grafico che in generale richiama la forma della saldatura da esaminare.

N°	Denominazione	Disegno illustrativo	Segno grafico
1	Saldatura a V		
2	Saldatura a mezza V		
3	Saldatura ad U (a fianchi paralleli o inclinati)		
4	Saldatura di ripresa al rovescio		
5	Saldatura d'angolo		
6	Saldatura a lembi retti		
7	Saldatura in foro o in asola		

SEGNO GRAFICO SUPPLEMENTARE

I segni grafici elementari possono essere completati con segni grafici supplementari atti ad indicare la forma della superficie esterna o della saldatura.

Prospetto 4 Esempi di applicazione di segni grafici supplementari

Denominazione	Disegno illustrativo	Segno grafico
Saldatura testa a testa a V con cordone piano (spianato)		
Saldatura testa a testa ad X con cordoni convessi		
Saldatura d'angolo con cordone concavo		
Saldatura testa a testa a V spianata di macchina		
Saldatura d'angolo con bordi ben raccordati		

Prospetto 3 Esempi di segni grafici supplementari

Forma della superficie della saldatura o forma della saldatura	Segno grafico
a) piana (di solito spianata di macchina)	
b) convessa	
c) concava	
d) i bordi del cordone di saldatura devono essere ben raccordati	

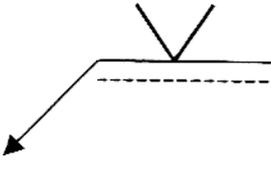
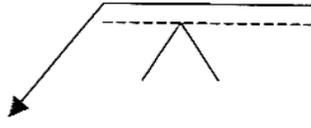
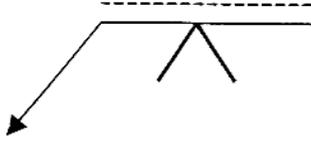
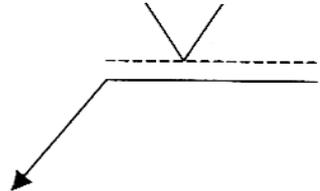
Posizione del segno grafico rispetto alla linea di riferimento

Il segno grafico deve essere posto sopra o sotto la linea di riferimento, in conformità alle regole seguenti:

il segno grafico è posto dal lato del tratto continuo della linea di riferimento, se la superficie della saldatura è dal lato freccia del giunto (figura 5a).

il segno grafico è posto dal lato della linea a tratti, se la saldatura è dall'altro lato del giunto (figura 5b).

Figura 5 Posizione del segno grafico rispetto alla linea di riferimento

Fig 5a Saldatura da eseguire dal "lato freccia"	Fig 5b Saldatura da eseguire dal "Altro lato"
	
	

QUOTATURA DELLE SALDATURE

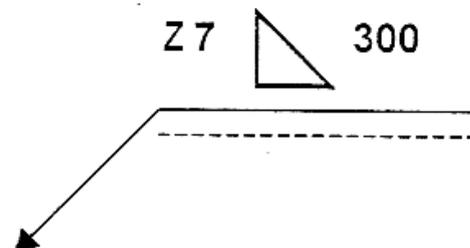
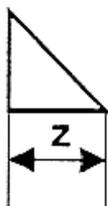
Ciascun segno grafico di saldatura può essere accompagnato da un certo numero di quote.

Le quote principali relative alla sezione trasversale sono scritte alla sinistra (cioè prima) del segno grafico; le quote longitudinali sono scritte alla destra (cioè dopo) del segno grafico.

Quote principali da indicare

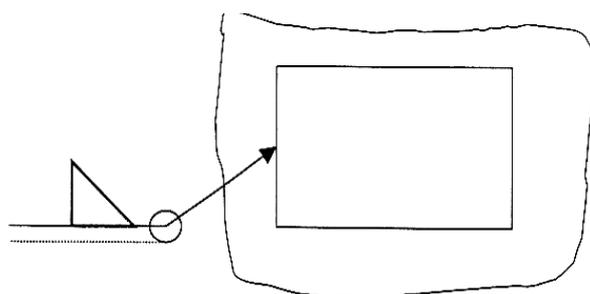
L'assenza di indicazioni alla destra del segno grafico significa che la saldatura è continua per tutta la lunghezza del pezzo saldato.

Le saldature d'angolo devono essere quotate indicando il cateto del cordone come indicato nell'esempio seguente:



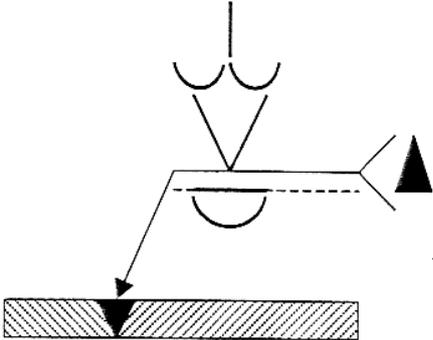
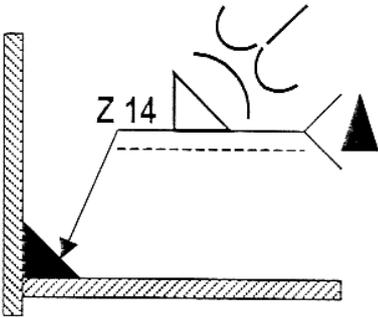
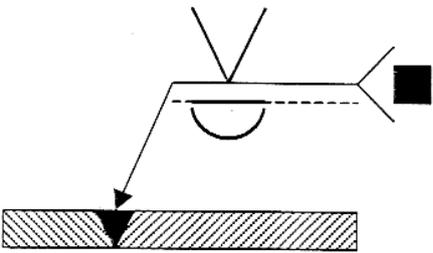
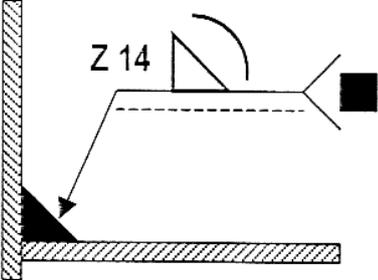
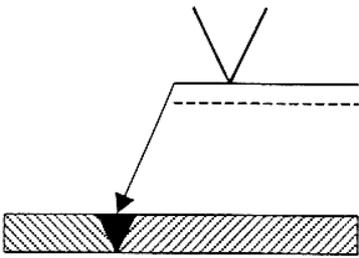
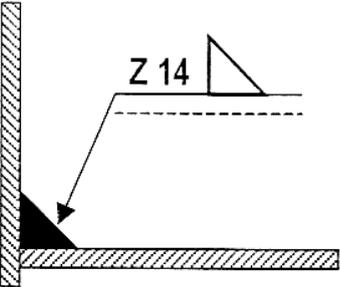
Quote principali da indicare

Quando la saldatura deve essere eseguita lungo tutti i contorni del pezzo, il segno grafico è un cerchio come di seguito:



ESEMPI DI RAPPRESENTAZIONE DI SALDATURE

Tabella 2

Tipologia della saldatura	Esempi di rappresentazioni di saldature	
<p>Critica</p> 	<p>Descrizione: Saldatura testa a testa, preparazione a V, ripresa a rovescio, bordi ben raccordati, Tipologia : critica</p> 	<p>Descrizione: Saldatura d'angolo, cordone convesso bordi ben raccordati, Tipologia : critica</p>  <p>Z 14</p>
<p>Importante</p> 	<p>Descrizione: Saldatura testa a testa, preparazione a V, ripresa a rovescio, Tipologia : importante</p> 	<p>Descrizione: Saldatura d'angolo, cordone convesso, Tipologia : importante</p>  <p>Z 14</p>
<p>Secondaria</p>	<p>Descrizione: Saldatura testa a testa, preparazione a V, Tipologia : secondaria</p> 	<p>Descrizione: Saldatura d'angolo, Tipologia : secondaria</p>  <p>Z 14</p>

DIFETTI RILEVABILI CON ISPEZIONE VISIVA

Le discontinuità legate alla saldatura possono manifestarsi nella zona fusa, lungo la linea di fusione oppure nella zona termicamente alterata.

I difetti rilevabili mediante ispezione visiva rientrano in quattro diverse categorie:

- Difetti strutturali
- Irregolarità della superficie
- Difetti del piede
- Difetti del profilo del cordone

DIFETTI STRUTTURALI

- Cricche
- Mancanze di fusione
- Inclusioni solide
- Inclusioni di gas

Cricche

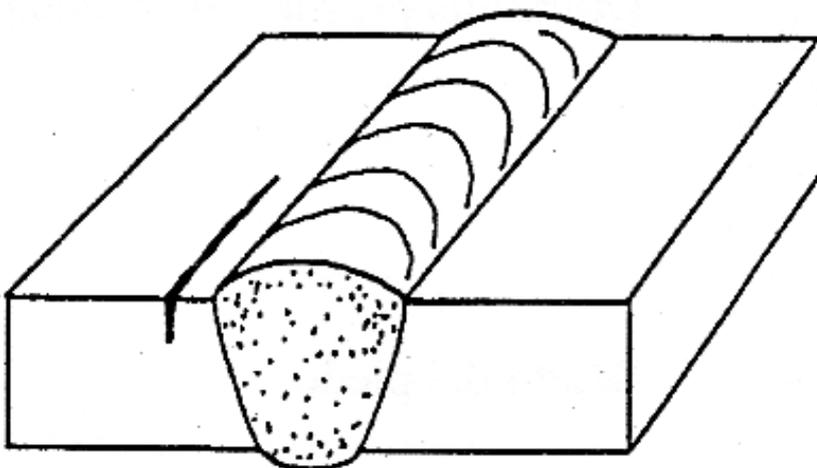
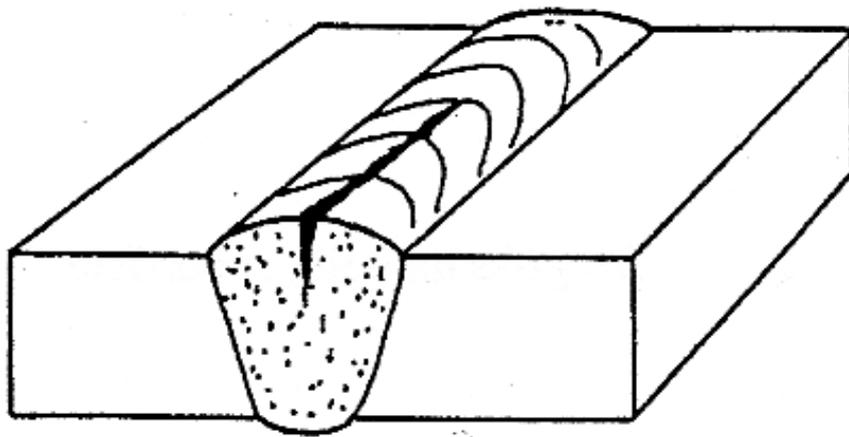
Le cricche sono fratture nel metallo d'apporto o nel metallo base a questo adiacente.

Il metallo base adiacente alla saldatura, la zona termicamente alterata ed il metallo d'apporto dovrebbero essere esaminati per rilevare eventuali cricche.

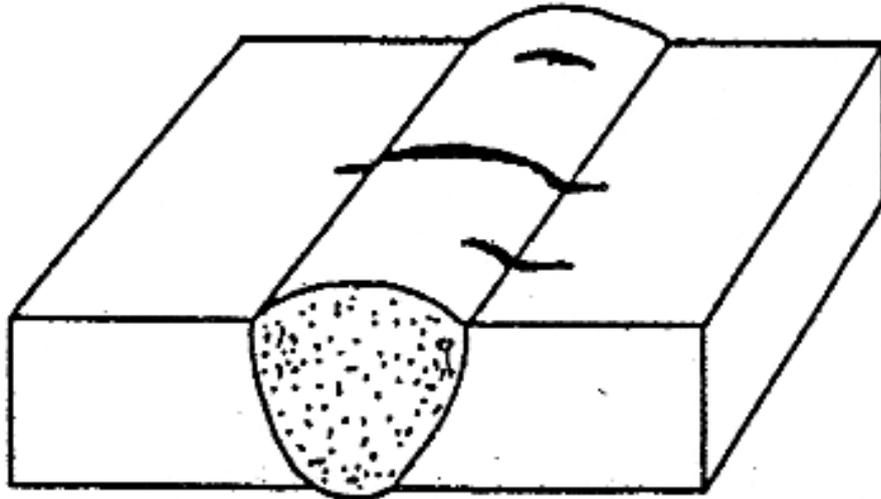
Le cricche variano in grandezza: dalla dimensione di un capello sino a larghi strappi.

Esse possono essere classificate secondo la loro direzione.

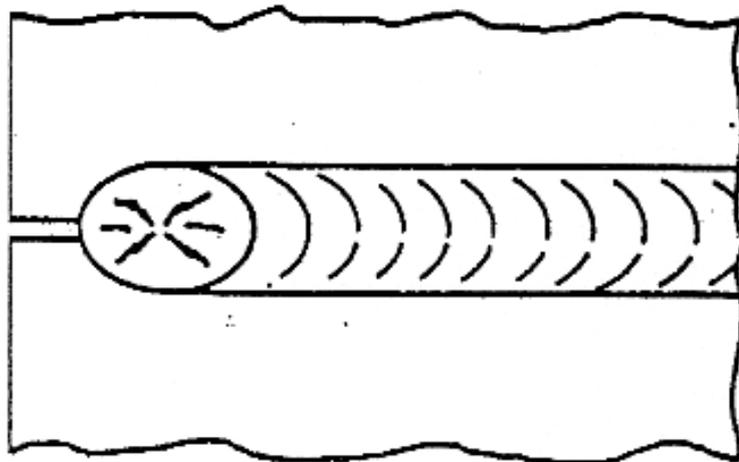
Cricche longitudinali: parallele alla direzione della saldatura, possono ritrovarsi nel metallo d'apporto, in quello base o nella zona termicamente alterata; sono più frequenti lungo la linea centrale della saldatura o in corrispondenza dell'attacco del cordone nella zona termicamente alterata.



Cricche trasversali: perpendicolari alla lunghezza della saldatura, possono ritrovarsi nel metallo d'apporto nella zona termicamente alterata e nel metallo base.



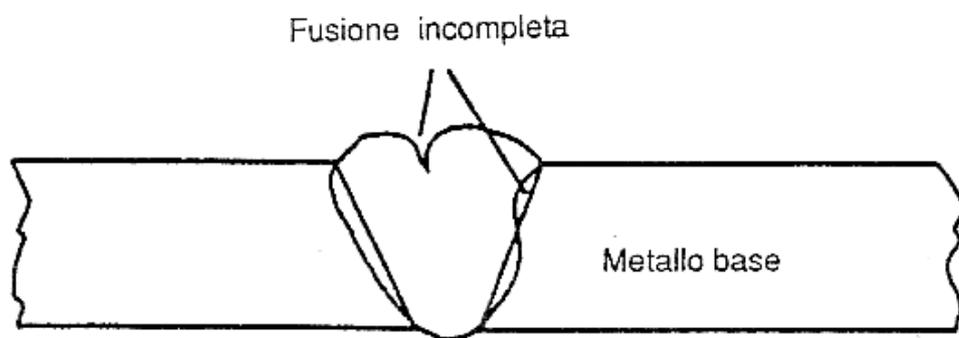
Cricche di cratere: si propagano da un cratere di saldatura ed assomigliano ad una stella, ossia vi sono molte piccole cricche che si propagano da un punto in tante direzioni. Possono essere dette anche "a zampa di gallina".



Mancanze di fusione (incollature)

Si ha quando il metallo d'apporto ed il metallo base non si fondono insieme, oppure quando il metallo d'apporto di un cordone non si fonde con un cordone già eseguito.

Visivamente si può osservare direttamente mediante la mancanza di amalgama e quindi di fusione tra le parti.



Inclusioni solide

Si intendono tutte le particelle estranee metalliche o non metalliche, che rimangono intrappolate nel metallo d'apporto o tra il metallo d'apporto ed il materiale base.

Le inclusioni che normalmente si rilevano nella saldatura sono del tipo "inclusioni di scoria" e di "tungsteno".

Se situate in superficie, possono essere rilevate visivamente in maniera diretta; se situate in profondità, possono essere rilevate solamente durante l'esame del pezzo in sezione (ad esempio durante l'esame visivo di una macro effettuata in laboratorio).

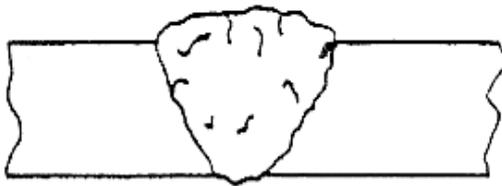
Inclusioni di scoria: sono costituite da corpi solidi o ossidi non metallici che rimangono intrappolati nella saldatura, ossia nel metallo d'apporto o tra quest'ultimo ed il materiale base.

La scoria si forma dal rivestimento che ricopre l'elettrodo o dai flussi che proteggono il metallo fuso durante la saldatura.

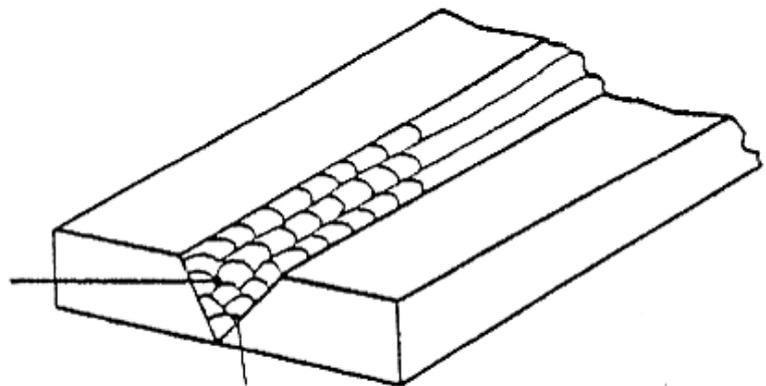
Essendo più leggera del metallo d'apporto, tende a galleggiare sulla sua superficie, a meno che non rimanga intrappolata.

La scoria è generalmente di colore scuro, diverso dal colore del metallo.

L'inclusione può essere superficiale o sub-superficiale, può trovarsi sotto forma di una linea continua, intermittente o di particelle isolate.



Inclusioni di scorie tra le passate



Inclusioni di scorie tra il metallo di saldatura e il metallo base

Inclusioni di tungsteno: sono particelle di tungsteno intrappolate nel materiale di saldatura, quando si usa la tecnica GTAW.

Ha una densità ed una struttura diversa da quella del metallo di saldatura.

Sono rilevabili con esame visivo ma ancor più con esame radiografico.

Inclusioni di gas

Sono costituite da gas che è rimasto intrappolato nel metallo d'apporto durante la solidificazione.

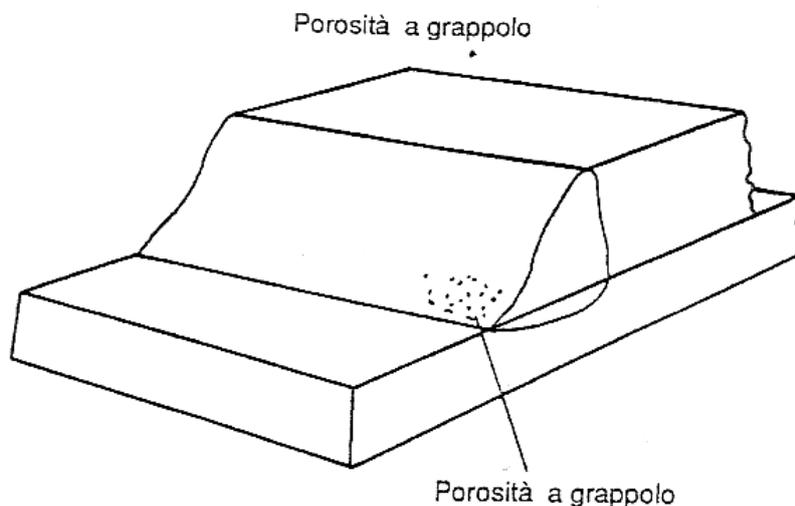
Hanno generalmente forma sferica, a volte un poco allungata, e possono essere localizzate sia all'interno (a qualsiasi profondità) che nella zona superficiale.

Esse si possono manifestare nelle seguenti forme:

porosità diffuse uniformemente: sono distribuite più o meno uniformemente nel metallo d'apporto.

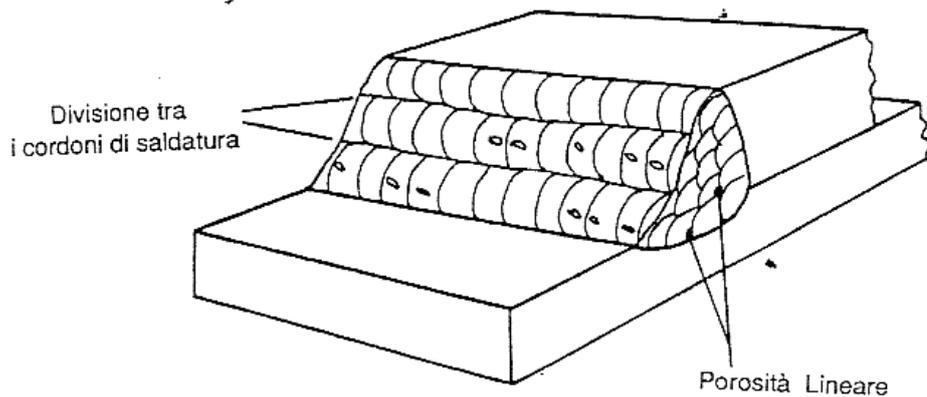


porosità a grappolo: consistono in una concentrazione di porosità che sono localizzate in una regione separata dal resto della saldatura.



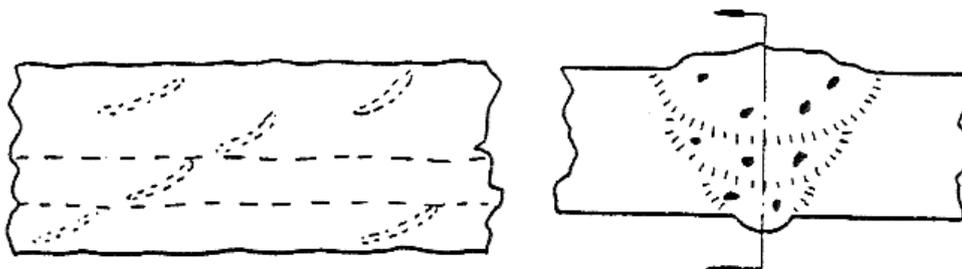
porosità lineari: sono allineate internamente al deposito e solitamente non sono rilevabili mediante esami visivi.

Si trovano lungo i contorni del giunto, al confine fra le passate o alla radice delle saldature.



tarli: sono porosità a forma cilindrica sulla superficie della saldatura o intrappolata nel metallo fuso.

Hanno la particolarità di terminare con una "piccola coda allungata e piana" che rappresenta un possibile innesco a rottura; per questa ragione vengono considerati difetti rilevanti.



IRREGOLARITA' DELLA SUPERFICIE

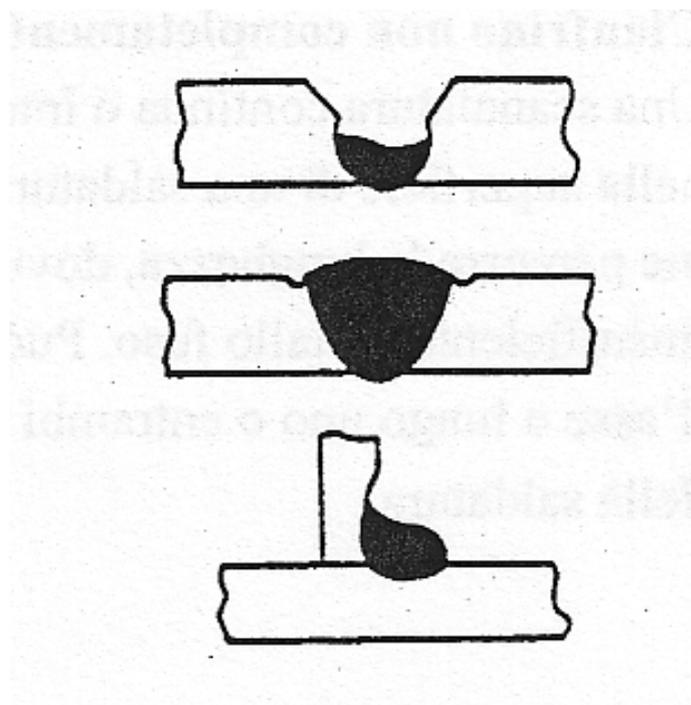
- Incisioni marginali
- Crateri
- Sovrapposizioni o ripiegature
- Spruzzi di saldatura
- Colpi d'arco
- Rappezzo di saldatura
- Distorsioni e ritiri

Incisioni marginali

Sono delle solcature più o meno irregolari che si trovano localizzate tra il materiale base ed il metallo fuso; talvolta si possono trovare tra un cordone e l'altro del giunto saldato.

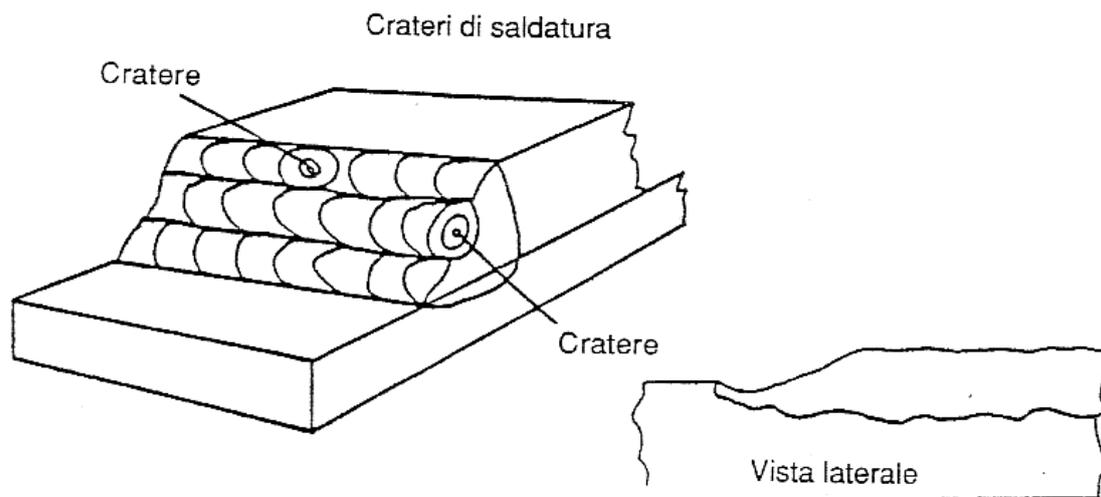
L'aspetto di un'incisione marginale è quello di una zona in cui il materiale fuso è scivolato via.

Solitamente non sono ammesse incisioni marginali profonde alla linea di attacco, poichè possono ridurre seriamente la resistenza del giunto.



Crateri

Sono depressioni, con o senza porosità o cricche, sulla superficie all'estremità del cordone di saldatura. Essi si possono formare quando l'arco si è interrotto ed il gas di protezione è stato rimosso prima che il cratere si sia solidificato.



I crateri spesso possono ridurre la dimensione della saldatura sotto il valore richiesto e possono anche contenere altre discontinuità.

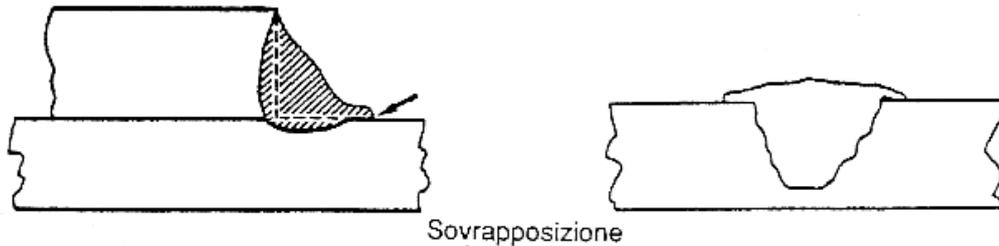
Quando si ha una cricca, essa può essere orientata trasversalmente oppure longitudinalmente; a volte può essere formata da una serie di cricche intersecate che assumono la figura di una stella.

Sovrapposizioni o ripiegature

Sono rappresentate da un eccessivo flusso di metallo fuso d'apporto che non si fonde con il metallo base.

Visivamente si presentano come metallo non fuso, che appare come "sovrapposto".

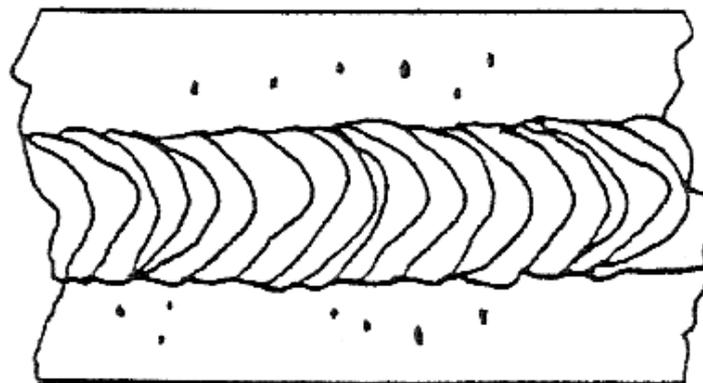
Si trova normalmente sul bordo del metallo di saldatura che è a contatto con il metallo base.



Spruzzi di saldatura

Sono particelle di metallo espulse durante la saldatura dal bagno di fusione, che schizzano via e cadono nelle zone adiacenti.

Preoccupano sia perché questi spruzzi possono mascherare altri difetti, sia perché possono indicare che una variabile del processo di saldatura è fuori procedura.



Spruzzi di saldatura

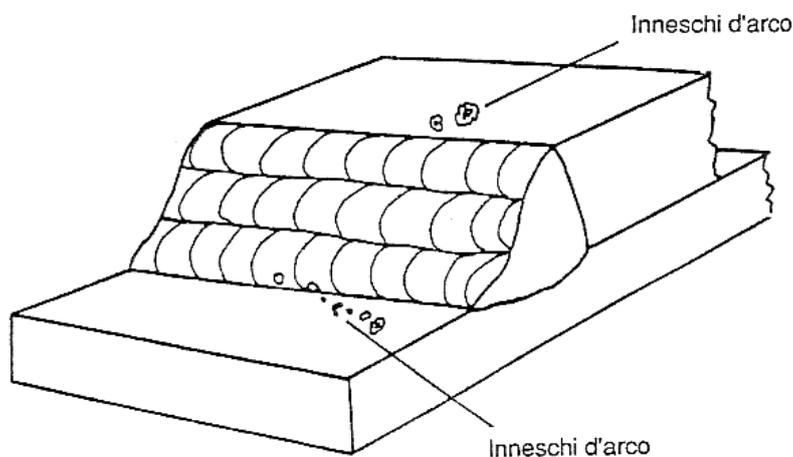
Colpi d'arco

Sono fusioni non intenzionali del metallo base, che avvengono fuori della regione in cui si deposita il metallo d'apporto.

Essi possono essere prodotti dal saldatore che strofina l'elettrodo su una zona al di fuori dalla regione di saldatura; possono essere prodotti da un morsetto di terra non collegato correttamente oppure anche all'uso improprio dei puntali durante l'esame con particelle magnetiche.

Gli inneschi d'arco possono assomigliare a singoli piccoli crateri circolari o cilindrici; si ritrovano sul metallo base, in zona termicamente alterata o sul metallo d'apporto.

La loro struttura dura e fragile potrebbe essere un innesco di cricche.



Rappezzo di saldatura

Consiste nell'inserimento di uno o più pezzi di materiale entro il giunto, senza che questo venga fuso con il materiale d'apporto.

Questo viene effettuato abusivamente dal saldatore il quale, per nascondere, lo ricopre con un'altra passata.

Distorsioni e ritiri

Il calore inerente al processo di saldatura può generare discontinuità quali distorsioni e ritiri sulle parti saldate.

Si chiama distorsione, la deviazione sia temporanea che definitiva dalla forma desiderata.

Il ritiro è la diminuzione delle dimensioni, generata dal raffreddamento e dalla contrazione del metallo d'apporto. Il ritiro genera distorsione della parte.

Ritiro trasversale

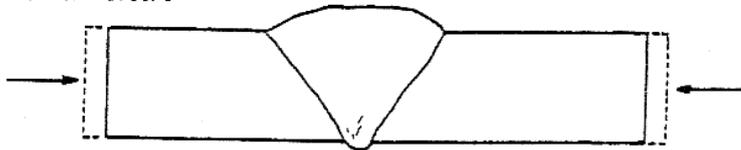


Figura 25

Ritiro Longitudinale

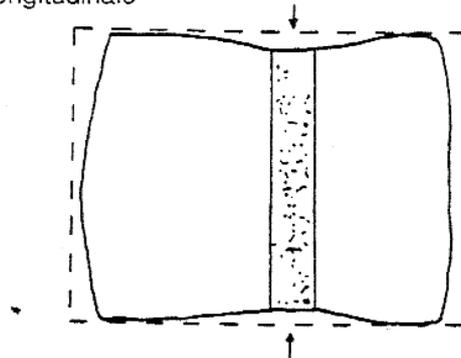


Figura 26

Ritiro ad anello (su tubi)

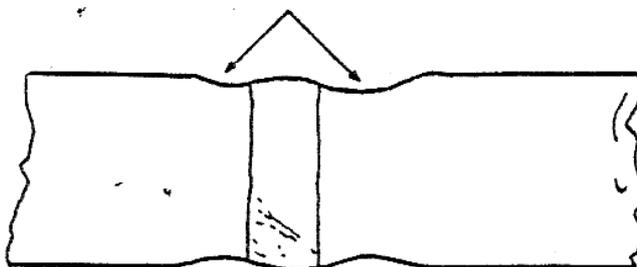
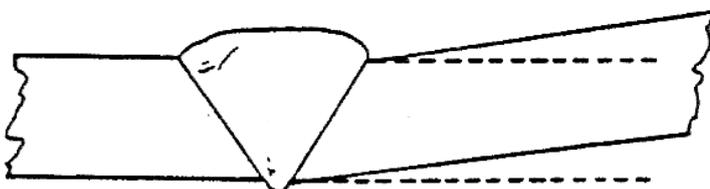


Figura 27

Distorsione angolare



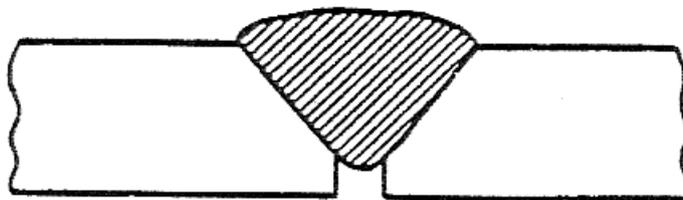
DIFETTI DEL PIEDE

- Penetrazione incompleta
- Eccesso di penetrazione
- Mancanza di fusione al vertice
- Concavità del piede o insellamento
- Sottoriempimento e risucchio
- Sfondamento
- Rinforzo eccessivo

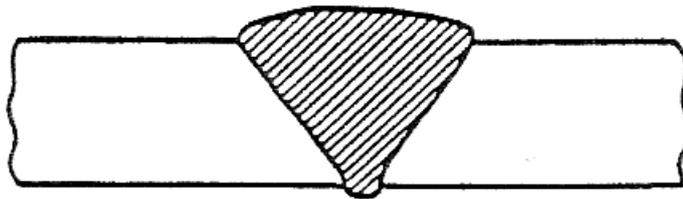
Penetrazione incompleta

Si ha quando il metallo di saldatura non riempie completamente il cianfrino al piede o alla radice del giunto.

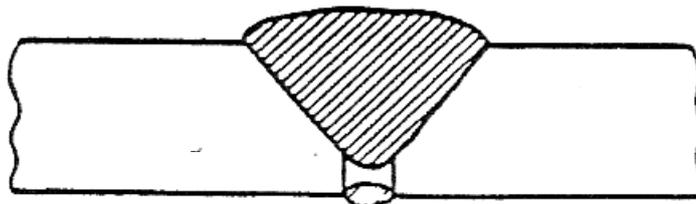
Penetrazione incompleta - Giunto saldato da un solo lato



Penetrazione adeguata - Giunto saldato da un solo lato



Penetrazione incompleta - Giunto saldato dai due lati

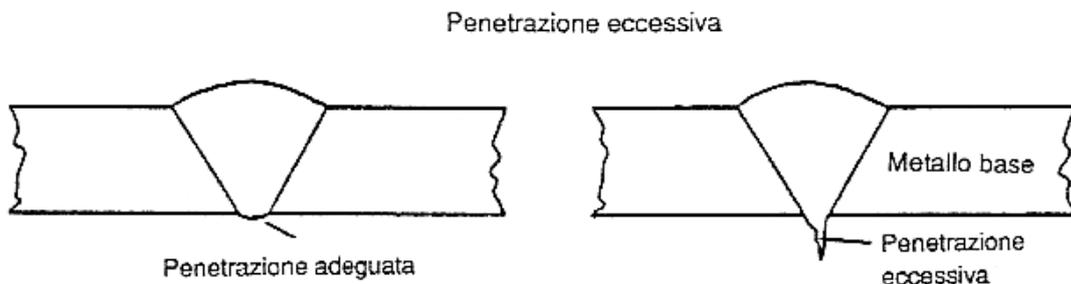


Eccesso di penetrazione

Si ha quando il metallo di saldatura oltrepassa più del previsto la radice di saldatura.

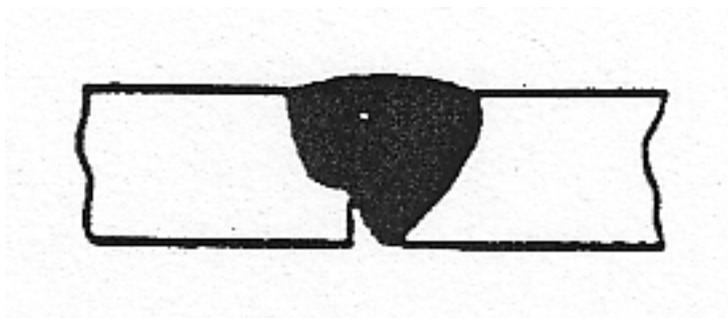
Questa discontinuità si forma durante l'esecuzione della prima passata.

La penetrazione eccessiva è localizzata alla radice del giunto saldato quando non viene usato un materiale di sostegno.



Mancanza di fusione al vertice

Si ha quando il metallo di saldatura, depositato durante la passata alla radice, fonde solamente uno dei due lembi di giunto.



Concavità del piede o insellamento

È rappresentato dal metallo alla radice che non è a filo con il metallo base o che ha concavità eccessiva secondo il codice e le specifiche da applicarsi.

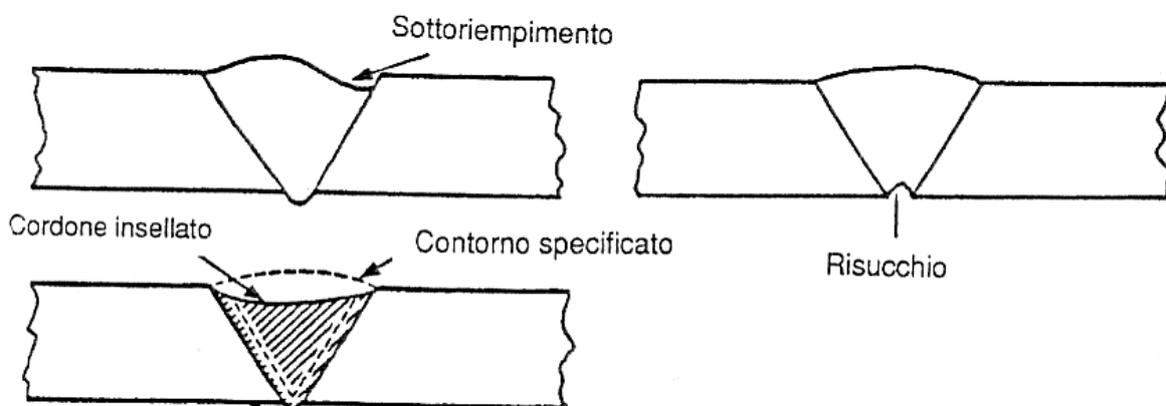


Sottoriempimento e risucchio

Il sottoriempimento è rappresentato da un giunto saldato che non è stato riempito completamente.

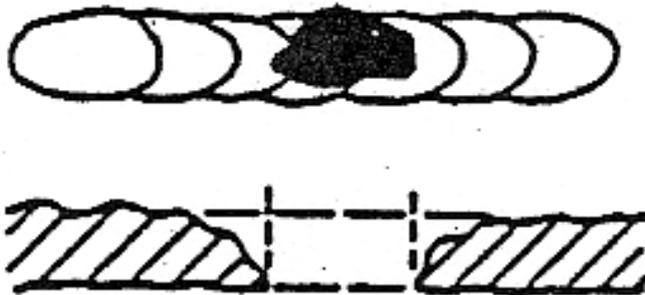
Questa discontinuità può essere localizzata sulla faccia o alla radice del giunto saldato.

Rihanno i risucchi quando il metallo fuso è risucchiato dalla passata di radice durante il raffreddamento.



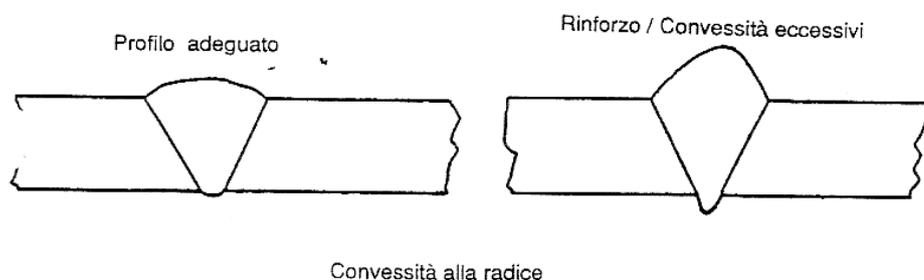
Sfondamento

Crollo localizzato del bagno di fusione, dovuta ad eccesso di penetrazione, che provoca un foro nella passata di saldatura.



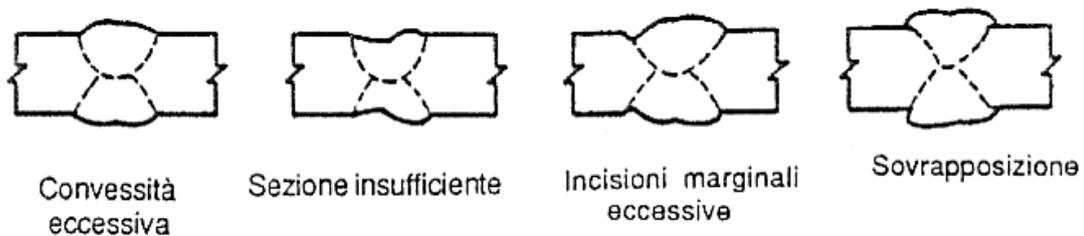
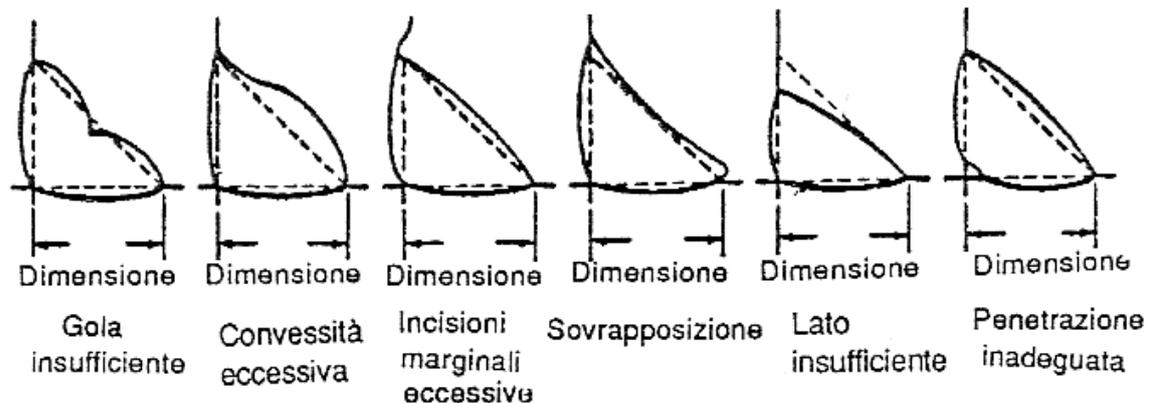
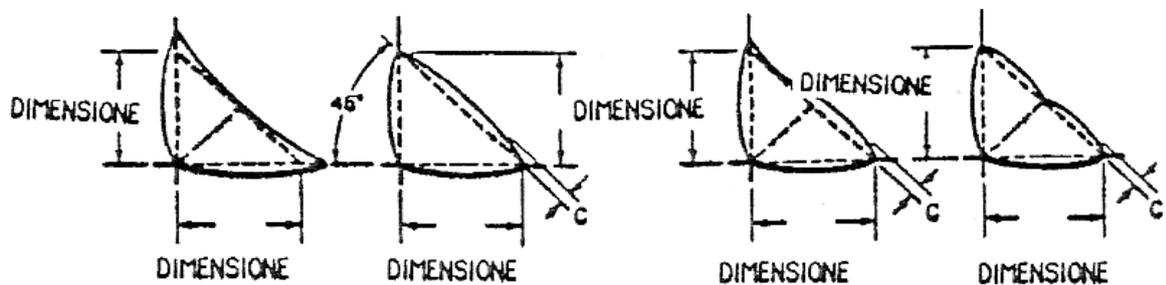
Rinforzo eccessivo

Discontinuità del profilo di saldatura generata dal deposito eccessivo di metallo d'apporto sulla corona della saldatura stessa.



DIFETTI DEL PROFILO DEL CORDONE

- Concavità e convessità
- Gola insufficiente
- Convessità eccessiva
- Incisioni marginali
- Sovrapposizione
- Lato insufficiente
- Penetrazione inadeguata



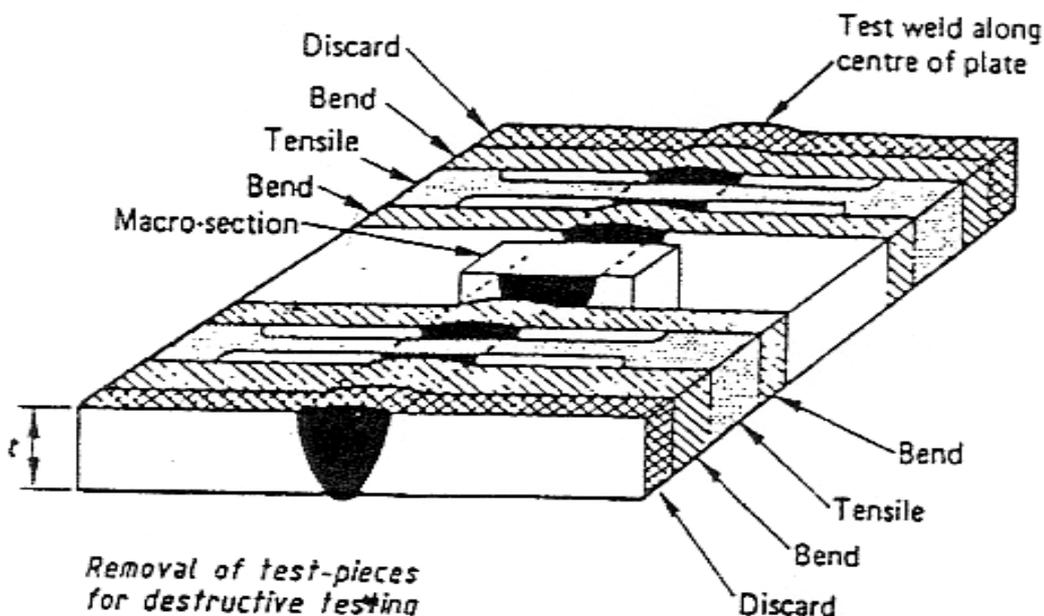
PROVE MECCANICHE

Nell'ambito dell'approvazione di una procedura di saldatura o di un saldatore, vengono di norma eseguiti controlli distruttivi su giunti saldati.

Le provette vengono tagliate ricavandole dalla saldatura di prova, in posizioni che solitamente sono indicate dalla norma.

I controlli distruttivi più comuni sono i seguenti:

- Prova a flessione
- Prova di resilienza Charpy
- Prova di trazione
- Prova di frattura
- Metallografia: macrografia e micrografia



Discard = Scarto
Test weld along centre of plate= saldatura di prova lungo il centro della lamiera
Bend = flessione
Tensile = trazione
Macro-section = macrosezione

PROVE A FLESSIONE

Oggetto

Stabilire l'integrità del metallo fuso, della zona termicamente alterata e della zona di saldatura.

Tali prove possono essere impiegate anche per valutare la duttilità della zona saldata.

Non è raro impiegare le prove a flessione longitudinale e trasversale per la stessa applicazione.

Metodo

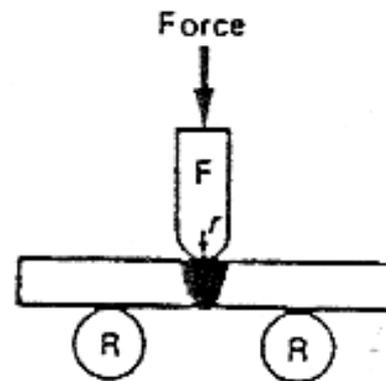
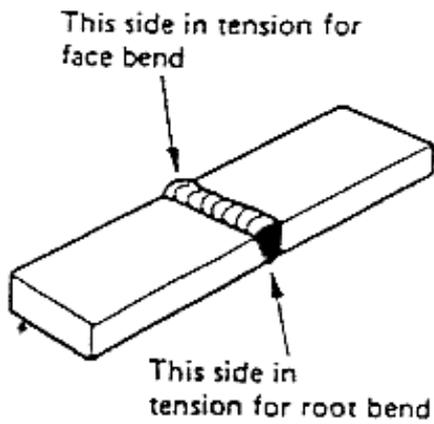
La provetta viene piegata tramite una piegatrice con mandrino di diametro prescritto, lungo il lato del provino da porre in tensione.

L'angolo di piegatura ed il diametro del mandrino devono fare riferimento a quanto specificato nella norma prevista.

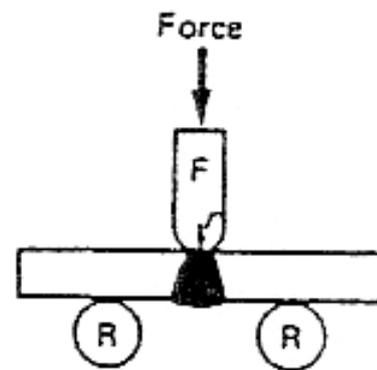
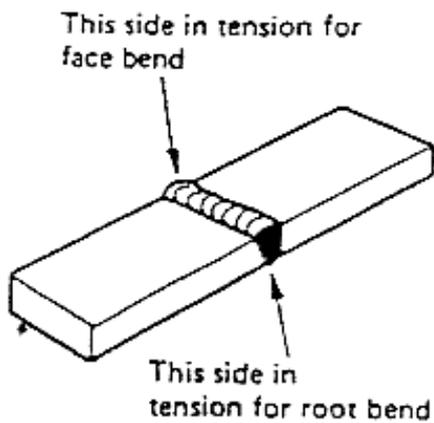
Dati di base

- spessore della provetta
- direzione di piegatura (diritto, piede, laterale)
- angolo di piegatura
- diametro del mandrino della piegatrice
- aspetto del giunto dopo piegatura (tipo e localizzazione dei difetti)

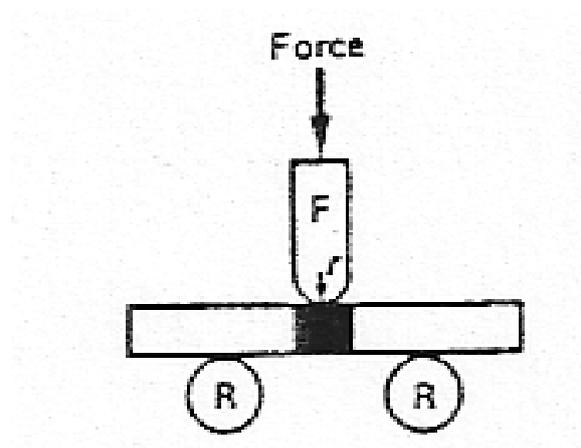
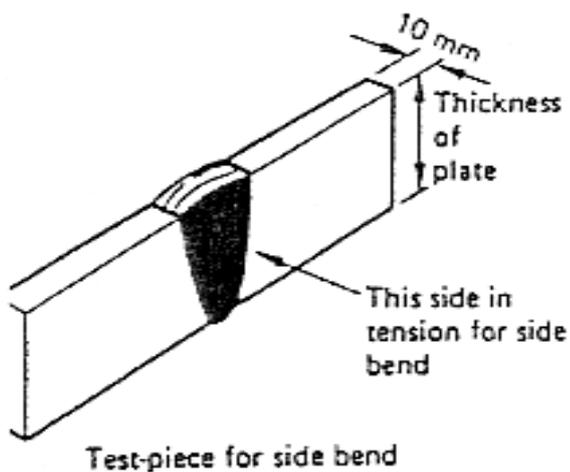
FLESSIONE A DIRITTO



FLESSIONE AL PIEDE (o a rovescio)



FLESSIONE LATERALE



PROVA DI RESILENZA CHARPY

Oggetto

Stabilire la quantità di energia assorbita per fratturare una provetta standard ad una specifica temperatura.

Tali prove possono essere impiegate anche per valutare la duttilità della zona saldata.

Non è raro impiegare le prove a flessione longitudinale e trasversale per la stessa applicazione.

Metodo

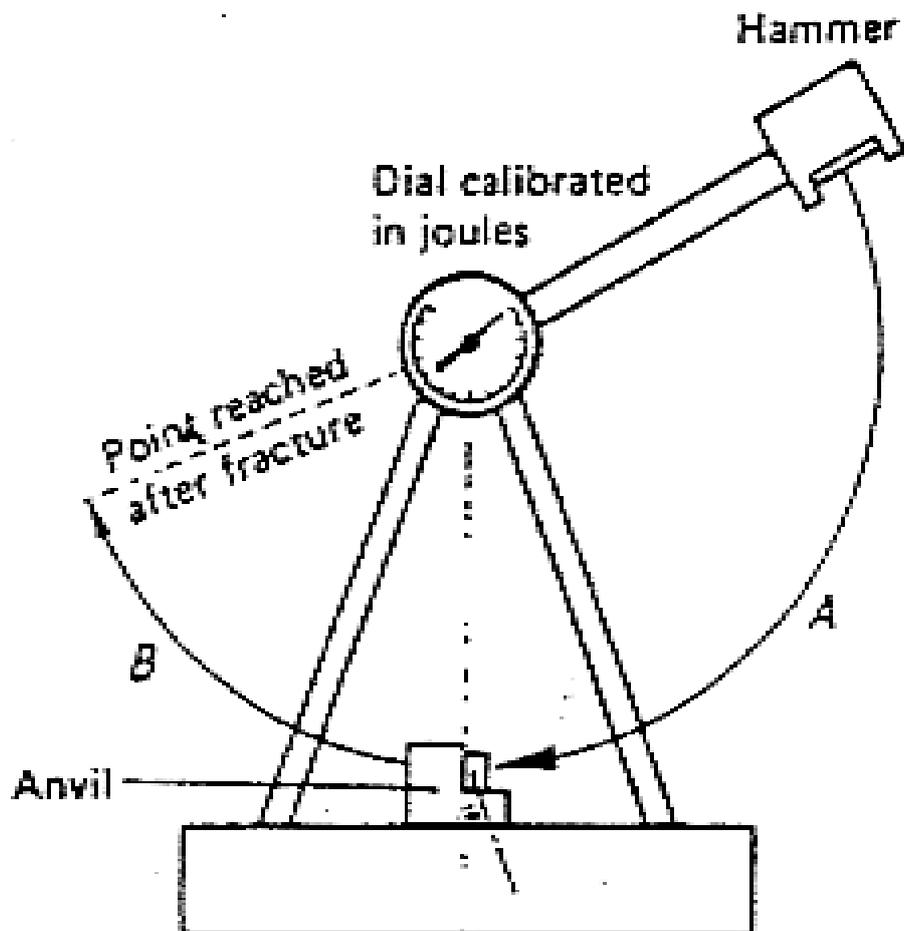
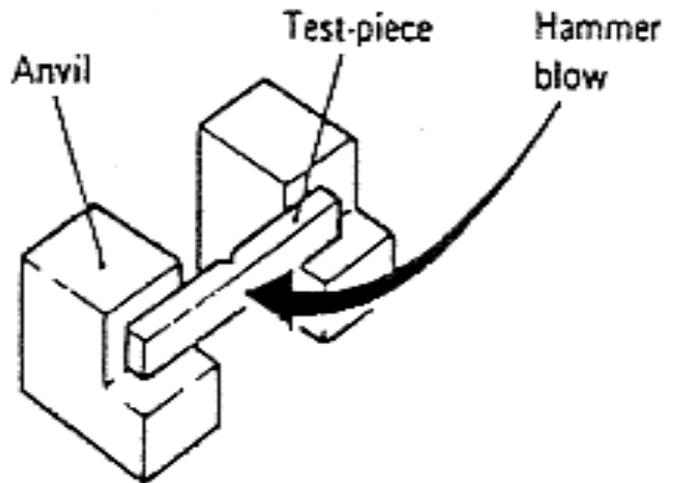
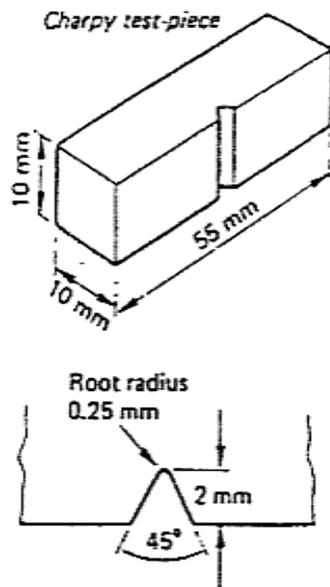
La provetta viene piegata tramite una piegatrice con mandrino di diametro prescritto, lungo il lato del provino da porre in tensione.

L'angolo di piegatura ed il diametro del mandrino devono fare riferimento a quanto specificato nella norma prevista.

Dati di base

- spessore della provetta
- direzione di piegatura (diritto, piede, laterale)
- angolo di piegatura
- diametro del mandrino della piegatrice
- aspetto del giunto dopo piegatura (tipo e localizzazione dei difetti)

RESILIENZA CHARPY



PROVA DI TRAZIONE

Oggetto

La prova di trazione viene impiegata per misurare la resistenza trasversale sotto carico statico di un giunto testa a testa con saldatura a piena penetrazione.

La prova non è concepita per determinare la resistenza a trazione del metallo fuso.

Metodo

La provetta viene fissata con dei morsetti posti alle due estremità.

Si applica un carico tramite un meccanismo idraulico o a vite, aumentandolo progressivamente fino al verificarsi di una frattura.

Dati di base

- tipo di provetta (es. a sezione ridotta)
- rimozione o meno del metallo fuso in eccesso
- la resistenza a trazione in N/mm^2 , viene calcolata in base al carico massimo ed alle aree trasversali originali
- localizzazione della frattura, cioè se si verifica nel metallo base, nella zona termicamente alterata o nel metallo fuso
- localizzazione e tipo di qualsiasi difetto presente sulla superficie della frattura

PROVA DI FRATTURA DI UNA SALDATURA D'ANGOLO

Oggetto

Lo scopo è quello di rompere il giunto attraverso la saldatura per permettere l'esame delle superfici della frattura.

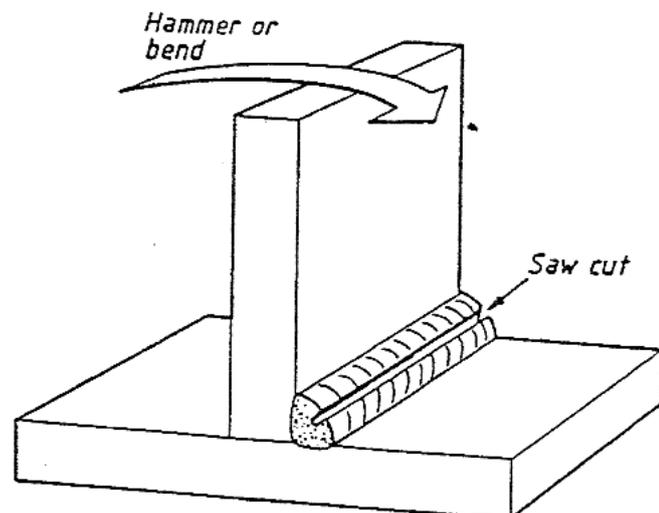
Metodo

La provetta viene tagliata nella lunghezza desiderata eseguendo un taglio a sega, normalmente profondo 2 mm, lungo il centro del diritto di saldatura.

La provetta viene fratturata piegandola sotto una pressa o colpendola con un martello.

Dati di base

- spessore del metallo base
- spessore di gola e lunghezza di lato
- localizzazione della frattura
- aspetto del giunto dopo la frattura
- profondità di penetrazione / mancanza di fusione o di penetrazione



METALLOGRAFIA

La metallografia è la scienza che studia la costituzione e le caratteristiche strutturali dei metalli e comprende le tecniche di osservazione e studio della struttura nonché di preparazione dei campioni.

La maggior parte delle indagini sulla struttura avvengono mediante l'osservazione delle sezioni appositamente preparate, direttamente ad occhio nudo o con l'ausilio di dispositivi ottici od elettronici.

Se l'osservazione si fa ad occhio nudo o con l'ausilio di strumenti che consentono l'ingrandimento fino a circa 10 volte (x 10) si ha la [macrografia](#).

Se l'osservazione si fa a ingrandimenti superiori, si ha la [micrografia](#).

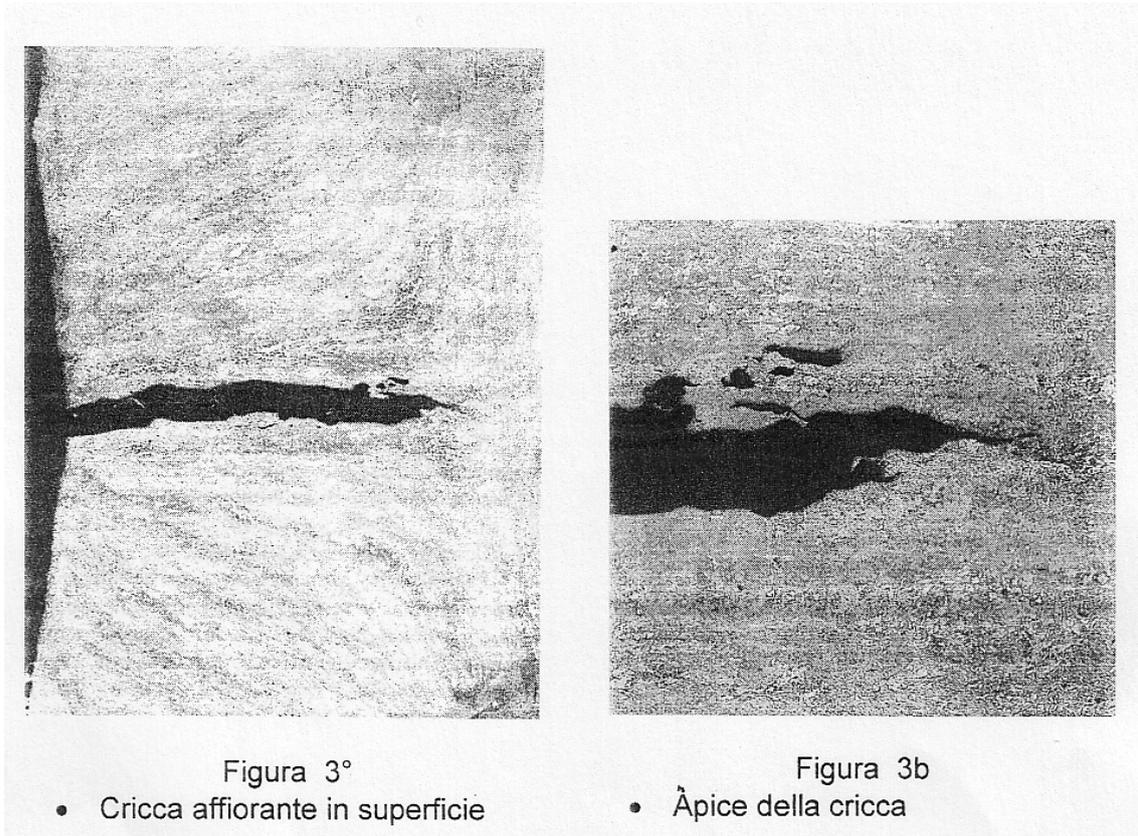
PREPARAZIONE DEI PROVINI

La preparazione consiste in una levigatura mediante abrasivi a grana progressivamente più fine, per ottenere una superficie sufficientemente liscia.

Per la micrografia il grado di finitura deve essere molto elevato, normalmente superiore a quello richiesto per la macrografia.

ESAME DELLA SUPERFICIE LUCIDATA

L'esame al microscopio ottico della superficie lucidata permette di analizzare solamente tutte le discontinuità di matrice metallica, del tipo cricche, porosità, segregazioni, grafite nelle ghise, inclusioni non metalliche.



ESAME DELLA SUPERFICIE DOPO ATTACCO

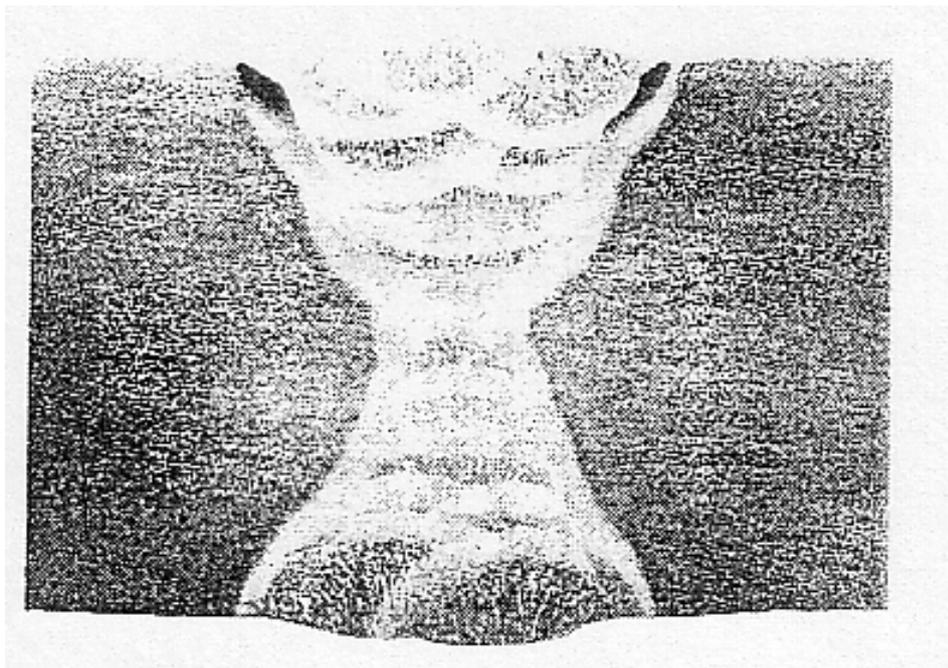
Per procedere all'analisi della macro-microstruttura si deve procedere ad un'operazione di attacco chimico in modo da evidenziare le caratteristiche strutturali. Le soluzioni utilizzabili per l'attacco metallografico sono numerosissime.

MACROGRAFIA

La macrografia, pur avendo un campo d'azione piuttosto ristretto poiché limitata alle osservazioni elementi strutturali più grossolani, è ugualmente di notevole importanza in quanto permette di ottenere informazioni di carattere panoramico sulla struttura di un metallo che molto spesso sono determinanti al fine dell'impiegabilità del pezzo.

Gli esami macrografici possono essere distinti in funzione dello scopo che si prefiggono:

- esame della cristallizzazione (forma, dimensione, orientamento del grano, ecc.)
- esame dei difetti strutturali
- esame della segregazione (per evidenziare concentrazioni da impurità di solfuri)
- esame della frattura (in grado ridefinire aspetto della frattura, distinzione tra rottura fragile o a fatica, corrosione, innesco a rottura, ecc.)



MICROGRAFIA

La micrografia ha un'applicazione più generale della macrografia; mediante essa è possibile avere delle informazioni riguardo:

- la composizione delle leghe
- la distribuzione delle fasi
- la forma e la dimensione dei grani
- i fenomeni di solubilizzazione di precipitazione e di segregazione
- le inclusioni non metalliche
- la corretta esecuzione del trattamento termico
- la lavorazione eseguita dal metallo

molte volte è sufficiente un'osservazione micrografica per decidere senza incertezze sulle cause di insuccessi o di gravi inconvenienti di servizio.

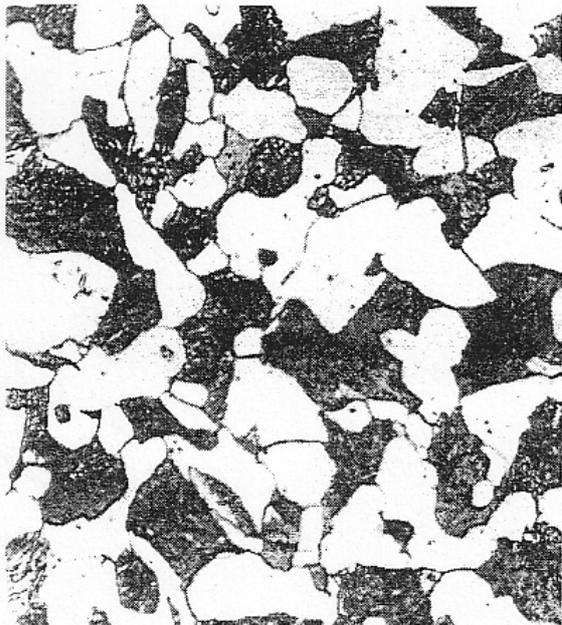


Figura 7

- Ferrite e Pearlite 0,35% C
Riproduzione 500:1



Figura 8a

- Acciaio allo stato fuso, 0,28% C
Riproduzione 100:1

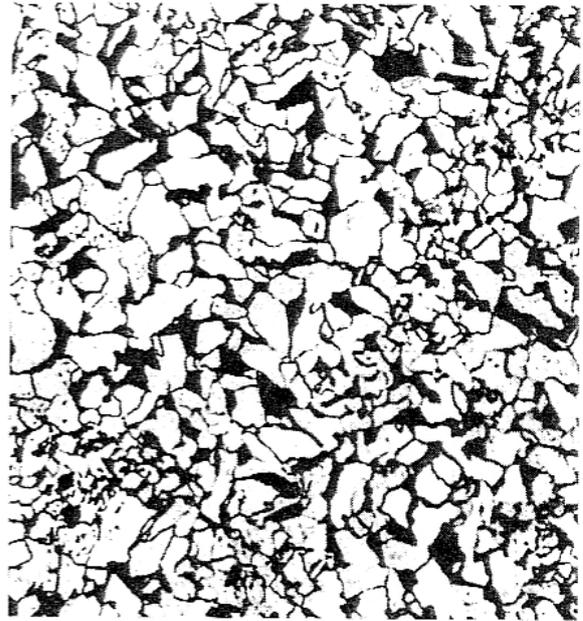


Figura 8b

- Acciaio allo stato fuso normalizzato, 0,28% C
Riproduzione 100:1

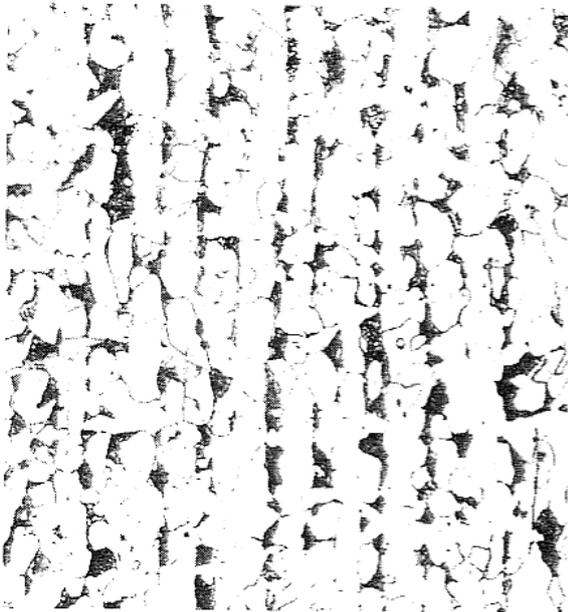


Figura 9a

- Lamiera 0,25% C
Riproduzione 500:1

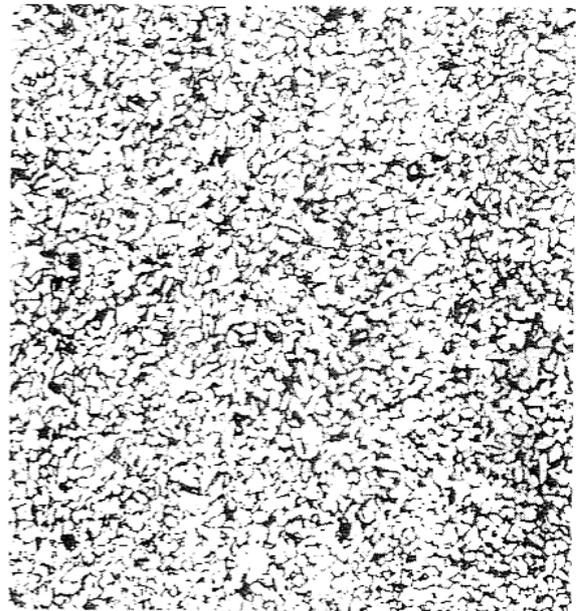


Figura 9b

- Lamiera 0,25% C normalizzata
Riproduzione 100:1

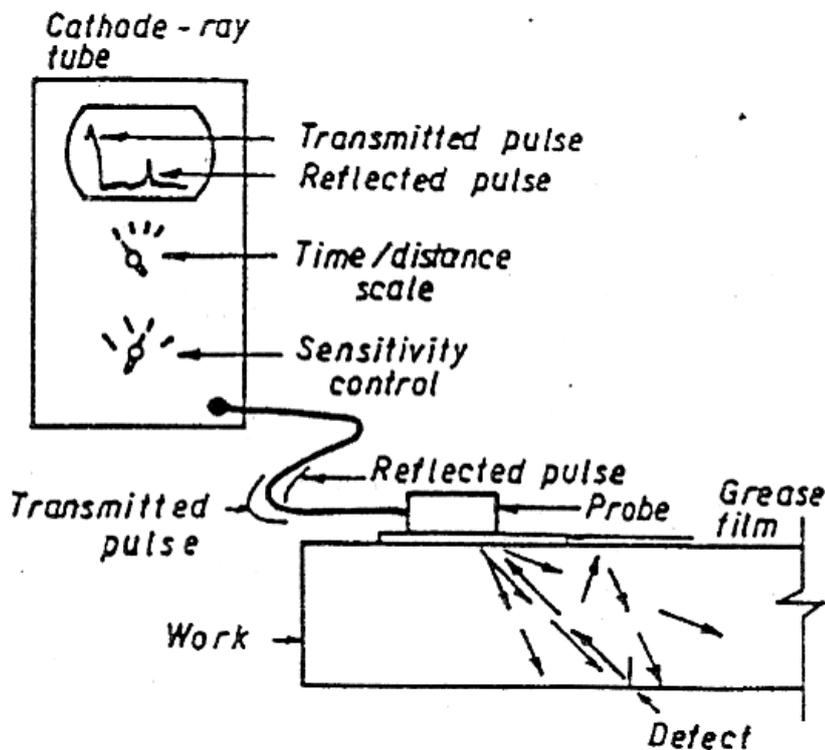
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

L'esame visivo costituisce uno dei metodi fondamentali dei controlli non distruttivi ed è legato direttamente a tutti gli altri controlli, in quanto viene preventivamente applicato allo scopo di rilevare tutte quelle imperfezioni superficiali visibili, che saranno in seguito evidenziate dal metodo applicato.

Il tecnico che effettua l'esame visivo, è bene conosca almeno i principi di base di tutti i metodi fondamentali dei controlli non distruttivi.

- Esame ad ultrasuoni
- Ispezione con particelle magnetiche
- Esame radiografico – raggi gamma
- Esame radiografico – raggi X
- Esame con liquidi penetranti

ESAME CON ULTRASUONI



Cathode-ray tube = tubo catodico
Transmitted pulse = impulso trasmesso
Reflected pulse = impulso riflesso
Time/distance scale = scala tempo/distanza
Sensitivity control = controllo sensibilità
Work = pezzo
Probe = sonda
Grease film = sostanza di accoppiamento
Defect = difetto

Funzionamento

Manuale o meccanizzato.

Attrezzatura

Apparecchiatura contenente rivelatore di impulsi, oscilloscopio, sonda (scelta in funzione del pezzo).

Modalità di funzionamento

Un impulso elettrico viene inviato alla sonda al cui interno si trova un cristallo piezoelettrico che lo converte in vibrazioni meccaniche ad una frequenza ultrasonica.

Le vibrazioni vengono trasmesse nel pezzo mediante un mezzo di accoppiamento.

Quando incontrano un difetto, vengono in parte riflesse alla sonda dove generano un segnale elettrico.

Nel momento in cui viene inviato il segnale originale, si innesca una traccia nel tubo catodico che visualizza il segnale riflesso dal difetto e permette di calcolare, dal tempo impiegato, la distanza dello stesso dalla sonda e, dalla sua ampiezza, la dimensione del difetto.

Materiali

Si controlla con gli ultrasuoni la maggior parte dei metalli, tranne quelli con strutture del grano grosse.

Vantaggi

Presentazione immediata dei risultati

Sicurezza

Alimentazione a batteria

Localizzazione dei difetti in profondità

Svantaggi

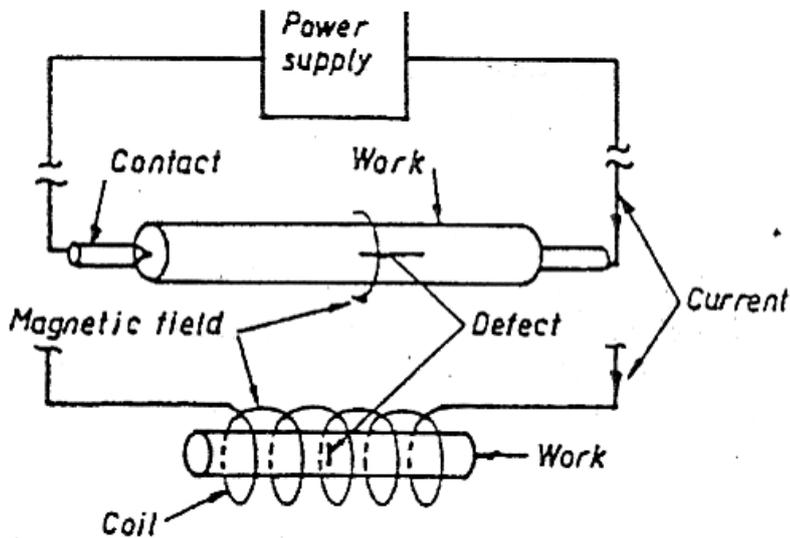
Necessità di un operatore addestrato e bravo

Nessuna registrazione dei risultati

Sicurezza

Richiede modeste misure di sicurezza, come per l'impiego di qualsiasi attrezzatura elettronica.

ISPEZIONE CON PARTICELLE MAGNETICHE



Power supply = alimentazione
Contact = contatto
Work = pezzo
Defect = difetto
Current = corrente
Coil = bobina
Magnetic field = campo magnetico

Funzionamento

Manuale o meccanizzato.

Attrezzatura

Alimentazione elettrica
Contatti o bobina
Lampada ultravioletta (opzionale)

Modalità di funzionamento

Il pezzo viene magnetizzato facendo passare attraverso di esso la corrente, o avvolgendolo in una bobina.

I difetti superficiali, o leggermente sottopelle, interrompono il campo magnetico (salvo il caso in cui siano paralleli ad esso).

Applicando una sospensione fluida di particelle magnetiche che si concentra attorno ai difetti questi vengono rilevati.

Il pezzo va ispezionato direttamente o, se si impiega un fluido fluorescente, sotto luce ultravioletta (in un ambiente in cui sia stata eliminata l'illuminazione normale).

Ad esame terminato, se richiesto, il pezzo può essere smagnetizzato.

Materiali

Solo materiali magnetici

Acciai ferritici

Alcune leghe di nichel

Vantaggi

Indicazione diretta della localizzazione dei difetti

Ispezione iniziale mediante esame visivo

Si ha un'indicazione dei difetti sottopelle

Non dipende in modo critico dalla condizione della superficie

Svantaggi

Non idoneo per materiali non magnetici

Il rilevamento dei difetti dipende dall'orientamento del campo magnetico

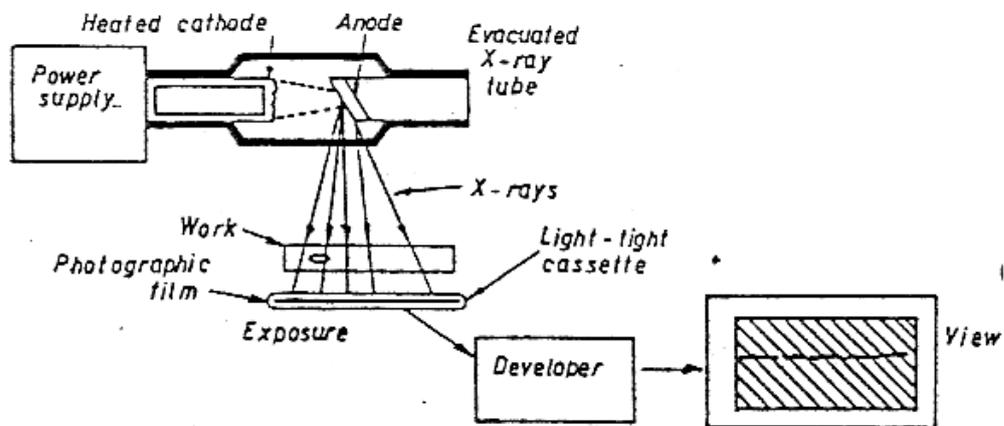
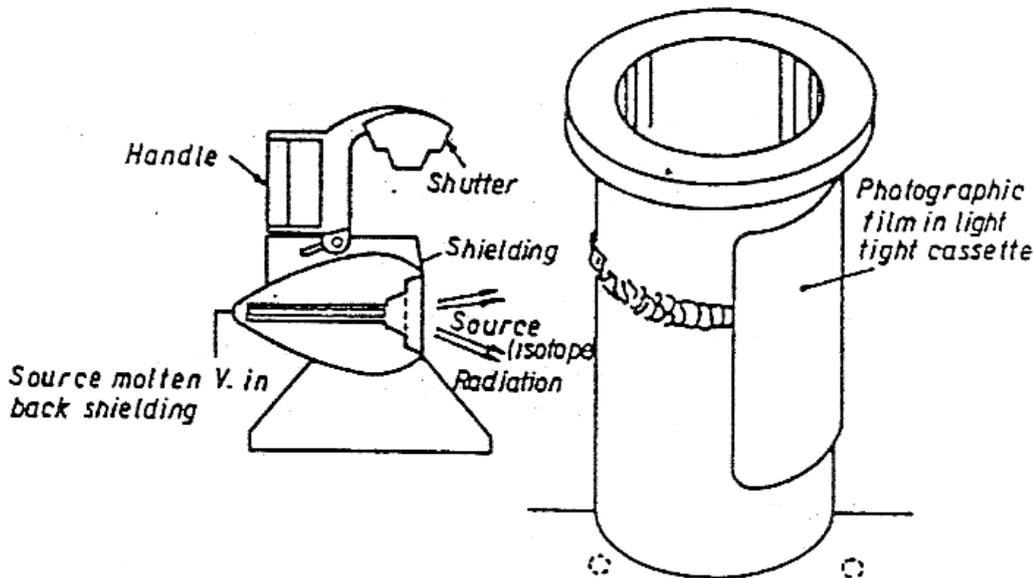
I difetti sottopelle richiedono procedure particolari

Sicurezza

Richiede modeste misure di sicurezza, come per l'impiego di qualsiasi attrezzatura elettronica e per l'impiego di liquidi infiammabili.

ESAME RADIOGRAFICO - RAGGI GAMMA E RAGGI X

Handle = impugnatura
Shutter =otturatore
Shielding = protezione
Source = sorgente
(isotopo)
Radiation = radiazione
Source molten V. in back shielding = sorgente V fusa nella protezione posteriore
Photographic film in light tight cassette = Pellicola fotografica in caricatore a prova di luce



Funzionamento

Statico o portatile

Possibilità di automatizzare lo sviluppo

Attrezzatura

Isotopo radioattivo in contenitore di stoccaggio

Tubo a raggi X

Comando a distanza

Caricatore a prova di luce

Camera oscura e visore per la valutazione

Modalità di funzionamento

Raggi gamma - l'isotopo emette in continuo raggi gamma, simili ai raggi X, ma con una lunghezza d'onda inferiore.

L'isotopo quando non è in uso è conservato in un contenitore che assorbe le radiazioni.

Raggi X - i raggi X vengono emessi dal tubo e attraversano il pezzo da ispezionare.

In fase operativa, le radiazioni passano attraverso il pezzo da ispezionare e le parti che presentano un minor impedimento al passaggio dei raggi gamma, quali cavità o inclusioni, danno una maggiore esposizione della pellicola che, una volta sviluppata, origina una radiografia in cui le cavità vengono visualizzate come immagini più scure.

Eventuali aumenti dello spessore della sezione (quali rinforzo di saldatura) appaiono come immagini di minore densità.

Materiali

È possibile ispezionare la maggior parte dei materiali saldabili.

Vantaggi

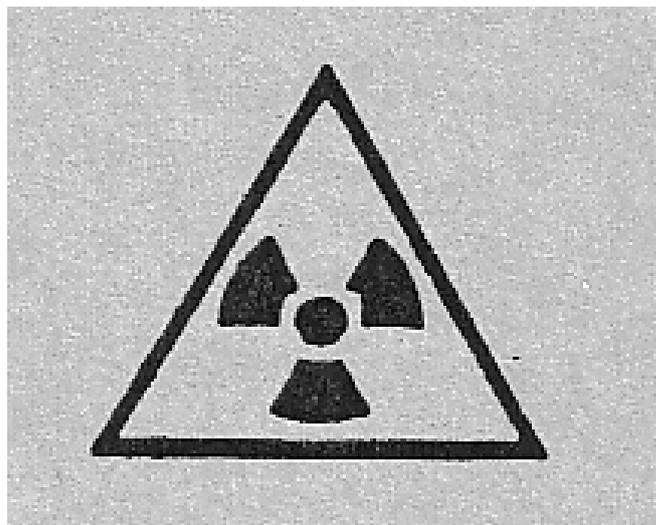
Precisa rappresentazione grafica dei risultati
Le radiografie rappresentano un documento di registrazione permanente
Non è confinato alle saldature

Svantaggi

Il personale deve allontanarsi dall'area durante l'esposizione
Le cricche parallele alla pellicola possono non emergere
La pellicola è costosa

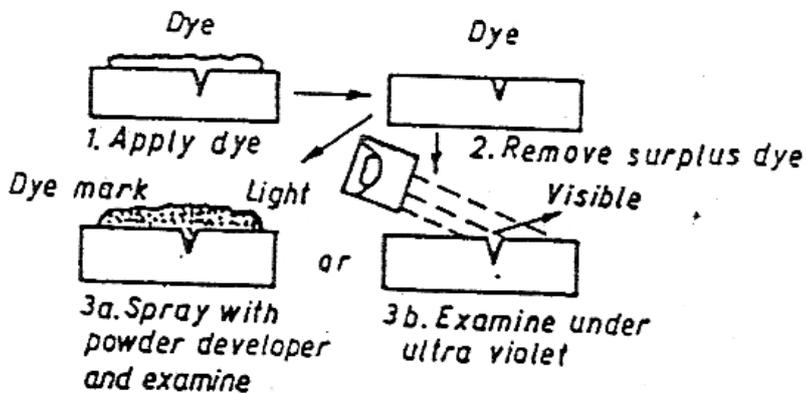
Sicurezza

Il rischio di accumulo radioattivo da parte del personale richiede precauzioni molto vincolanti.



SIMBOLO INTERNAZIONALE DI PERICOLO RADIAZIONI

ESAME CON LIQUIDI PENETRANTI



Dye = liquido penetrante
Apply dye = applicare liquido penetrante
Remove surplus dye = eliminare il liquido penetrante in eccesso
Dye mark = indicazione
Light = luce
Spray with powder developer and examine = spruzzare con rivelatore a polvere ed esaminare
Esamine under ultra violet = esaminare alla luce ultravioletta
Visible = visibile

Funzionamento

Manuale o meccanizzato.

Attrezzatura

Bombolette spray

Nebulizzatori contenenti liquido penetrante, rivelatore
Vasche, meccanismo movimentazione pezzi

Modalità di funzionamento

Si applica un liquido penetrante sulla superficie del pezzo da esaminare.

Un intervallo minimo di circa 5-10 minuti permette la penetrazione in qualsiasi eventuale difetto che interrompa la superficie.

Dopo aver rimosso il liquido in eccesso dalla superficie, si rivela il liquido penetrato all'interno di un difetto:

- applicando un rivelatore in polvere di colore bianco che assorbe il liquido producendo un'indicazione a contrasto cromatico
- illuminando un liquido fluorescente con luce ultravioletta in modo che emetta luce visibile eliminando l'illuminazione normale.

Materiali

Tutti ad esclusione di quelli di natura porosa.

Vantaggi

Economico

Indicazione diretta della localizzazione del difetto

Esecuzione dell'esame da parte di manodopera non specializzata

Svantaggi

Si possono rilevare solo difetti superficiali

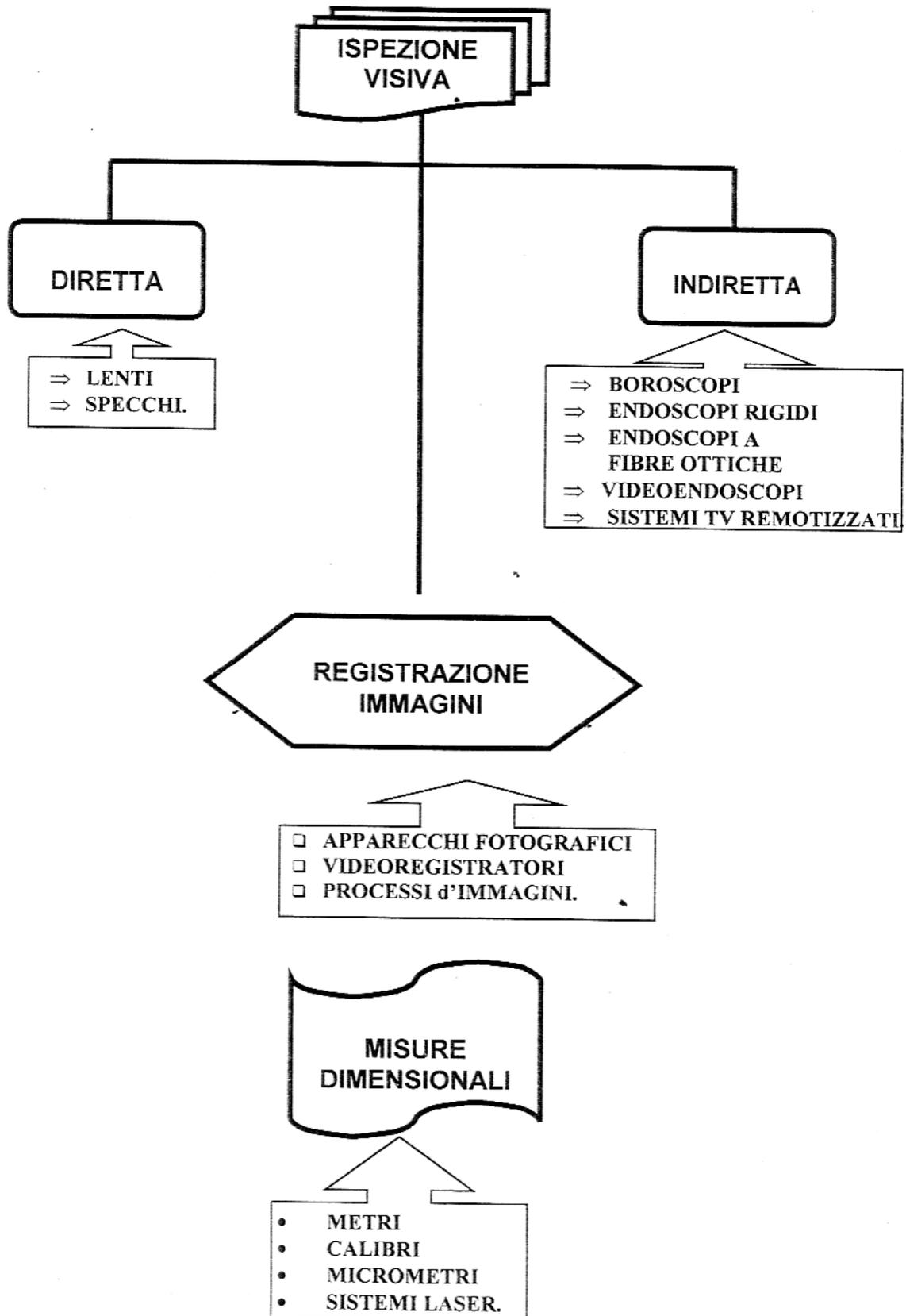
I difetti non possono essere risaldati subito, per la presenza di liquido intrappolato nel difetto

Le saldature ruvide danno indicazioni spurie

Sicurezza

Precauzioni per presenza di gas propellenti e liquidi penetranti con un basso punto di infiammabilità.

APPARECCHIATURE

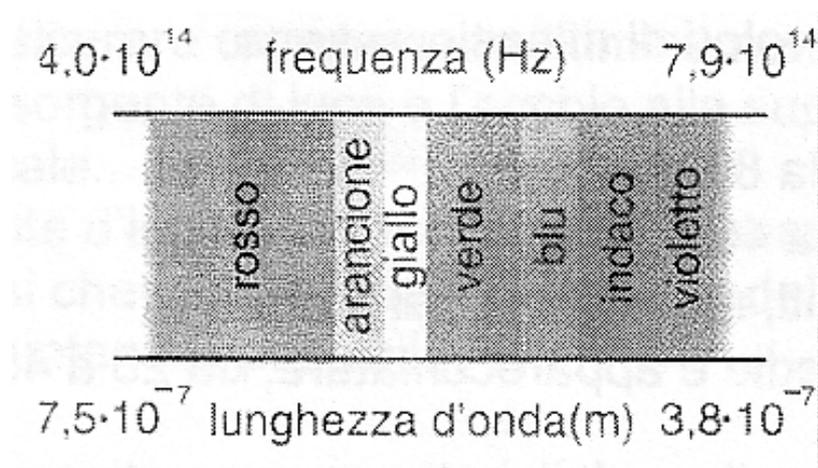


ISPEZIONE VISIVA DIRETTA

L'ispezione visiva diretta viene effettuata mediante lenti e specchi, con l'ausilio di una sorgente di luce naturale o artificiale adeguata, sia come intensità che come distribuzione spettrale.

Com'è noto, in condizioni ottimali l'occhio umano può essere stimolato solo da una limitata porzione dello spettro elettromagnetico.

Possono considerarsi nello spettro del visibile, le onde elettromagnetiche localizzate nell'intervallo di lunghezza d'onda da circa 380 nm (vicino al violetto) ai 750 nm (alla fine del rosso).



La luminosità è un importante fattore che condiziona l'esame visivo.

La luminosità di una superficie in esame dipende dalla sua riflettività e dall'intensità della luce incidente.

Eccessiva o insufficiente luminosità interferisce con la capacità di vedere chiaramente e può impedire rilevazioni e giudizi.

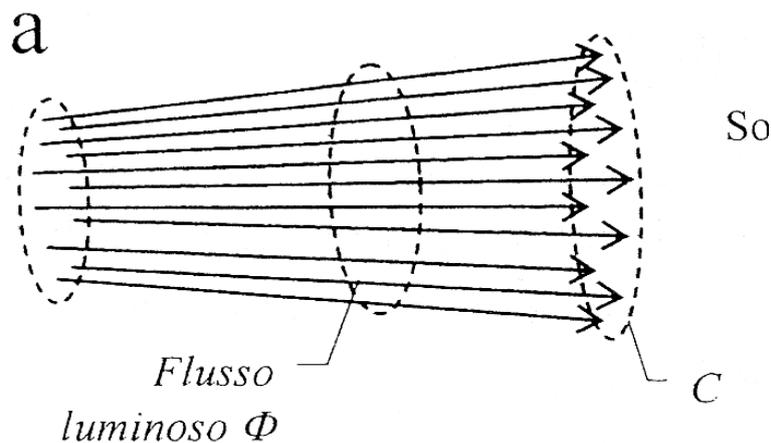
Per questa ragione bisogna avere la possibilità di poter controllare l'intensità della luce.

GRANDEZZE OTTICHE

FLUSSO LUMINOSO

Da una sorgente di luce viene emesso un flusso luminoso composto da raggi luminosi che si propagano in linea retta.

Il flusso luminoso si esprime in lumen (lm)



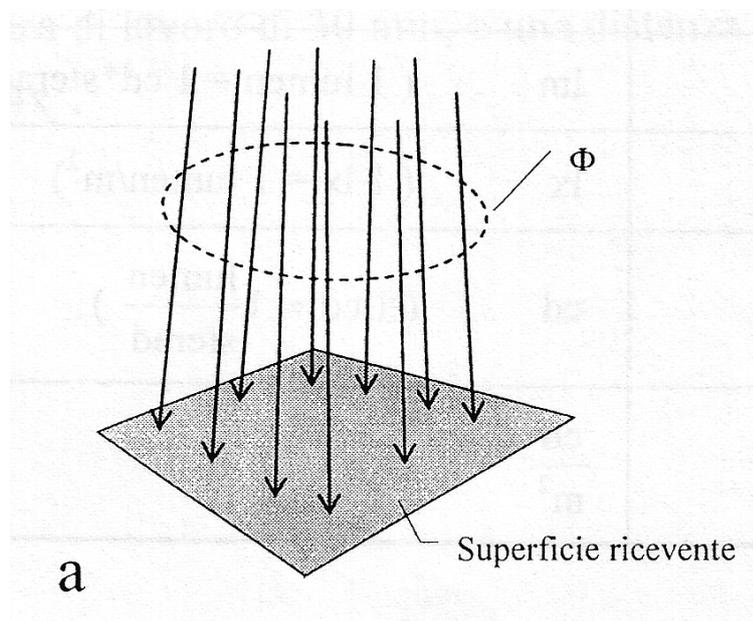
ILLUMINAMENTO

Sulla superficie illuminata (che può essere il piano di lavoro o la superficie dell'oggetto in esame) si definisce l'illuminamento come il flusso luminoso incidente per unità di area.

L'illuminamento può essere ottenuto con un fascio di luce secondo una direzione normale oppure obliqua rispetto al piano di lavoro.

L'unità di misura dell'illuminamento è il lux (lx)

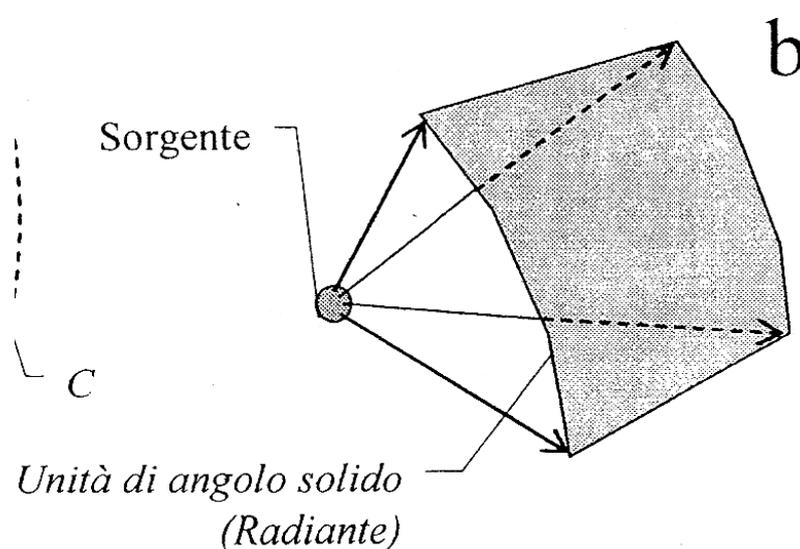
Normalmente sul piano di lavoro, per l'esame di piccoli particolari, deve essere assicurato un livello di illuminamento $> 1.000 \text{ lx}$



INTENSITÀ LUMINOSA

L'intensità luminosa di una sorgente rappresenta il flusso luminoso emesso per unità di angolo solido (espresso in radianti).

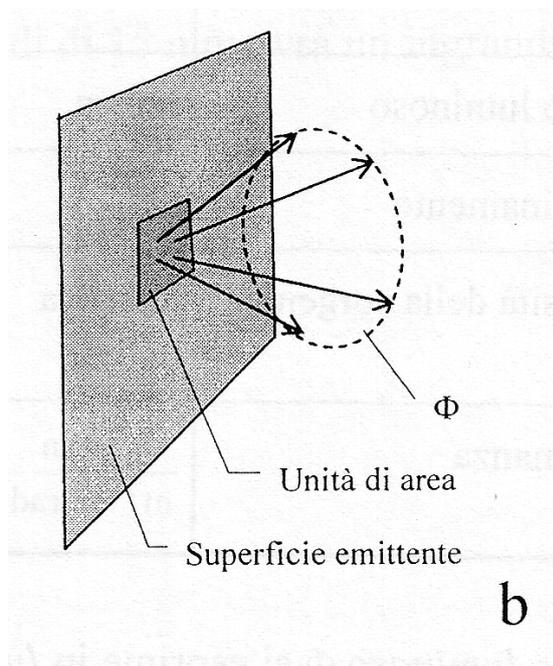
L'intensità luminosa si misura in **candele** (cd).



LUMINANZA (O BRILLANZA)

La luminanza è definita come il flusso per unità di angolo solido emesso dall'unità di area di una superficie emittente.

La luminanza si esprime in candele/metro² (cd/m²)



Tab.3 - Unità di misura fotometriche.

Grandezza fotometrica	Unità di misura	Simbolo
flusso luminoso	lumen	lm (1 lumen = 1 cd*sterad)
illuminamento	lux	lx (1 lx = 1 lumen/m ²)
intensità della sorgente	candela	cd (1.cd.=.1 $\frac{\text{lumen}}{\text{sterad}}$)
luminanza	$\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2 \cdot \text{sterad}}$	$\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$

INGRANDIMENTO

L'ingrandimento è definito in termini di rapporto fra la dimensione lineare apparente, ingrandita da uno dei sistemi, e la dimensione lineare reale dell'oggetto.

Quando l'osservazione delle superfici è effettuata con un piccolo ingrandimento, si ricorre a dispositivi dotati di lenti secondo la classificazione ISO 3058-74

- Tipo A – sistema singolo elemento (lente) – ingrandimento fino a 3x
- Tipo B – sistema multi elemento (più di una lente) - ingrandimento fino a 10x
- Tipo C – sistemi accoppiati - ingrandimento fino a 15x, suddivisi secondo:
 - sistema binoculare con distanza lavoro grande
 - sistema bi-oculare comprendenti quelli dotati di otturatori o altri dispositivi per la visione quasi stereoscopica (percezione della profondità)
- Tipo D – specchi concavi con riflettore della superficie frontale fino a 6x

Tab.4 - Dimensioni ottimali delle lenti per piccoli ingrandimenti

Ingrandimento lineare	Diametro lente (campo visivo) [mm]	Distanza di lavoro (approssimata) [mm]
x2	125	140
x4	65	62
x8	18	31
x10	14	25
x15	10	13

ISPEZIONE VISIVA INDIRECTA - ENDOSCOPI

Il termine "endoscopio" (formato dalle parole greche ENDOS = all'interno e SKOPEIN = vedere) è il termine corretto per designare tutti i boroscopi e fibroscopi (endoscopi a fibre ottiche).

L'endoscopio ha avuto le sue origini nel campo delle diagnosi mediche.

I primi endoscopi per usi industriali furono denominati "boroscopi" perché furono impiegati per controllare l'anima (in inglese BORE) delle armi da fuoco.

Si trattava di strumenti molto semplici costituiti essenzialmente da un tubo e da uno specchio.

Gli endoscopi di successiva generazione erano in pratica dei tubi rigidi al cui interno era alloggiato un sistema ottico a lenti che migliorava nettamente la qualità dell'immagine.

Con l'avvento delle fibre ottiche fu presto possibile realizzare endoscopi flessibili.

Sebbene la qualità delle immagini convogliate attraverso i fasci di fibre ottiche non fosse paragonabile a quella delle immagini trasmesse dai sistemi ottici degli endoscopi rigidi, la flessibilità dei fasci a fibre ottiche rese possibile il controllo visivo in aree sino ad allora inaccessibili.

Gli endoscopi rigidi a lenti sono tuttora utilizzati; tuttavia quelli flessibili si mostrano più versatili, dato che sovente eliminano la necessità di smontare le apparecchiature che devono essere ispezionate internamente per manutenzione periodica.

ENDOSCOPI CON SISTEMI OTTICI

I sistemi ottici sono composti da una o più lenti (convergenti e/o divergenti) corredati eventualmente anche da un riflettore.

Nel campo dell'Esame Visivo hanno lo scopo di fornire all'osservatore un'immagine più o meno ingrandita della superficie.

È possibile ottenere ingrandimenti da 2x fino a 15x e oltre; ingrandimenti superiori (fino ad oltre 1.000x) sono ottenibili con i microscopi ottici.

La lente rivolta verso l'oggetto viene chiamata "obiettivo" quella verso l'occhio dell'osservatore viene invece chiamata "oculare".

Per l'osservazione di superfici non direttamente accessibili (dentro cavità, fori, ecc.) esistono sistemi ottici miniaturizzati quali i boroscopi o endoscopi.

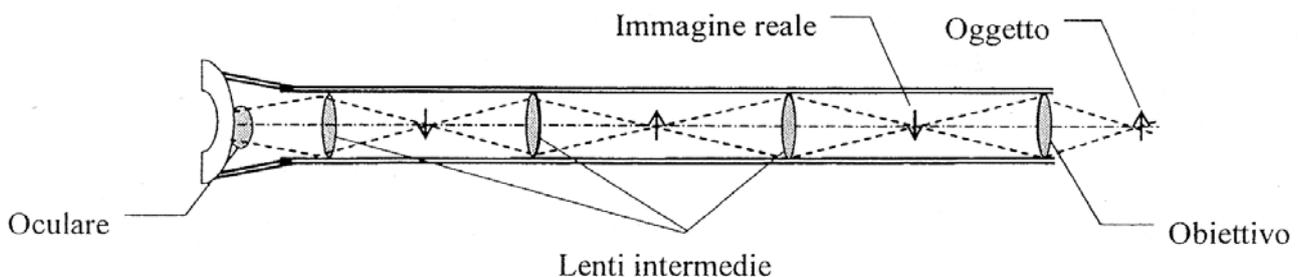
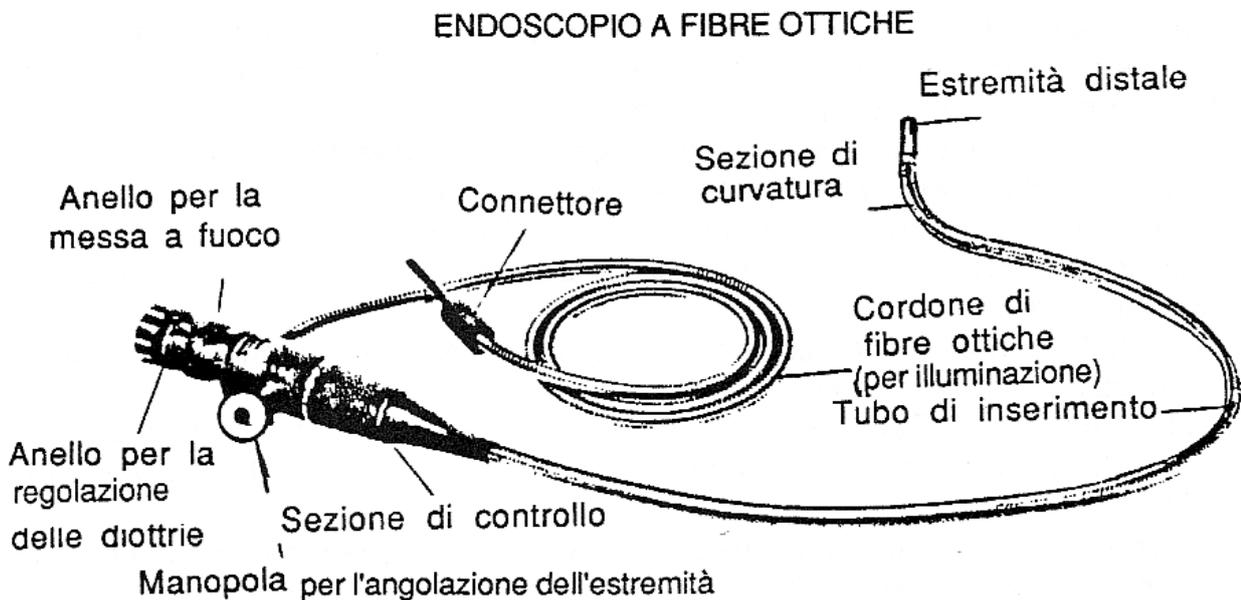


Fig.43 – Esempio di boroscopio rigido diritto per la visione in avanti.

L'endoscopio rigido diritto rappresentato nella figura, è composto da una lente obiettivo, una lente oculare e da un sistema di lenti intermedie equidistanti per la trasmissione dell'immagine.

ENDOSCOPI A FIBRE OTTICHE

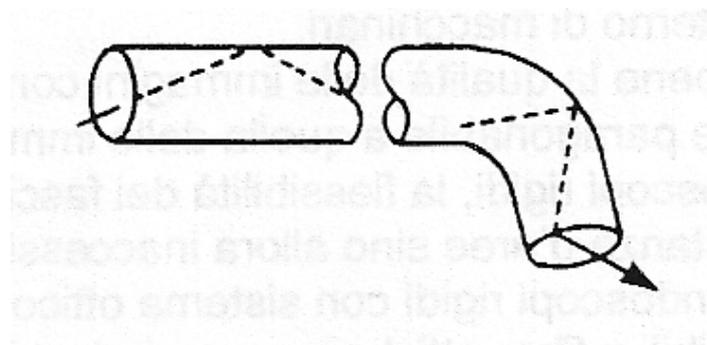


Questo tipo di endoscopio viene impiegato per l'ispezione di aree non raggiungibili visivamente, quando le cavità di accesso richiedono dei percorsi curvilinei.

L'endoscopio industriale a fibre ottiche ha una guaina flessibile, che protegge due fasci di fibre, ciascuno composto da migliaia di fibre di vetro.

Un fascio serve alla trasmissione dell'immagine; l'altro consente l'illuminazione dell'oggetto in esame.

La luce viaggia solo in linea retta, però se le fibre ottiche di vetro curvano, la luce al loro interno si trasmette lungo la curvatura con riflessioni successive.

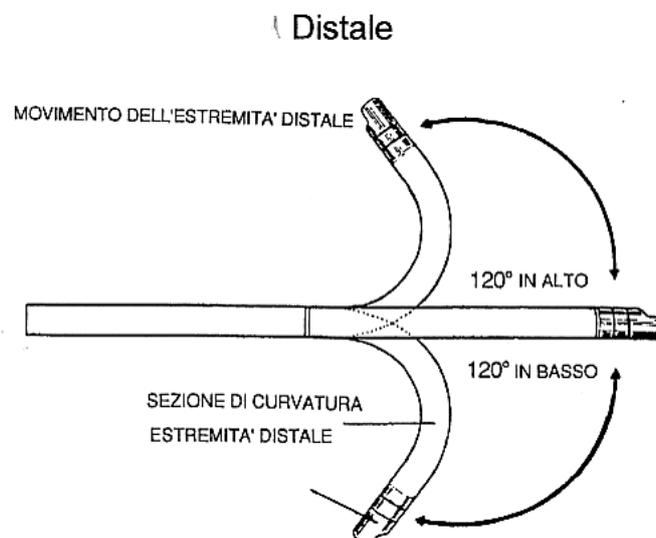


Tutta la luce che entra ad una estremità della fibra ottica è riflessa al suo interno e trasmessa.

Non tutta la luce emerge dall'estremità opposta: parte della luce è assorbita dalla fibra stessa e tale assorbimento è funzione della lunghezza e della qualità ottica della fibra stessa.

I diametri delle fibre ottiche per guida immagini variano da 9 a 17 μm ; mentre i diametri delle fibre ottiche costituenti il fascio guida luce, sono di 30 μm .

Normalmente l'endoscopio a fibre ottiche ha una sezione terminale (distale o lontana), vicino alla punta, la cui curvatura può essere controllata direttamente dall'ispettore durante l'esame visivo, in modo da poter esaminare totalmente la superficie interna dell'oggetto in esame.

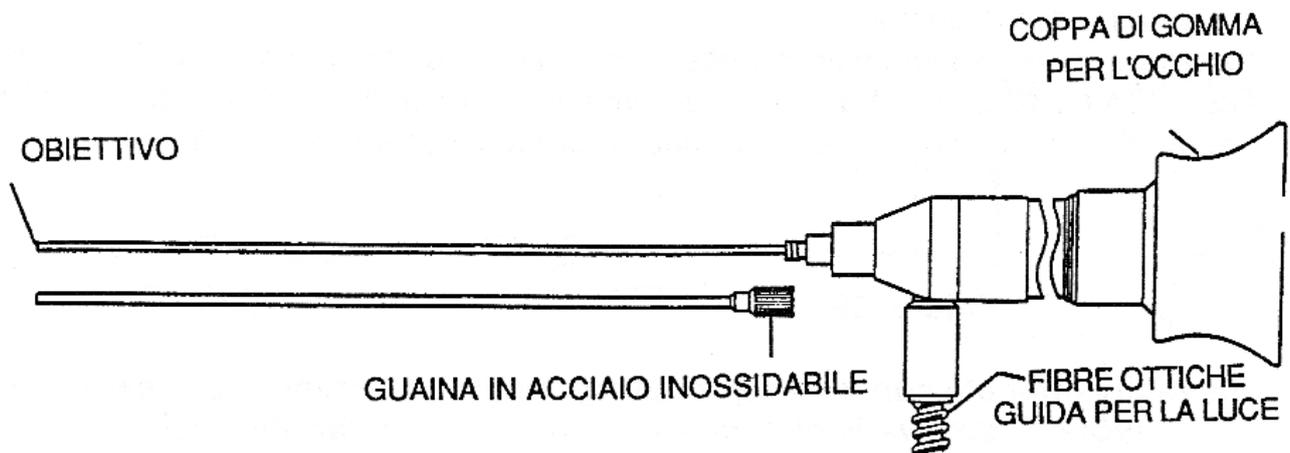


Gli endoscopi a fibre ottiche sono costituiti da vari diametri, anche minori di 3,7 mm, e con lunghezze superiori ai 30 m, con scelte di direzione di visione nella punta (estremità distale).

All'estremità di ingresso dell'endoscopio è fatto entrare il fascio ottico proveniente dall'obiettivo; all'uscita il fascio ottico, inalterato, è fatto entrare nel sistema di acquisizione che a seconda dei casi può essere:

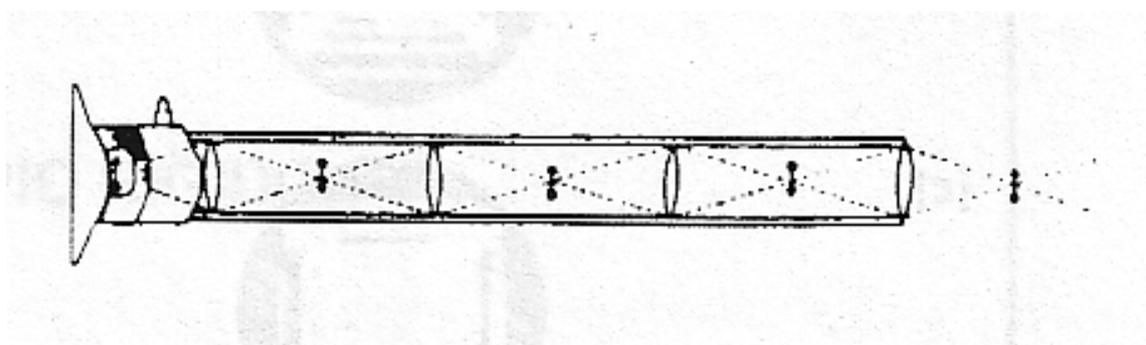
- Un dispositivo oculare
- Una macchina fotografica
- Una telecamera

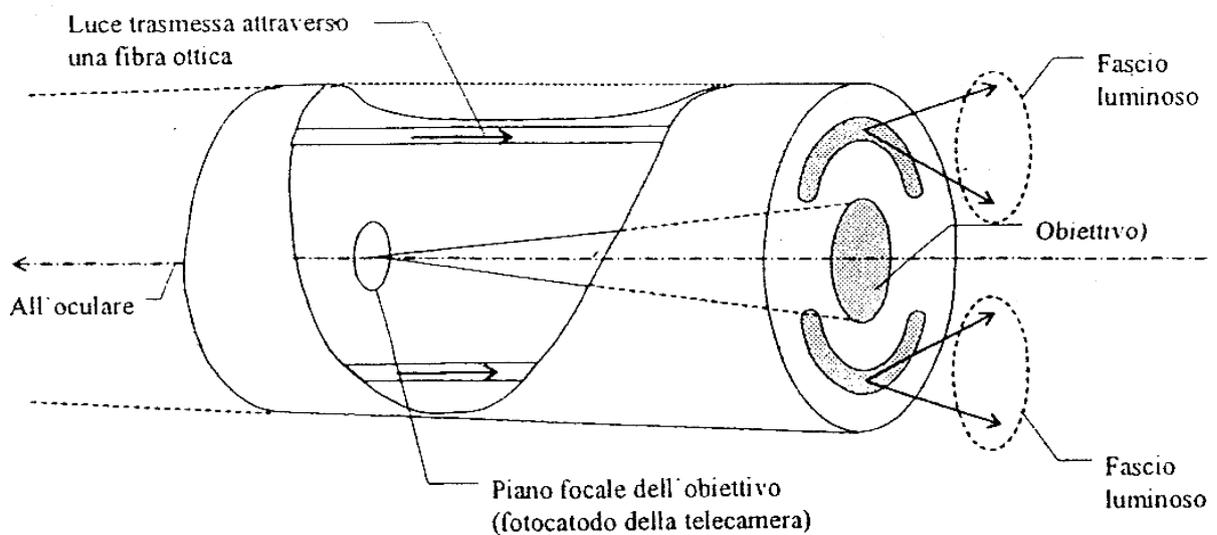
ENDOSCOPI RIGIDI



L'endoscopio rigido fu introdotto per esaminare le superfici interne delle canne dei fucili e dei cannoni. Esso deriva dal cannocchiale allungabile (telescopio), con in più una piccola lampada installata sulla punta per illuminare l'oggetto in esame.

Come sorgente di illuminamento, la maggior parte degli endoscopi rigidi oggi usa una "guida luce" a fibre ottiche.





Per applicazioni particolari, esistono alcuni tipi di endoscopi a risolvere problemi specifici di ispezione; tra questi troviamo:

- Endoscopi a campo largo o grandangolari, dotati di particolari obiettivi coi quali si ottiene un campo visivo maggiore di 120° ; esempi applicativi sono quando si deve ispezionare l'intera circonferenza di condotti per lunghi tratti.
- Endoscopi stagni (a tenuta d'acqua o di vapore) per l'ispezione visiva di cavità intasate da liquidi o certi vapori.
- Endoscopi raffreddati ad acqua o gas per l'ispezione visiva in ambienti ostili.

ENDOSCOPI SPECIALI

Endoscopi angolati

Sono disponibili endoscopi angolati con la direzione della visuale obliqua in avanti o indietro o ad angolo retto.

A questa strumentazione si può installare una lente ad angolo retto, permettendo così l'ispezione di bordi in aree non accessibili ad endoscopi normali.

Endoscopi calibrati

Sono progettati per specifici ed appropriati controlli, richiesti all'esame visivo.

L'esterno del tubo di questi tipi di strumenti può essere millimetrato, per determinare la profondità dell'inserzione durante l'esame.

Essi sono anche impiegati per determinare angoli o dimensioni di particolari, come richiesto dai disegni costruttivi.

Endoscopi panoramici

Sono dotati di speciali sistemi ottici che permettono una rapida e panoramica scansione delle superfici interne di tubi o canne.

Endoscopi a campo largo

Gli endoscopi a campo largo sono dotati di obiettivi o prismi rotanti che permettono un campo visivo superiore a 120°.

Un'applicazione dell'endoscopio a campo largo consiste nell'osservazione di modellini in tunnel del vento in condizioni operative difficoltose.

Endoscopi all'ultravioletto

Gli endoscopi all'ultravioletto sono utilizzati nei controlli con particelle magnetiche e con liquidi penetranti fluorescenti.

Questi endoscopi sono equipaggiati con una lampada ultravioletta e filtri.

Endoscopi a tenuta d'acqua e vapore

Gli endoscopi a tenuta di acqua e di vapore sono utilizzati per controlli interni in ambienti liquidi, gassosi e di vapori.

Essi sono totalmente a tenuta ed impenetrabili all'acqua o ad altri tipi di liquidi.

Endoscopi raffreddati ad acqua o gas

Gli endoscopi raffreddati ad acqua o gas sono utilizzati per controlli in cavità di forni o camere di combustione di reattori o in altre applicazioni ad alta temperatura.

SISTEMI OTTICI DEGLI ENDOSCOPI

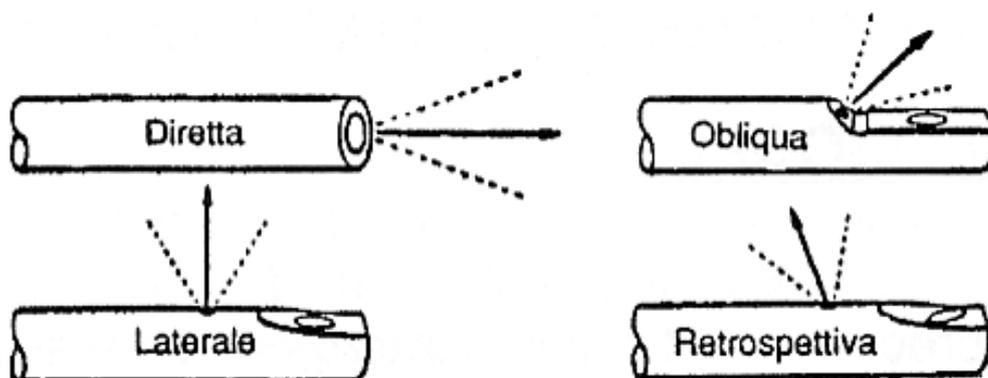
Gli endoscopi sono dei meccanismi di precisione ottici che contengono complessi sistemi di prismi, lenti acromatiche e normali in cui passa con notevole efficienza la luce diretta verso l'osservatore.

Un'ideale sorgente di luce, normalmente installata all'apice dell'obiettivo dell'endoscopio, provvede all'illuminamento dell'oggetto in esame.

ANGOLI DI VISIONE

Gli endoscopi sono reperibili in vari diametri e lunghezze; per speciali richieste sono costruiti in vari angoli di visione.

I più comuni tipi di direzione della visuale sono: diretta, obliqua, laterale e retrospettiva.



CARATTERISTICHE GENERALI

Le proprietà desiderabili di un sistema endoscopico sono:

- Esteso campo di visione
- Immagini non distorte
- Accurata trasmissione dei colori (valori di tonalità, luminosità)
- Adeguato illuminamento

Immagini brillanti sono ottenibili da un endoscopio di gran diametro e corta lunghezza.

Come si incrementa la lunghezza dell'endoscopio, l'immagine diventa meno brillante per la diminuzione dell'intensità della luce, dovuta all'aggiunta di lenti richieste per la trasmissione dell'immagine.

Per minimizzare questa diminuzione dell'intensità della luce, le lenti sono generalmente ricoperte con uno strato antiriflettente che favorisce la trasmissione della luce.

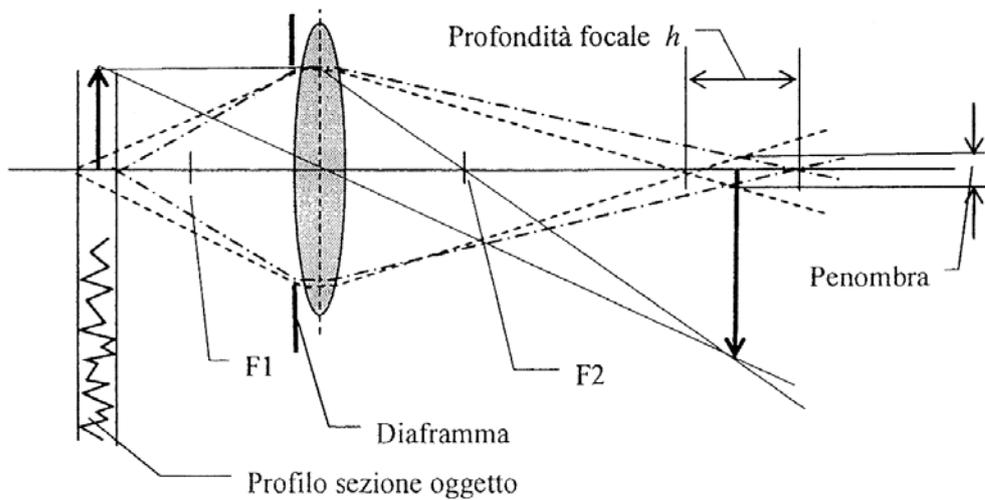
PROFONDITA' FOCALE

La profondità focale di un sistema ottico è inversamente proporzionale all'apertura numerica N dell'obiettivo.

Quindi dall'apertura numerica dipende la profondità focale h entro cui l'immagine è riprodotta con limitata perdita di definizione (penombra).

L'ingrandimento lineare di un endoscopio è inversamente proporzionale alla distanza dell'obiettivo dal piano di lavoro.

Se ad esempio un endoscopio ha un ingrandimento totale $M=2x$ ad una distanza di lavoro di 30 mm, ad una distanza di 15 mm avrà un ingrandimento $M=4x$.



ADATTATORI VIDEO-FOTOGRAFICI

Molti endoscopi hanno la possibilità di registrare fotograficamente, con riprese cinematografiche o registrazioni video gli esami visivi.

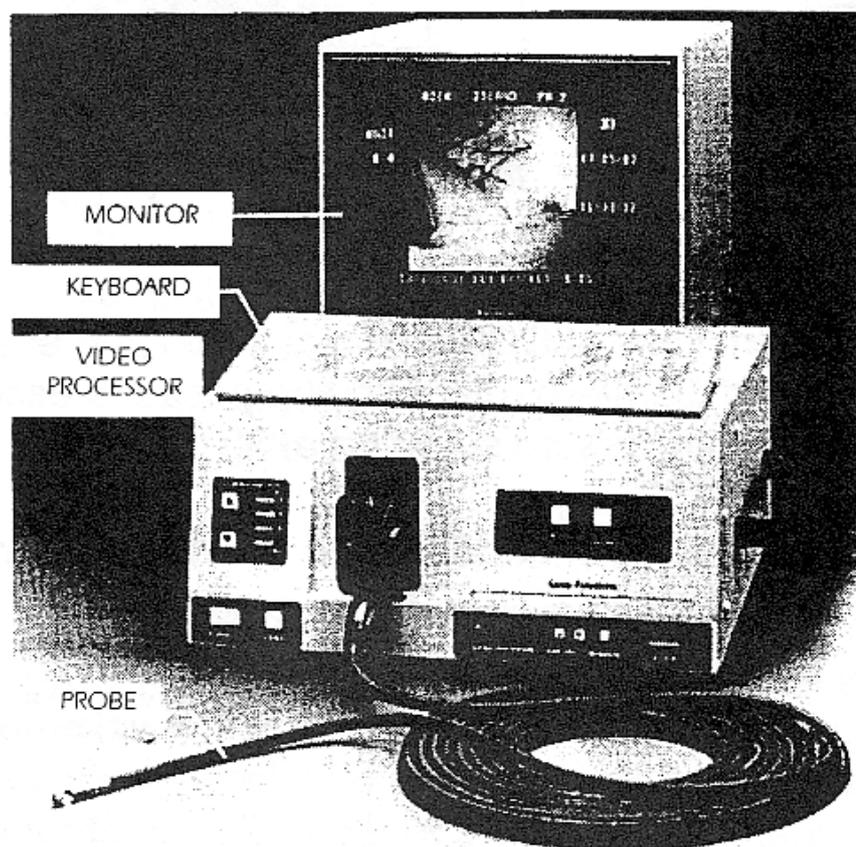
Per esempio, a questo scopo possono essere riprese fotografie con pellicole da 35 mm, con un endoscopio corredato d'adattatore fotografico.

VIDEO ENDOSCOPI

L'accoppiamento di video e la tecnologia endoscopica ha risolto vari problemi.

In qualche caso l'apparecchiatura video è semplicemente adattata ad un esistente endoscopio e le immagini, che appaiono nell'oculare, sono trasmesse a un monitor.

In alcuni sistemi più sofisticati le immagini elettroniche sono trasmesse al monitor per mezzo di una mini telecamera installata sulla punta più lontana dell'endoscopio; questa telecamera è normalmente un CHIP di silicio allo stato solido o sensore alla luce, conosciuto come "CCD" (Charge Coupled Device = Dispositivo ad Accoppiamento di Carica).



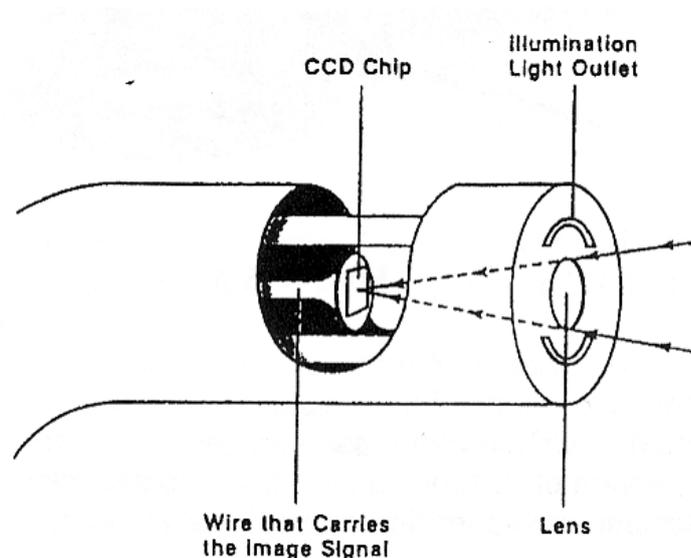
Un video endoscopio è costituito di quattro principali componenti (vedi figura precedente):

- Una sonda con un CCD all'interno della punta
- Un video processore, che comunica i segnali al monitor
- Un monitor in bianco e nero o a colori
- Una tastiera, per inserire i riferimenti d'identificazione sullo schermo o nel registratore permanente

L'adozione dei sensori CCD ha permesso la realizzazione del primo video endoscopio, sonda endoscopica flessibile con sensore CCD che trasmette le immagini al monitor per via elettronica anziché attraverso un fascio di fibre ottiche.

I sistemi con i sensori CCD permettono di ottenere immagini più luminose ed aventi maggiore risoluzione rispetto a quelle ottenute con endoscopi tradizionali a fibre ottiche.

Grazie alle ridotte dimensioni del CCD, il chip al silicio può essere sistemato entro la punta di sonde di piccolo diametro (anche inferiori a 6 mm) e con lunghezze superiori ai 30 m.



I sensori CCD sfruttano una tecnologia molto avanzata, svolgono una funzione di telecamera miniaturizzata in grado di registrare e visualizzare su di un monitor, video immagini molto nitide.

La video endoscopia consente di vedere con chiarezza eventuali difetti ed effettuare rapidi e precisi controlli.

La tecnologia CCD permette anche di utilizzare sonde molto lunghe e presenta altri vantaggi quali:

- Immagini di qualità elevata
- Facilità di impiego
- Assenza di punti neri causati dalla rottura di fibre ottiche
- Facilità di documentazione
- Versatilità e lunga vita

La video endoscopia basata sulla tecnica CCD è ideale per verificare saldature, rivestimenti, guarnizioni, per ispezionare cavità, inceppamenti di meccanismi, stati d'usura e per localizzare parti vibranti o allentate senza dover ricorrere a costosi lavori di smontaggio.

VANTAGGI DEI VIDEO ENDOSCOPI

Gli endoscopi standard possono causare degli affaticamenti agli occhi e spesso volte l'operatore deve assumere scomode posture per vedere attraverso l'oculare.

Lavoro straordinario, fatica e posizioni non molto confortevoli possono interferire sull'abilità ispettiva nell'interpretazione corretta dell'immagine.

Il video endoscopio elimina questi problemi permettendo all'ispettore condizioni confortevoli davanti al monitor; inoltre permette la visione della stessa immagine, contemporaneamente a varie persone.

In certi endoscopi la qualità dell'immagine può essere scarsa perché alcuni endoscopi a fibre ottiche trasmettono uno sfocamento intrinseco; inoltre la guida a fibre ottiche degrada l'immagine sovra esposta, modificando le densità dell'immagine.

Al contrario, una limitata interruzione delle fibre ottiche in un video endoscopio non ha effetti sulla trasmissione dell'immagine, ma solo un'insignificante diminuzione dell'intensità dell'illuminamento.

Altro problema per la qualità dell'immagine è la scarsa fedeltà nel colore, causato dall'assorbimento della luce blu da parte delle fibre di vetro; perciò le immagini prodotte hanno una dominante rossastra.

Con la sostituzione della guida immagini a fibre ottiche mediante un segnale elettronico, nel video endoscopio alcuni dei problemi di qualità dell'immagine sono stati risolti.

In un video endoscopio le immagini sono ulteriormente sviluppate mediante ingrandimenti ed aumento della risoluzione.

Una significativa limitazione in un endoscopio standard, è che esso richiede frequenti messe a fuoco; ad esempio quando si variano, anche minimamente, le distanze di visione.

In un video endoscopio la profondità di campo è molto più espansa, in modo tale da richiedere minori messe a fuoco: caratteristica denominata "messa a fuoco automatica" poiché nessun meccanismo è attivato per la regolazione.

Alcuni video endoscopi offrono altri vantaggi come:

- variatori d'intensità d'illuminamento
- amplificazione dei dettagli in zone scure
- possibilità di fermo immagine
- intercambiabilità delle sonde.

SVANTAGGI DEI VIDEO ENDOSCOPI

I video endoscopi sono normalmente poco portatili ed hanno costi considerevoli rispetto ad altri.

Un sistema può pesare oltre a 25 kg e non può essere spostato facilmente da un sito ad un altro.

L'iniziale costo di un video endoscopio può essere maggiore di quello di un endoscopio standard, differenza di prezzo che diminuisce o sparisce per la facilità e la versatilità d'utilizzo.

DISPOSITIVI DI MISURA

I disegni e le specifiche forniscono le dimensioni e le tolleranze ammissibili.

Il tipo di dispositivo di misura da utilizzare è in gran parte dettato dalle tolleranze di progettazione e dall'accessibilità delle dimensioni da misurare.

Ci sono numerosi tipi di dispositivi di misura con vari gradi di precisione disponibili.

Per precisione si intende il grado di conformità di una misura, al valore effettivo reale.

Tra i vari strumenti di misura impiegati per l'esame visivo troviamo:

- righelli e righe in acciaio
- calibri al nonio
- calibri a quadrante
- micrometri
- comparatori a quadrante
- contafiletti e contapassi
- spessimetro
- livelle

RIGHELLI E RIGHE IN ACCIAIO

Molti operatori specializzati ed ispettori usano frequentemente righelli della lunghezza di 150 mm che sono facili da trasportare.

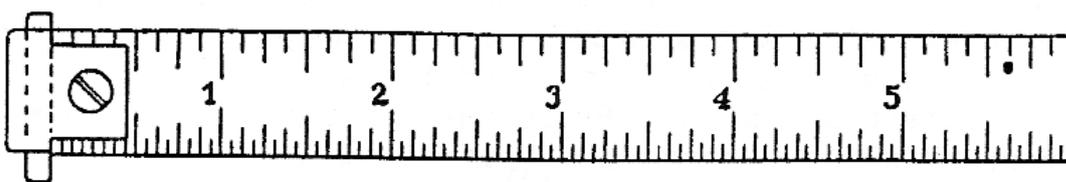
I righelli e le righe in acciaio sono facilmente disponibili in un'ampia scelta di dimensioni e di graduazioni per adeguarsi alle necessità.

Essi possono variare in dimensione da un minimo di 6 mm in lunghezza per misurare gole, recessi o cave di chiavetta, fino a più di 4 metri per lavori molto grandi.

I righelli in acciaio sono graduati in Unità Metriche o Anglosassoni e molti sono forniti in entrambi i sistemi di misura.

Un dispositivo a gancio, che è disponibile su molti righelli, fornisce un fermo accurato ad un'estremità.

Righello in acciaio



Righello con doppio aggancio

Le cordelle metriche di acciaio sono disponibili in lunghezze da 10 a 50 metri e sono ragionevolmente precise con un basso coefficiente di espansione.

I righelli in acciaio precedentemente trattati sono classificati come strumenti di misura di scarsa precisione e vengono utilizzati quando servono misure intere.

Ci sono invece molti strumenti di precisione in grado di rilevare misure decimali con un fattore di precisione pari a qualche millesimo di millimetro.

Questa precisione è resa possibile da un semplice metodo di amplificazione della scala reale di base.

Uno dei più semplici fra questi metodi è la Scala a Nonio.

Il sistema a nonio è utilizzato su vari strumenti di misura di precisione quali i calibri, i micrometri, i comparatori, i goniometri, ecc.

In aggiunta, molte macchine industriali utilizzano il sistema di scala al nonio, quali ad esempio le scale incise sui volanti di comando delle alesatrici.

CALIBRI A NONIO

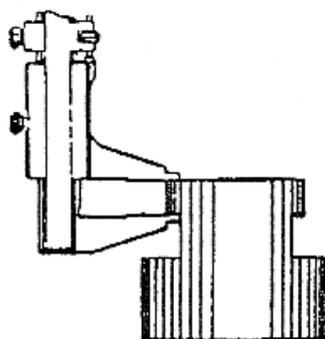
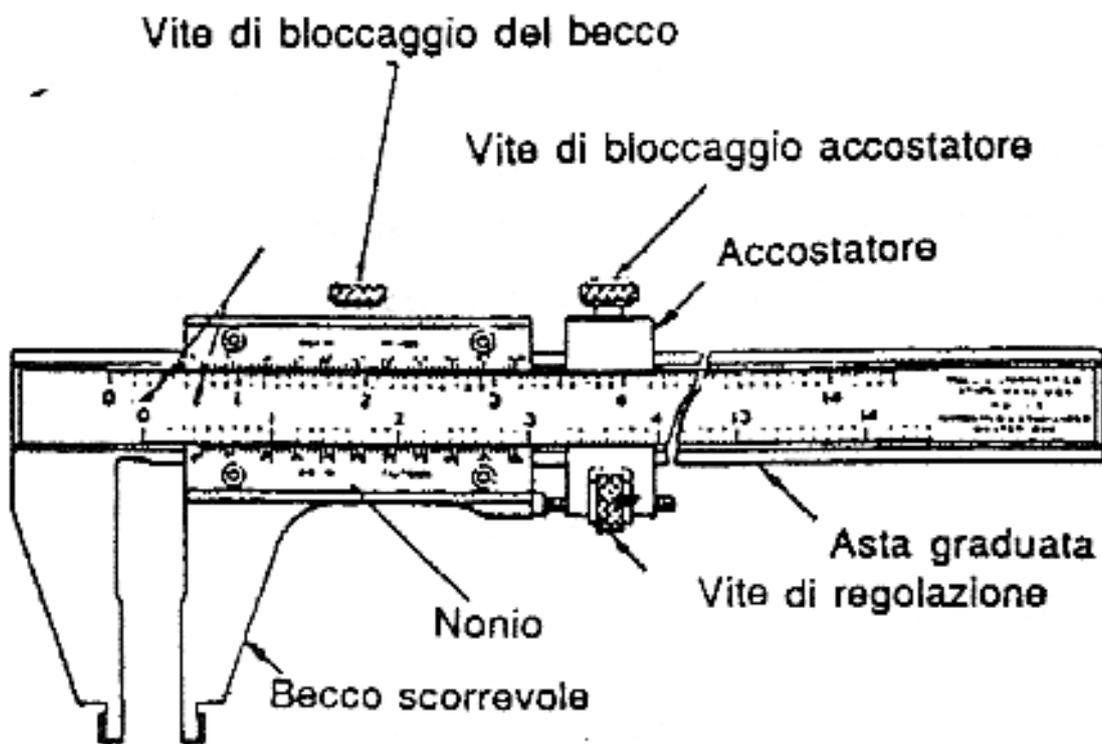
I calibri a nonio sono strumenti di misura di alta precisione capaci di misurare i decimi e i centesimi di millimetro.

I calibri a nonio sono simili ai normali calibri a corsoio ma sono molto più precisi.

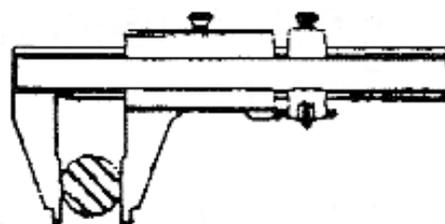
Sono formati da un'asta a forma di L con un becco fisso costituente il braccio corto dell'asta stessa.

Le graduazioni sono accuratamente incise sul braccio lungo dell'asta: queste graduazioni costituiscono la scala principale.

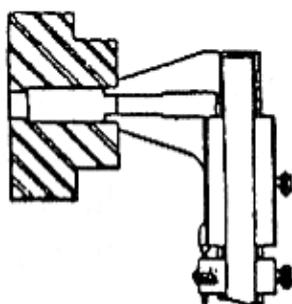
La lunghezza della scala principale determina la dimensione del calibro.



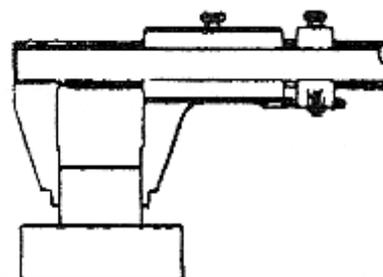
Misurazione di una
battuta su un pezzo tornito



Misurazione di un pezzo cilindrico



Misurazione di interni



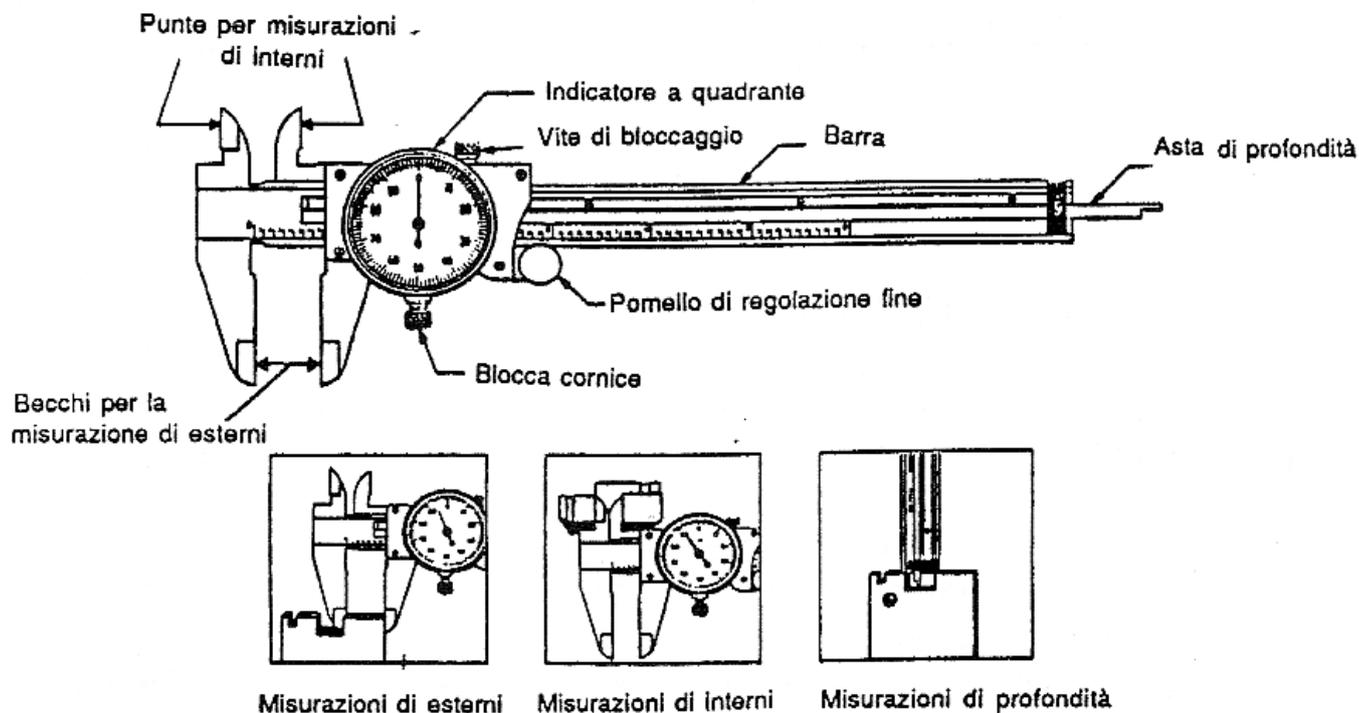
Misurazione di esterni

CALIBRI A QUADRANTE

I calibri a quadrante, fondamentalmente identici a quelli a nonio, presentano le seguenti caratteristiche:

- la barra è graduata in millimetri
- al posto del porta nonio, viene usato un indicatore a quadrante per ottenere misurazioni di precisione
- il calibro a quadrante ha un'asta scorrevole per misure di profondità

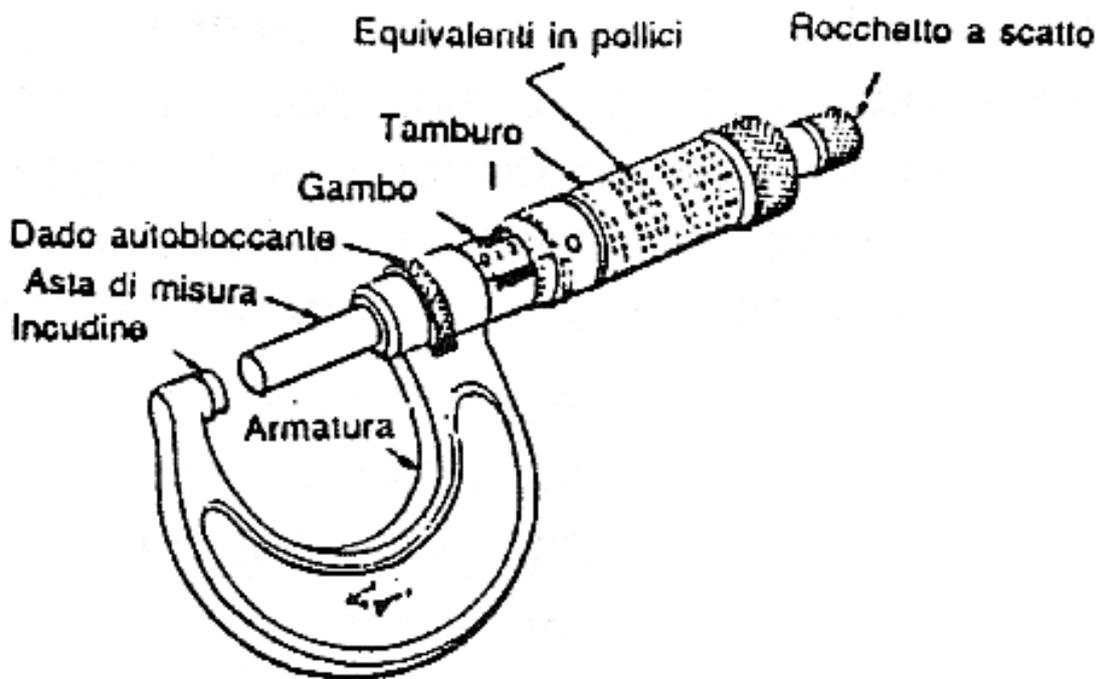
Il quadrante è suddiviso in cento divisioni, per cui ogni divisione rappresenta un centesimo di millimetro.



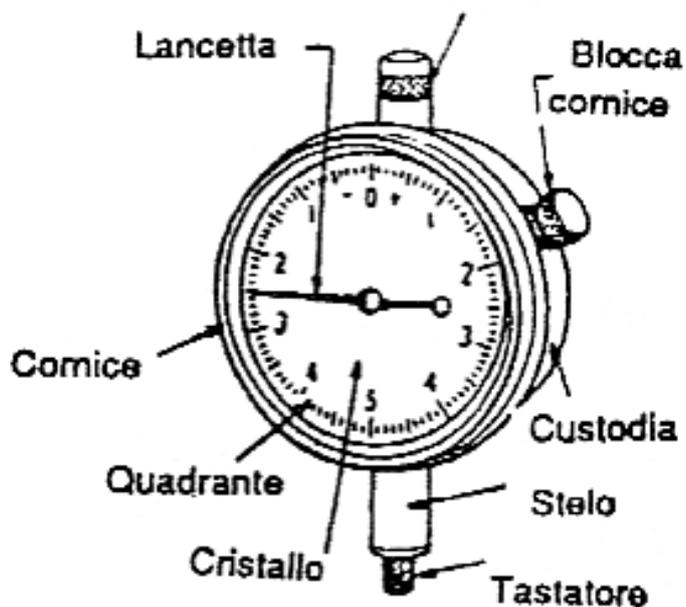
MICROMETRI

I micrometri viene impiegato per effettuare misure affidabili con precisione fino a 0,001 mm.

La precisione intrinseca dello strumento varia normalmente da 4 a 10 microns, secondo la dimensione.

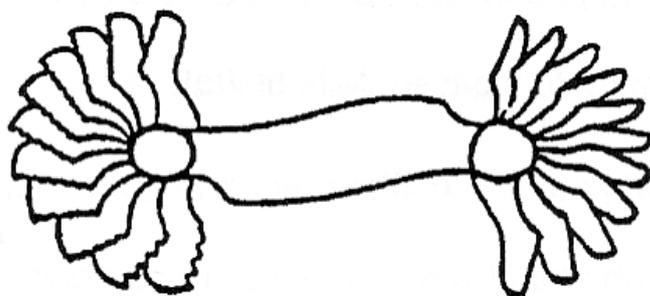


COMPARATORI A QUADRANTE



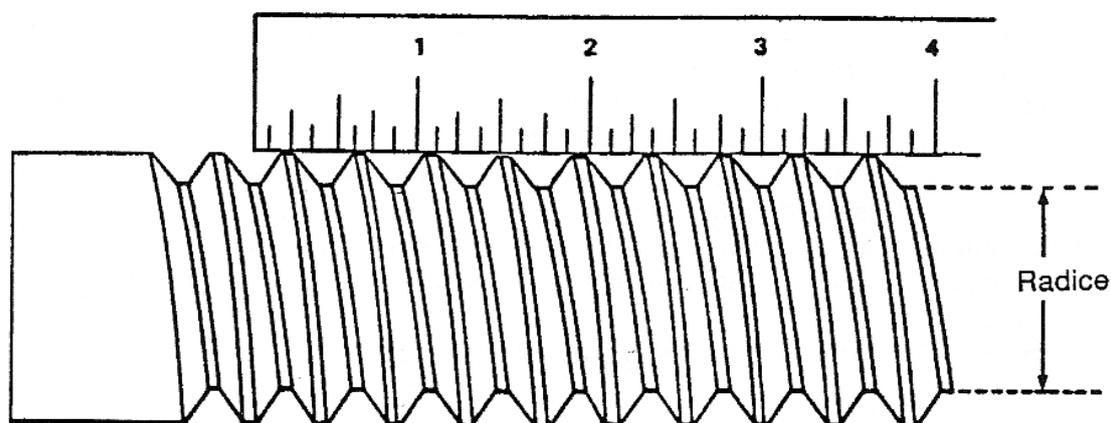
CONTAFILETTI E CONTAPASSI

I contafiletti e i contapassi sono utilizzati per determinare il passo delle filettature e l'angolo dei filetti nelle viti, bulloni, parti filettate di macchina.



Le migliori misurazioni sulle filettature sono normalmente eseguite con calibri speciali o comparatori.

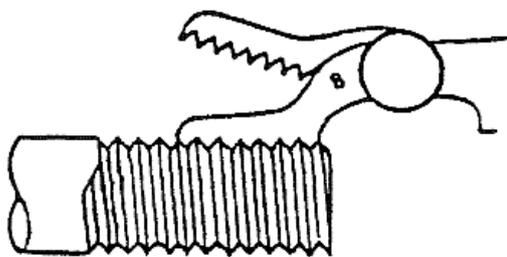
Tuttavia si presentano innumerevoli situazioni in cui tali strumenti non sono disponibili oppure serve solamente determinare il passo; in quest'ultimo caso può essere sufficiente un righello ordinario.



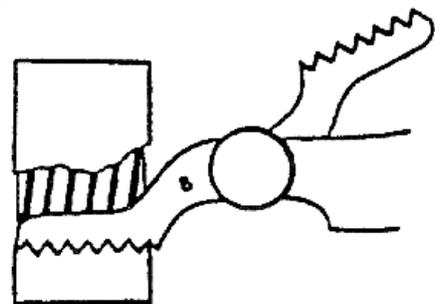
Per determinare il passo basta appoggiare il righello sul gambo filettato, individuare una certa lunghezza e contare il numero di filetti in questa lunghezza. Dividendo la lunghezza per il numero di filetti si determina il passo della filettatura.

Il tipo di filettatura può anche essere determinato con un contafiletti, composto da lamine sottili, le cui estremità sono dentate con un profilo corrispondente alle filettature.

Su ciascuna lamina è marcato il passo della filettatura.



Controllo filettatura
esterna a un principio



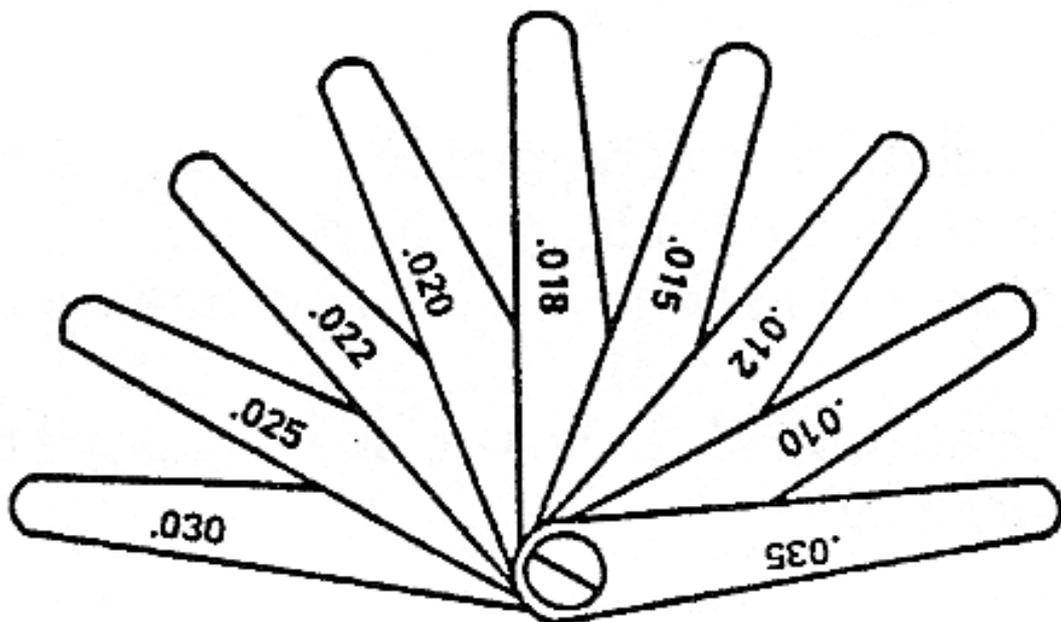
Controllo filettatura interna

SPESSIMETRO

Lo spessimetro viene usato per misurare il gioco esistente tra due parti.

Gli spessimetri sono disponibili in molti tipi, sia in singole unità che riuniti in serie di lamine che variano in spessore da 0,01 mm a 3 mm.

Essi sono usati principalmente per misurazioni in strette scanalature, per controllare i giochi di cuscinetti e di ingranaggi, per determinare giochi tra le flangie di tubi, ecc.



Ogni spessimetro è stampigliato con un numero che indica il suo spessore in termini di centesimi di millimetro

Per leggere il valore, basta leggerlo così come appare integrandolo con la dizione decimi/centesimi di mm.

LIVELLE

Sono strumenti progettati per verificare se un piano realmente orizzontale o verticale.

La livella è uno strumento semplice consistente in un liquido (alcool o cloroformio) che riempie parzialmente una fiala o un tubo di vetro lasciando una bolla d'aria.

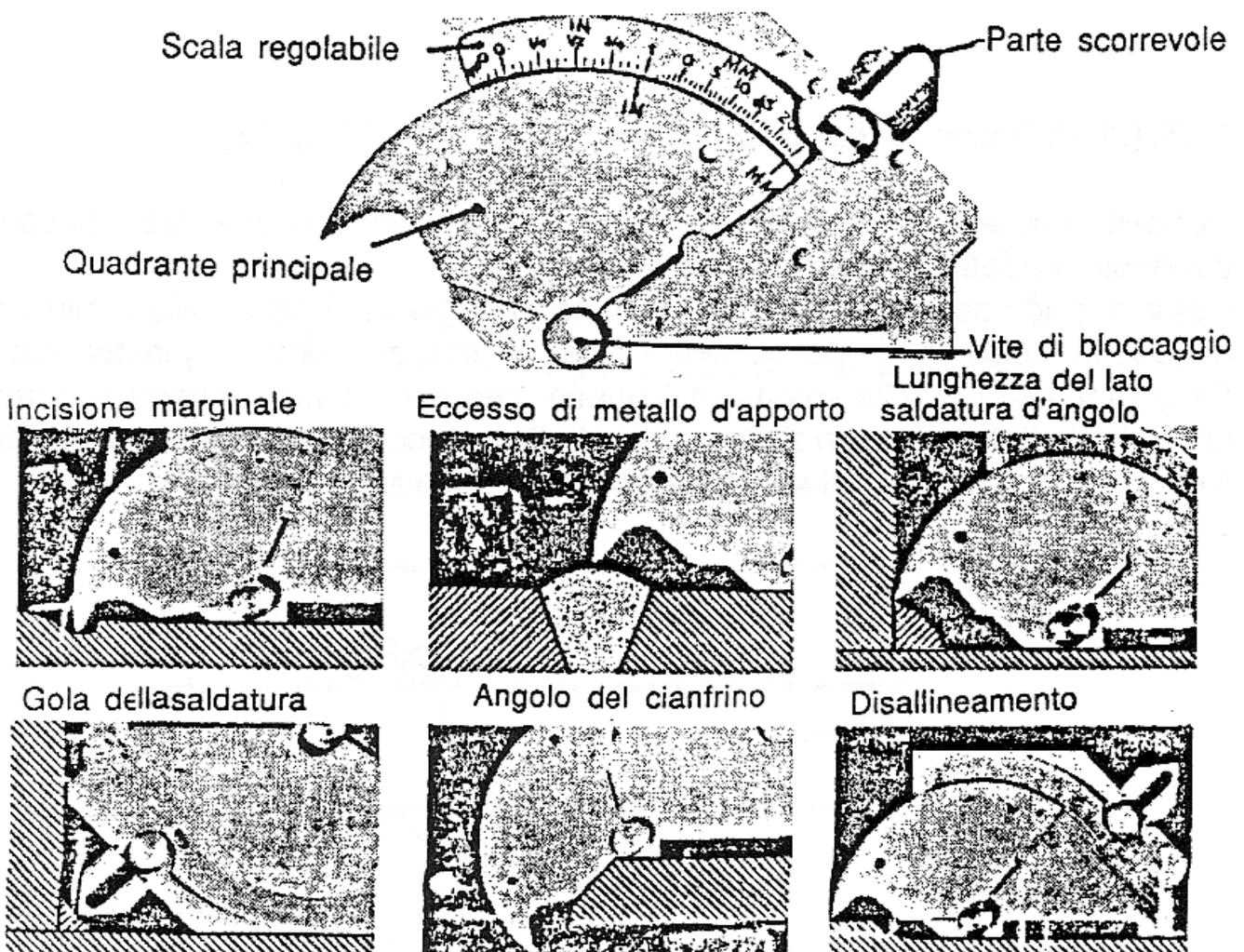
Il tubo è montato in un'intelaiatura che può essere di alluminio, legno o acciaio.

STRUMENTI PER L'ESAME DELLE SALDATURE

CALIBRO TIPO CAMBRIDGE

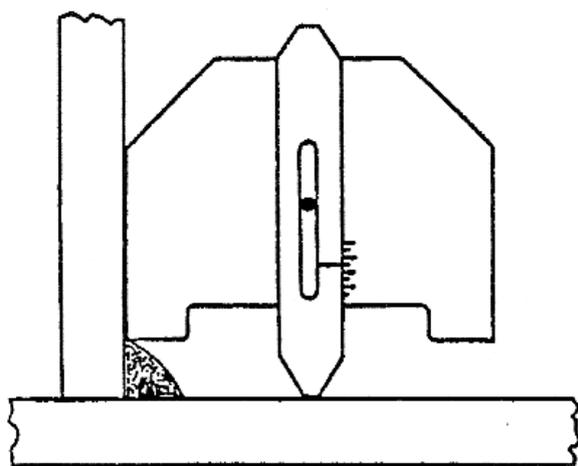
Mediante questo calibro è possibile effettuare le seguenti misurazioni:

- angolo di preparazione
- eccesso di materiale d'apporto
- profondità dell'incisione
- profondità di vaiolatura
- dimensione di profondità di gola del giunto
- dimensione del lato del giunto di saldatura
- disallineamento



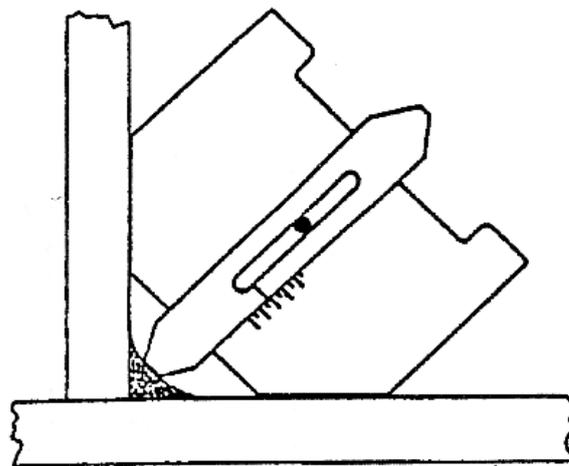
CALIBRO PER SALDATURE

Questo calibro può essere usato per misurare la dimensione di giunti d'angolo, la dimensione di gola effettiva di giunti d'angolo concavi e convessi, il rinforzo di giunti di testa e l'apertura fra i lembi.



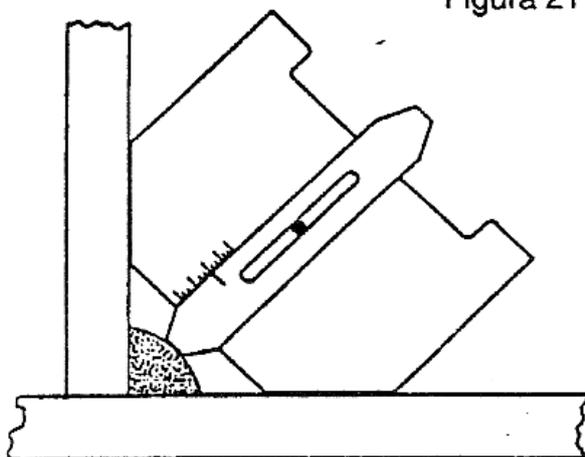
Determinazione della dimensione di una saldatura d'angolo convessa

Figura 21



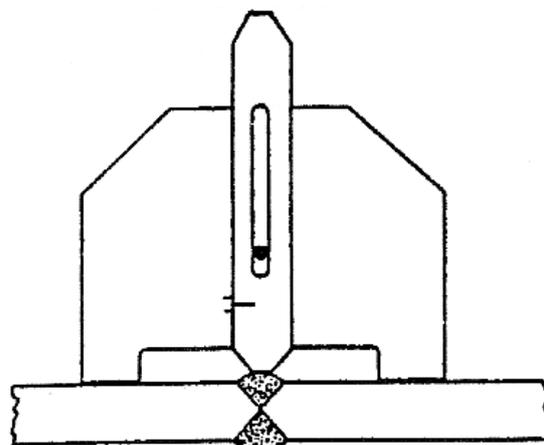
Determinazione della dimensione di una saldatura d'angolo concava

Figura 22



Controllo della tolleranza ammissibile di convessità

Figura 23



Controllo della tolleranza ammissibile di rinforzo

Figura 24

TARATURA E CONTROLLO DEI CALIBRI

La taratura viene effettuata confrontando il calibro con un altro strumento di riferimento, di più stretta tolleranza e di esattezza conosciuta (generalmente un campione master calibrato).

La taratura si documenta registrandola in un certificato permanente; allo strumento viene applicata un'etichetta con la data della successiva taratura.

Ogni dispositivo che ha già oltrepassato l'intervallo di taratura dovrebbe essere ritarato e ricertificato prima di poterlo riutilizzare.

I dispositivi troppo piccoli per poter contenere un'etichetta di taratura, dovrebbero essere identificati con un numero di serie.

CURA E MANIPOLAZIONE DEI CALIBRI

Affinché i calibri siano sempre esatti e precisi è necessario trattarli con cura: devono essere mantenuti senza polvere ed umidità, ripuliti dalle impronte digitali prima di riporli, evitando scalfitture e tacche sulle superfici di contatto, sulle facce e sulle graduazioni dei quadranti. Dopo l'uso e prima di riporli, si dovrebbe applicare un sottilissimo strato d'olio con un panno morbido non sfilacciato.

Per non far entrare polvere ed umidità nelle parti mobili, non si deve mai pulire un calibro soffiando con aria compressa.

Le parti mobili dovrebbero essere lubrificate con una goccia di olio per facilitarne lo scorrimento.

I calibri mobili devono essere controllati periodicamente affinché lo zero sia accuratamente regolato e dovrebbero essere ritarati prima dell'uso se soggetti ad una precedente caduta o danneggiamento.

DIFETTI NEI MATERIALI

SALDATE

- ⇒ Cricche affioranti
- ⇒ Sgocciolamenti
- ⇒ Eccessiva penetrazione
- ⇒ Porosità/crateri
- ⇒ Slivellamenti
- ⇒ Cordoni irregolari
- ⇒ Incisioni
- ⇒ Colpi d'arco
- ⇒ Strappi
- ⇒ Insellamenti
- ⇒ Spruzzi

LAMINATI, FUCINATI e GETTI

- ⇒ Cricche affioranti
- ⇒ Ritiri
- ⇒ Ripiegature
- ⇒ Porosità.
- ⇒ Ricalcature

TUBI

- ⇒ Porosità
- ⇒ Rigature
- ⇒ Eccentricità
- ⇒ Ovalizzazione.
- ⇒ Ammacature

TIRANTI / BULLONI

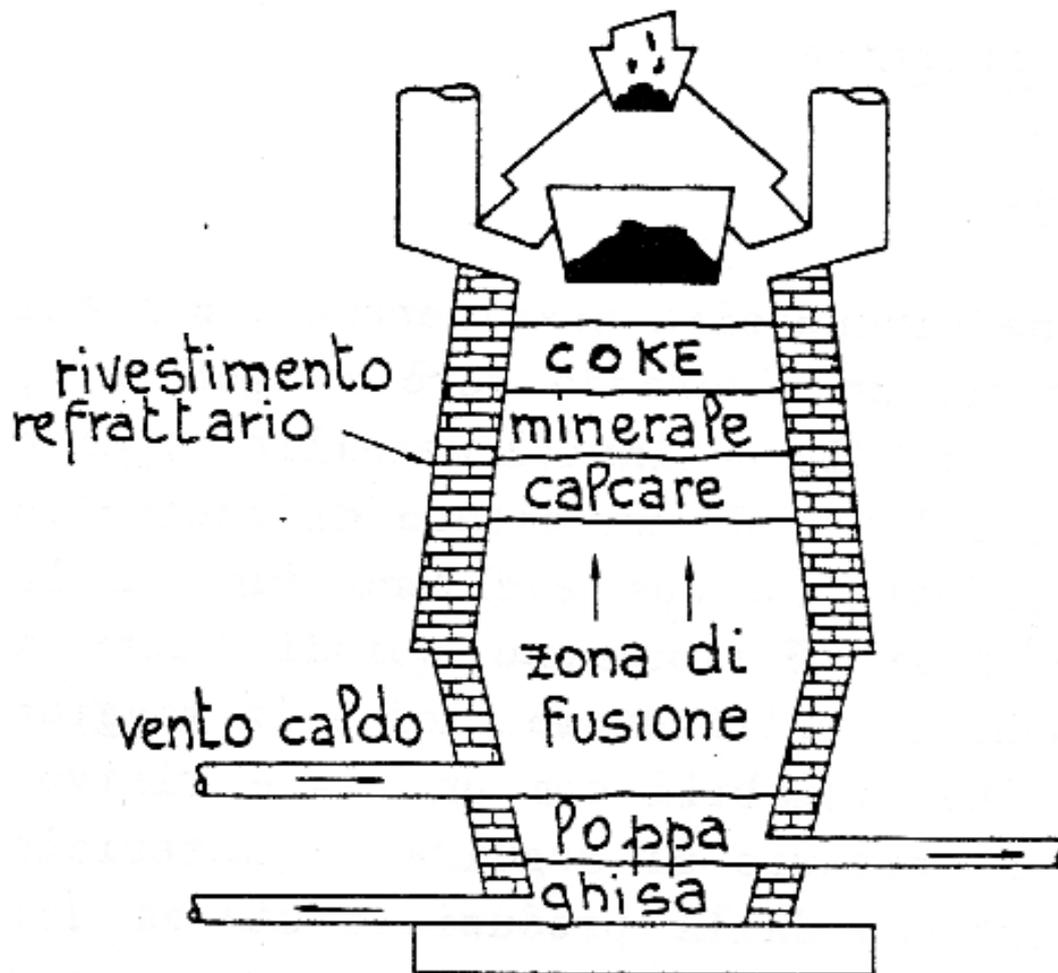
- ⇒ Rigature
- ⇒ Usura filetti
- ⇒ Variazioni dimensionali.

PLACCATI

- ⇒ Porosità affiranti
- ⇒ Cricche affioranti
- ⇒ Rigonfiamenti.

DIFETTI NEI GETTI O FUSIONI

Minerale di ferro, coke e calcare sono messi nell'Altoforno dove, attraverso un processo di riduzione chimica che combina l'ossigeno del minerale di ferro con il carbonio del coke, si ottiene la Ghisa d'altoforno ad elevato titolo in ferro.



Il calcare, reagendo con il metallo fuso ne trattiene le impurità formando scorie che, essendo più leggere del ferro, galleggiano in superficie e vengono in seguito eliminate.

La ghisa d'altoforno contiene dal 3 al 5% di carbonio ed altre impurità non desiderate che possono essere eliminate sino ad un certo grado, con ulteriori processi di affinazione.

A volte, invece di essere trasformata direttamente in acciaio, la ghisa d'altoforno è colata in forme (pani) che vengono poi rifuse e utilizzate sia nella produzione di acciaio al forno elettrico sia per la produzione di ghisa per getti.

La ghisa liquida è infatti scaricata dall'altoforno e trasferita ai forni di affinazione (convertitori) dove, mediante insufflazione di ossigeno e aggiunte specifiche, è possibile ottenere:

- la riduzione del carbonio a livelli desiderati
- le percentuali richieste degli elementi di lega (principalmente Si Mn Cr Ni Mo)
- il contenimento a livelli accettabili delle impurezze (principalmente P e S)

L'acciaio liquido proveniente dall'affinazione della ghisa d'altoforno viene normalmente portato agli impianti di colata continua per la produzione di brame blumi destinati rispettivamente alla laminazione piana (lamiere e nastri) ed alla laminazione di prodotti lunghi (profilati, tondi, tubi).

Solo in casi limitati l'acciaio viene ancora colato in fossa, per produrre i grossi lingotti destinati alla laminazione.

L'acciaio, durante la fase di solidificazione sia in colata continua ma soprattutto nei lingotti, può essere interessato a difettosità denominate "inerenti", in seguito esaltate e trasformate in successivi processi di trasformazione quali la laminazione, forgiatura, trafilatura, ecc.

Le discontinuità che solitamente si generano nei getti, possono essere le seguenti:

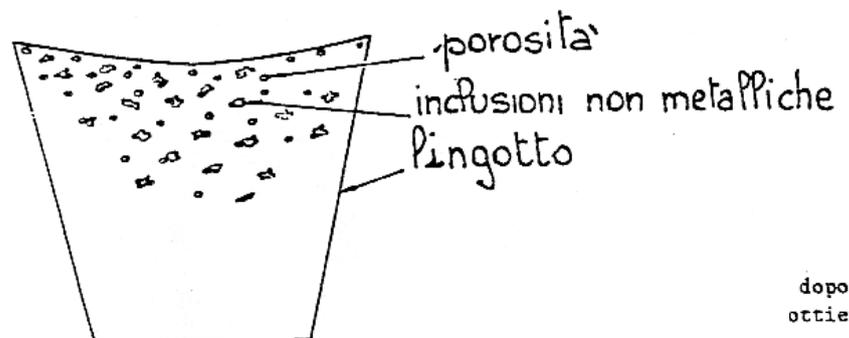
- inclusioni non metalliche
- porosità
- ritiri
- strappi a caldo
- giunti freddi o riprese di colata

INCLUSIONI NON METALLICHE

Sono impurità distaccatesi dalla forma o dall'anima, che rimangono intrappolati in qualsiasi parte all'interno del getto solidificato.

POROSITA'

Sono formate da cavità di varie dimensioni dovute a bolle di gas che rimangono intrappolate nel metallo solidificato.



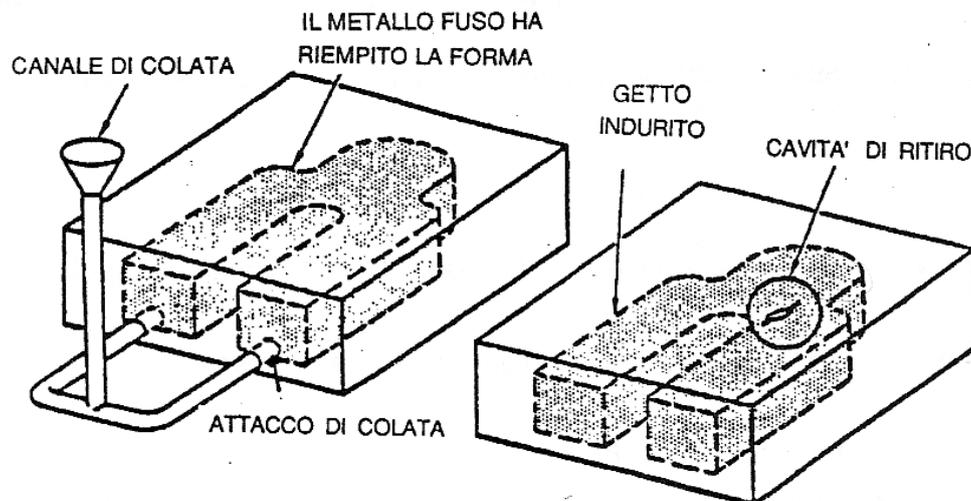
dopo
ottier

RITIRI

I ritiri hanno luogo durante la solidificazione.

Le parti sottili di un getto solidificano più in fretta e quindi si ritirano.

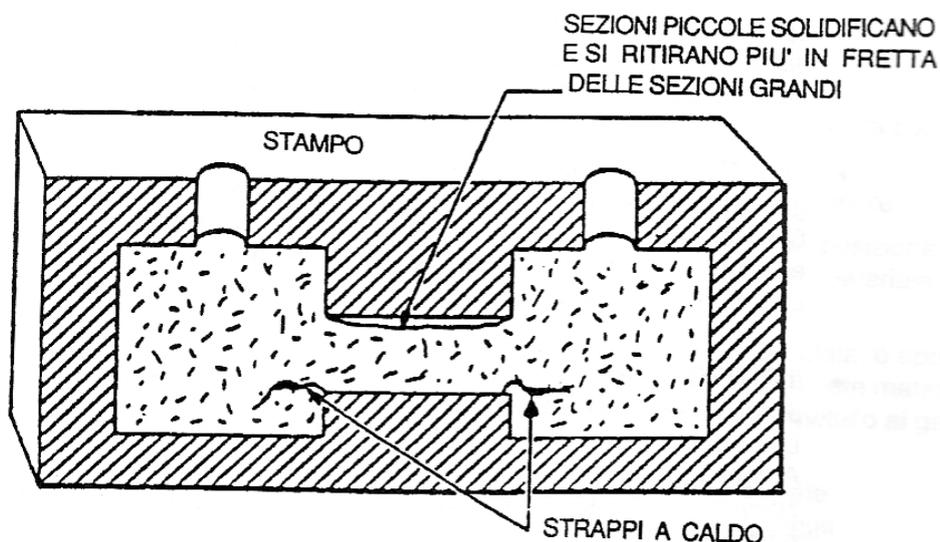
A causa di questo ritiro, parte del metallo fuso scorre via verso le parti più spesse e, se le materozze non forniscono abbastanza metallo a queste parti, ne risulteranno cavità dette ritiri.



STRAPPI A CALDO

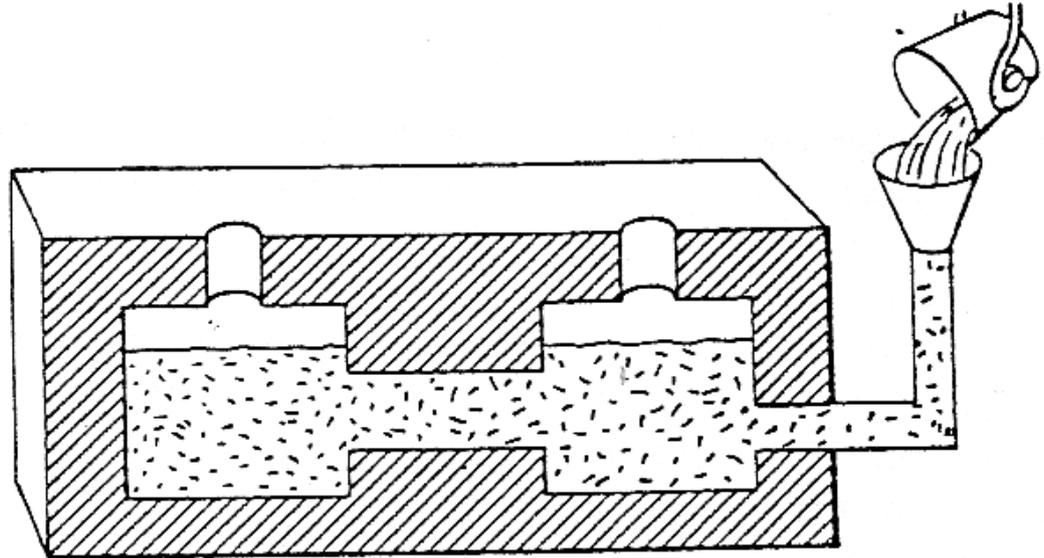
Sono generate da tensioni superiori alla resistenza del getto parzialmente solidificato.

La causa più comune del formarsi di questo difetto è il mancato cedimento dell'anima al raffreddarsi del getto; essi hanno la forma di fessure o cricche.



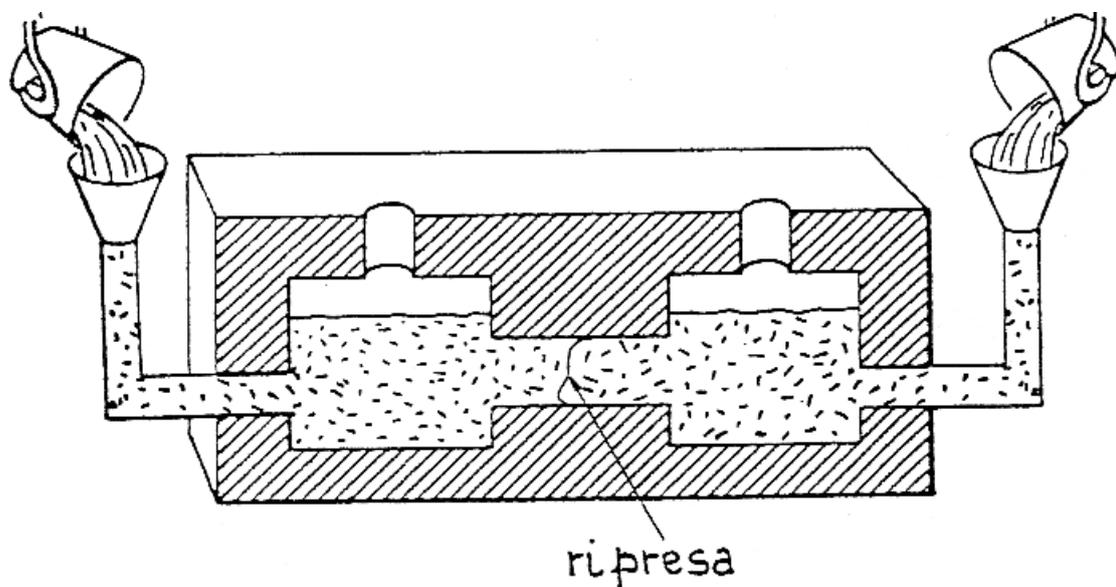
GIUNTI FREDDI O RIPRESE DI COLATA

I getti vengono ottenuti colando il metallo allo stato fuso in una forma, costituita generalmente da sabbia.



Un primo difetto che si può generare è la ripresa di colata che si ha quando il metallo fuso incontra il metallo già solidificato o ad una temperatura molto inferiore; le due correnti non si uniscono ma solidificano separatamente.

La ripresa di colata interessa tutta la sezione della fusione con eventuale inclusione di ossido.



DIFETTI NEI PRODOTTI OTTENUTI PER FUCINATURA

I fucinati si producono applicando al metallo scaldato fino a formare una massa pastosa o plastica, dei carichi di compressione con una pressa o un maglio. Nella fucinatura in stampo chiuso, si impegna un'elevata forza di compressione per chiudere lo stampo sul metallo allo stato plastico, in modo che esso sia forzato ad assumere la forma dello stampo. Con la fucinatura mediante maglio, che si utilizza soprattutto per produrre anelli e barre tonde, il metallo ad alta temperatura viene posto su un'incudine e viene formato variando posizione, numero e forza dei colpi di maglio.

Le discontinuità primarie dovute al processo di fucinatura sono:

- ritiri, inclusioni e porosità presenti dal fuso di partenza
- fessure o cricche di fucinatura
- ripiegature
- fiocchi

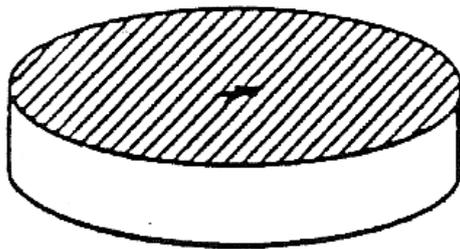
RITIRI, INCLUSIONI E POROSITA'

Derivanti dal processo di fusione, si schiacciano fino ad assumere il profilo del fucinato; se sono nel centro del manufatto, diventano sottili e laminari. Se la fucinatura forza la discontinuità verso la superficie, si forma una cricca rilevabile visivamente.

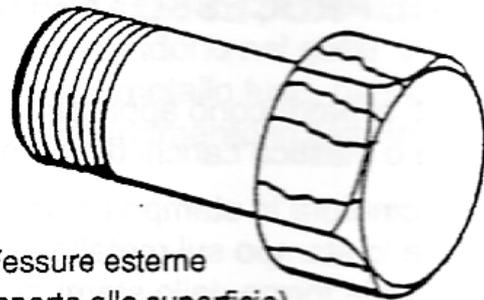
CRICCHE DI FUCINATURA

Si hanno quando la temperatura di fucinatura è troppo alta o troppo bassa.

Sebbene siano discontinuità interne, possono essere messe in evidenza da una successiva lavorazione con l'utensile.



Fessura interna
(subsuperficiale)

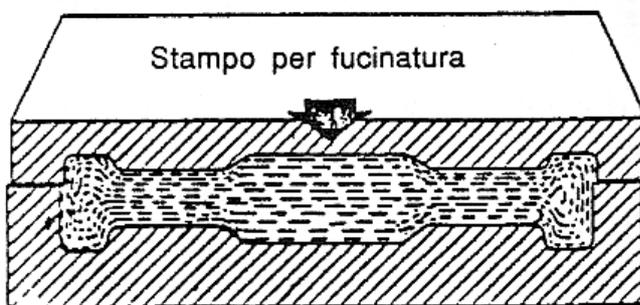


Fessure esterne
(aperte alla superficie)

RIPIEGATURE

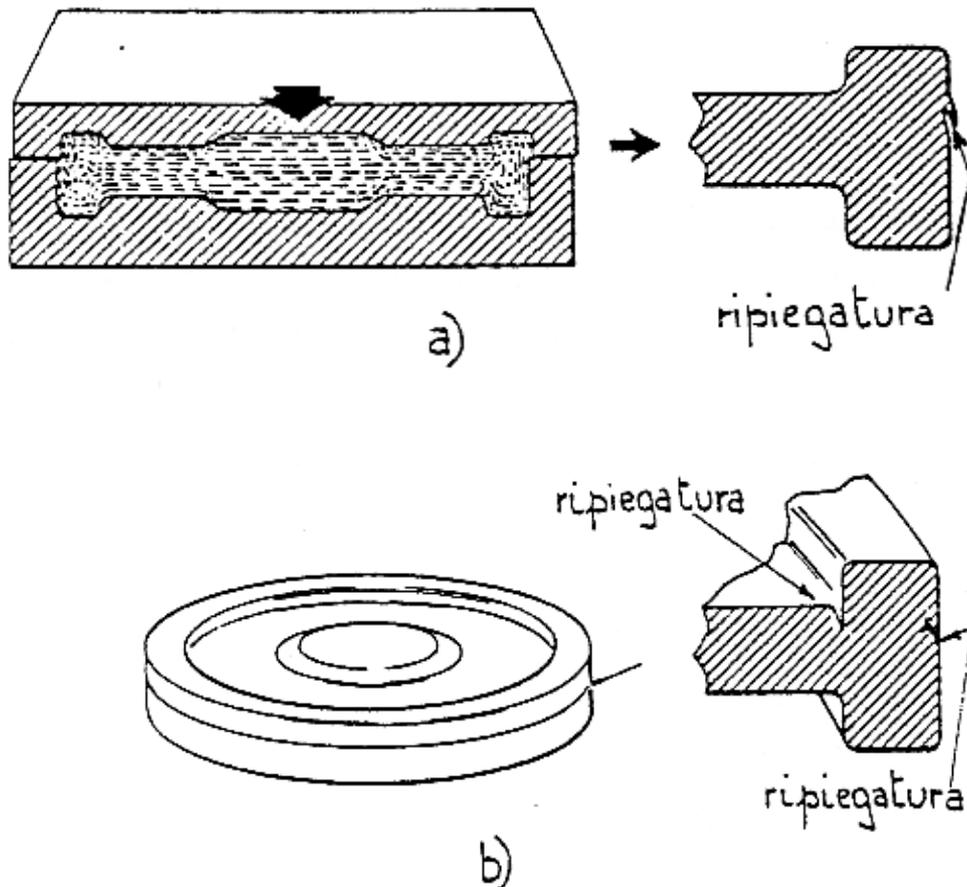
Si generano se una scaglia di metallo estraneo ad alta temperatura viene forzata dentro la superficie del forgiato.

Essendo questo lembo ossidato non può saldarsi al forgiato stesso.



Ripiegatura





FIOCCHI

I flocchi sono difetti tipici dei fucinati; responsabile di questo tipo di difetto è l'idrogeno atomico che si scioglie nell'acciaio fuso e che nel passaggio gamma-alfa diminuisce notevolmente la sua solubilità e va a raccogliersi, in forma molecolare, nell'interno di piccoli difetti preesistenti come inclusioni, giunti dei grani, microcavità, dislocazioni.

Qui si raggiungono pressioni tali da portare il materiale alla rottura, che interessa piccole areole tondeggianti del diametro dai 2 ai 30 mm.

In pezzi lavorati a caldo e lasciati raffreddare all'aria, come i fucinati, si sviluppano elevate tensioni interne che si sommano allo stato pensionale dovuto all'idrogeno, favorendo così la rottura e quindi la formazione di flocchi.

DIFETTI NEI PRODOTTI OTTENUTI PER LAMINAZIONE

Con la laminazione si ottengono lamiere, barre e profilati.

L'acciaio viene scaldato fino a divenire plastico ed è costretto a passare attraverso una serie di coppie di cilindri o rulli la cui forma, numero e dimensione determinano il tipo di manufatto da prodursi.

Da una billetta si producono svariati manufatti quali, ad esempio, barre d'armature, sbozzati per la produzione di filo e per quella di rotaie ferroviarie.

Le lamiere sono laminate con le dimensioni e gli spessori necessari per produrre navi, recipienti a pressione, tubi saldati e migliaia di altri prodotti.

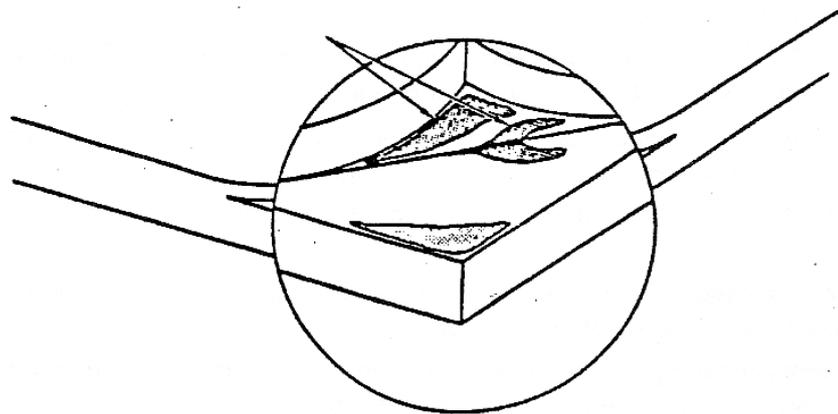
I profilati laminati sono molteplici: travi ad H e I, ferri ad L o a T, a rotaia ed a U.

Le discontinuità presenti nei laminati possono essere le seguenti:

- sdoppiature
- ripiegature
- strappi e cricche a Y
- filature o venature
- paglie

SDOPPIATURE

Inclusioni e porosità provenienti dal lingotto originario, insieme alle residue cavità di ritiro secondarie, possono venire appiattiti ed allargati formando una sdoppiatura qualora i due lembi affacciati della discontinuità originaria non riescano a saldarsi.



RIPIEGATURE

Sono un difetto tipico di laminazione causate da porzioni di materiale che si sovrappongono senza che le superfici si saldino completamente.

Differiscono dalle cricche longitudinali in quanto non si trovano ad angolo retto con la superficie, bensì ad angolo acuto.

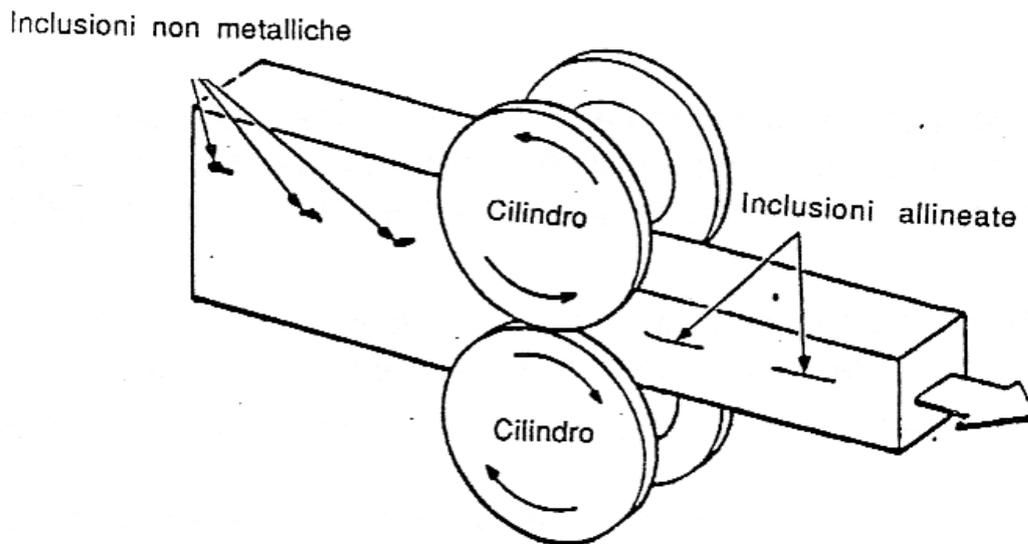


CRICCHE A Y

Le cricche originariamente presenti nello sbozzato vengono variamente deformate; quelle longitudinali vengono semplicemente allungate, mentre quelle trasversali diventano strappi o, se più allungate, cricche a Y per la loro forma caratteristica.

FILATURE O VENATURE

Causate da soffiature o piccoli difetti subsuperficiali che nella laminazione a caldo vengono aperti ed allungati; si presentano come piccoli solchi longitudinali sottili, spesso molto numerose.



PAGLIE

Sono lingue metalliche attaccate parzialmente alla superficie del laminato, dalla quale sono separate da uno strato di ossido.

Il difetto è dovuto alla presenza di spruzzi sul lingotto prima della laminazione.

DIFETTI DA LAVORAZIONE MECCANICA

Le lavorazioni di macchina sono metodi largamente usati per sagomare materiali.

Tali metodi vengono realizzati mediante macchine utensili che rimuovono il sovrametallo sottoforma di truciolo, in condizioni controllate, ricavando elementi molto accurati con buona finitura superficiale.

Per produrre elementi che si adattino fra di loro e funzionino bene, queste operazioni comportano tecniche corrette di misurazione, tolleranza e lavorazione.

Le discontinuità da lavorazione meccanica sono quelle che impediscono il montaggio corretto degli elementi o non consentono al sistema meccanico risultante di funzionare nel modo previsto.

Tali discontinuità risultano quando non si controlla adeguatamente:

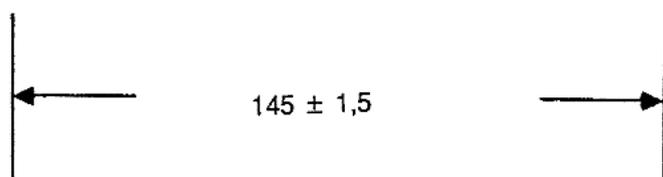
- dimensioni e tolleranze
- finitura superficiale

DIMENSIONI E TOLLERANZE

Con il termine "dimensione" riferito ad un componente lavorato di macchina, si intende la sua misura di base ossia la sua misura nominale da cui potranno aversi scostamenti.

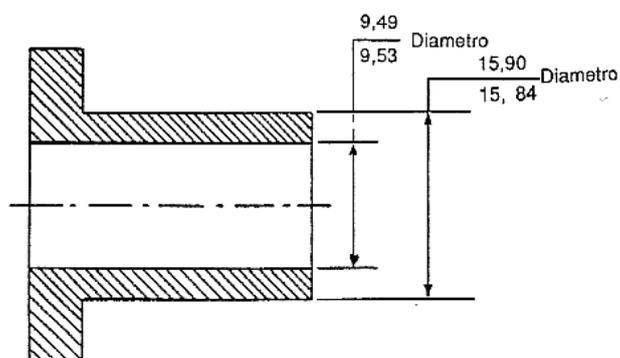
Ad esempio, uno spezzone di barra deve avere un diametro di 50 mm, ma sono tollerate variazioni di più o meno 1 mm.

La "tolleranza" è la variazione permessa sulle dimensioni dei pezzi lavorati di macchina ed è la differenza tra il limite minimo e quello massimo di ogni dimensione specificata.



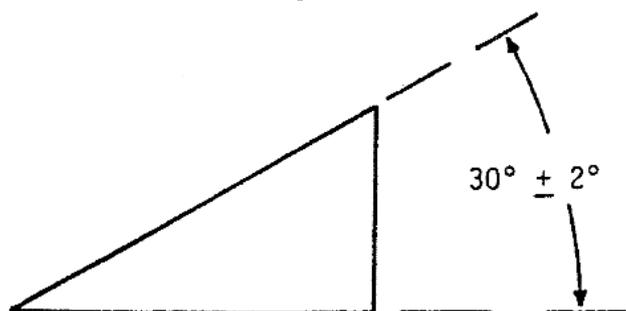
Metodo per indicare
Dimensioni e Tolleranze

Figura 1



Dimensioni e Tolleranze
per le Parti Cilindriche

Figura 1



Dimensioni e Tolleranze
per Angoli.

Figura 3

FINITURA SUPERFICIALE

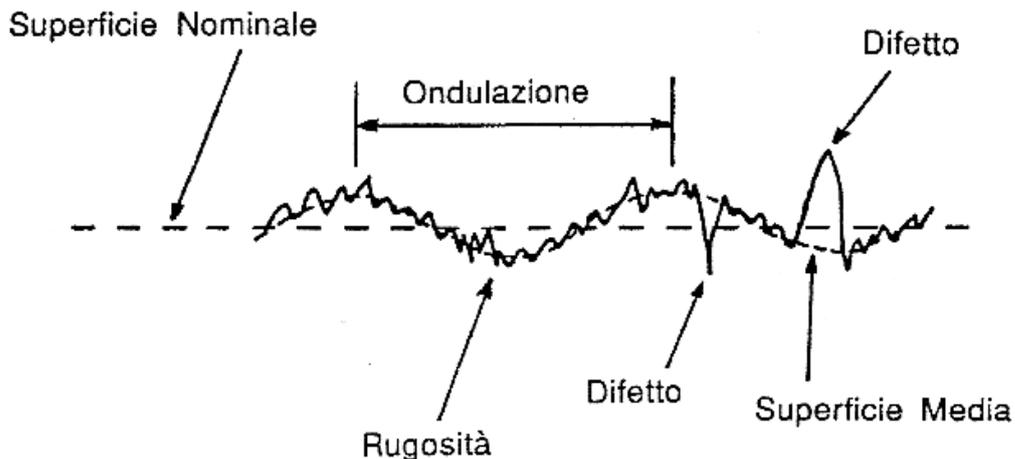
L'applicazione del componente ne determina la finitura superficiale.

Mentre superfici a tenuta impermeabile ai liquidi o ai gas devono avere dei limiti di rugosità ben specificati, la superficie esterna grezza di colata del corpo di una valvola, non influenza certamente la funzione della valvola stessa.

La finitura superficiale finale di un componente è determinata dal processo di formatura o dalla lavorazione di macchina cui è stata soggetta.

La finitura superficiale è caratterizzata da due fattori:

- la differenza in altezza e profondità lungo la superficie
- la distanza fra queste irregolarità



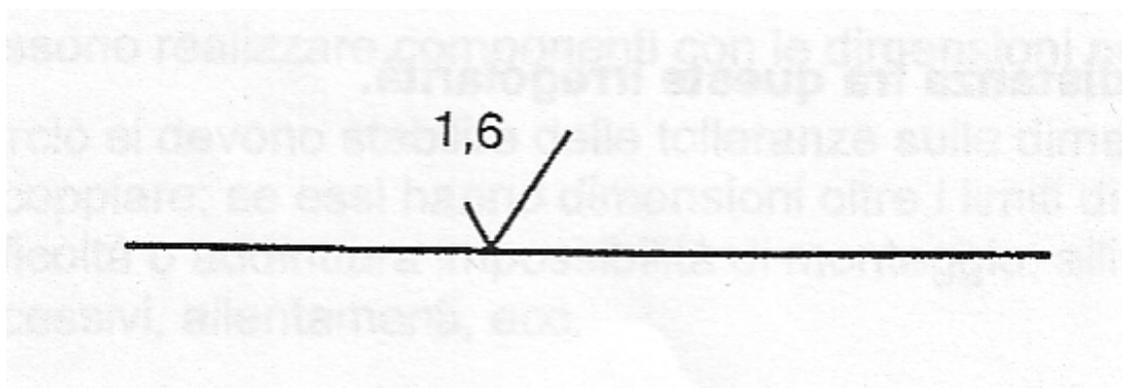
La rugosità è misurata in micron o millesimi di mm.

La **rugosità** è il termine per descrivere le irregolarità superficiali relativamente vicine, che dipendono dalla lavorazione.

L'**ondulazione** si riferisce alle irregolarità con spaziatura maggiore di quelle denominate rugosità che dipendono da distorsioni, deformazioni, svergolamenti, ecc.

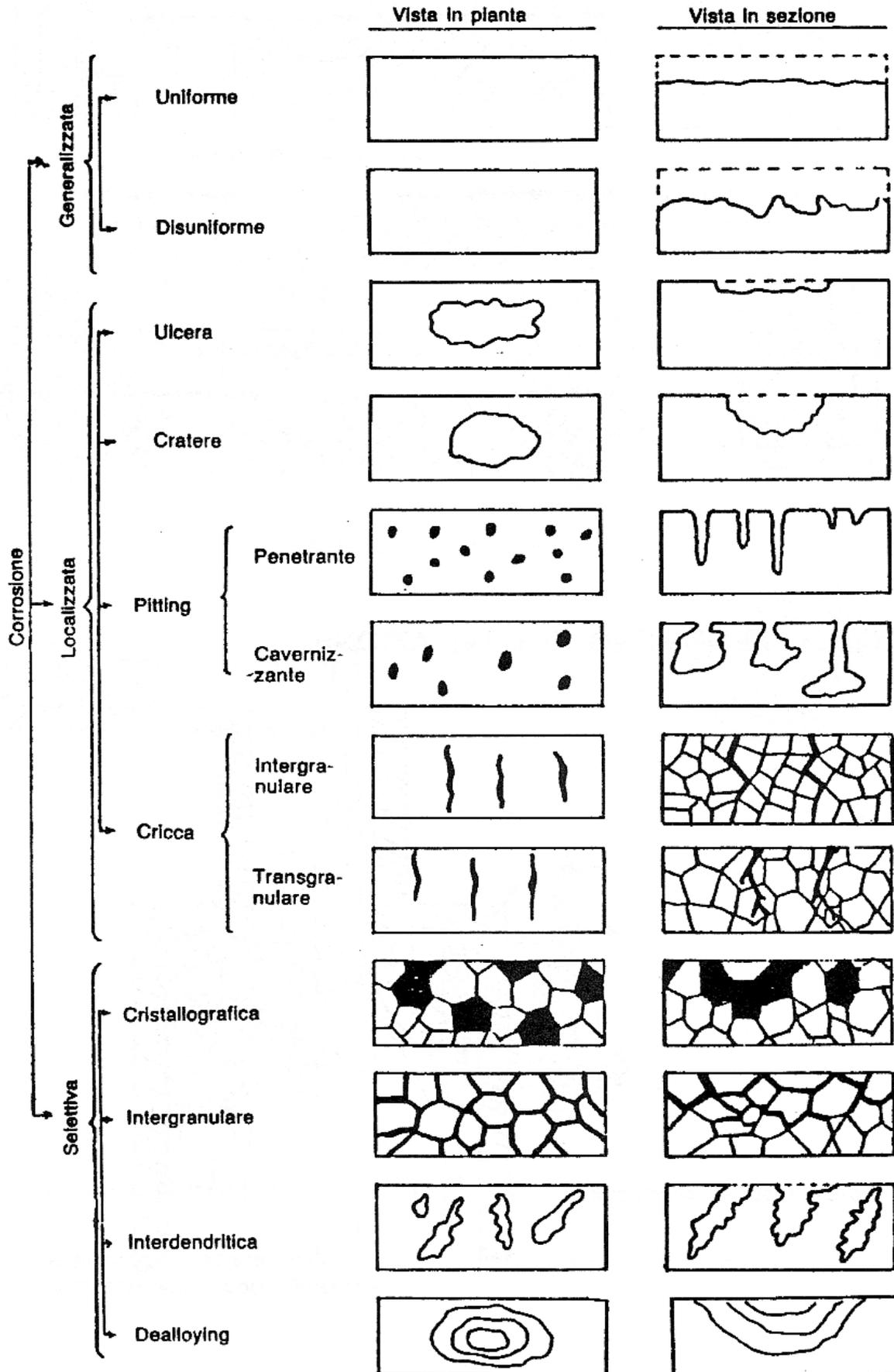
Le altre discontinuità indicate nella figura e denominate **difetto**, sono meno frequenti e situate casualmente; esse consistono in incisioni, cavità, creste e cricche.

La finitura superficiale viene più frequentemente indicata con il metodo RMS, impiegando il seguente simbolo:

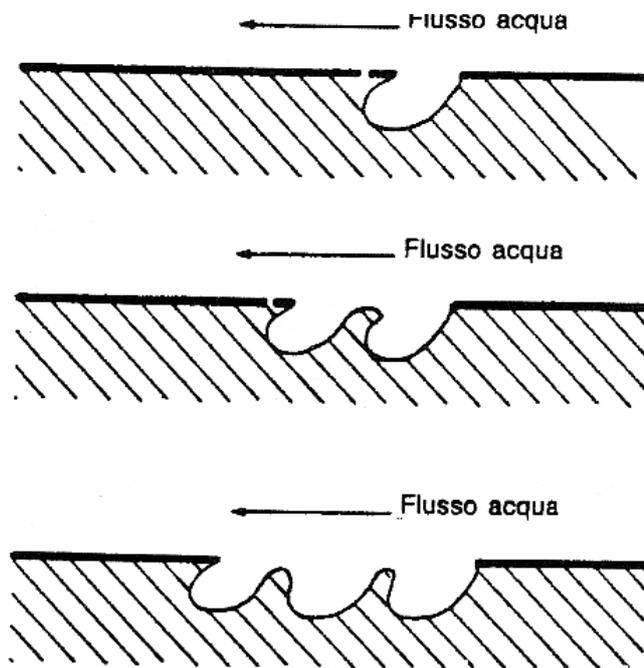


Metodo per indicare la rugosità superficiale di $1,6 \mu\text{m}$

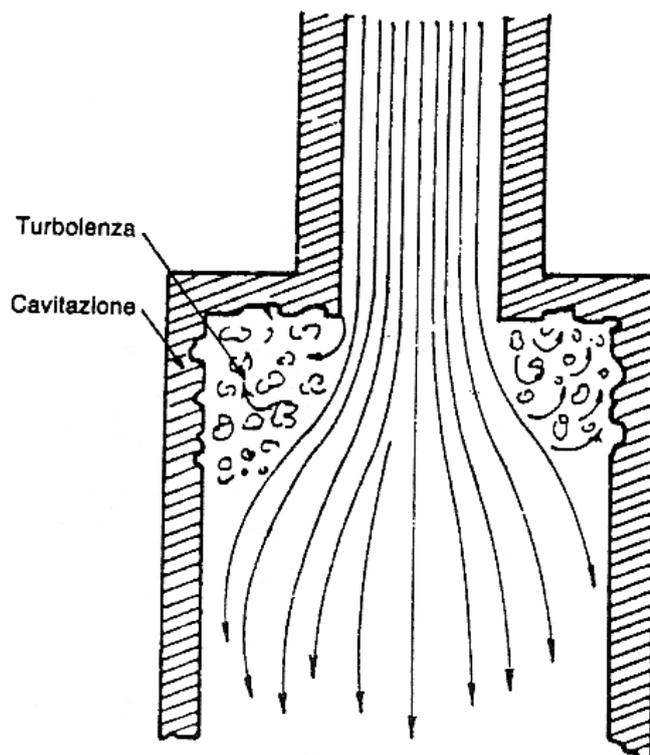
MORFOLOGIE DI CORROSIONE



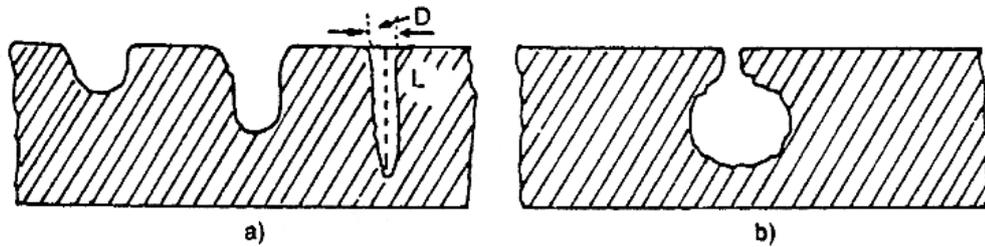
CORROSIONE PER IMPINGEMENT



FENOMENO DI CAVITAZIONE



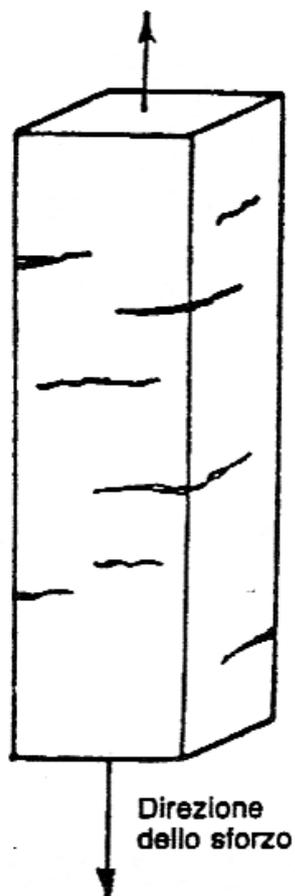
CORROSIONE PER PITTING



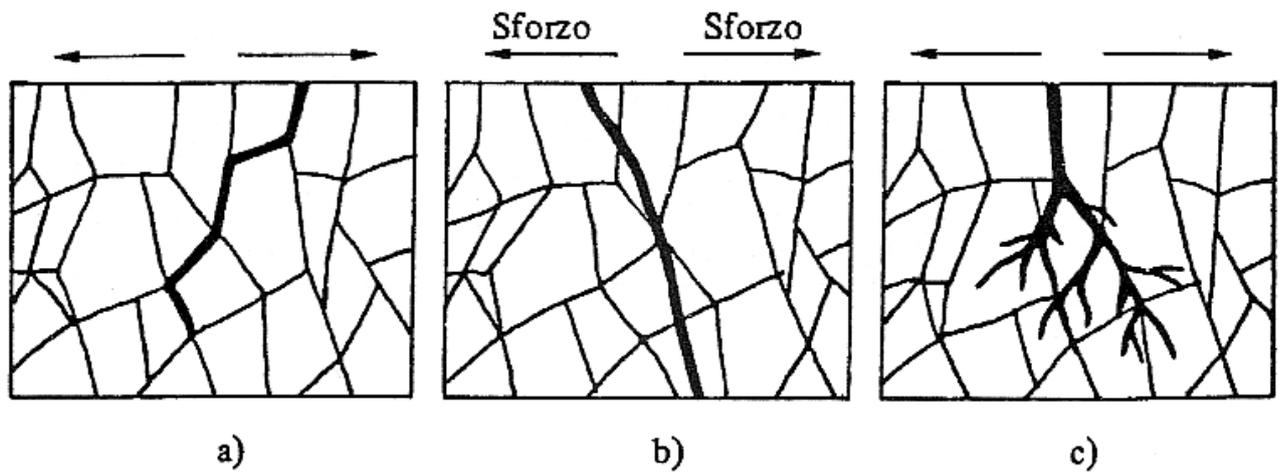
a) pitting penetrante,

b) pitting cavernizzante

DISPOSIZIONE DELLE CRICCHE RISPETTO ALLA DIREZIONE DELLO SFORZO



ANDAMENTO SCHEMATICO DELLA TENSO CORROSIONE



A) INTERGRANULARE

B) TRANSGRANULARE

C) TRANSGRANULARE CON RAMIFICAZIONI

FATTORI CHE INTERVENGONO NELLA CORROSIONE A FATICA

Variabili Meccaniche	<ul style="list-style-type: none">– Sforzo massimo o fattore di intensità degli sforzi: σ_{max}, $K_{I_{max}}$– Ampiezza del ciclo di carico o della variazione del fattore di intensità degli sforzi: $\Delta\sigma$, ΔK_I– Rapporto R tra $\sigma_{min}/\sigma_{max}$ o tra $K_{I_{min}}/K_{I_{max}}$– Frequenza f della funzione di carico– Forma d'onda della funzione di carico (quadrata, triangolare, a dente di sega, casuale, ecc.)– Stato di sforzo piano o di deformazione piana– Forma e dimensione della cricca e relazione con le dimensioni e la geometria della provetta e/o dell'elemento strutturale
Variabili Metallurgiche	<ul style="list-style-type: none">– Composizione chimica della lega– Distribuzione degli elementi di lega e delle impurezze– Microstruttura e reticolo cristallino– Trattamenti termici– Bordo di grano e orientamento preferenziale (per lavorazione a freddo)– Proprietà meccaniche
Variabili Ambientali	<ul style="list-style-type: none">– Tipo di ambiente (solido, liquido, gassoso) e composizione chimica– Temperatura, pH, viscosità, ecc.– Presenza di specifiche specie particolarmente aggressive (cloruri, solfobatteri, ecc.)– Presenza di particolari rivestimenti protettivi, ecc.– Condizioni di accoppiamento galvanico o di polarizzazione con correnti impresse

ISO 5817

Spessore saldatura

3.2.1 spessore saldatura d'angolo, a ;
spessore nominale gola: altezza del maggior triangolo isoscele iscritto nella sezione trasversale della saldatura (vedi ISO 2553)

NOTA 1: in paesi in cui si impiega la lunghezza del lato, z , come dimensione di una saldatura d'angolo, i limiti delle difetti possono essere riformulati in modo da fare riferimento alla lunghezza del lato.

3.2.2 spessore saldatura di testa s : minima distanza dalla superficie della lamiera al vertice del cordone che non può essere maggiore dello spessore della lamiera più sottile (vedi ISO 2553).

3.3 difetto corto: uno o più difetti di lunghezza totale non superiore a 25mm in qualsiasi tratto della saldatura della lunghezza di 100mm o pari ad un massimo del 25% della lunghezza della saldatura per saldature di lunghezza inferiore a 100 mm.

3.4 difetto lungo: uno o più difetti di lunghezza totale superiore a 25 mm in qualsiasi di lunghezza della saldatura pari a 100 mm o ad un minimo del 25% della lunghezza della saldatura per saldature di lunghezza inferiore a 100mm.

3.5 area proiettata: area data dalla lunghezza della saldatura esaminata moltiplicata per la larghezza massima della saldatura.

3.6 area cricca superficiale: area da considerarsi dopo frattura.

SIMBOLI

La tabella 1 adotta i seguenti simboli:

a	spessore saldatura d'angolo
b	larghezza rinforzo saldatura
d	diametro del foro
h	dimensione (altezza o larghezza) del difetto
l	lunghezza del difetto
s	spessore nominale saldatura di testa o, in caso di penetrazione parziale, profondità di penetrazione prescritta
i	spessore parete o lamiera
z	lunghezza delle saldatura d'angolo (in caso di sezioni triangolari isosceli ad angolo retto $z = a\sqrt{2}$)

5 Valutazione delle saldatura

I limiti per i difetti sono indicati in tabella 1

Un giunto saldato va di norma valutato separatamente per ciascun tipo di difetto (n. da 1 a 25)

La rilevazione di difetti di tipo diverso che si verificano in qualsiasi sezione trasversale del giunto può richiedere un esame più approfondito (vedi n. 26).