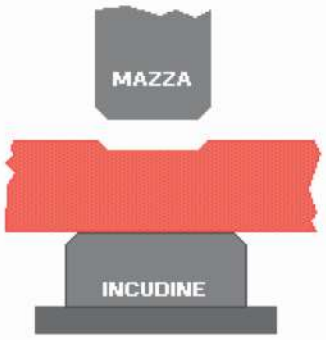
1.3.2 Tipologie dei prodotti

I prodotti in acciaio utilizzati in campo industriale sono ottenuti con varie tipologie di lavorazioni e possono essere così classificati:

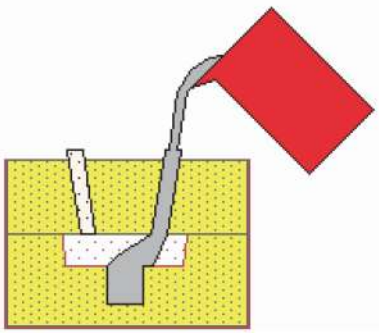
Forgiati

Pezzi ottenuti a pressione, lavorando il lingotto caldo tra mazza ed incudine.



Getti

Pezzi ottenuti per colata dell'acciaio fuso in forme opportunamente modellate.



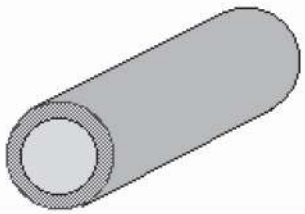
Lamiere

Pezzi piani ottenuti per laminazione a caldo nel laminatoio, impianto dotato di rulli cilindrici attraverso i quali viene fatto passare l'acciaio.



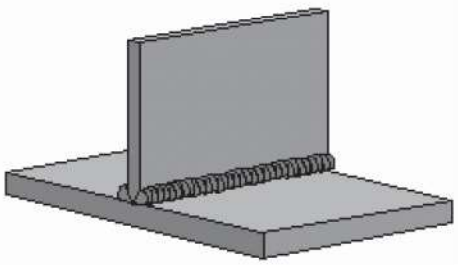
Tubi

Prodotti cavi, cilindrici, aperti alle due estremità, ottenuti mediante vari procedimenti; possono essere saldati o no.



Giunti saldati

Pezzi ottenuti collegando tra loro, in modo permanente tramite saldatura, più pezzi.



BUREAU VERITAS 30/11/2013

- Forgiati

I forgiati sono i prodotti dell'operazione di fucinatura (o forgiatura), che consiste nella lavorazione a caldo dei metalli mediante pressatura.

Si preferisce un fucinato ad una fusione o ad una modellatura di macchina utensile perché la fucinatura conferisce al particolare caratteristiche meccanico-fisiche migliori.

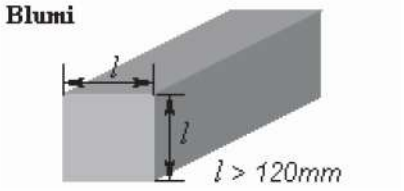
Con la fucinatura si ottengono forme o complessi di forme geometricamente semplici dalle quali, per successiva lavorazione meccanica, si ricavano particolari di forma complessa.

Caratteristica di un pezzo fucinato è quindi quella di avere una forma soltanto simile a quella finita e con le dimensioni del pezzo finito.

I forgiati si possono suddividere in gruppi sulla base di caratteristiche morfologiche simili:

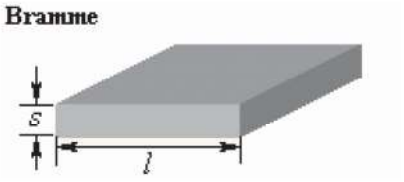
BLUMI

Sono prodotti da lingotto per fucinatura o laminazione nel senso dell'asse del lingotto. Hanno sezione quadrata a partire da 120 mm di lato.



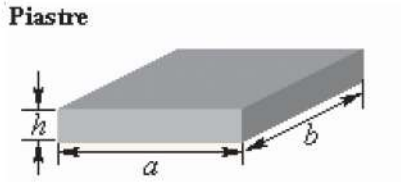
BRAMME

Sono prodotti da lingotto come i blumi. Hanno sezione rettangolare con una larghezza l ed uno spessore s.



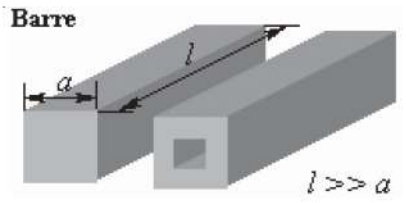
PIASTRE

Le piastre sono fucinati a forma di parallelepipedo che hanno le misure a e b superiori alla misura assiale h.



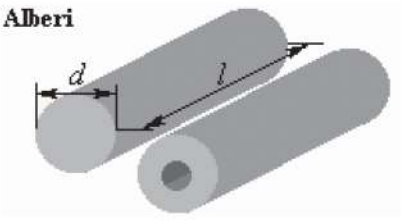
BARRE

Sono fucinati con sezione poligonale (quadrata, esagonale, ecc.) e lunghezza l di gran lunga superiore alla misura caratteristica del poligono. Possono presentare fori passanti o ciechi.



ALBERI

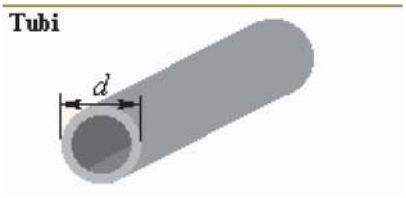
Gli alberi sono come le barre, ma con sezione tonda. Come le barre, possono presentare fori passanti o ciechi.



BUREAU VERITAS 30/11/2013

TUBI, MANICOTTI e VIROLE

Si definiscono manicotti, tubi e virole quei forgiati cavi nei quali la deformazione principale avviene in senso assiale.



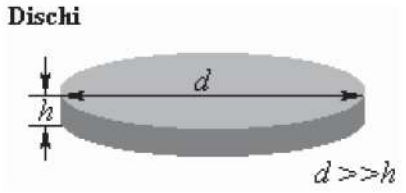
ANELLI

Si definiscono anelli quei forgiati cavi nei quali la deformazione principale avviene in senso circonferenziale.



DISCHI

I dischi sono fucinati di forma cilindrica con il diametro di base d superiore alla misura assiale h.



- Getti

La tecnologia di fusione si utilizza specialmente per la realizzazione di componenti di forma geometrica complessa, che non è economico realizzare con altri metodi di fabbricazione.

Caratteristica di un pezzo fuso (getto) è quindi quella di avere una forma prossima a quella finita.

Ci sono vari processi industriali di fusione (colata in sabbia, colata in conchiglia, colata centrifuga, colata sotto pressione, ecc.). Qui sotto sono riportate le fasi del ciclo di fabbricazione dei getti con la tecnica di **colata in sabbia**.

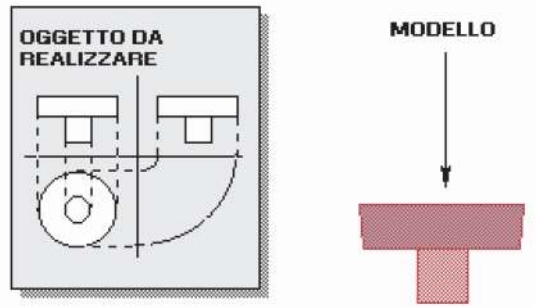
1. Costruzione del modello
2. Costruzione della forma
   a) aggiunta dei supporti
   b) eliminazione dei supporti

3. Colaggio in forma
4. Pulizia e taglio materozze
5. Lavorazioni finali

1. Costruzione del modello

Il modello è un campione del pezzo che si vuole ottenere, realizzato in un materiale più tenero come legno o polistirolo.

Il modello viene usato per la realizzazione della forma.

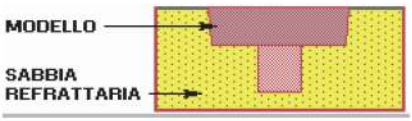


BUREAU VERITAS 30/11/2013

2. Costruzione della forma

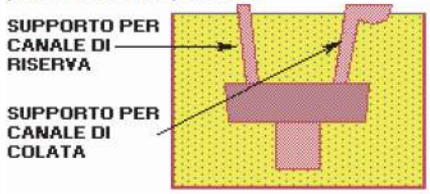
Copia impronta

La forma è il "negativo" del pezzo che si vuole ottenere.
Questa viene realizzata in sabbia refrattaria impastata con leganti chimici, che una volta indurita diventa simile a cemento refrattario.
La mescola, ancora fluida, viene costipata contro il modello e indurendo copia l'impronta del pezzo che si vuole ottenere.



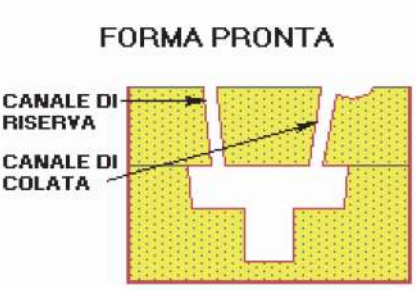
Aggiunta supporti

Vengono aggiunti i supporti per la creazione dei canali di colata (per l'alimentazione dell'acciaio liquido) e dei canali di "riserva" (che servono a rendere "direzionale" la solidificazione del getto). I difetti si assommano tutti nell'ultima parte che solidifica (materozze). A solidificazione completa, questa parte verrà asportata.



Eliminazione supporti

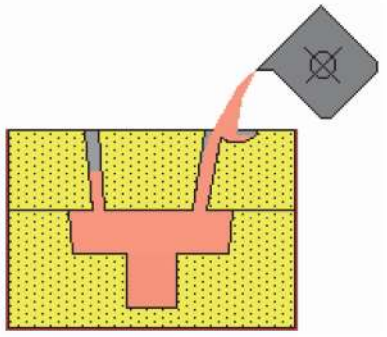
Eliminati i supporti, la forma è pronta per la colata.



3. Colaggio in forma

Il colaggio in forma avviene ad una temperatura superiore di 50-100°C al punto di fusione del metallo.

Alla fine del colaggio le materozze vengono ricoperte con polveri isolanti per ritardarne la solidificazione.



4. Pulizia e taglio materozze

A solidificazione completa si apre la "cassaforma" di sabbia, si tagliano i canali di colata e le materozze e si procede alla pulizia superficiale del getto. I difetti trovati vengono asportati e successivamente riempiti mediante riporti di saldatura con materiale adatto.

5. Lavorazioni finali

Il ciclo di lavorazione del getto si completa con :
- trattamento termico di qualità
- finitura di macchina utensile
- collaudi

BUREAU VERITAS 30/11/2013

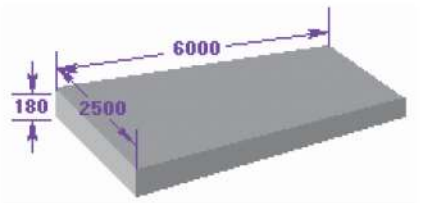
- Lamiere

Le lamiere sono tipici prodotti piani ottenuti per laminazione. Le varie fasi del processo produttivo si possono così riassumere :

1. produzione del **lingotto**
2. dal lingotto per laminazione a caldo si ottiene lo ***slebo***

Lo *slebo* è una piastra di dimensioni notevoli, avente lo stesso volume del lingotto di partenza. Le dimensioni usuali per uno slebo sono 180 X 2500 X 6000 mm .

Slebo

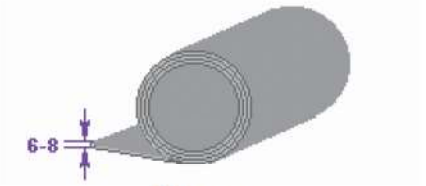


Gli slebi, prima di subire ulteriori laminazioni devono essere ripuliti dai difetti superficiali preesistenti sul lingotto. Tale operazione viene effettuata mediante procedimenti vari (molatura, scalpellatura pneumatica, asportazione di fiamma) che vanno globalmente sotto il nome di *condizionamento*.

3. dallo slebo si ottiene un grande **nastro avvolto** (*COIL*) oppure le ***bramme***

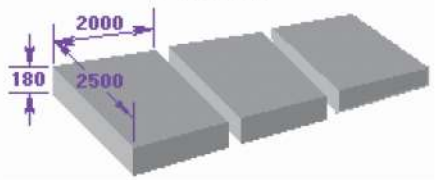
Dalla laminazione a caldo dello slebo al treno continuo (più gabbie di riduzione in serie) si ottiene un grande nastro avvolto (**coil**) dello spessore di 6-8 mm.

Coil



Le **bramme** si ottengono tagliando lo slebo in più segmenti di lunghezza di 800-2000 mm.

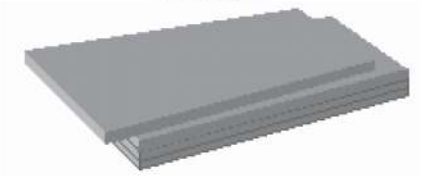
Bramme



4. dalla laminazione a caldo delle bramme si ottengono le **lamiere**

Le **lamiere** si ottengono dalla laminazione a caldo delle bramme per mezzo di laminatoi reversibili. Lo spessore delle lamiere ottenute a caldo varia dai 10 ai 150 mm per applicazioni cantieristiche e dai 4 ai 10 mm per lavorazioni plastiche (stampaggio, ecc..).

Lamiere



5. dai nastri, per successiva laminazione a freddo, si ottengono i **coils a freddo**

Dai coils a caldo, per successiva laminazione a freddo mediante laminatoio continuo, si ottengono i coils a freddo (o lamierini) utilizzati per carrozzerie di autoveicoli ed altre applicazioni. Lo spessore di questi prodotti varia in genere a partire da 0.6 mm.

Coils a freddo



BUREAU VERITAS 30/11/2013

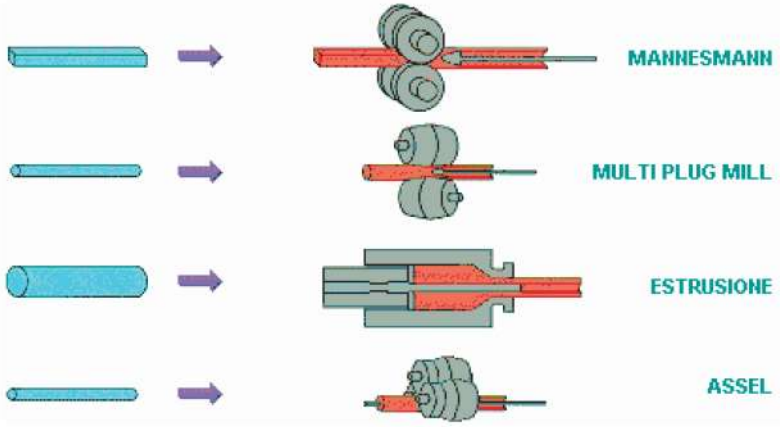
- Tubi

La parola tubo indica un corpo cavo, cilindrico, aperto alle due estremità ed adatto a convogliare fluidi. I prodotti tubolari sono ottenuti mediante processi di fabbricazione differenti, ciascuno dei quali conferisce al prodotto caratteristiche qualitative (come finitura, dimensioni e discontinuità) che sono peculiari del processo di fabbricazione stesso.

A seconda della tecnica di fabbricazione, i tubi si classificano in:

- **tubi senza saldatura**

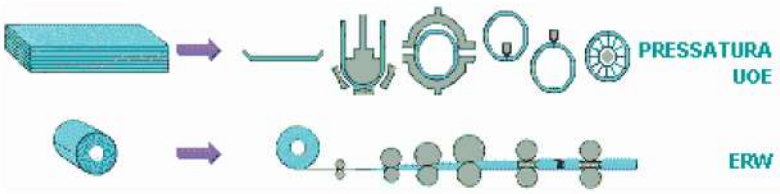
Sono ottenuti per deformazione plastica di masselli di acciaio, riscaldati a temperatura opportuna e lavorati con macchine adatte



Tubi senza saldatura

- **tubi saldati**

Sono ottenuti unendo, mediante saldatura, i lembi di una striscia di lamiera opportunamente "deformata"



Tubi saldati

1.4 DIFETTOLOGIA

1.4.1 Discontinuità nell'acciaio

Le discontinuità presenti nell'acciaio possono essere suddivise, in base alla loro genesi, in cinque gruppi. A queste si aggiunge una ulteriore classe per i difetti in esercizio:

Discontinuità	Descrizione
- congenite nel materiale	Sono discontinuità originate dalla presenza di elementi come ossidi, solfuri, idrogeno disciolto
- da bagno metallico	Sono inclusioni non metalliche che si possono formare nell'elaborazione dell'acciaio, a causa del processo di affinazione.
- durante la colata	Sono discontinuità che insorgono durante la fase di colata e solidificazione del lingotto.
- da lavorazioni a caldo	Sono discontinuità che insorgono quando la fucinatura è eseguita a temperatura non corretta (troppo bassa, o troppo alta, o non omogenea).
- da trattamento termico	Sono discontinuità di tipo superficiale, che possono essere causate da una non corretta esecuzione del trattamento termico, o anche da problemi legati alla particolare geometria del pezzo ed alla velocità critica di raffreddamento.
- che insorgono durante l'esercizio	Circa il 90% dei cedimenti degli organi meccanici durante l'esercizio avviene per il fenomeno della fatica. Le discontinuità che insorgono nei materiali durante l'esercizio sono quindi essenzialmente cricche (microcricche, cricche di fatica, ecc...)

Ricordiamo che per discontinuità si deve intendere una interruzione della struttura fisica di un manufatto, che non pregiudica necessariamente l'utilizzo del manufatto stesso.

Solo dopo che la discontinuità è stata valutata sulla base di un criterio di accettabilità, si può eventualmente parlare di difetto e della opportunità di utilizzare il manufatto stesso.

BUREAU VERITAS 30/11/2013

- ***Discontinuità congenite nel materiale***

Ossidi.

Provengono dalla reazione dell'ossigeno con elementi ossidabili (Fe, Ca, Si, Al, V, Ti, etc.).

La presenza di ossidi influenza la lavorabilità a caldo del materiale. Se sono ossidi duri possono provocare delle rotture superficiali o interne o diventare punti di concentrazione di sforzi.

Con la fucinatura non vengono eliminati, ma deformati o spezzettati secondo le deformazioni principali di lavoro.

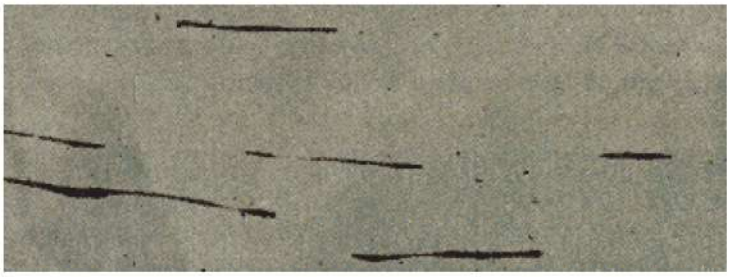


Aspetto micrografico di inclusioni frantumate nella laminazione

Solfuri.

Lo zolfo presente nell'acciaio si combina con il ferro e con il manganese per formare solfuri.

I solfuri sono molto plastici e seguono la deformazione del materiale assumendo una distribuzione in base alla direzione principale di deformazione.



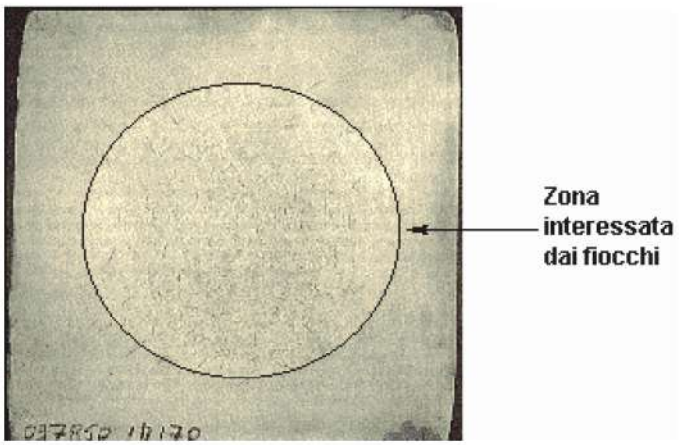
Aspetto micrografico di inclusioni allungate nella laminazione

Fiocchi.

Sono dovuti alla presenza di idrogeno disciolto nell'acciaio. In seguito alla lavorazione a caldo e al successivo raffreddamento, l'idrogeno tende a riunirsi in "sacche" dove la pressione raggiunge valori elevatissimi e provoca delle piccole lacerazioni a forma di lente.

I fiocchi sono un difetto grave in quanto diventano inneschi per possibili rotture a causa della loro forma.

Sono eliminabili con una lavorazione successiva a caldo e un adatto ciclo di trattamento antifiocco.



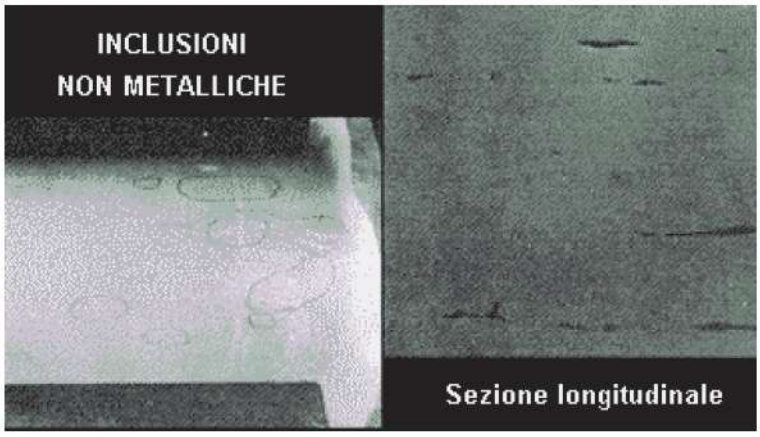
Aspetto dei fiocchi in una sezione trasversale di una billetta quadrata

BUREAU VERITAS 30/11/2013

- ***Discontinuità che insorgono nell'elaborazione del bagno metallico***

Nell'elaborazione dell'acciaio, a seguito del processo di affinazione, si possono formare:

- inclusioni non metalliche; le più comuni sono quelle di silice ed allumina.
- più rare sono invece le inclusioni metalliche, quali quelle di stagno e rame, in quanto presenti nel rottame di partenza.





- ***Discontinuità che insorgono durante la colata***

Le principali tipologie di queste discontinuità sono :

1. inclusioni

Durante la colata può accadere che parti di refrattario si stacchino dalla siviera, dal canale di colata o da altre attrezzature, oppure possono verificarsi fenomeni di riossidazione per il contatto con l'aria durante i travasi.
Durante la solidificazione, le inclusioni inglobate nell'acciaio tendono a concentrarsi nella parte alta del lingotto (materozza) per cui con l'eliminazione della materozza in quantità sufficiente vengono quasi integralmente eliminate.

Le dimensioni sono variabili (da molto piccole a molto grandi, dell'ordine di qualche centimetro cubo). Sono visibili agli ultrasuoni, compatibilmente con le loro dimensioni in quanto sono di materiale diverso dall'acciaio.

2. discontinuità di cristallizzazione

L'acciaio colato nelle lingottiere inizia la sua solidificazione dalle parti più esterne e con velocità di raffreddamento diverse tra la parte esterna e quella interna.

Ai nuclei di solidificazione primari si aggiunge sempre più materiale solido, ma non in forma ordinata, bensì ramificata in tutte le direzioni, dando origine al fenomeno del dendritismo.

Il fenomeno non pregiudica comunque la sanità del pezzo in quanto limitato alla superficie ed è di fatto eliminabile con le successive lavorazioni a caldo.

3. discontinuità di segregazione

La segregazione è un fenomeno che interessa grossi lingotti o forme geometriche che presentano punti critici per questo fenomeno (spigoli). E' dovuta al fatto che iniziano a solidificare prima i materiali più altofondenti e poi via via gli altri.
Questo comporta una differenza di composizione chimica del materiale che in genere si accentua nella zona assiale dei forgiati.

4. cavità da ritiro

Sono dovute alla diminuzione di volume che si ha durante il raffreddamento (nell'acciaio la variazione di volume è pari a circa il 6%). Tale riduzione può dare origine a cavità nella zona che si solidifica per ultima (zona della materozza).

BUREAU VERITAS 30/11/2013

Le cavità sono eliminabili con appropriati cicli di fucinatura o laminazione, in virtù delle proprietà che ha l'acciaio di saldarsi con la sola temperatura al contatto di due superfici (purché non ossidate).

5. cricche

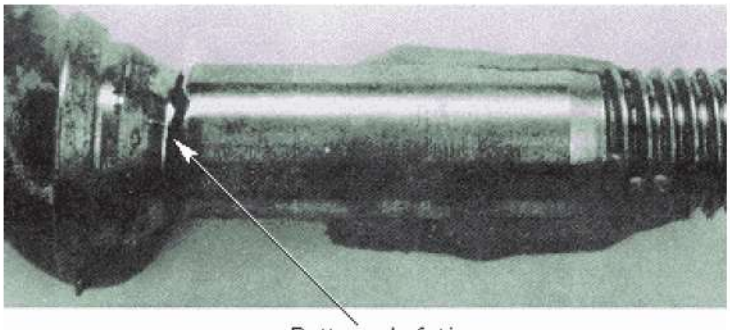
Le cricche che si formano durante la colata dell'acciaio sono dovute a parametri di colata sbagliati o ad errori di procedimento.

Interessano più il campo dei controlli superficiali che gli ultrasuoni. Potrebbero essere di pertinenza del controllo con ultrasuoni se in seguito alla fucinatura venissero spinti all'interno del materiale.

- ***Discontinuità che insorgono nel materiale durante l'esercizio***

Circa il 90% dei cedimenti degli organi meccanici durante l'eser-cizio avviene per il fenomeno della fatica.

Il fenomeno si manifesta nei materiali sottoposti a sollecitazioni variabili nel tempo (oscillanti).

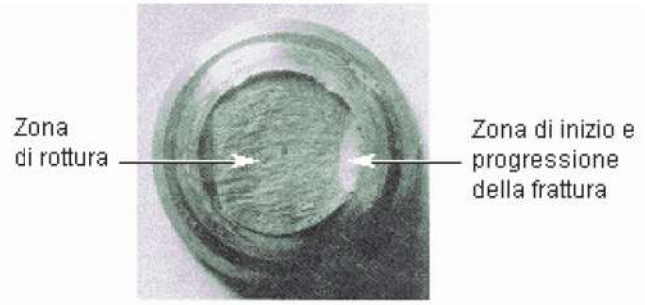


Rottura da fatica

La rottura per fatica è improvvisa e si verifica senza che sia stato raggiunto in alcun punto della sezione il carico di rottura.

La superficie della frattura ha un aspetto caratteristico; vi si distinguono due zone: una liscia, talvolta ossidata con delle linee parallele, e una brillante a grana cristallina.

L'aspetto mostra come la frattura abbia avuto origine con una lesione che è andata progres-sivamente e lentamente aumen-tando fino alla rottura finale.



Superficie di rottura

BUREAU VERITAS 30/11/2013

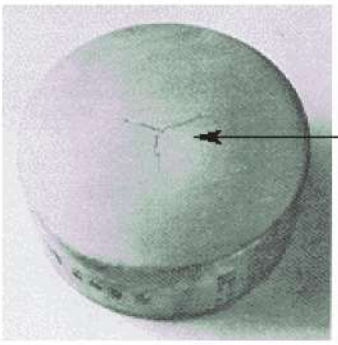
1.4.2 Discontinuità nei forgiati

Nei forgiati ottenuti direttamente dal lingotto (sbozzati), possono ritrovarsi le discontinuità tipiche dell'acciaio. In alcuni tipi di forgiati la parte centrale dello sbozzato viene asportata e le discontinuità che potrebbero derivare dal lingotto vengono così quasi tutte eliminate.

Le discontinuità che si possono formare durante il processo di forgiatura sono di due tipi principali.
- strappo da fucinatura
- ripiegatura.

Lo **strappo da fucinatura** (o fessura da scoppio) consiste in una rottura causata da una non corretta (troppo bassa) temperatura di fucinatura.

In queste condizioni il materiale non raggiunge il sufficiente grado di plasticità e si strappa. Gli strappi da fucinatura (o fessure da scoppio) possono verificarsi sia sulla superficie che all'interno del pezzo (strappi subsuperficiali).



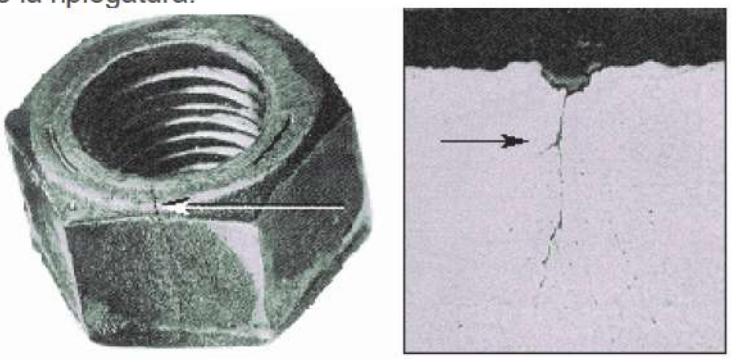
Strappo da fucinatura : sezione di barra forgiata

Nota La temperatura di forgiatura, oltre che non essere troppo bassa, non deve neanche essere troppo elevata, altrimenti potrebbero verificarsi sulla superficie anomalie, quali decarburazione e bruciature, e al cuore ingrossamento del grano.

Il secondo tipo, classico della fucinatura, è la ripiegatura.

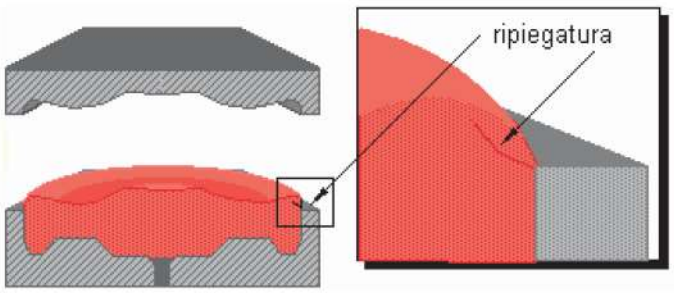
Una **ripiegatura** (o ricalcatura) è dovuta ad una parte di materiale che invece di scorrere e di distendersi si accavalla sovrappo-nendosi sulla superficie del forgiato stesso.

Con i successivi cicli di fucinatura la ripiegatura viene spinta all'interno del materiale.



Ripiegatura: aspetto tipico e micrografico

Un altro tipo di ripiegatura si genera nella forgiatura con stampo se le superfici dei calibri non combaciano perfettamente.
Quando il pezzo da forgiare è pressato dentro i calibri, nelle zone di giunzione tende a fuoriuscire del materiale che, con i colpi successivi di pressatura, viene ripiegato sulla superficie stessa dando origine ad una ripiegatura.

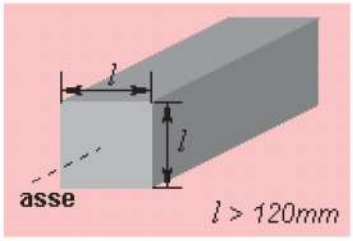


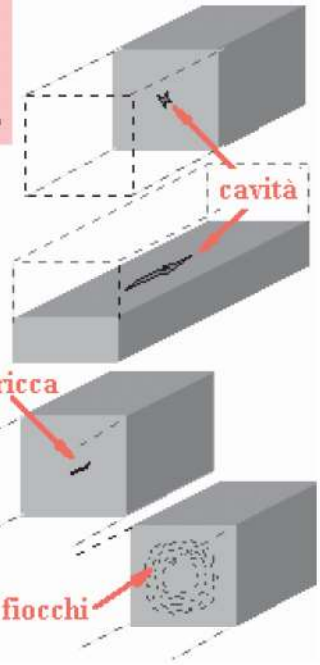
BUREAU VERITAS 30/11/2013

Forgiati con caratteristiche morfologiche simili hanno anche tipologie di discontinuità simili.

Esamineremo quindi le discontinuità nei forgiati assumendo la seguente suddivisione in gruppi:

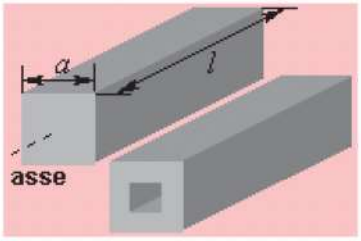
BLUMI

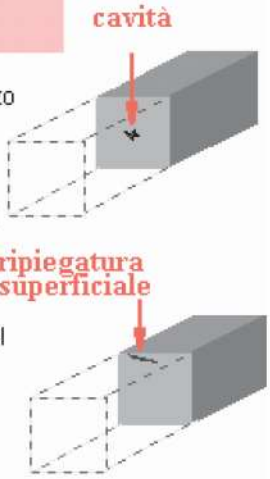




Essendo prodotti di prima trasformazione, possono esserci differenze di struttura tra superficie e cuore.
La zona difettosa è normalmente quella centrale, dove si possono riscontrare **cavità** non saldate dalla riduzione, **residui di fiocchi** (se non è stato eseguito un corretto trattamento antifiocco), **cricche di fucinatura, porosità ed inclusioni non metalliche**.

BARRE

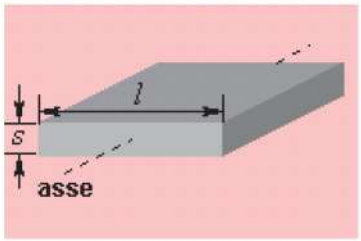


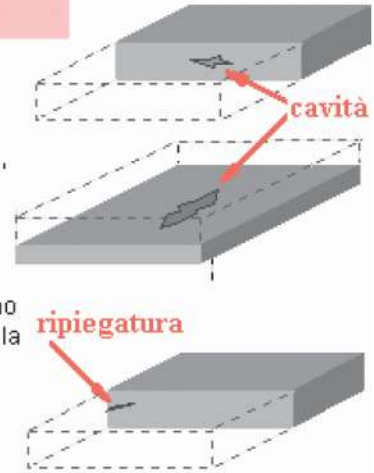


In generale l'asse del pezzo coincide con l'asse del lingotto originale. Verso il centro del pezzo si ritrova quindi la zona centrale del lingotto; è qui che normalmente si concentrano le discontinuità, che sono del tipo di quelle riscontrabili nei blumi.

Un'altra discontinuità che si può trovare con una certa frequenza è la **ripiegatura superficiale**.

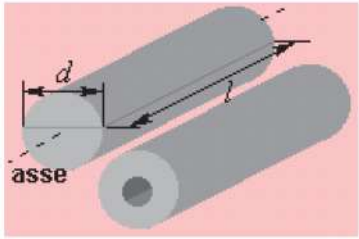
BRAMME

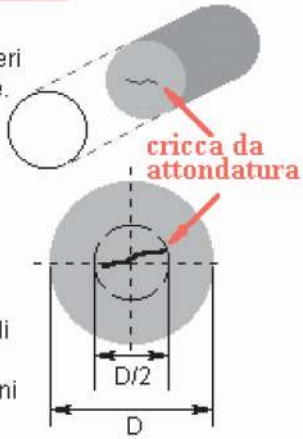




Le discontinuità che vi si possono trovare sono le stesse dei blumi.
Durante la trasformazione, è stata operata una riduzione maggiore in un senso che in un altro; pertanto i difetti, anzichè tondeggianti, si presentano più allargati nel senso della deformazione maggiore.
Nelle bramme è inoltre possibile riscontrare, con una certa frequenza, la presenza di **ripiegature** sul bordo.

ALBERI

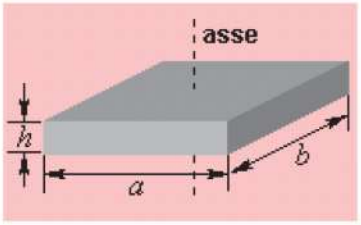




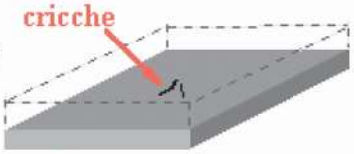
Le discontinuità che si possono trovare negli alberi sono le stesse delle barre.
In più nella zona centrale degli alberi (D/2) si possono trovare delle **cricche di fucinatura** se il procedimento di attondatura non è stato eseguito con le dovute precauzioni. I difetti centrali (D/4) sono i meno pericolosi perchè i più vicini all'asse; una possibile ripara-zione potrebbe essere quella di forare l'albero ed asportare tutta la zona pericolosa.

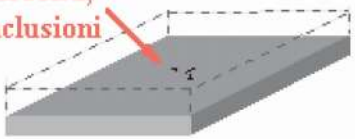
BUREAU VERITAS 30/11/2013

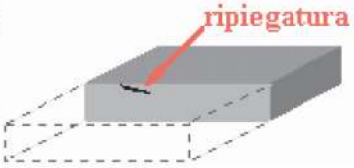
PIASTRE



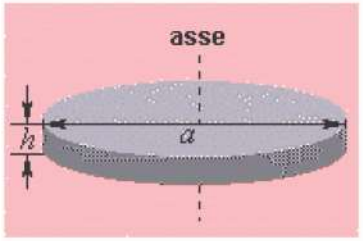
In generale le piastre sono ottenute per ricalcatura, per cui l'asse del pezzo coincide con l'asse del lingotto originale.
Verso il centro del pezzo si ritrova quindi la zona centrale del lingotto ed è qui che normalmente si concentrano le discontinuità.
Un'altra discontinuità che si può trovare con una certa frequenza è la **ripiegatura** superficiale su una faccia.



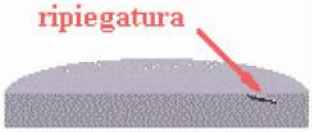




DISCHI



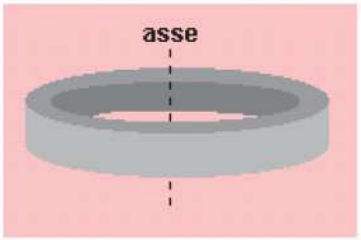
Le discontinuità sono le stesse che si ritrovano nelle piastre.



Con maggior frequenza nei dischi che nelle piastre, si possono verificare **cricche superficiali** sul bordo o sugli spigoli.

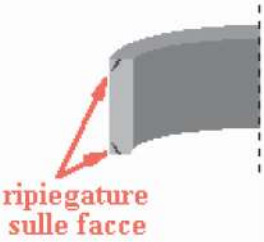


ANELLI E FLANGE

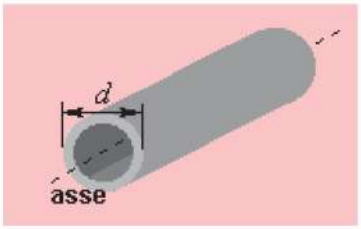


Per fabbricare un anello viene asportata la parte centrale dello sbozzato; le discontinuità dal lingotto vengono quasi tutte eliminate. I possibili difetti sono **cricche di fucinatura** sui bordi o all'interno e **ripiegature**.
Negli anelli a fascia alta e stretta, durante la fucinatura il materiale tende a salire più all'esterno e forma dei bordini, che non sempre vengono riassorbiti nell'azione di spianatura; si possono così avere ripieghi anche sulle facce.



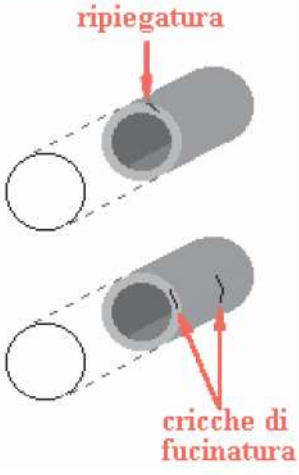


MANICOTTI, TUBI E VIROLE



Il processo di fabbricazione prevede l'asportazione della parte centrale del massello di partenza; quindi i difetti che potrebbero derivare dal lingotto vengono quasi tutti eliminati.

Le possibili discontinuità sono le stesse degli anelli.



BUREAU VERITAS 30/11/2013

1.4.3 Discontinuità nei getti

Le discontinuità che si ritrovano nei getti sono, in linea di massima, le stesse del lingotto (un lingotto può essere infatti considerato come un getto grossolano). Esistono tuttavia delle differenze dovute al fatto che un getto ha, di norma, una forma geometrica più complessa di quella del lingotto. Ciò che cambia, assieme alla forma geometrica, è la dinamica di solidificazione.

Il lingotto ha una forma geometrica semplice e i fenomeni legati alla solidificazione si presentano in maniera lineare.

Un getto presenta una dinamica di solidificazione complessa che a volte causa discontinuità impreviste.

Oltre alle discontinuità congenite nel materiale e a quelle che insorgono nell'elaborazione del bagno metallico (per le quali vale quanto detto per i lingotti), nei getti si possono trovare :

- ***discontinuità che insorgono durante la colata***

  Durante la colata possono formarsi inclusioni non metalliche di composizione chimica complessa. Nel getto solidificato le inclusioni si presentano o come grossi "panni" di inclusioni disposti parallelamente alla superficie del getto, oppure come "nuvole" ben localizzate di piccole inclusioni.

  Le inclusioni possono essere originate da :
  - la reazione dell'acciaio con l'ossigeno dell'aria (ossidi secondari);
  - le reazioni dell'acciaio e degli ossidi secondari con refrattari e sabbia (ossidi complessi);
  - il distacco di piccole parti della forma.

  Un secondo tipo di discontinuità è la ripiegatura fredda, che si forma quando del metallo fuso è colato sopra un metallo già solidificato (ad es.: il metallo versato produce degli schizzi se colpisce la forma troppo duramente; gli spruzzi sulle pareti solidificano rapidamente e, quando il livello del metallo fuso li raggiunge, si formano le ripiegature).

- ***discontinuità da reazione con la forma***

  Quando la temperatura di colaggio è troppo elevata, si può avere una reazione tra l'acciaio e lo strato superficiale della forma di sabbia (sinterizzazione) e la formazione di uno strato di materiale con caratteristiche intermedie tra il metallo e la sabbia.

  Che si formi questo strato non è di per sé grave, ma è bene rimuoverlo perché potrebbe nascondere difetti più gravi.

- ***discontinuità da trattamento termico***

  Possono essere causate da una non corretta esecuzione del trattamento termico, ma anche da problemi relativi alla particolare geometria del pezzo e dalla velocità critica di raffreddamento.

  La geometria complessa dei pezzi genera tensioni che possono essere eccessive e generare rotture. I difetti da trattamento termico sono per lo più esterni (superficiali).

BUREAU VERITAS 30/11/2013

- **discontinuità che si formano durante la solidificazione**

A causa della geometria complessa del getto, la solidificazione può procedere in modo non uniforme e quindi generare discontinuità del tipo qui elencate.

- **Coni da ritiro**
  A causa di non perfette alimentazioni del getto da parte delle materozze, si possono formare dei vuoti detti coni da ritiro. Le zone del getto che solidificano per prime (quelle a spessore più sottile) attirano materiale liquido dalle zone più calde non ancora solidificate. Quando anche in queste zone il metallo è quasi solidificato esso non scorre più e si creano le cavità.

- **Porosità**
  la chiusura anticipata di uno spessore del getto può determinare la formazione di vuoti di forma sferica molto piccoli e ben distribuiti

- **Segregazioni**
  Sono drastiche variazioni di analisi chimica con allineamenti di grossi solfuri, spesso dovute alla crescita anomala delle dendriti a seguito della presenza di punti in cui è più difficile la perdita di calore da parte della forma

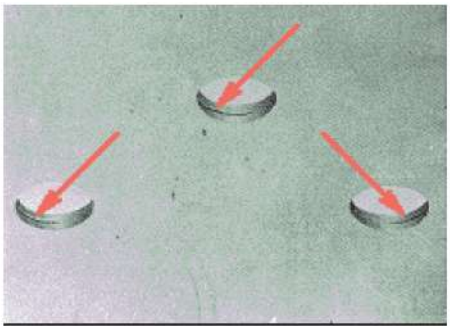
- **Strappi a caldo**
  Sono cricche dovute a cedimenti a caldo, localizzate nelle zone più calde della superficie del getto. Se la fusione ha zone con spessori sottili ed elevati, quelle con spessore sottile solidificheranno prima. A causa di ciò anche i ritiri nel materiale non saranno uniformi e si creeranno tensioni interne fra le varie zone a differente temperatura che daranno luogo agli strappi.

BUREAU VERITAS 30/11/2013

1.4.4 Discontinuità nelle lamiere

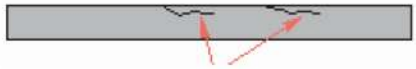
Le discontinuità presenti nel lingotto tendono a permanere nelle lamiere, anche se con aspetto morfologico alterato dalle successive laminazioni.

A lato è mostrato l'effetto della laminazione sulle inclusioni non metalliche rimaste intrappolate nel lingotto durante la solidificazione (e non asportate): le inclusioni si appiattiscono e si allungano, principalmente nel senso della laminazione.



Nelle lamiere vengono individuate le seguenti discontinuità:

PAGLIE



Sono difetti superficiali e sub-superficiali preesistenti nello slebo e non completamente asportati durante il condizionamento.

CRICCHE DA TENSIONE



Possono aversi in lamiere di un certo spessore in corrispondenza dei bordi in seguito alle operazioni di taglio comportanti incrudimenti localizzati o, più in generale, sollecitazioni trasversali.

BUGNE, IMPRONTE



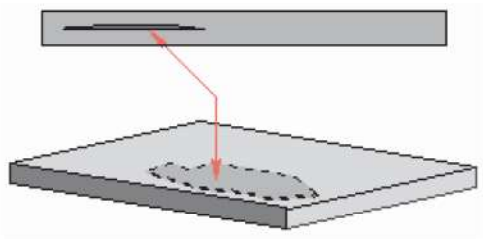
Sono discontinuità aperte in superficie, dovute a corrispondenti irregolarità sulla superficie di lavoro dei cilindri del laminatoio.

INCLUSIONI



Sono difetti preesistenti nel lingotto; si suddividono in refrattarie e plastiche.

SDOPPIATURE



Sono normalmente dovute a residui del polmone di ritiro primario o secondario del lingotto; trattandosi di cavità con superfici ossidate, durante la laminazione non avviene la saldatura di queste per cui risulta una ampia discontinuità planare.

SEGREGAZIONI



Derivano direttamente dalle segregazioni del lingotto e, per deformazione plastica, tendono ad assumere una forma stratificata, disponendosi entro il terzo medio dello spessore della lamiera.

Normalmente sono dannose quando la lamiera viene sottoposta a forti sollecitazioni trasversali (per lamiere di spessore superiore a 50 mm).

Un tipico fenomeno conseguente la presenza di forti segregazioni è lo strappo lamellare.

BUREAU VERITAS 30/11/2013

1.4.5 Discontinuità nei tubi

Le discontinuità che si riscontrano nel tubo laminato si dividono in due categorie:

- **discontinuità congenite**, discontinuità presenti nel materiale di partenza
- **discontinuità di fabbricazione**, discontinuità dovute al processo di fabbricazione

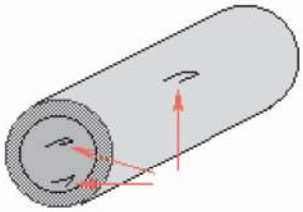
Spesso non è facile stabilire a vista se una discontinuità è dell'uno o dell'altro tipo, perché a volte le due cause si sovrappongono oppure i difetti si presentano con uguale aspetto.

- Discontinuità congenite

Alcune delle discontinuità che si osservano nel tubo sono causate da discontinuità presenti nel materiale usato per la fabbricazione del tubo stesso.

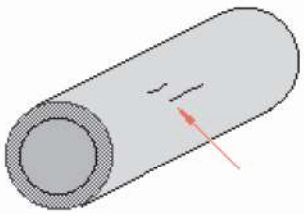
L'aspetto originale delle discontinuità è alterato dai processi di lavorazione del tubo.

PAGLIE



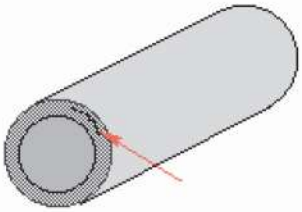
Le **paglie** sulla superficie sono discontinuità superficiali e subsuperficiali preesistenti nel lingotto e non completamente asportate.

SCAGLIE



Le **scaglie** sulla superficie esterna sono discontinuità superficiali e subsuperficiali preesistenti nel lingotto e non completamente asportate.

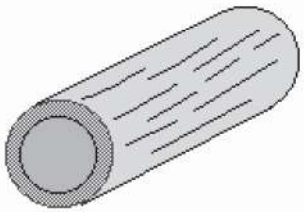
INCLUSIONI NON AFFIORANTI



Sono discontinuità dovute a soffiature esistenti nel lingotto

INCLUSIONI AFFIORANTI

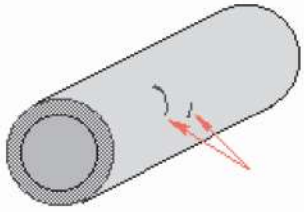
Sono discontinuità causate dalla presenza di composti di rame, stagno, antimonio, nichel e zolfo, notoriamente bassofondenti.



BUREAU VERITAS 30/11/2013

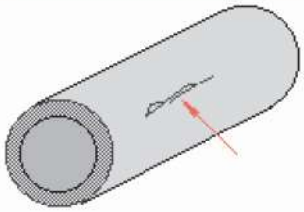
- Discontinuità di fabbricazione – Processo Mannesman

STAMPATURE



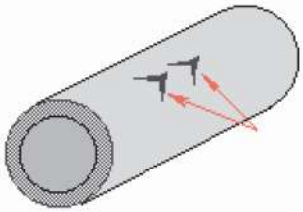
Sono discontinuità superficiali dovute a materiale estraneo che si interpone fra cilindro e tubo.

RIPIEGATURA O SCAGLIA



Le **ripiegature** sono dovute alla chiusura in fase di laminazione di avvallamenti sul forato.
Le **scaglie** hanno una evoluzione analoga alle ripiegature, ma causata dai cilindri di laminazione.

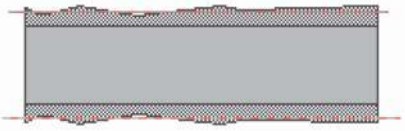
ROTTURE A GRADI DI CAPORALE



Si tratta di discontinuità dovute alla variazione di velocità dei cilindri e ad un anormale scorrimento del materiale.
E' un difetto pericolosissimo e di difficile individuazione.

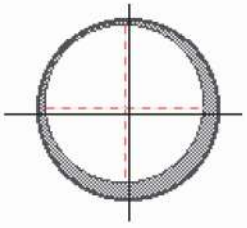
EFFETTO " CANNA DI BAMBU' "

Sono fluttuazioni dello spessore del tubo nella direzione longitudinale, a seguito del processo di fabbricazione.



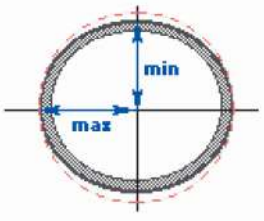
ECCENTRICITA'

E' una discontinuità di tipo "dimensionale" che consiste nella mancanza di coassialità tra diametri esterni ed interni del tubo.



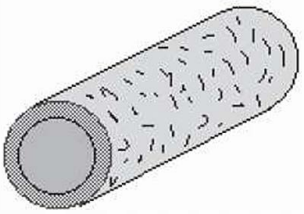
OVALIZZAZIONE

E' un difetto di tipo "dimensionale" che consiste nella mancanza di circolarità del tubo, ossia diametro fluttuante tra un massimo ed un minimo.



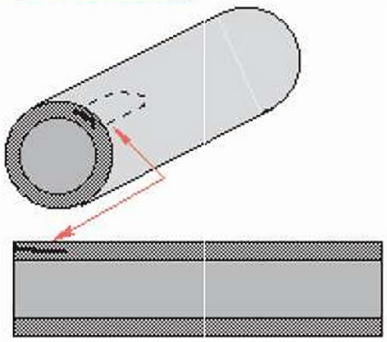
- Discontinuità di fabbricazione – Processo per estrusione

BUCCIA DI ARANCIA



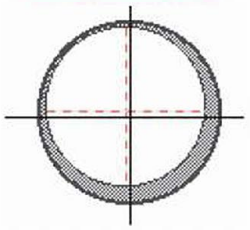
Difetti superficiali dovuti a carenza di lubrificazione durante il processo di estrusione o all'utilizzo di un lubrificante non idoneo.

SDOPPIATURE



Se la temperatura della billetta al momento della estrusione è troppo elevata, vi può essere uno scorrimento differenziato tra le superfici a contatto con le attrezzature e le zone più interne del materiale.

ECCENTRICITA'



L'eccentricità (mancanza di coassialità tra diametri esterni ed interni del tubo) può essere conseguente ad un riscaldamento non uniforme del materiale in fase di estrusione.