

# IL PROCESSO TECNOLOGICO DI PRODUZIONE MOLLE D'ACCIAIO

## Molle a spirale:



Le molle fabbricate dalle Allevard Rejna Autosospensioni, offrono caratteristiche tecniche avanzate e sono create per ottimizzare:

- ❑ peso e costo;
- ❑ volume;
- ❑ confort del veicolo e tenuta su strada.

Il risultato è una linea di molle elicoidali di forma semplice o complessa, dipendenti da alcuni fattori come ad esempio:

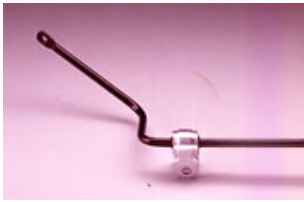
- ❑ asse diritto o curvilineo;
- ❑ filo di cross-section costante o variabile.

Grazie ai suoi costanti progressi e ad un totale controllo nei campi del:

- ❑ incurvamento a caldo e a freddo, secondo il tipo di molla;
- ❑ trattamenti anticorrosivi;
- ❑ sviluppo avanzato delle attrezzature.

La posizione leader in Europa dell'Allevard Rejna Autosospensioni è giustificata dalla sua abilità di soddisfare tutti i bisogni dei fabbricanti di automobili per tutti i tipi di veicoli equipaggiati con molle elicoidali.

### **Barre stabilizzatrici:**



L'Allevard Rejna Autosospensioni rifornisce di barre stabilizzatrici tutti i fabbricanti localizzati in Europa. Questo prodotto contribuisce ad aumentare il confort e la stabilità del veicolo quando supera le curve. Le barre stabilizzatrici sviluppate e fabbricate dall'Allevard Reyna Autosospensioni sono state create per riuscire a trovare un accordo nella contraddittoria coazione di:

- ❑ leggerezza;
- ❑ creare una linea in grado di ridurre il volume;
- ❑ accrescere la durata della vita, non solo della barra, ma anche degli anelli utilizzati nell'assemblaggio;
- ❑ funzionamento silenzioso;
- ❑ riduzione dei costi.

*In accordo con le indicazioni dei costruttori, l'Allevard Rejna Autosospensioni fornisce barre cave o barre preparate con sostegno di gomma e staffe di raccordo.*

In conclusione, essa padroneggia:

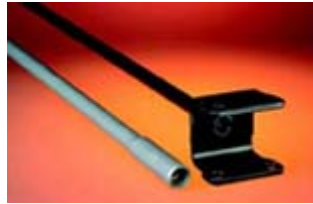
- ❑ processi di curvature a caldo e a freddo, incluse le piccole curvature;
- ❑ l'applicazione di questi processi a barre a sezione piena o tubolari;
- ❑ l'automatizzazione e la robotizzazione della linea di montaggio con uno sguardo alla riduzione dei costi;
- ❑ l'uso d'attrezzature di costruzione sofisticate.

L'Allevard Rejna Autosospensioni può fornire barre stabilizzatrici adatte a tutti i tipi di veicoli.

**Barre di torsione e straight bars (barre non curve):**



Barre di torsione



Straight bars

Le barre di torsione dell'Allevard Rejna Autosospensioni sono distribuite in ogni parte d'Europa, Asia, Nord e Sud America.

Esse offrono:

- ❑ altezza totale minima;
- ❑ viaggiare di più di quello che è offerto dalle molle tradizionali.

L'Allevard Rejna Autosospensioni realizza tutti i tipi di barre di torsione:

- ❑ con estremità seghettata o esagonale;
- ❑ a sezione piena o tubolare;
- ❑ per sospensioni anteriori o posteriori;
- ❑ conformi ai modelli dei vari continenti.

Grazie ai controlli e alle tecnologie utilizzate, l'Allevard Rejna Autosospensioni è l'azienda leader in questo campo.

**Essa, inoltre, realizza anche Straight bars (barre dritte o non curve) per torcere gli assi dei bracci.**

**Balestre paraboliche per veicoli commerciali leggeri o pesanti:**



Balestre paraboliche per veicoli commerciali leggeri



Balestre paraboliche multilama per veicoli commerciali pesanti

L'Alleward Rejna Autosospensioni fabbrica e diffonde molle in lamina d'acciaio per veicoli commerciali leggeri, con peso minori alle sei tonnellate, e balestre multilama per veicoli pesanti (un esempio sono i veicoli per movimento terra) e molle per il ferroviario.

Tali molle rappresentano attualmente l'ultima soluzione nel campo.

Il reparto adibito alla realizzazione delle molle d'acciaio è il reparto A, nel quale si sono potuti evidenziare 18 punti focali della produzione.

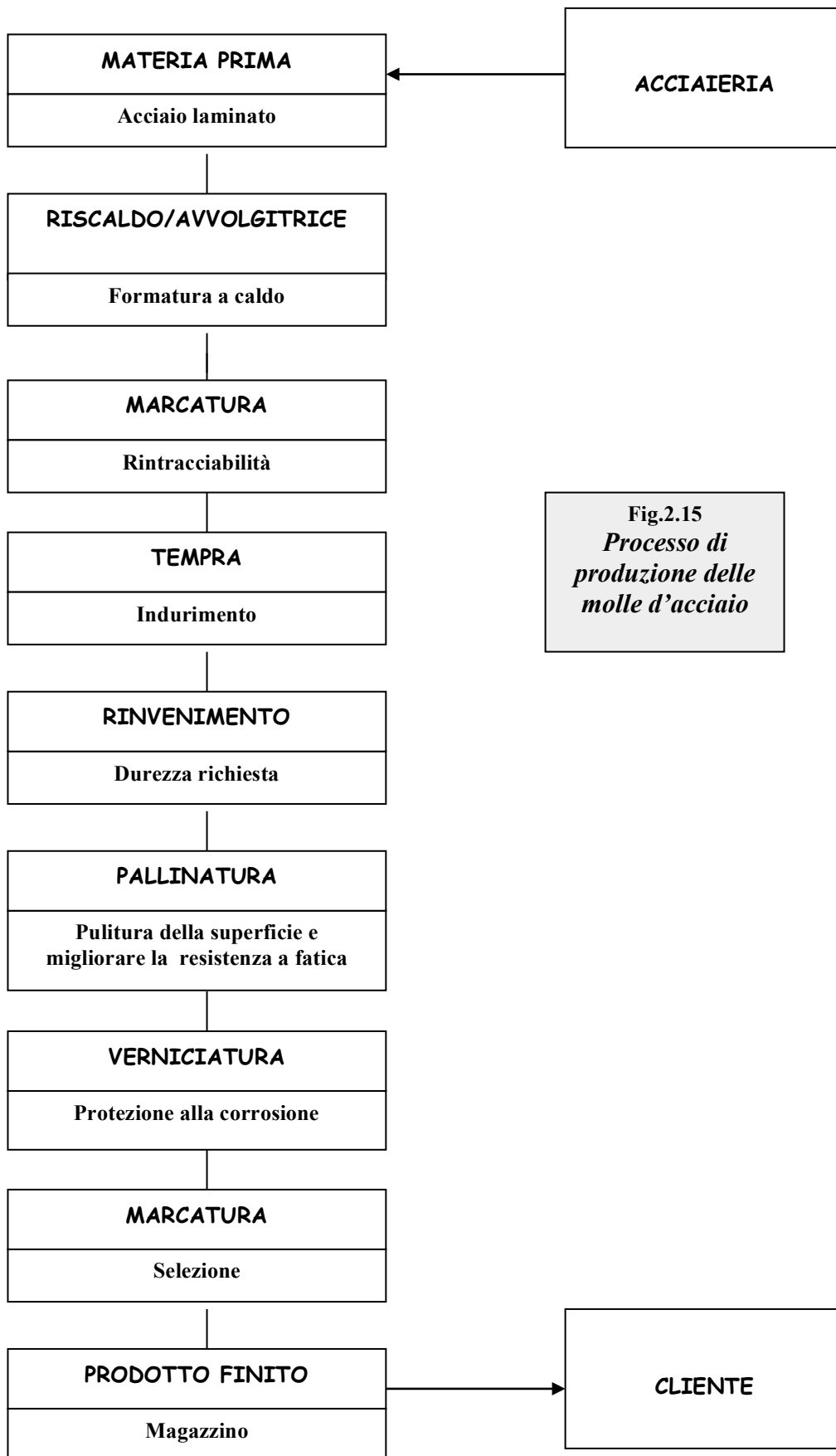
Prima di studiare i processi necessari alla realizzazione delle molle d'acciaio, è opportuno descrivere il *layout* utilizzato dalla linea di produzione della molla d'acciaio. Il layout utilizzato è il *layout per prodotto*:

In questo tipo di linea, il macchinario è posto in linea secondo il ciclo di lavorazione del prodotto, per cui fisicamente da una parte del layout entrano le materie prime e dall'altra esce il prodotto finito. Tali tipi di layout sono caratterizzati da:

- ✓ elevata efficienza, dovuta alla semplicità del flusso produttivo (riduzione dei tempi di trasporto);
- ✓ scarsa flessibilità, essendo nati per la produzione di un solo prodotto;
- ✓ riduzione dei costi di trasporto dei materiali e una riduzione del livello di scorte, dato che, il flusso del materiale è continuo;
- ✓ una semplificazione dei processi di controllo della produzione;
- ✓ una minore superficie di stabilimento richiesta, dato che le macchine sono poste in cascata.

Tale tipo di disposizione si addice alle seguenti circostanze:

- ✓ produzione di un solo prodotto;
- ✓ produzioni di grosse quantità.



**Fig.2.15**  
*Processo di  
produzione delle  
molle d'acciaio*

## RICEZIONE MATERIA PRIMA E DEPOSITO IN MAGAZZINO

L'analisi parte dall'evidenziare le fasi cruciali di ricezione materiale e consecutivo deposito in magazzino.

Una volta ricevuto i fasci d'acciaio, e effettuato il peso in portineria, il mezzo si presenta in area di accettazione e prima dello scarico dei fasci l'operatore dovrà accertarsi dello stato di usura delle cinghie di sollevamento sostituendo quelle non idonee. I fasci d'acciaio scaricati sono depositati su appositi listelli.

L'operatore deve controllare che tutti i fasci abbiano l'apposito cartellino. Qualora siano riscontrate discordanze sul numero di fasci o discordanze geometriche, l'operatore dovrà avvisare il suo responsabile che a sua volta dovrà segnalare la discordanza all'acciaieria fornitrice. In mancanza del cartellino d'identificazione l'operatore deve far presente dell'inconveniente agli addetti della qualità, i quali dovranno provvedere all'identificazione del fascio. A seguito dell'identificazione della materia prima in arrivo posta nell'area "delibera acciaio", si richiede l'intervento degli addetti alla qualità che dovranno provvedere ad accettare o scartare l'acciaio.

### Accettazione tondini d'acciaio

Il materiale arrivato dall'acciaieria è identificato da un cartellino contenente le seguenti informazioni:

- ✓ dimensioni;
- ✓ colata;
- ✓ tipo d'acciaio;
- ✓ quantità;
- ✓ numero dell'ordine;
- ✓ data d'arrivo.



Fig.2.16

Tutti questi parametri sono controllati in primo luogo dall'operatore addetto al momento dell'accettazione della materia tramite un controllo visivo e in seguito, quando la materia

prima è posta nella zona delibera acciaio, si esegue un ulteriore controllo in laboratorio, controllando:

- ✓ caratteristiche Report (analisi micrografica, analisi chimica, integrità del materiale);
- ✓ prove di durezza;
- ✓ dimensioni;

Questo è pertanto un controllo fatto al fornitore.

Le *acciaierie fornitrici* sono tutte certificate, nonostante questo esse rilasciano un *certificato di collaudo* in cui si specifica:

- ✓ cliente (Rejna S.p.A);
- ✓ codice identificativo ordine;
- ✓ tipologia di prodotto;
- ✓ quantità e dimensioni;
- ✓ colata;
- ✓ analisi chimiche;
- ✓ caratteristiche meccaniche.

### ***Caratteristiche Report***

Sono quelle caratteristiche che ciascun cliente dell'azienda (es. Gruppo Fiat) richiede e specifica all'interno di capitolati evidenziandole in appositi allegati. I controlli relativi a tali caratteristiche verranno depositati su appositi documenti; la documentazione dovrà essere archiviata per un periodo di tempo di almeno 15 anni dalla data di controllo della caratteristica stessa.

### ***Analisi dimensionale***

L'analisi dimensionale consiste nel prelevare un numero di campioni pari a 30 ispezionando su di esse, tramite micrometri e metri, le caratteristiche geometriche (diametro e lunghezza) dei tondini. Il controllo è eseguito settimanalmente ed il tutto è registrato su appositi modelli.

### ***Analisi micrografica***

L'analisi micrografica consiste nell'ispezione, per mezzo di microscopio, di una sezione del tondo prelevato per ciascun fascio. Il controllo è eseguito per ciascun colata in arrivo dall'acciaieria; l'insieme delle informazioni così raccolte sono registrate su un apposito modello.

Per poter verificare la struttura micrografica dell'acciaio vengono isolati dei saggi dall'acciaio. I saggi sono ricavati dal pezzo con un procedimento qualunque purché non comporti alterazioni persistenti nel materiale in esame. Dai saggi si ricavano le provette usando generalmente la sega; quest'operazione si esegue sotto un getto di acqua o di emulsione olio-acqua. Le operazioni necessarie per la preparazione delle provette consistono nella *spianatura*, *smerigliatura* e nella *lucidatura* della superficie delle stesse per renderla piana e speculare. Le operazioni inerenti alla preparazione della superficie piana e speculare devono essere condotte in modo da evitare qualsiasi alterazione del materiale in esame, dovuta ad azioni termiche o ad irregolarità d'origine meccanica. La *spianatura* viene eseguita con la lima o con la mola e, in quest'ultimo caso, con precauzione e con abbondante irrorazione d'acqua per non riscaldare la provetta; ad essa fa seguito la *smerigliatura* a mano o con dispositivi portanti carta abrasiva. La provetta viene passata successivamente su carta abrasiva a grana progressivamente decrescente (es. 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1000). Passando da una carta abrasiva all'altra, la provetta deve essere ruotata di 90° in modo che le righe prodotte dalla carta successiva risultino perpendicolari a quelle prodotte dalla carta precedente. La smerigliatura con una carta deve essere prolungata finché le righe prodotte dalla carta precedente siano scomparse.

Prima di passare la provetta con la carta successiva, essa deve essere accuratamente lavata con acqua. La *lucidatura* viene eseguita facendo aderire la provetta ad un disco di feltro o su un tessuto soffice teso su un disco rotante contro il quale vengono proiettate polveri abrasive in sospensione. Le polveri abrasive più comunemente utilizzate sono:

- ✓ allumina adatta a finiture normali;
- ✓ paste diamantate adatte a finiture più accurate.

A questo punto della prova è possibile eseguire la misura della durezza mediante durometro, e solo successivamente attaccando la superficie è possibile individuare i costituenti strutturali del materiale.

*L'attacco della superficie* delle provette ha lo scopo di differenziare i diversi costituenti strutturali di una lega; esso si esegue sulla superficie speculare della provetta ricorrendo ha i seguenti procedimenti:

- ✓ attacco per mezzo di reattivo chimico;
- ✓ attacco per via elettrolitica.

Nel laboratorio della Rejna, si esegue l'attacco per mezzo di reattivo chimico che si esegue immergendo per un determinato tempo la superficie lucidata nel reattivo. La scelta dei reattivi dipende dalla lega in esame e dallo scopo che si vuol ottenere. L'attacco della provetta deve

essere uniforme e poco profondo; avvenuto l'attacco si lava accuratamente la provetta in acqua e successivamente in alcool. La superficie attaccata deve essere asciugata mediante getto d'aria filtrata.

Nell'esperienza eseguita nel laboratorio della Rejna si è utilizzato un attaccante dal nome NITAL composto da acido nitrico e alcool etilico; la durata dell'attacco può variare da alcuni secondi ad alcuni minuti ed è utilizzata per mettere in evidenza e per definire il contorno dei grani negli acciai.

La struttura metallografica di un materiale ferroso, viene di regola definita indicando tutti i costituenti (o fasi) che concorrono a formarla, escluse le inclusioni non metalliche.

I costituenti strutturali sono: ferrite, austenite, grafite, cementite, carburi complessi, composti intermetallici e composti non metallici.

L'acciaio in arrivo avrà una struttura *perlitica-ferritica* e l'analisi micrografica ha lo scopo di verificare la presenza di questa struttura.

### ***Prova di durezza***

La durezza di un metallo è misurata comprimendo un penetratore sulla sua superficie; il penetratore, che è solitamente una sfera, una piramide o un cono, è costituito da un materiale più duro del materiale che è provato, i materiali comunemente usati per i penetratori sono, per esempio, l'acciaio temprato, il carburo di tungsteno o il diamante sintetico. La maggior parte delle prove di durezza standardizzate prevede la lenta applicazione di una forza nota, che comprime il penetratore in direzione perpendicolare alla superficie del metallo in prova. Dopo aver realizzato l'impronta, il penetratore è tolto dalla superficie e calcolato o letto direttamente sulla macchina di prova un valore empirico di durezza, basato sull'area dell'impronta o sulla sua profondità.

Da un punto di vista pratico è importante essere in grado di convertire le misure di durezza da una scala all'altra. Poiché la prova di durezza non misura le proprietà univocamente definite dal materiale e poiché i metodi Brinell, Vickers da una parte e Rockwell dall'altra non si fondano sullo stesso principio, non devono meravigliare la mancanza di una scala di conversione ben definita. Così esistono tabelle UNI, ASTM, ASM e SAE per la conversione della durezza Rockwell, Brinell e Vickers valide per tutti gli acciai speciali da costruzione, acciai strutturali e da utensili nei vari stati metallurgici. Mancano, o se esistono vanno usate con molta attenzione, tabelle conversione per materiali molto duri o molto dolci.

Nei laboratori della Rejna, la prova di durezza solitamente utilizzata è la prova di durezza Vickers.

Per eseguire tale prova di durezza è utilizzato come penetratore, una piramide di diamante a base quadrata. L'angolo al vertice, coincidente con quello di penetrazione, è pari a 136°; è utilizzato un carico variabile tra 1 e 120 Kg.

La durezza Vickers è definita come carico applicato diviso per l'area della superficie dell'impronta; questa è calcolata mediante misura al microscopio delle lunghezze delle diagonali dell'impronta.

La durezza Vickers può essere calcolata mediante la seguente relazione:

$$HV = 1.854 * \frac{P}{d^2}$$

dove:

P → carico applicato espresso in Kg;

d → diagonale media dell'impronta espressa in mm.

Poiché nella prova Vickers le impronte sono geometricamente simili, i valori ottenuti dovrebbero essere indipendenti dal carico; tuttavia le norme consigliano normalmente un carico di 30 Kg ed un tempo di permanenza di 15 secondi, da indicare mediante notazioni del tipo HV<sub>30/15</sub> ove il primo valore a pedice indica il carico in Kg ed il secondo il tempo in secondi.

Oltre alle indicazioni offerte dalla normativa, il laboratorio Rejna esegue prove applicando carichi di 5 Kg.

La prova Vickers ha il vantaggio di fornire una scala continua di durezza, con uno stesso carico, che va da materiali molto teneri con HV=5 fino a materiali molto duri con HV=1500.

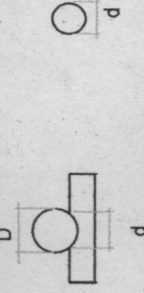
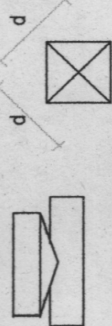
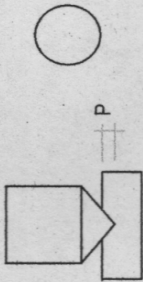
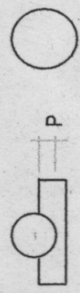
| PROVA                                               | PENETRATORE                                                                                               | FORMA DELL'IMPRONTA<br>IN SEZIONE<br>DALL'ALTO                                      | CARICO                                  | ESPRESSIONE DELLA DUREZZA                        |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| BRINELL                                             | Sfera di acciaio da 10mm o<br>di carburo di tungsteno                                                     |    | P<br>(in KG)                            | $HB = \frac{2P}{3,14(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$     |
| VICKERS                                             | Piramide di diamante<br>(angolo al vertice 136°)                                                          |    | P<br>(in KG)                            | $HV = \frac{1,85P}{d^2}$                         |
| ROCKWELL<br>A<br>C<br>D<br><br>B<br>F<br>G<br><br>E | Cono di diamante<br>(angolo al vertice 120°)                                                              |    | 60 Kg<br>150 Kg<br>100 Kg               | HRa=100P<br>HRC=100P<br>HRD=100P                 |
|                                                     | Sfera d'acciaio di diametro<br>di 1/16 di pollice<br><br>Sfera d'acciaio di diametro<br>di 1/8 di pollice |  | 100 Kg<br>60 Kg<br>150 Kg<br><br>100 Kg | HRB=130P<br>HRE=130P<br>HRG=130P<br><br>HRE=130P |

Fig.2.17

**TABELLE DI CONVERSIONE DA IMPRONTA VICKERS A DUREZZA ROCKWELL**

| <i>IMPRONTA<br/>VICKERS</i> | <i>DUREZZA<br/>ROCKWELL<br/>(HRC)</i> | <i>RESISTENZA<br/>A TRAZIONE<br/>(Kg/mm)</i> | <i>IMPRONTA<br/>VICKERS</i> | <i>DUREZZA<br/>ROCKWELL<br/>(HRC)</i> | <i>RESISTENZA<br/>A TRAZIONE<br/>(Kg/mm)</i> |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| 103                         | 66.3                                  | /                                            | 147                         | 43.5                                  | 143.8                                        |
| 104                         | 65.8                                  | /                                            | 148                         | 42.9                                  | 141.3                                        |
| 105                         | 65.3                                  | /                                            | 149                         | 42.5                                  | 139.7                                        |
| 106                         | 64.8                                  | /                                            | 150                         | 41.9                                  | 137.7                                        |
| 107                         | 64.2                                  | /                                            | 151                         | 41.5                                  | 135.5                                        |
| 108                         | 63.7                                  | /                                            | 152                         | 40.9                                  | 132.5                                        |
| 109                         | 63.2                                  | /                                            | 153                         | 40.4                                  | 130                                          |
| 110                         | 62.7                                  | /                                            | 154                         | 39.9                                  | 128.8                                        |
| 111                         | 62.2                                  | /                                            | 155                         | 39.4                                  | 127.7                                        |
| 112                         | 61.8                                  | /                                            | 156                         | 38.9                                  | 126.4                                        |
| 113                         | 61.2                                  | /                                            | 157                         | 38.3                                  | 125.1                                        |
| 114                         | 60.7                                  | /                                            | 158                         | 37.8                                  | 123.6                                        |
| 115                         | 60.2                                  | /                                            | 159                         | 37.3                                  | 122.4                                        |
| 116                         | 59.6                                  | /                                            | 160                         | 36.7                                  | 120.7                                        |
| 117                         | 59.1                                  | /                                            | 161                         | 36.3                                  | 119.2                                        |
| 118                         | 58.6                                  | /                                            | 162                         | 35.8                                  | 117.2                                        |
| 119                         | 58                                    | /                                            | 163                         | 35.4                                  | 115.6                                        |
| 120                         | 57.5                                  | /                                            | 164                         | 34.9                                  | 114.2                                        |
| 121                         | 56.9                                  | /                                            | 165                         | 34.5                                  | 112.7                                        |
| 122                         | 56.4                                  | /                                            | 166                         | 33.9                                  | 111.2                                        |
| 123                         | 55.9                                  | /                                            | 167                         | 33.5                                  | 110.1                                        |
| 124                         | 55.3                                  | /                                            | 168                         | 33.2                                  | 109.3                                        |
| 125                         | 54.8                                  | 208.7                                        | 169                         | 32.7                                  | 108                                          |
| 126                         | 54.3                                  | 205.4                                        | 170                         | 32.3                                  | 106.7                                        |
| 127                         | 53.8                                  | 202                                          | 171                         | 31.8                                  | 105.2                                        |
| 128                         | 53.3                                  | 198                                          | 172                         | 31.4                                  | 103.6                                        |
| 129                         | 52.8                                  | 194.5                                        | 173                         | 31                                    | 102.4                                        |
| 130                         | 52.2                                  | 191                                          | 174                         | 30.5                                  | 100.5                                        |
| 131                         | 51.7                                  | 187.7                                        | 175                         | 30.1                                  | 99                                           |
| 132                         | 51.2                                  | 184.1                                        | 176                         | 29.6                                  | 97.6                                         |
| 133                         | 50.7                                  | 181.9                                        | 177                         | 29.3                                  | 96.9                                         |
| 134                         | 50.1                                  | 179.7                                        | 178                         | 28.9                                  | 96.2                                         |
| 135                         | 49.7                                  | 177.8                                        | 179                         | 28.3                                  | 95.2                                         |
| 136                         | 49.2                                  | 174.6                                        | 180                         | 27.9                                  | 94.5                                         |
| 137                         | 48.7                                  | 169.8                                        | 181                         | 27.5                                  | 93.6                                         |
| 138                         | 48.2                                  | 166.1                                        | 182                         | 27.1                                  | 92.5                                         |
| 139                         | 47.7                                  | 162.8                                        | 183                         | 26.7                                  | 91.4                                         |
| 140                         | 47.2                                  | 159.5                                        | 184                         | 26.2                                  | 90.4                                         |
| 141                         | 46.6                                  | 157.2                                        | 185                         | 25.7                                  | 89.6                                         |
| 142                         | 46.1                                  | 155.5                                        | 186                         | 25.2                                  | 88.5                                         |
| 143                         | 45.6                                  | 153.7                                        | 187                         | 24.8                                  | 87                                           |
| 144                         | 45                                    | 150.4                                        | 188                         | 24.3                                  | 85.5                                         |
| 145                         | 44.6                                  | 149.3                                        | 189                         | 24.0                                  | 84.9                                         |
| 146                         | 44                                    | 146.7                                        | 190                         | 23.5                                  | 84.5                                         |

I valori di durezza da riscontrare dipendono dalle caratteristiche del particolare.

Eseguita la prova in laboratorio, il materiale è portato nell'area di stoccaggio o magazzino acciaio, posti in appositi stalli e divisi per profilo (lunghezza e diametro), colata (per evitare diversi comportamenti delle molle nel processo produttivo si cerca di utilizzare acciai che appartengono alla stessa colata) e data; il tutto è registrato su appositi modelli ove è indicata anche l'ubicazione. Raggiunta quest'area, il materiale è pronto per il prelievo e quindi per la lavorazione.

Qualora esistano già fasci dello stesso profilo, i nuovi arrivati dovranno essere depositati al fondo dello stallo per consentire il prelievo dell'acciaio più vecchio secondo la tecnica FIFO (first in, first out), la quale considera giacenze di magazzino i beni d'acquisizione o lavorazione più recente.

### Prova a fatica

In molte applicazioni gli elementi metallici, soggetti a sollecitazioni ripetitive o cicliche, si possono rompere pur se soggette ad uno sforzo molto inferiore a quello che il componente può sopportare in condizioni di sollecitazione statica; queste rotture sono chiamate rotture per fatica e sono, per quanto detto sinora un'insidia anche per le molle.

Le rotture per fatica sono particolarmente insidiose perché insorgono dopo un certo tempo di funzionamento senza alcun segno premonitore.

Una rottura per fatica parte in genere da un difetto superficiale (intaglio, scalfitura, microcricca, ecc.) il quale estendendosi per azione dello sforzo applicato, fa diminuire la sezione resistente del pezzo. Quest'ultima, ad un certo momento si è così ridotta da non essere più in grado di sopportare la sollecitazione e pertanto il materiale si rompe di schianto. In assenza di difetti macroscopici, fenomeni di fatica, possono in ogni caso innescarsi (anche se in tempi più lunghi) con origine da qualsiasi punto della zona di massima sollecitazione.

Come conseguenza diretta della modalità di propagazione della cricca, s'individuano a livello macroscopico sulle superfici di rottura due zone nettamente distinguibili l'una dall'altra.

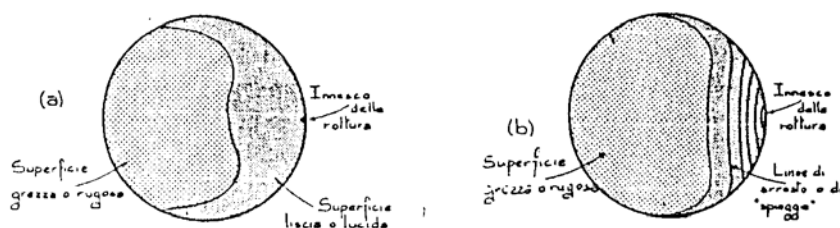


Fig.2.19

In figura 2.19 sono mostrati gli aspetti morfologici (a livello macroscopico) di una superficie di rottura a fatica.

Caso a):

la prima zona ha uno spicchietto liscio e lucido e corrispondente alla propagazione lenta della cricca.

Quest'aspetto è dovuto al fatto che le due superfici della cricca direttamente a contatto sono soggette a continuo sfregamento durante ogni ciclo.

La seconda zona ha un aspetto di superficie grezza e rugosa e corrisponde alla rottura finale di schianto del pezzo.

Caso b):

in molti casi, l'ampiezza del ciclo di sollecitazione non è costante, ma può avere periodi di riposo alternati a periodi di funzionamento, oppure periodi d'accelerazione alternati ad altri di decelerazione. In queste condizioni l'apice della cricca si muove con velocità d'avanzamento variabile e nello stesso tempo si modifica l'entità dell'azione di sfregamento tra le superfici della cricca a contatto. Come conseguenza si ha spesso la comparsa nella prima zona della superficie di rottura d'alcune linee caratteristiche, dette linee d'arresto o di spiaggia, circolari o concentriche al punto d'innescio della cricca. E' opportuno sottolineare nuovamente che la rottura per fatica è quasi sempre caratterizzata da assenza di deformazione plastica macroscopica nelle aree del pezzo contigue alla cricca; in questo senso la rottura per fatica assomiglia ad una rottura fragile. Inoltre, se in un materiale rotti in esercizio sono presenti grandi deformazioni plastiche, si può pensare che la rottura sia avvenuta per un sovraccarico piuttosto che per un carico ripetuto continuamente nel tempo.

L'analisi dell'aspetto macroscopico della rottura permette di stabilire, almeno indicativamente, il tipo di sollecitazione cui il pezzo è stato sottoposto e l'entità dello sforzo massimo. Ad esempio, una grande estensione della zona rugosa rispetto a quella liscia porta a concludere che la rottura è avvenuta sotto l'azione di uno sforzo massimo assai rilevante prossimo o anche superiore al limite di snervamento; viceversa una piccola estensione di tale zona fa pensare a piccole sollecitazioni ripetute un numero elevato di volte.

La sollecitazione a fatica effettivamente applicata può essere molto variabile sia nelle situazioni reali, sia nelle varie metodologie di prova possibili. Molte metodologie di prova a fatica, di interesse sia industriale che di ricerca, prevedono sforzi assiali, di torsione e di flessione.

Nel voler emulare il funzionamento di una molla per sospensione, la prova a fatica è solitamente eseguita applicando sforzi di trazione e compressione creando sul provino pressoflessione e tensoflessione.

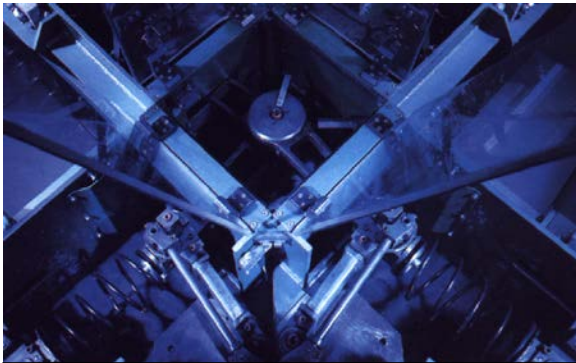


Fig.2.20  
Prova a fatica