

Istituto d'istruzione Superiore "G. Vallauri" - Fossano

Macchine utensili: la calandra

Candidato: Angelo Falco



Indice:

Introduzione	2
Meccanica	3
Oleodinamica	6
Bordo macchina	7
Miglioramenti	8
Avviamento statico / Soft-Starter	9
Vantaggi	12
Bibliografia	14

Introduzione

La calandra è una macchina utensile utilizzata in molteplici settori industriali che variano da quello cartario a quello metallurgico.

In questa tesi voglio approfondire la struttura della calandra utilizzata nel settore metallurgico. La calandra è costituita generalmente da due o più rulli rotanti tra i quali viene fatto passare il materiale da lavorare. Questo metodo si chiama calandratura.

Questo è un processo di lavorazione a freddo che trasforma le lamiere piane in sezioni circolari o coniche, sfruttando la forza di quattro rulli compressori che variando la distanza tra di loro dando vita a qualsiasi curva.

Le applicazioni di questo macchinario sono molteplici:

- Torri eoliche
- Industria navale
- Industria aeronautica spaziale
- Industria automobilistica



I coni delle torri eoliche, gli scafi, le colonne delle navi, la struttura degli aerei, le marmitte delle auto e delle moto sono solo alcuni dei prodotti finiti derivati dalla lavorazione di questo macchinario.

La calandratura è un vero e proprio mestiere, ben diverso dall'utilizzo di piegatrici, questo perchè comporta la deformazione del materiale e non la piegatura.

In questo processo l'esperienza dell'operatore può fare la differenza.

Meccanica

La calandra ha una struttura forte e resistente, in grado di resistere a fortissime sollecitazioni. La struttura è formata da un basamento, su cui verrà montata la macchina e da due fiancate dove verranno ancorati i rulli.

Il basamento dopo essere stato assemblato viene lavorato con un' alesatrice la quale pratica alcuni fori sulle piastre d'appoggio e spiana i punti dove verranno fissate le due fiancate così da ridurre al minimo i giochi meccanici (fig. 1, punto 6). Una volta finito il basamento si passa alle fiancate, anche loro verranno lavorate con un' alesatrice. I lati della fiancata verranno spianati dalla parte che verrà a contatto con il basamento così da ridurre l'errore meccanico. Successivamente vengono fatti i vari fori di fissaggio e le sedi dei cuscinetti nelle quali verranno alloggiati i rulli e fissati i cilindri.

Le due fiancate, dopo essere state fissate su basamento, verranno collegate tra di loro con due barre di metallo chiamate "barre di collegamento". Queste daranno maggiore robustezza al macchinario.

I rulli della calandra non sono fatti di ferro comune bensì di una lega acciaiata chiamata C45. Le proprietà di questa lega permettono ai rulli di avere una buona elasticità e una buona resistenza ad alte pressioni. I rulli non sono perfettamente cilindrici ma leggermente conici nella sezione centrale così che, una volta pinzata la lamiera, essi possano "spianarsi" e avere una superficie d'appoggio migliore (fig.1, punto 4).



Fig. 1 componenti meccanici di una calandra.

I rulli laterali vengono fissati alle fiancate tramite quattro bielle poste alle estremità. Esse hanno il compito di collegare il rullo ai cilindri laterali così da rendere possibili i vari movimenti (fig. 1, punto 7).

Sull'estremità del rullo inferiore, vengono montati due supporti scorrevoli che a loro volta saranno alloggiati in due guide ricavate in precedenza nelle fiancate.

Il rullo superiore viene fissato solo da un lato.

L'estremità opposta viene immobilizzata da un gancio munito di un cilindro. In fase di lavorazione lo sgancio viene chiuso e viene aperto solo per facilitare l'operatore nella rimozione della tubo finito. (fig. 1, punto 3).

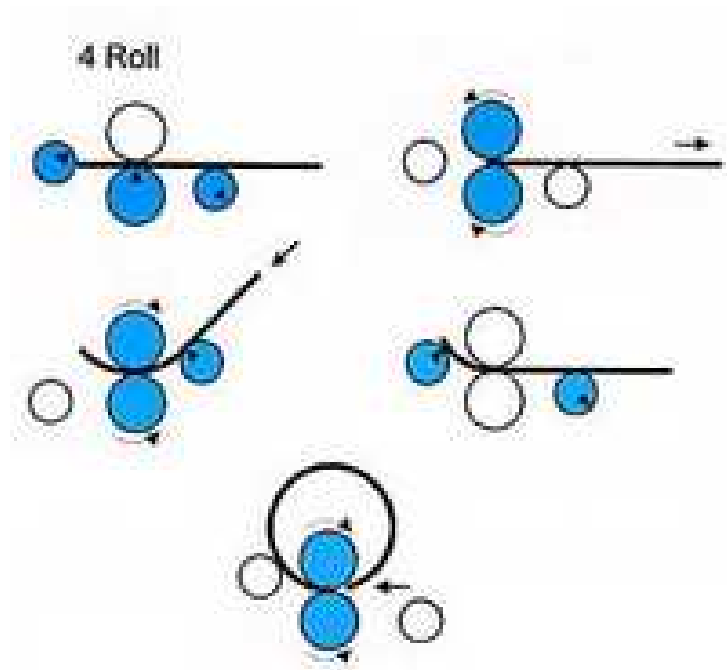


Fig. 2 fasi di calandratura.

Nel funzionamento di una calandra a 4 rulli, possiamo vedere che i rulli centrali trasmettono il moto e i rulli laterali vanno a deformare la lamiera dandogli l'angolazione desiderata.

Oleodinamica

Questa macchina è munita di un impianto oleodinamico che rende possibile ogni movimento. Anche la rotazione è azionata da due motori idraulici, posti sulle estremità dei due rulli rotanti. Questi motori trasmettono in moto mediante due riduttori che hanno il compito di ridurre la velocità ed aumentare la coppia.

La pressione massima a cui è tarata la rotazione è di 160 bar così che non ci sia il rischio di danneggiare la macchina sovra sforzandola. I movimenti dei rulli laterali e del pinzaggio invece sono tarati ad un'altra pressione, 220 bar. Questo perchè, nel processo di deformazione, è richiesta più forza rispetto al trascinamento. Ogni cilindro è protetto da un overcenter che in caso di sovra sforzo meccanico manda in scarico l'olio una volta raggiunti i 160 bar.

Il cuore dell'impianto si trova nella parte inferiore della macchina.

A seconda del modello possono essere montate centraline idrauliche di diverse dimensioni e di diversa capienza. All'interno di queste centraline idrauliche lavorano due pompe meccaniche ad immersione che sono il vero cuore della macchina. Esse operano in un ambiente chiuso, tra un condotto di aspirazione e uno di mandata.

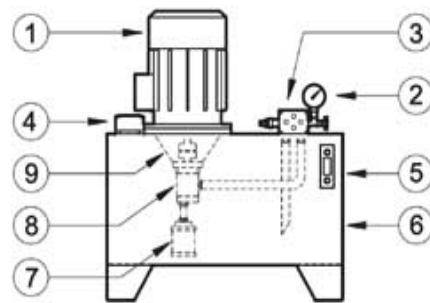


Fig. 3 centralina idraulica.

- 1) Motore elettrico
- 2) Manometro con esclusore
- 3) Valvola di massima pressione
- 4) Tappo di carico
- 5) Indicatore di livello
- 6) Serbatoio
- 7) Filtro in aspirazione
- 8) Pompa ad ingranaggi
- 9) Gruppo di collegamento motore - pompa

In questa immagine è rappresentata una centralina idraulica con tutti i suoi componenti.

Le pompe sono avviate da un motore elettrico (fig.3, punto 1) posto sopra la centralina grazie al gruppo di collegamento motore-pompa(fig., punto 9). Vicino al motore possiamo trovare il tappo di carico dove viene inserito l'olio all'interno della centralina(fig.3, punto 4). Il serbatoio è dotato di un indicatore di livello posto sul fianco che permette di tenere sotto controllo il livello dell'olio dentro(fig.3, punto 5). All'interno di essa, sotto il gruppo di collegamento, troviamo le pompe a ingranaggi o pompe volumetriche (fig.3, punto 8). Esse sfruttano la variazione di volume in una camera per provocare un' aspirazione o una spinta su un fluido. Per far sì che l'impianto non subisca danni a causa di scorie contenute nell'olio, esso viene filtrato nel processo di aspirazione(fig.3, punto 7). Infine la centralina è dotata di una o più valvole di massima pressione(fig.3, punti 2-3) regolabili dall'esterno e uno o più manometri per verificare la giusta taratura.

Bordo Macchina

L'impianto elettrico della calandra si può suddividere in tre parti:

- Circuito di potenza
- Circuito di comando
- Circuito di emergenza

Il circuito di potenza riguarda il motore trifase. Esso è composto da un sezionatore, un teleruttore, dei fusibili che vengono usati come protezione dell'impianto in caso di cortocircuito e un interruttore termico che interviene in caso di sovraccarico.

Il circuito di comando è costituito dai vari componenti e contatti che permetteranno il corretto funzionamento del macchinario. All'interno del quadro è installato un trasformatore che alimenta il circuito di comando a 12\24 volt, al contrario di quello di potenza che è alimentato a 220\400 volt.

Alcune macchine possono essere equipaggiate di controllo numerico (CNC). Esse saranno dotate di schede elettroniche in grado di elaborare i vari dati comunicando con le elettrovalvole dell'impianto oleodinamico al fine di creare un ciclo di lavoro automatico.

Il circuito di emergenza è costituito da un modulo di emergenza combinato con dei relè aggiuntivi. Questi sono collegati ai vari funghi e sensori che in ogni momento, se azionati, possono togliere alimentazione al macchinario, aprendo il circuito.



Fig. 4 pulpito di comando.

Nella foto si può vedere una tra le varie tipologie di pulpito di comando. Tutto il pulpito è alimentato alla tensione di 12 volt. Questo perché è usato direttamente dall'operatore. Si possono vedere i vari joystick che permettono il movimento dei rulli, i pulsanti di avviamento e di arresto, il pulsante del riarmo una volta che il macchinario è stato fermato a causa di una emergenza e il fungo dell'emergenza.

Miglioramenti

Esaminando questa macchina e valutando ogni ipotetico spreco, mi sono reso conto che lo spreco maggiore di corrente elettrica avviene quando la macchina viene avviata. Questo viene determinato da come è stato collegato il motore.

I metodi più usati per l'avviamento di un motore generalmente sono:

-Avviamento diretto

-Avviamento stella-triangolo

L'avviamento diretto è uno dei metodi più semplici per avviare un motore. Questo consiste nel collegare l'alimentazione di rete direttamente agli avvolgimenti di statore.

Nella fase di accensione la corrente assorbita dal motore, raggiunge valori molto alti provocando sollecitazioni elettriche e meccaniche dannose alla macchina. L'improvvisa caduta di tensione può anche provocare malfunzionamenti su altre utenze.

Questo metodo è usato generalmente per avviare motori di piccola taglia.

L'avviamento stella-triangolo è il metodo di avviamento più diffuso. Per poter avviare un motore in questo modo esso deve essere dotato di avvolgimenti collegabili sia a stella sia a triangolo. Sono anche necessari tre conduttori supplementari tra il motore e il dispositivo di commutazione.

All'inizio si alimenta il motore collegando a stella gli avvolgimenti, riducendo la coppia e la corrente a un terzo del valore necessario per un avviamento diretto. Quando si è prossimi alla velocità nominale si effettua la commutazione sul collegamento a triangolo. In questa fase però, si verifica un notevole picco di corrente che provoca un brusco strappo meccanico.

Avviamento statico e Soft-Starter

Per far fronte a questo problema un' alternativa sarebbe installare un modulo soft-starter che gestisca l'avvio del motore riducendo al minimo le correnti di spunto. Con l'utilizzo di questo componente, l' avviamento del motore viene gradualmente incrementato, così da ottenere un avviamento lineare. Questo componente va installato direttamente tra l'alimentazione e il motore così che possa controllare direttamente la tensione e la corrente. I principali componenti dell'unità di potenza sono il dissipatore di calore e i sei tristori (SCR), comandati da una logica implementata su una scheda di controllo. L'unità di comando di solito è un microprocessore. L'utilizzo dei soft-starters consente un'accelerazione lineare dei dispositivi meccanici con minimo stress.

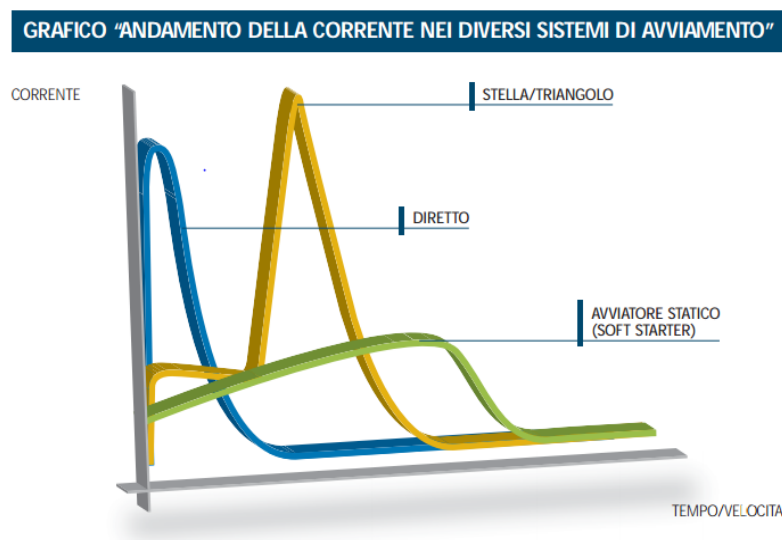


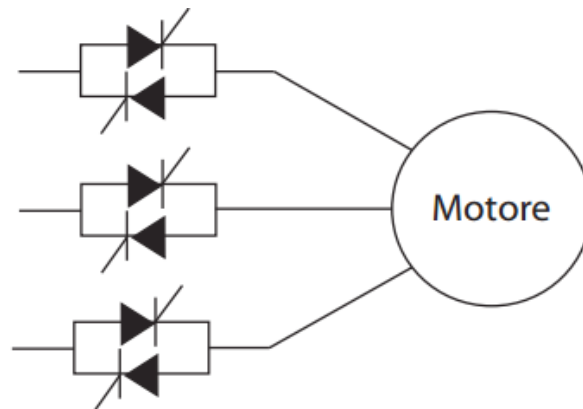
Fig. 5 diagramma delle correnti di spunto.

Nell'immagine si può vedere l'andamento della corrente nei diversi tipi di avviamento. La comparazione dei tre metodi evidenzia l'andamento poco fluido della corrente di spunto con l'avviamento stella/triangolo, con un picco nel passaggio dal collegamento a stella al collegamento a triangolo (superiore a 8,5 volte il valore della corrente nominale), maggiore di un avviamento diretto (circa 7 volte il valore nominale). Al contrario con l'utilizzo del soft-starter, l'accelerazione assume un profilo lineare più morbido e soprattutto la corrente assorbita non presenta picchi elevati (circa 3,5 volte la corrente nominale).

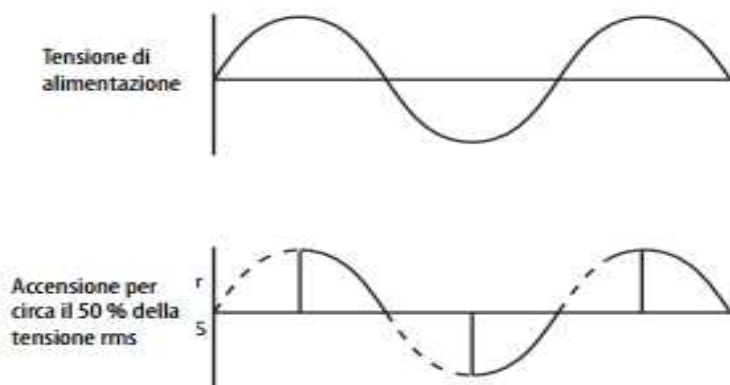
Funzionamento soft-starter

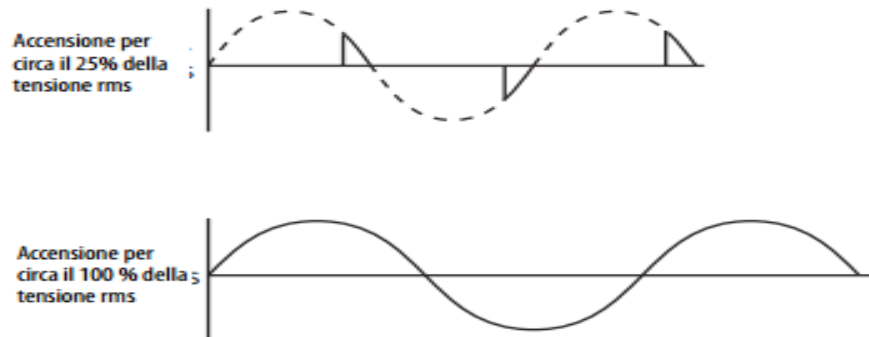
Per avviare e arrestare il motore viene utilizzato un algoritmo che controlla tre coppie di tiristori in antiparallelo. L'orientamento in antiparallelo permette il controllo della tensione CA modificando l'angolo di accensione ogni mezzo ciclo. La tensione viene incrementata fino al limite massimo oppure limitata per consentire l'avviamento con limitazione di corrente.

Motore e tristori



Diversi angoli di accensione (semplificato monofase)





I soft-starter utilizzano la tensione per controllare la corrente e la coppia. La coppia del motore è pressoché proporzionale al quadrato della tensione applicata.

$$\% \text{ Coppia} \propto \% \text{ Tensione}^2$$

Data questa relazione, una riduzione del 60% nella tensione applicata genera approssimativamente una riduzione dell' 84% nella coppia generata.

In questo esempio, viene utilizzata una tensione del 40%.

$$(0,4)^2 = 0,16, \text{ ossia } 16\% \text{ di coppia a rotore bloccato}$$

La corrente in fase di avvio è direttamente correlata alla tensione applicata al motore.

$$\frac{\text{Tensione (applicata)}}{\text{Tensione (massima)}} = \frac{\text{Corrente (assorbita)}}{\text{Corrente (massima)}}$$

Vantaggi

- I vantaggi portati dall'utilizzo di un avviamento tramite soft-starter sono molteplici: vanno da quello elettrico, a quello meccanico a quello economico;

Vantaggi elettrici

- Limitazione della corrente di avviamento e controllo continuo senza interruzioni dell'alimentazione.
- Si eliminano i picchi di corrente dovuti alla commutazione stella-triangolo che riducono la durata dei contattori costringendo a frequenti sostituzioni protezione della rete elettrica.
 - Vengono eliminati gli improvvisi abbassamenti di tensione dovuti all'inserzione dei motori.

Vantaggi meccanici

- I vantaggi meccanici possono essere:

- Accelerazione e decelerazione progressiva della macchina;
- Flessibilità e adattamento delle rampe di avviamento/arresto a ogni tipo di carico;
- Possibilità di avviare la macchina a carico;
- Ridotta manutenzione degli organi di trasmissione delle macchine;
- Limitazione dello stress per i riduttori meccanici;
- Riduzione "colpo d'ariete" nei sistemi di pompaggio;

Vantaggi dell'installazione e del cablaggio:

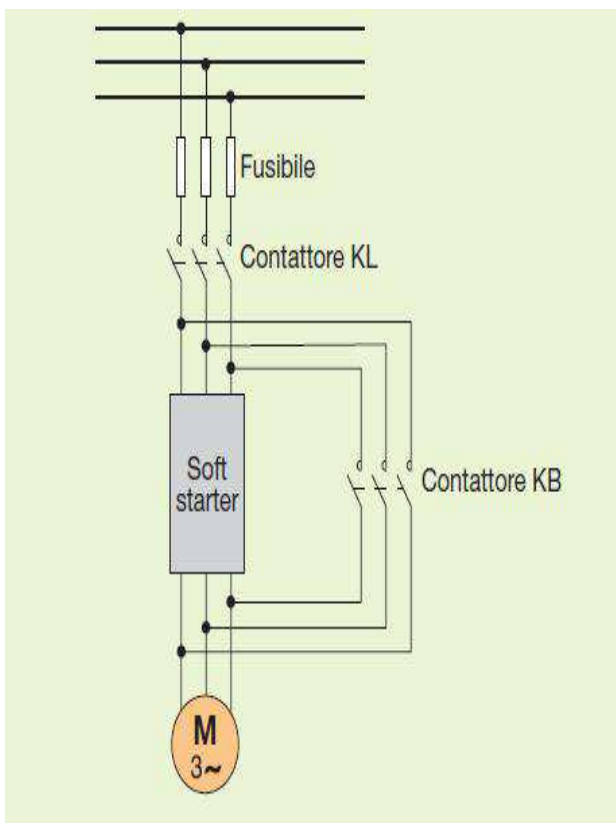
- Dimensioni ridotte (ingombro laterale pari a un terzo dell'avviamento stella-triangolo);
- Non c'è dissipazione di calore durante l'esercizio a regime: terminato l'avviamento i tiristori vengono esclusi dai contattori di bypass interni;
- Cablaggio ausiliario semplificato (comando tipo contattore) installazione in campo con 3 cavi che arrivano al motore invece di 6 (stella-triangolo);
- Non è richiesto l'utilizzo di cavi schermati e filtri;
- Facile installazione elettrica senza necessità di un impianto di terra adeguato;
- Lavorando a frequenza di rete vengono drasticamente ridotti i problemi legati alla lunghezza dei cavi del motore (effetti capacitivi);

Vantaggi economici:

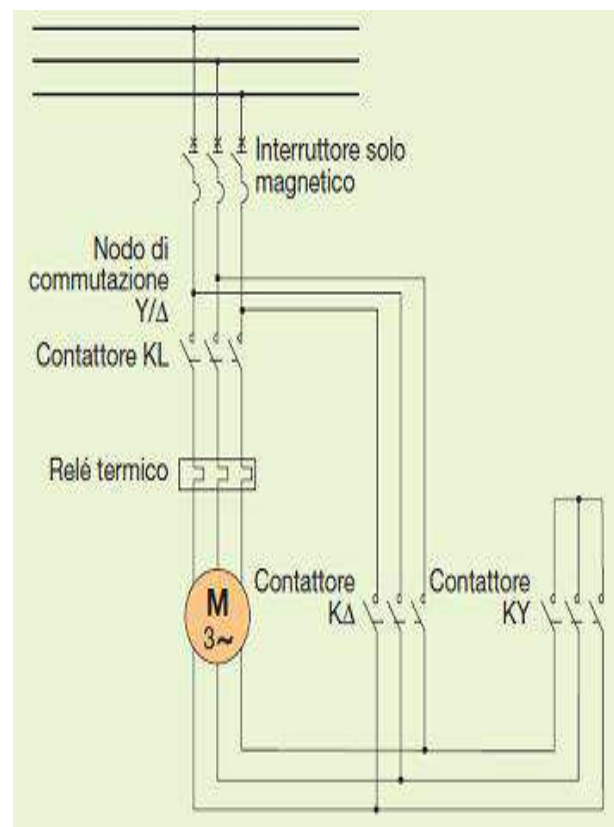
- Costi molto inferiori rispetto agli inverter;
- Possibilità di cablaggio a 6 fili, ovvero possibilità di scegliere due taglie in meno determinando un ulteriore risparmio dei costi hardware;
- Riduzione delle tariffe per la fornitura dell'energia elettrica, grazie all'abbattimento dei picchi di assorbimento dovuti all'inserzione dei motori;

Schema unifilare avviamento motore trifase

Soft-Starter



Stella-triangolo



E' evidente come lo schema con l'avviamento tramite modulo soft-starter sia molto più semplice e privo di molti componenti invece essenziali nell'avviamento stella-triangolo.

Bibliografia

- <https://it.wikipedia.org/wiki/Calandratura>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Pompa_volumetrica
- Cataloghi moduli soft-starter ABB