

CAPITOLO 1

TORNITURA

La tornitura ha come scopo principale la fabbricazione di elementi di coppie cinematiche aventi la forma di solido di rivoluzione e può essere realizzata secondo uno degli schemi della fig.1:

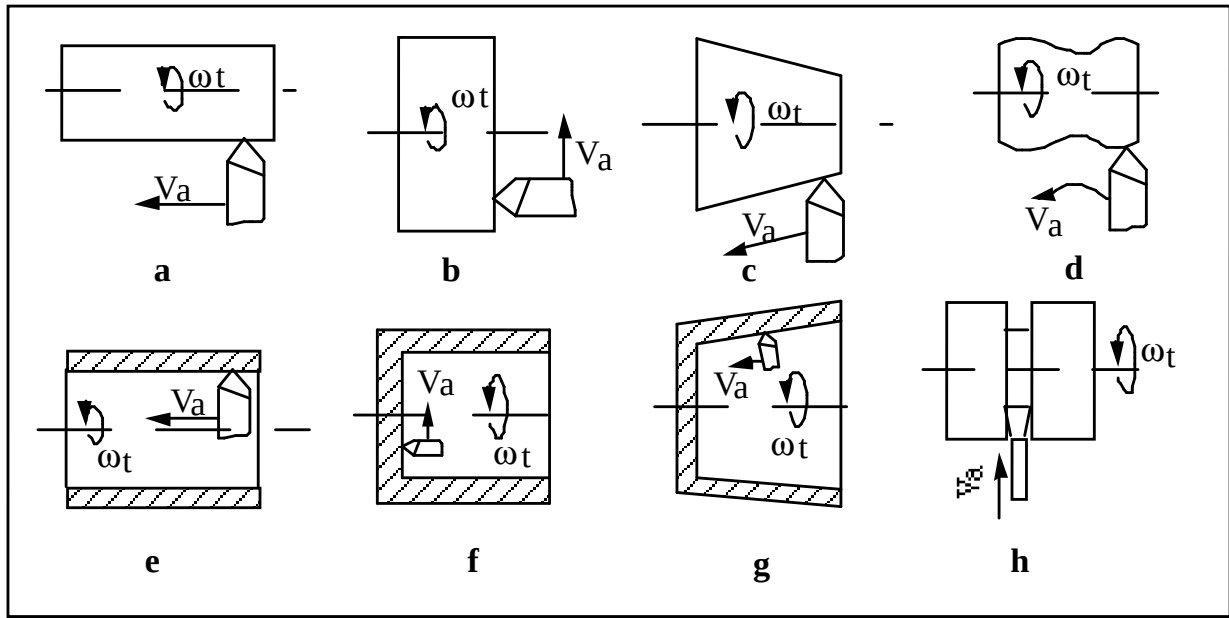


fig. 1

longitudinale esterna	(a)	longitudinale interna	(e)
frontale esterna	(b)	frontale interna	(f)
conica esterna	(c)	conica interna	(g)
a riprodurre	(d)	di troncatura	(h)

Queste lavorazioni saranno realizzate con una macchina utensile detta *tornio*, in cui il moto di taglio è sempre posseduto dal pezzo, mentre tutti gli altri moti sono affidati all'utensile.

In quanto segue, e per tutte le lavorazioni oggetto di questa seconda parte, verranno descritti prima gli utensili più comunemente adoperati e successivamente le lavorazioni e le macchine più diffuse. Per queste ultime ci si riferirà quasi sempre alle macchine di tipo cosiddetto tradizionale, prive quasi del tutto di automatismi e di sistema di controllo, perché, rispetto alle macchine moderne, più chiaramente mettono in evidenza la lavorazione principale per la quale sono state introdotte nell'industria e meglio fanno comprendere la effettiva funzione dei singoli componenti.

1.1 UTENSILI PER TORNIRE

La fig. 2, relativa alla semplice operazione di tornitura longitudinale esterna, rappresenta la proiezione dell'accoppiamento utensile-pezzo su un piano. Questo è denominato piano di riferimento ed è definito come quel piano che passa per la punta dell'utensile ed è parallelo alla superficie di appoggio dello stesso. In questa vista si possono individuare le seguenti grandezze.

- AA' proiezione del tagliente principale sul piano di riferimento;
- AA'' proiezione del tagliente secondario sul piano di riferimento;

- ψ angolo del tagliente principale
- ψ' angolo del tagliente secondario
- ε angolo dei taglienti
- χ angolo di registrazione del tagliente principale
- χ' angolo di registrazione del tagliente secondario
- p profondità di passata
- a avanzamento.

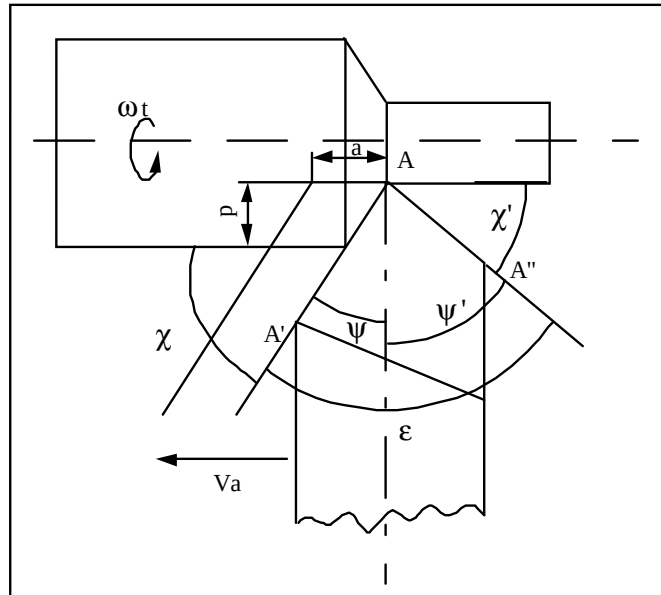


fig. 2

Gli angoli ψ , ψ' , ε , χ , χ' , si definiscono angoli del profilo.

Il prodotto pxa rappresenta la sezione di truciolo indeformato, che dipende solo dai valori di p e di a e non da quelli degli angoli del profilo. Lo spessore di truciolo indeformato h_0 , introdotto nella parte prima, è misurato in direzione normale al tagliente ed è quindi proporzionale ad a e non a p , cui è invece proporzionale la larghezza del truciolo indeformato.

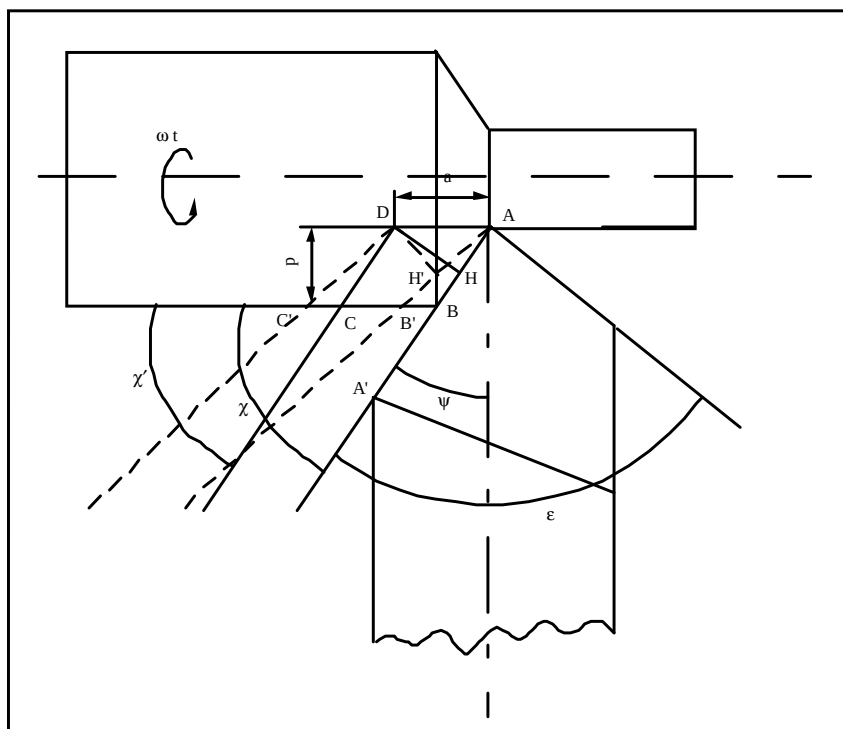


fig. 3

L'angolo χ ha un'influenza non trascurabile, non solo sulle azioni che mutuamente si trasmettono utensile e pezzo, ma anche sulla morfologia della superficie lavorata, come si vedrà nel seguito. Considerando infatti la fig. 3, si nota come, al variare dell'angolo χ , varia la lunghezza di tagliente impegnato nel taglio ($AB < AB'$) e lo spessore di truciolo indeformato ($DH > DH'$). Non varia invece la sezione di truciolo indeformato, individuata sempre dal prodotto $p \times a$. Risulta evidente che una diminuzione di χ comporta, per la prima considerazione, una più uniforme distribuzione dell'usura lungo il tagliente e, per la seconda, una diminuzione degli sforzi di taglio. La diminuzione dell'angolo χ trova limiti di carattere pratico, dovuti ad interferenze che si possono verificare fra i sistemi di sostegno dell'utensile e del pezzo.

Le precedenti considerazioni si possono ripetere per l'angolo ψ del tagliente principale, complementare a χ . Ad un aumento di ψ si ricorre quando il tipo di lavorazione e gli ingombri del sistema utensile-pezzo non consentono un'ampia variazione dell'angolo χ .

In conclusione, quando si devono lavorare materiali molto resistenti e/o quando si vogliono adoperare elevate profondità di passata ed elevati avanzamenti, è buona norma impiegare utensili con elevato valore dell'angolo ψ e registrarlo rispetto al pezzo con piccoli valori dell'angolo χ .

La fig. 4 rappresenta la sezione della parte attiva eseguita con un piano normale alla proiezione del tagliente principale sul piano di riferimento. In essa si individuano gli angoli:

- α angolo di spoglia inferiore
- β angolo di taglio
- γ angolo di spoglia superiore.

relativamente ad un utensile a spoglia positiva, nulla o negativa.

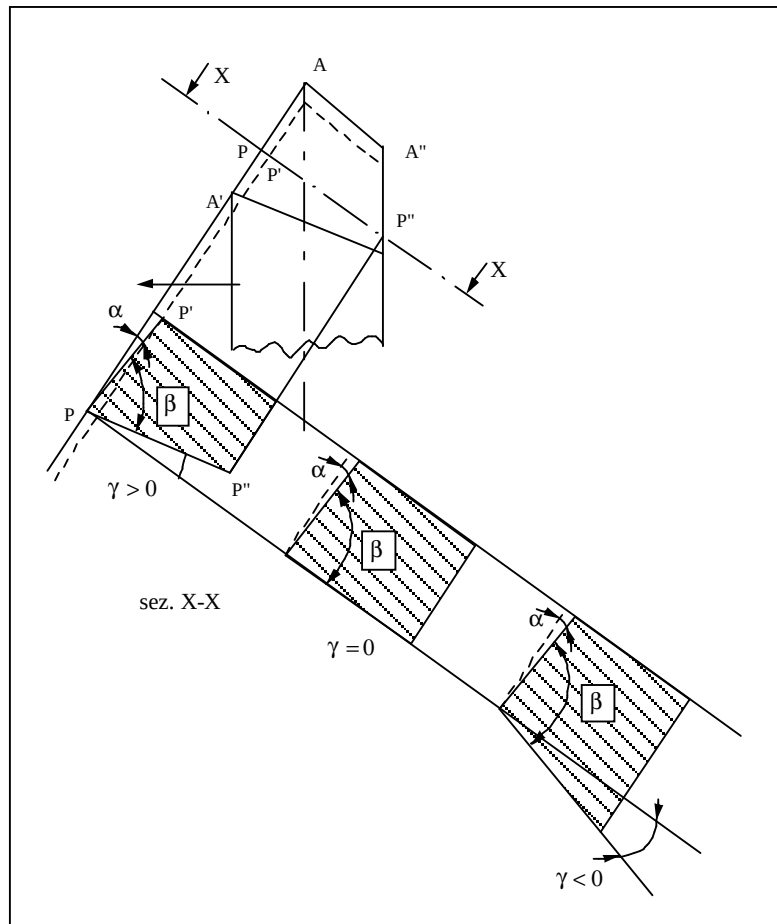


fig. 4

Le considerazioni che si possono fare sull'influenza di questi tre angoli sulla formazione del truciolo e sulle forze di taglio sono del tutto identiche a quelle svolte nella prima parte, relativa al modello di taglio libero e ortogonale.

In quanto detto in precedenza appare chiaro che, indipendentemente dai valori degli angoli del profilo e della sezione normale, saremo sempre in condizioni di taglio ortogonale, anche se non libero. Questo perché il tagliente è sempre perpendicolare alla velocità di taglio. Esistono comunque utensili, sempre meno frequentemente adoperati, nei quali il tagliente è inclinato di un certo angolo λ rispetto al piano di riferimento. In questi casi si possono comunque ripetere tutte le precedenti considerazioni, a patto di riferirsi al piano individuato dalla velocità di taglio e dalla velocità di flusso, come già visto nella parte prima.

1.2 MORFOLOGIA DELLA SUPERFICIE LAVORATA

La geometria dell'utensile e del suo accoppiamento con il pezzo, oltre a condizionare i valori delle forze e della potenza di taglio, ha una notevole influenza sulla qualità della superficie lavorata.

La fig. 5 consente di calcolare uno degli indici di rugosità, l'altezza massima del profilo (indice di Schmaltz), nel caso generale di utensile comunque registrato rispetto al pezzo e con taglienti raccordati.

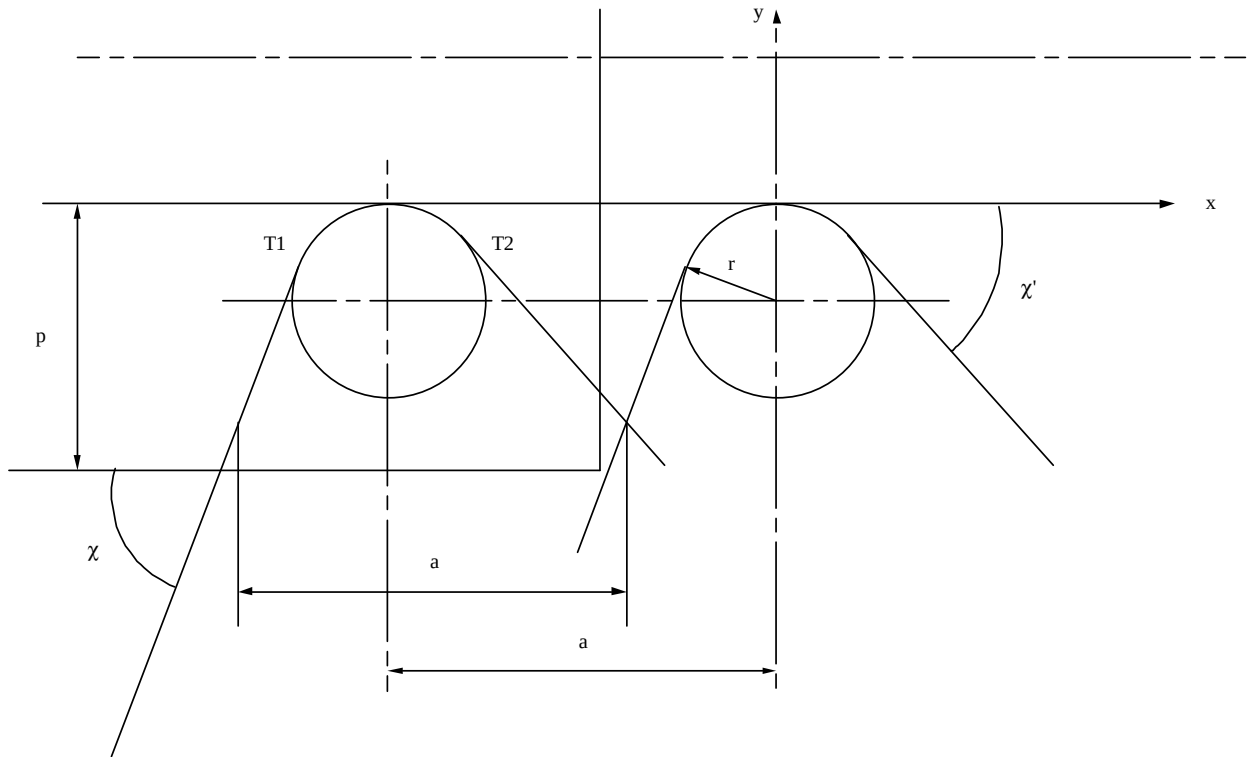


fig. 5

Scelto un sistema di riferimento in cui l'asse delle ascisse coincide con la traccia della superficie lavorata e l'asse delle ordinate con l'asse di riferimento, risulta:

$$R_t = |y_k| \quad (1)$$

dove y_k è l'ordinata del punto di intersezione delle due funzioni che rappresentano i profili dell'utensile, traslati di una quantità pari all'avanzamento.

Le equazioni delle due tangenti al raccordo, che contengono il tagliente principale e quello secondario, sono rispettivamente:

$$y = \operatorname{tg} \chi \cdot x + \frac{r}{\cos \chi} - r; \quad y = -\operatorname{tg} \chi' \cdot x + \frac{r}{\cos \chi'} - r$$

mentre l'equazione della circonferenza che contiene il raccordo è:

$$x^2 + (y + r)^2 = r^2$$

Nel sistema di riferimento scelto, il profilo dell'utensile è allora rappresentato dalla terna di funzioni:

$$\begin{cases} y = \operatorname{tg} \chi \cdot x + \frac{r}{\cos \chi} - r & -\infty \leq x < x_{T_1} \\ x^2 + (y + r)^2 = r^2 & x_{T_1} \leq x < x_{T_2} \\ y = -\operatorname{tg} \chi' \cdot x + \frac{r}{\cos \chi'} - r & x_{T_2} \leq x \leq \infty \end{cases} \quad (2)$$

Dove x_{T_1} e x_{T_2} sono le ascisse dei punti di tangenza dei taglienti con il raccordo.

La prima funzione rappresenta il tagliente principale; la seconda funzione rappresenta il raccordo; la terza funzione rappresenta il tagliente secondario.

Dalla stessa figura 5 si rileva come l'avanzamento possa anche esprimersi come la distanza fra il tagliente principale e quello secondario, misurata in direzione parallela all'asse del pezzo, cioè lungo l'asse delle ascisse, ed in corrispondenza del punto di intersezione delle due funzioni:

$$x_2 - x_1 = a = -\frac{y}{\operatorname{tg}\chi'} - \frac{y}{\operatorname{tg}\chi} + \frac{r}{\sin\chi'} - \frac{r}{\operatorname{tg}\chi'} + \frac{r}{\sin\chi} - \frac{r}{\operatorname{tg}\chi};$$

$$a = -y \frac{\operatorname{tg}\chi + \operatorname{tg}\chi'}{\operatorname{tg}\chi \cdot \operatorname{tg}\chi'} + r \left(\frac{\sin\chi + \sin\chi'}{\sin\chi \cdot \sin\chi'} - \frac{\operatorname{tg}\chi + \operatorname{tg}\chi'}{\operatorname{tg}\chi \cdot \operatorname{tg}\chi'} \right)$$

In definitiva:

$$|y| = R_t = \left| a \frac{\operatorname{tg}\chi \cdot \operatorname{tg}\chi'}{\operatorname{tg}\chi + \operatorname{tg}\chi'} - r \left(\frac{\sin\chi + \sin\chi'}{\sin(\chi + \chi')} - 1 \right) \right| \quad (3)$$

Questa espressione è valida se il valore assoluto dell'ordinata del punto di intersezione è maggiore dei valori assoluti delle ordinate dei punti di tangenza fra i taglienti e il raccordo. In tal caso, la superficie lavorata è generata dal raccordo e da entrambi i taglienti. In caso contrario, bisogna distinguere se χ è maggiore o minore di χ' .

$$- \chi > \chi'$$

La superficie lavorata sarà generata dal raccordo e dal tagliente secondario, se $|y| > |y_{T2}|$, dal solo raccordo in caso contrario.

$$- \chi < \chi'$$

La superficie lavorata sarà generata dal raccordo e dal tagliente principale, se $|y| > |y_{T1}|$, dal solo raccordo in caso contrario.

Nel caso particolare in cui $\chi = \chi'$, le due ordinate y_{T1} e y_{T2} sono uguali e la superficie lavorata sarà generata da entrambi i taglienti e dal raccordo, se $|y| > |y_{T1}| = |y_{T2}|$, oppure dal solo raccordo se $|y| > |y_{T1}| \leq |y_{T2}|$.

In quest'ultimo caso, la quantità y è il valore assoluto dell'ordinata del punto di intersezione, più vicino alla superficie lavorata, di due circonferenze, distanti fra loro di una quantità pari all'avanzamento.

$$\begin{cases} x^2 + (y + r)^2 = r^2 \\ (x + a)^2 + (y + r)^2 = r^2 \end{cases}$$

Da cui

$$\begin{aligned} x^2 - (x + a)^2 &= 0 \Rightarrow x = -\frac{a}{2} \\ y^2 + 2ry + \frac{a^2}{4} &= 0; y = -r \pm \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}} \end{aligned}$$

Scegliendo il valore positivo, si ottiene in definitiva:

$$|y| = R_t = \left| -r + \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}} \right| \quad (4)$$

Se l'asse dell'utensile è normale all'asse del pezzo, valgono le seguenti relazioni:

$$\chi = \frac{\pi}{2} - \psi; \chi' = \frac{\pi}{2} - \psi'; \chi + \chi' = \pi - \varepsilon \quad (5)$$

La (3) assume quindi la forma:

$$R_t = \frac{a}{tg\psi + tg\psi'} + r \left(1 - \frac{\cos\psi + \cos\psi'}{\sin\varepsilon} \right) \quad (3')$$

Se, in particolare, l'utensile è simmetrico rispetto all'asse di riferimento, si ha:

$$\psi = \psi' = \frac{\varepsilon}{2} \quad (6)$$

e quindi la (3') assume la forma:

$$R_t = \frac{a}{2} \cot \frac{\varepsilon}{2} + r \left(1 - \frac{1}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \right) \quad (3'')$$

A conclusioni formalmente poco diverse si arriva se si considerano i due taglienti raccordati da un arco di parabola; questa approssimazione è lecita quando il raggio della circonferenza è molto piccolo.

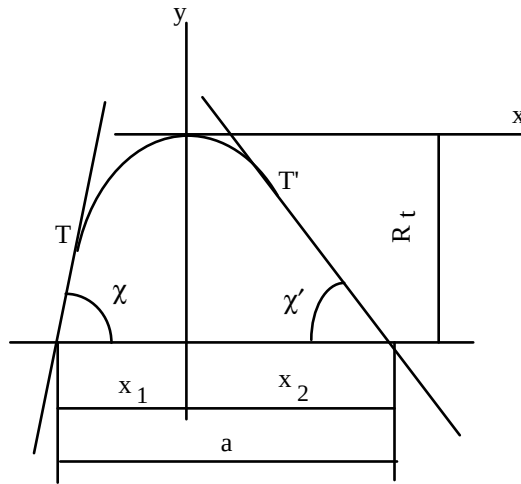


fig. 6

Scegliendo il riferimento come in fig. 6, l'equazione della parabola è:

$$y = -mx^2 \quad (7)$$

Il parametro m si calcola imponendo che la curvatura della parabola nel vertice sia la stessa di quella di una circonferenza di raggio r . Ricordando che:

$$\frac{1}{r} = |y''|; 2m = \frac{1}{r}; m = \frac{1}{2r}$$

la (7) diventa

$$y = -\frac{x^2}{2r} \quad (8)$$

La condizione di tangenza alla parabola delle due rette inclinate di $+\chi$ e $-\chi'$ rispetto all'asse delle ascisse porta alle seguenti espressioni per i due taglienti:

$$y = tg\chi \cdot x + \frac{r}{2}tg^2\chi \quad (\text{tagliente principale})$$

$$y = -tg\chi' \cdot x + \frac{r}{2}tg^2\chi' \quad (\text{tagliente secondario})$$

Imponendo che la loro distanza, misurata in direzione parallela all'asse y, sia uguale all'avanzamento, si ottiene:

$$x_2 - x_1 = a = -\frac{y}{tg\chi'} - \frac{y}{tg\chi} + \frac{r}{2}(tg\chi + tg\chi')$$

$$|y| = R_t = \left| a \frac{tg\chi \cdot tg\chi'}{tg\chi + tg\chi'} - \frac{r}{2}tg\chi \cdot tg\chi' \right| \quad (9)$$

Come si vede questa espressione è del tutto simile alla (3), con il vantaggio di essere analiticamente più semplice e quindi più facilmente manipolabile in procedimenti di ottimizzazione della lavorazione.

A titolo di esempio si può ricavare il valore di R_t nel caso in cui la superficie lavorata sia generata dalla sola parte raccordata dell'utensile.

La (8) è definita solo per $y < 0$ e quindi:

$$-K = -\frac{x^2}{2r}; \quad x^2 = 2rK; \quad x = \pm\sqrt{2rK}$$

$$x_2 - x_1 = 2\sqrt{2ry} = a; \quad 8ry = a^2$$

$$y = R_t = \frac{a^2}{8r} \quad (10)$$

che è la nota formula di Schmaltz del 1936.

CASI PARTICOLARI NELL'IPOTESI DI VALIDITÀ DELLA (5) E DELLA (6)

1) Taglienti non raccordati ($r=0$)

$$R_t = \frac{a}{2} \cot \frac{\varepsilon}{2}$$

2) Placchetta triangolare ($\psi = \psi' = \pi/6$; $\varepsilon = \pi/3$)

$$R_t = \frac{\sqrt{3}}{2} a - r = 0.87a - r$$

3) Placchetta quadrata ($\psi = \psi' = \pi/4$; $\varepsilon = \pi/2$)

$$R_t = \frac{a}{2} + r[1 - \sqrt{2}] = 0.5a - 0.41r$$

4) Placchetta pentagonale ($\psi = \psi' = 3\pi/10$; $\varepsilon = 3\pi/5$)

$$R_t = \frac{a}{2} \cot \frac{3\pi}{10} + r \left[1 - \frac{1}{\sin \frac{3\pi}{10}} \right] = 0.73a - 0.24r$$

4) Placchetta esagonale ($\psi = \psi' = \pi/6$; $\varepsilon = \pi/3$)

$$R_t = \frac{a}{2} \cot \frac{\pi}{6} + r \left[1 - \frac{1}{\sin \frac{\pi}{6}} \right] = 1.73a - r$$

Tutte le formule precedentemente scritte hanno senso solo se l'utensile lavorerà tutta la superficie del pezzo, solo se cioè, considerando sempre la fig. 5 o la fig. 6, l'indice R_t , predeterminato con le formule precedenti, risulta minore della profondità di passata che si vuole impostare; in caso contrario, si arriverebbe ad una forma del pezzo tornito come in fig. 7 e con un valore di R_t che sarà sempre uguale a p .

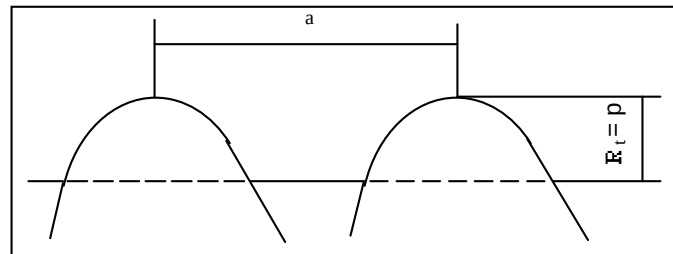


fig. 7

Per evitare ciò, si può aumentare la profondità di passata oppure ridurre l'avanzamento, in modo da raggiungere un indice R_t che soddisfi la relazione

$$p > R_t \quad (11)$$

Un aumento di p , se da un lato consente una riduzione del numero di passate necessario per arrivare alle dimensioni finali e quindi del tempo totale di lavorazione, dall'altro conduce ad un aumento della sezione di truciolo indeformato e quindi degli sforzi di taglio.

Una diminuzione dell'avanzamento consente invece di arrivare facilmente alla condizione (11) e con un modesto aumento del tempo totale di lavorazione, che dipende invece fortemente dal numero di passate e quindi da p .

E' bene comunque avvertire che difficilmente nella pratica si lavora con parametri di taglio che non soddisfino la (11), dal momento che la tendenza attuale è, tra l'altro, quella di lavorare con elevate profondità di passata, in modo da diminuire il loro numero, viste le elevate potenze all'asse che oggi sono disponibili sui torni.

Le formule precedentemente ricavate sono valide solo per un calcolo di prima approssimazione della finitura superficiale. Questa, evidentemente, sarà influenzata anche dalla velocità di taglio, come già visto nella parte generale, dalla stabilità e dalla rigidità della macchina utensile, dalla stabilità e dalla rigidità del portautensile.

1.3. TORNI

In quanto segue verranno illustrati gli schemi cinematici e costruttivi dei torni più comuni, richiamando la definizione e gli schemi di lavorazione dati nell'introduzione di questo capitolo.

Il tornio assume dimensioni e soluzioni costruttive diverse secondo le dimensioni del pezzo e del lotto.

La macchina più diffusa è il tornio parallelo. In esso, l'asse intorno al quale avviene il moto di taglio rotatorio è disposto orizzontalmente, parallelo quindi al piano di appoggio della macchina¹.

E' costituito (fig. 7 a e b) da un basamento, o banco, nel quale è sistemato il motore M che conferisce il moto ad un cambio di velocità CV, contenuto nella testa. L'albero di uscita del cambio sostiene il mandrino, che conferisce al pezzo il moto di taglio.

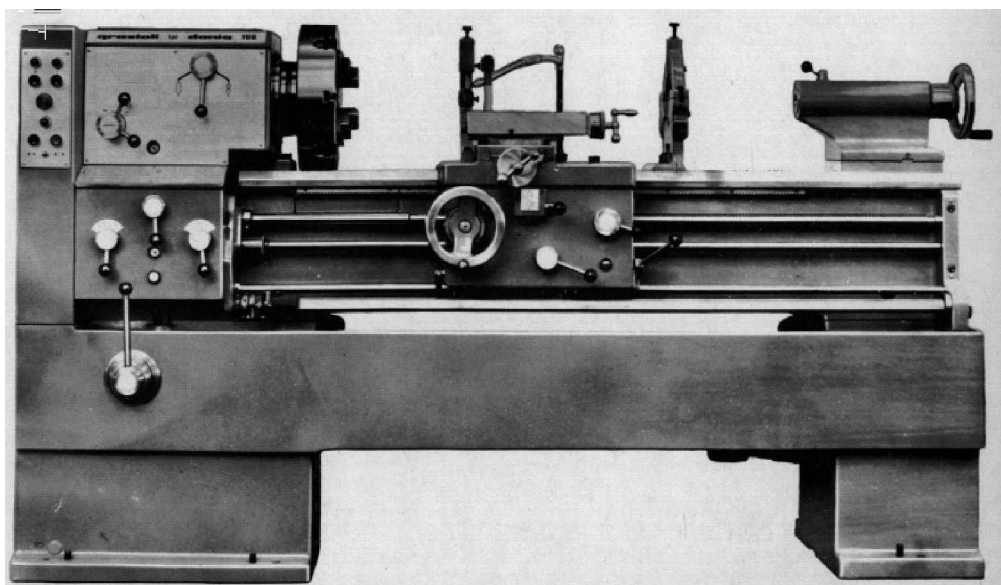


Fig. 7 a

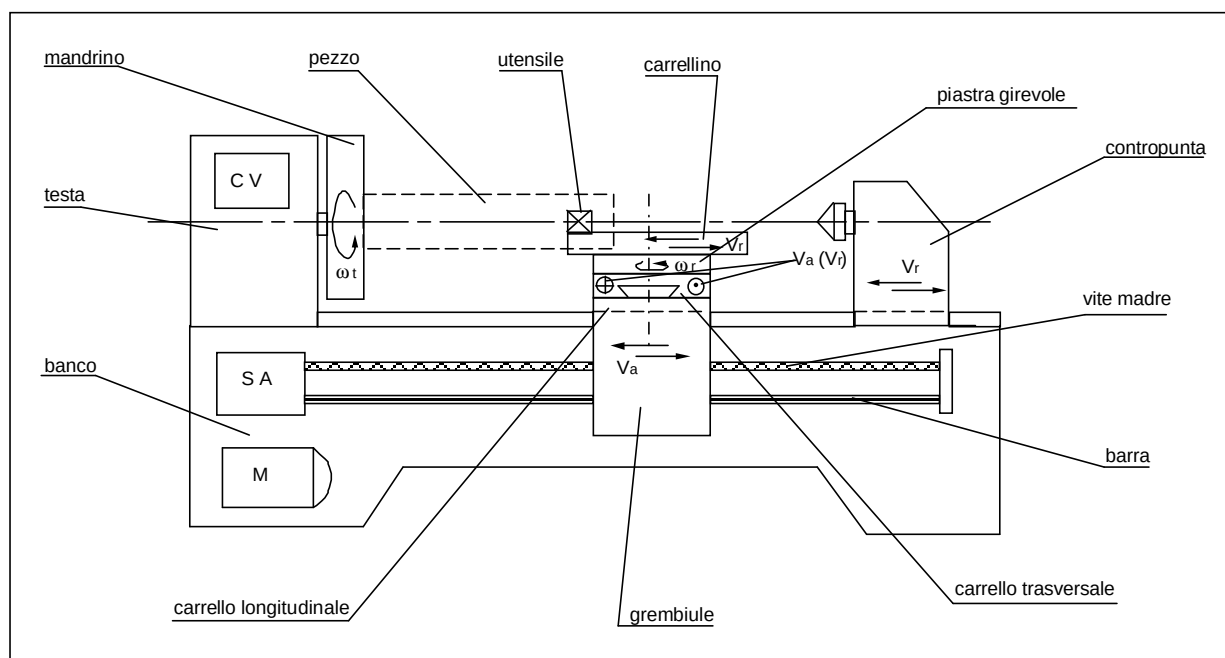


Fig. 7 b

¹ Un'altra possibile spiegazione dell'aggettivo "parallelo" può derivare dal fatto che, agli inizi dell'epoca industriale, queste macchine erano solo ad asse orizzontale e con avanzamento automatico in direzione parallela all'asse del mandrino.

I moti di avanzamento e di registrazione sono conferiti all'utensile tramite il carrello longitudinale, il carrello trasversale, la piastra girevole e il carrellino.

Ai due carrelli il moto proviene, attraverso la barra scanalata o la vite madre, da una scatola degli avanzamenti SA, che preleva il moto dall'albero del mandrino.

La necessità di collegare l'albero di ingresso del cambio degli avanzamenti con l'albero di uscita del cambio principale della macchina deriva dal fatto che è indispensabile assicurare una precisa relazione fra il moto di taglio e il moto di avanzamento; non a caso l'unità di misura più adoperata per la velocità di avanzamento è mm/giro, intendendo riferirsi allo spazio percorso dall'utensile per ogni giro che compie il pezzo. Nelle macchine moderne a controllo numerico la variazione di velocità è realizzata con motori a velocità continuamente variabile; la regolazione e il controllo sono affidati al software di gestione della macchina che garantisce, con grande precisione, la corrispondenza fra il moto di taglio e il moto di avanzamento.

Le dimensioni caratteristiche di un tornio parallelo sono le seguenti (fig. 8):

distanza fra le punte L, che corrisponde alla massima lunghezza tornibile;

distanza H₁ fra l'asse della macchina e le guide del carrello trasversale, che individua il massimo diametro tornibile sul carrello in operazioni di tornitura longitudinale;

distanza H₂ fra l'asse della macchina e le guide del banco, che individua, in modo approssimato, il massimo diametro tornibile sul banco in operazioni di tornitura frontale;

diametro interno d dell'albero del mandrino (passaggio barra).

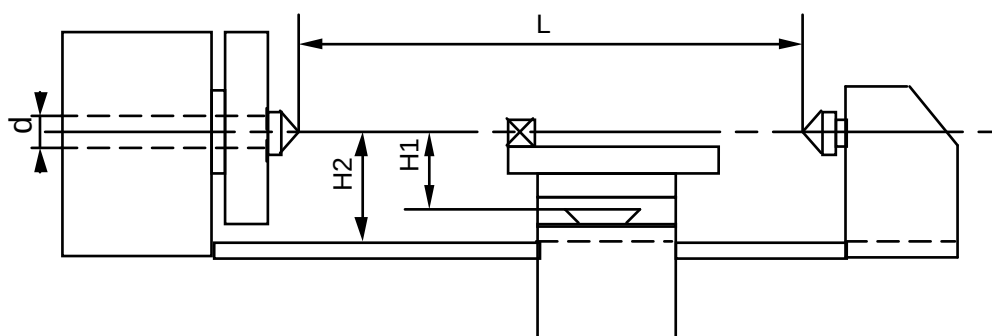


Fig. 8

Altre grandezze caratteristiche sono la potenza di targa del motore, le caratteristiche del cambio di velocità del mandrino e della scatola degli avanzamenti.

ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI CAMBI DI TIPO DISCONTINUO DI UNA MACCHINA UTENSILE

Il cambio di velocità è un cinematismo fondamentale di una macchina utensile. Esso consente, infatti, di impostare la velocità di taglio ottimale, quella cioè che conduce alla migliore qualità della superficie lavorata nel minor tempo e con la maggiore durata dell'utensile.

La velocità di taglio ottimale viene scelta soprattutto in base a considerazioni di tipo sperimentale; si è visto infatti che tutti i tentativi di impostare formulazioni teoriche per la sua valutazione conducono comunque a risultati, che poi necessitano di aggiustamenti, a volte sostanziali, per la specifica applicazione. Attualmente ci si affida a banche dati, che forniscono una prima indicazione per ogni possibile combinazione fra il materiale da lavorare, il materiale dell'utensile, il tipo di lavorazione, il grado di finitura richiesto e, non ultimo, il flusso dei pezzi nel ciclo di lavorazione.

Riferendosi alla semplice operazione di tornitura longitudinale esterna, la velocità di taglio, sempre definita come la velocità relativa fra utensile e pezzo, è data da

$$V_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (m/min)} \quad (12)$$

dove D è il diametro del pezzo da tornire, misurato in mm, e n è la velocità angolare, misurata in giri/min.

Dall'esame della (12) si vede che, volendo lavorare a $V_t = \text{cost}$, la semplice variazione di D impone una variazione di n e quindi la necessità di un cambio di velocità.

E' utile riferirsi al diagramma di fig. (9), nel quale la (12) è espressa da una serie di rette a numero di giri costante.

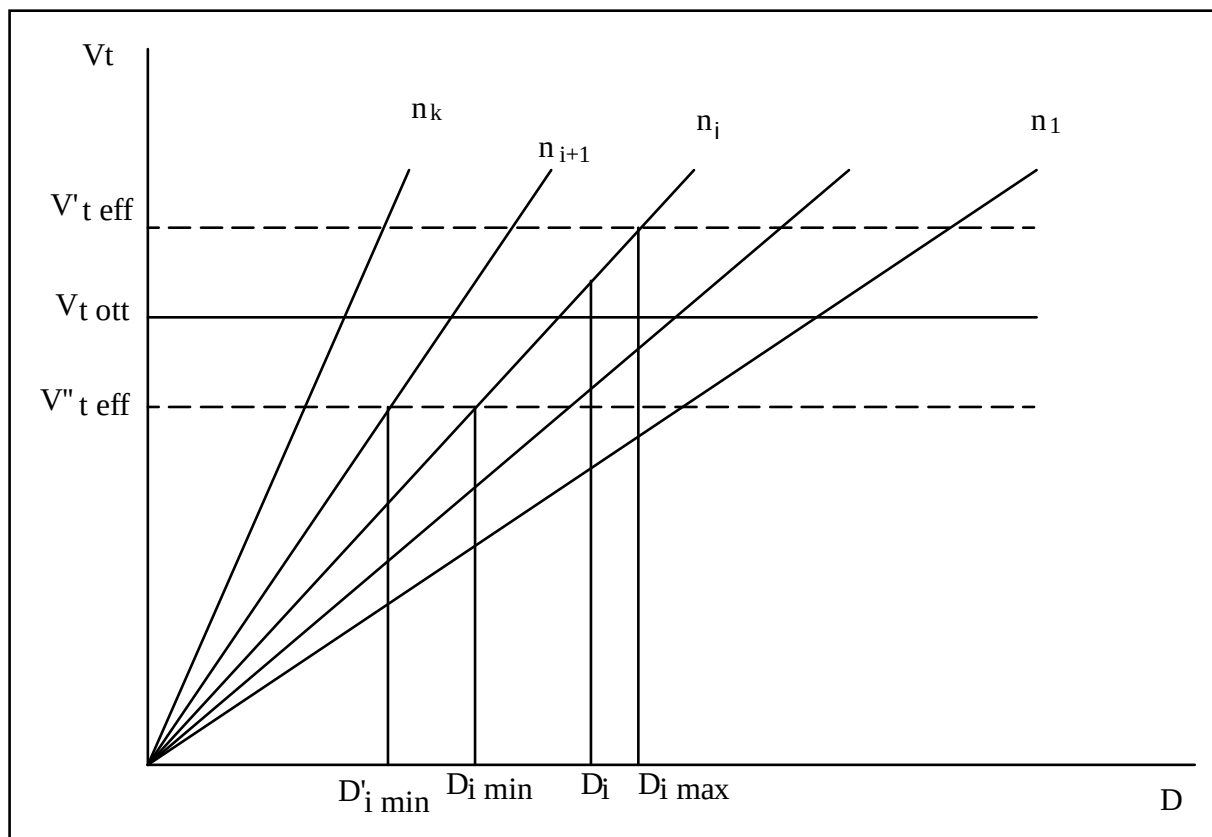


Fig. 9

Se la macchina è dotata di un cambio di tipo discontinuo, è evidente che, fissata V_t e conosciuto D , difficilmente si troverà disponibile all'asse del mandrino una velocità angolare che soddisfi la (12). Scegliendo quindi il valore di n che, per quel diametro, realizza una velocità periferica il più possibile vicina alla V_t ottimale, ci si dovrà accontentare di uno scarto, positivo o negativo, fra la velocità ottimale e quella effettiva di lavorazione. Nella fig. (9) si è scelto un campo di variazione, compreso fra $V'_t \text{ eff}$ e $V''_t \text{ eff}$, nel quale si può ancora ritenere di lavorare in condizioni ottimali.

Risulta evidente che, per un determinato numero di giri n_i , si può eseguire la lavorazione di tutti i diametri compresi fra $D_{i \text{ max}}$ e $D_{i \text{ min}}$. Quando, dopo una o più passate, il diametro del pezzo risulterà inferiore a $D_{i \text{ min}}$, sarà necessario passare alla velocità angolare n_{i+1} , con la quale sarà possibile lavorare tutti i diametri fino a $D'_{i+1} \text{ min}$, sempre all'interno del campo di variazione impostato per la V_t ottimale. Questo risulta tanto più stretto quanto più numerosi sono i rapporti di trasmissione del cambio, riducendosi a zero solo per un numero infinito di rapporti di trasmissione, compresi fra un minimo e un massimo e cioè solo per macchine dotate di variatori continui o di motori a velocità continuamente variabile.

Il tipo di cambio, e soprattutto il numero dei rapporti di trasmissione, costituisce uno degli elementi discriminanti, sia nella scelta che nel progetto di una macchina utensile in generale e di un tornio parallelo in particolare.

Le grandezze principali da determinare sono:

- le velocità angolari minima e massima disponibili all'asse del mandrino;
- il numero totale delle velocità angolari.

La fig. (10) propone uno schema logico, molto semplificato, per la determinazione di queste grandezze, relativamente ad un tornio parallelo.

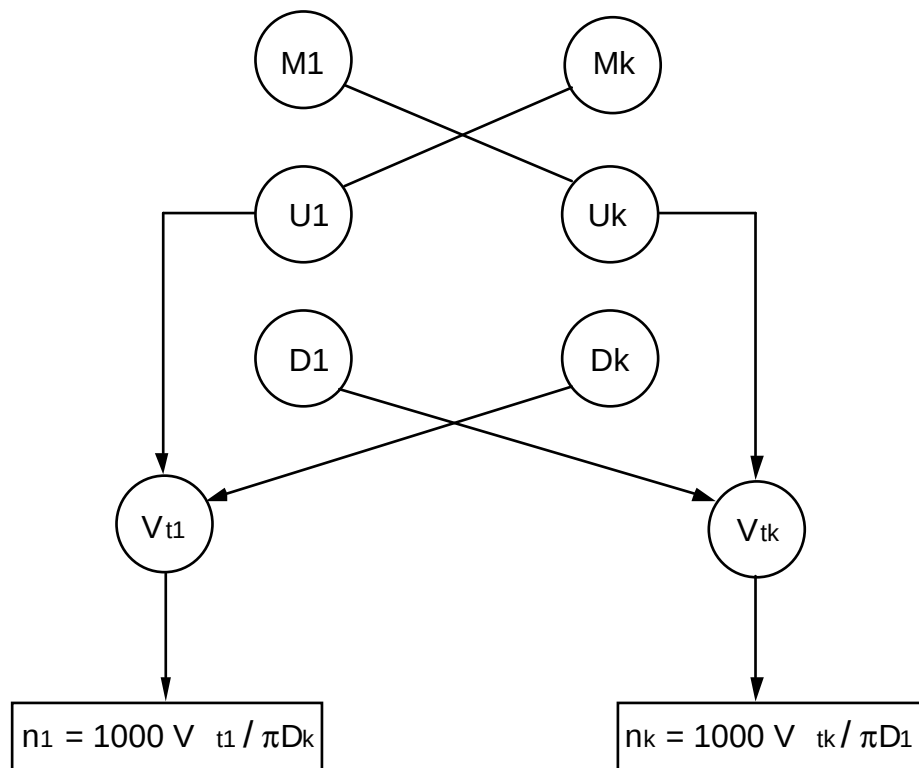


Fig. 10

I pedici 1 e k si riferiscono:

- al materiale con la minore resistenza alla lavorabilità (M_1) e a quello con la maggiore resistenza alla lavorabilità (M_k), fra tutti quelli che saranno presumibilmente lavorati sul tornio da progettare o da acquistare;
- all'utensile di più scadente qualità (U_1) e a quello di migliore qualità (U_k) fra quelli che si prevede di usare;
- al minimo diametro (D_1) e al massimo diametro (D_k) che si prevede di tornire.

La lavorazione del materiale M_1 con l'utensile U_k potrà essere effettuata con una velocità di taglio V_{tk} che risulta la più elevata fra tutte quelle impiegabili.²

Ricordando la (12), si deduce che la lavorazione a V_{tk} del diametro minimo D_1 consente la determinazione del massimo numero di giri n_k che deve essere reso disponibile all'asse del mandrino. Analoghe considerazioni portano alla determinazione del minimo numero di giri n_1 .

Le considerazioni svolte finora sono esaustive per una macchina dotata di motori a velocità continuamente variabile, quale ad esempio una macchina a controllo numerico. Quando invece si deve progettare o scegliere un cambio di tipo discontinuo, è necessario determinare anche il valore di k , cioè del numero totale più conveniente di rapporti di trasmissione.

In definitiva, si dovrà determinare una serie, di ordine k , di numeri reali compresi fra un minimo (n_1) e un massimo (n_k).

²È evidente che qui si è volutamente omessa, per semplicità, ogni considerazione sugli altri elementi, ricordati all'inizio di questo paragrafo, che contribuiscono alla scelta della velocità di taglio ottimale.

Una serie aritmetica presenta, verso i valori più bassi, l'inconveniente di ampi scarti, fra due termini consecutivi, che diventano invece troppo piccoli verso i valori più alti, indipendentemente dal valore della ragione.

Una serie geometrica presenta invece l'inconveniente opposto, che però si attenua a misura che diminuisce la ragione. Per di più, una ben nota proprietà di questa serie afferma che per un qualunque numero reale, non appartenente alla serie, l'errore che si commette, rispetto al termine della serie ad esso più vicino, è minore rispetto a quello che si commette se i numeri si succedono secondo una qualsiasi altra serie.

Per i motivi su esposti, un cambio di velocità di una macchina utensile dovrebbe essere proporzionato sempre in modo che i rapporti di trasmissione costituiscano una serie geometrica di ragione minore di 2. Il numero delle velocità, comprese fra n_1 e n_k , sarà tanto maggiore quanto minore è la ragione.

In definitiva, ricordando la relazione della serie geometrica

$$q = \sqrt[k-1]{\frac{n_k}{n_1}} \quad (13)$$

si fissa q e si determina k .

Per macchine molto versatili q si aggira intorno a 1.1, mentre per macchine poco versatili q si aggira intorno a 1.6. Casi particolari di questi ultimi tipi di macchine erano rappresentati, anni fa, da quelle dedicate alle linee di produzione rigide, nelle quali una macchina, nella sua vita produttiva, eseguiva una sola lavorazione su un sol tipo di pezzo e quindi in essa mancava del tutto il cambio di velocità.

1.3.1. ALTRI TIPI DI TORNI

Il tornio frontale (fig. 11 a, b) è destinato alla lavorazione di pezzi di notevole diametro ma di lunghezza limitata.

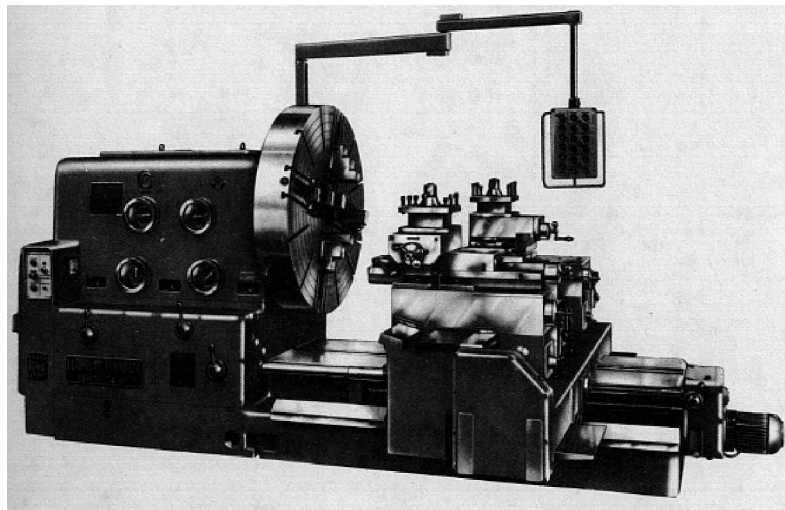


Fig. 11 a

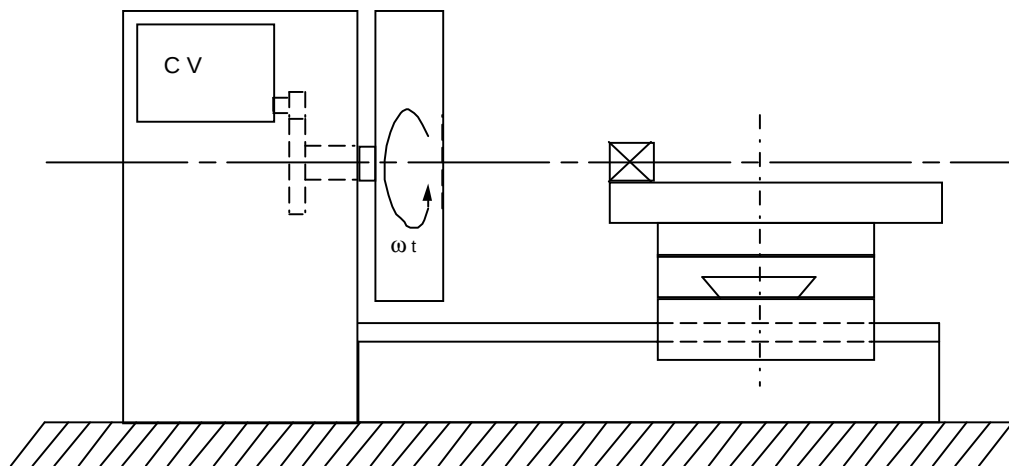


Fig. 11 b

Si tenga infatti presente che il pezzo è sostenuto dalle griffe del mandrino per effetto dell'attrito; per elevate lunghezze, il peso del pezzo aumenta al punto tale che il momento delle forze di attrito, che tende ad accoppiarlo al mandrino, non sarà più sufficiente a contrastare il momento della forza peso, che tende invece a disaccoppiarlo.

Questa limitazione è invece superata nei torni verticali (fig.12), che hanno il mandrino disposto ad asse verticale. In queste macchine, evidentemente, il peso del pezzo ha una funzione stabilizzante sul fissaggio al mandrino.

La fig. 12 ne illustra un tipo a due montanti, che rappresenta la categoria di torni più grandi oggi esistenti; basti pensare che per questa macchine il diametro del mandrino, cui è proporzionale il massimo diametro tornibile, può raggiungere e in qualche caso superare i 20.000 mm.

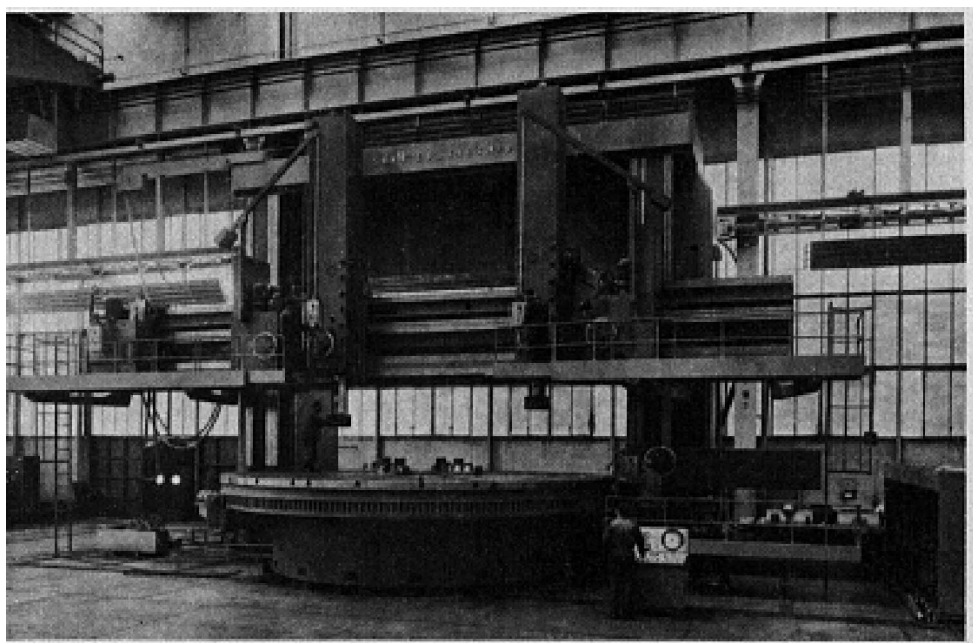


Fig.12

L'evoluzione dei torni è stata notevole in questi ultimi decenni, non per quel che concerne i sistemi di controllo e di comando, quanto come versatilità della macchina, grazie all'uso di portautensili motorizzati. Questi consentono di eseguire, sul pezzo montato nel mandrino, alcuni

tipi di lavorazione, tipiche delle altre macchine a moto di taglio rotatorio, diminuendo così la differenza con i centri di lavorazione. Questi ultimi presentano una limitazione sulla geometria del semilavorato che, a meno di accessori talvolta complessi e costosi, è generalmente un parallelepipedo. D'altra parte, il tornio, pur con tutti gli accessori, difficilmente può lavorare pezzi prismatici. La Fig. 13 ne riporta un esempio con quattro mandrini e xxxx portautensili motorizzati.