

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Considerazioni sui trattamenti termici delle leghe leggere dal punto di vista industriale

E. HUGONY, dopo una esposizione sintetica dei principi della tempra, invecchiamento e ricottura delle leghe leggere, illustra i fattori pratici di cui bisogna tener conto per l'esecuzione industriale dei trattamenti e riporta esempi di applicazione dei concetti esposti.

1) Le leghe leggere sono suscettibili come numerosi altri materiali metallici di trattamento termico e cioè di ricottura, di tempra e di rinvenimento (denominato in particolare invecchiamento per tali leghe).

A) Teoria dei trattamenti termici.

2) La possibilità di sottoporre le leghe leggere al trattamento di tempra e invecchiamento (o bonifica termica) è stata individuata dallo studioso tedesco Wilm, circa 50 anni addietro; quando egli rilevò che le leghe leggere a differenza degli acciai non acquistavano con la tempra una elevata durezza, ma che tale caratteristica veniva invece acquisita con la permanenza del materiale temprato a temperatura ambiente, o a temperatura poco più elevata (100-200°C).

3) Per spiegare i fenomeni di ricottura, di tempra e invecchiamento, conviene collegarsi al classico diagramma di stato Al-Cu di

fig. 1. Considerando una lega al 4 % Cu si rileva che, secondo che il raffreddamento sia stato rapido o meno, la lega possiede a temperatura ambiente due strutture tipiche:

a) Lega raffreddata lentamente (ricotta); struttura di equilibrio costituita da cristalli di alluminio quasi puro (soluzione solida di Cu in Al, α (Al-Cu), con Cu \sim 0,2 %, corrispondente al punto C del diagramma) + cristalli del composto CuAl_2 .

Si osserva come sia difficile ottenere alla solidificazione una lega omogenea, e quindi occorre mantenere il getto a lungo a temperatura elevata per ottenere la completa omogeneizzazione, come si deduce dall'esame delle micrografie di fig. 2.

Definizione di ricottura. Per ricottura s'intende il riscaldamento di un materiale metallico ad una temperatura spesso e notevolmente inferiore a quella del solidus,

seguito da un raffreddamento più o meno lento, nell'intento d'impartire al materiale uno stato chimico-fisico prossimo all'equilibrio.

Fig. 1 - Diagramma di stato Al-Cu, lato Al, e strutture schematiche di ricottura (raffreddamento lento) e di tempra (raffreddamento rapido).

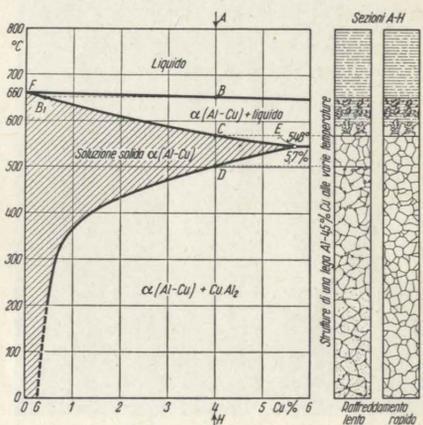
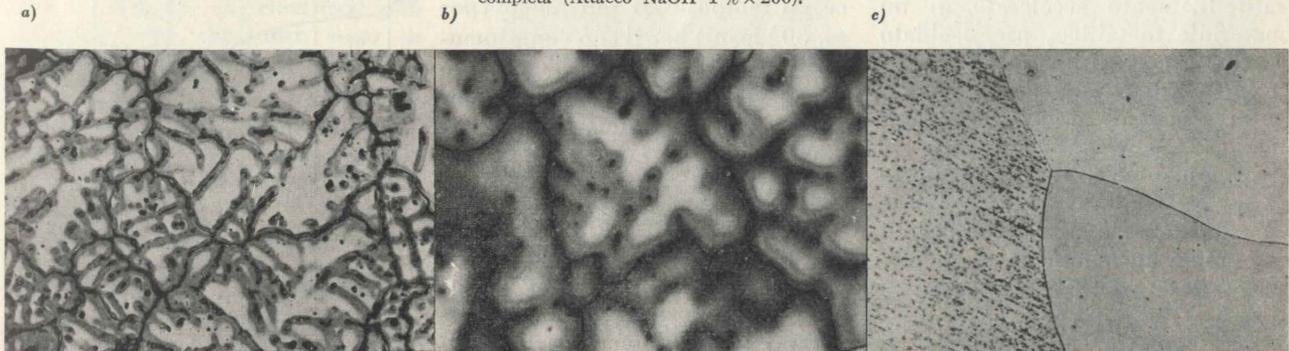


Fig. 2 - L'effetto omogeneizzante della permanenza a temperatura elevata su una lega allo stato di getto appare evidente nelle diverse micrografie. a) lega Al-Cu 4 % iperpura: stato di getto grezzo in conchiglia: si rileva il reticolato di CuAl_2 ; b) la stessa lega dopo 30 minuti di preriscaldamento a 520°C; il reticolato di CuAl_2 è diminuito di estensione; le zone chiare nell'interno dei grani sono quelle più povere di rame e corrispondono ai germi di prima solidificazione (cristalli ad anima); c) la stessa lega dopo 6 ore di preriscaldamento sempre a 520°C: omogeneizzazione praticamente completa (Attacco NaOH 1% \times 200).



identici a quelli esistenti a temperatura elevata (cioè nel campo CD).

Definizione di tempra. Per tempra si intende genericamente il

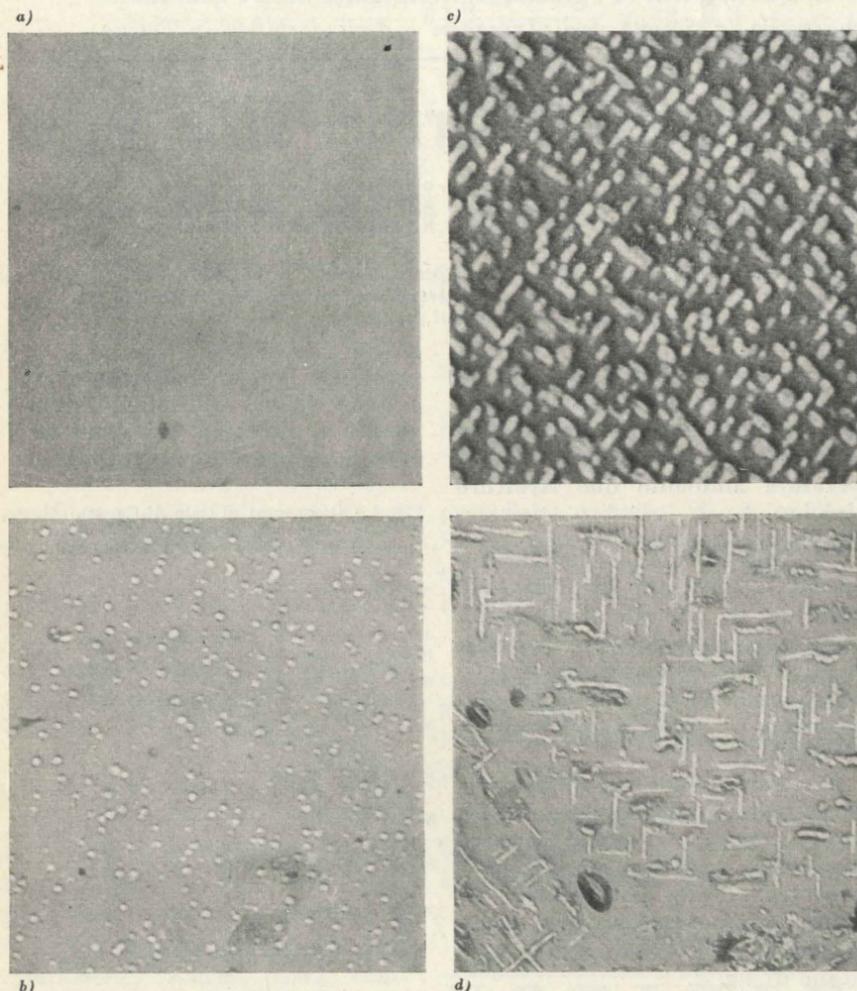


Fig. 3 - La diversità nella struttura tra lega leggera temprata e invecchiata naturalmente o artificialmente appare evidente nelle micrografie ottenute al microscopio elettronico su una lega Al-Cu 5% e riportate in questa figura (mentre il microscopio ottico non consente riprese oltre 3000 ingrandimenti, col microscopio elettronico si arriva a 200.000 ingrandimenti). a) Stato temprato da 530°C e non ancora invecchiato naturalmente ($\times 36.000$ totale); b) Stato temprato da 530°C e invecchiato naturalmente (3 giorni); i puntolini bianchi corrispondono alle zone Guinier-Preston [1] dove gli atomi di rame si sono addensati durante l'invecchiamento ($\times 36.000$ totale); c) Stato temprato da 530°C e invecchiato artificialmente (190°C per 5 h); i bastoncini corrispondono alle fasi di riprecipitazione θ'' e θ' che precedono la formazione della fase finale θ o CuAl_2 ($\times 61.000$ totale); d) Stato temprato da 530°C e invecchiato artificialmente per un tempo maggiore (190°C per 14 h); si rileva la precipitazione della fase θ' e al contorno dei grani cristallini di θ o CuAl_2 ($\times 36.000$ totale).

raffreddamento accelerato di un materiale metallico, preriscaldato ad una temperatura prefissata, allo scopo di sopprimere determinate variazioni strutturali di equilibrio.

La soluzione solida soprassatura tende però alla sua forma stabile di equilibrio, e manifesta quindi col tempo un fenomeno di indurimento legato ad alterazioni strutturali.

La tendenza all'equilibrio si

svolge variamente a seconda del tipo di lega: in alcune leghe, tipo Al-Cu-Mg, è così elevata a temperatura ambiente da essere completa nel giro di 4-5 giorni, in altre, tipo Al-Zn-Mg, occorre inve-

Definizione d'invecchiamento.

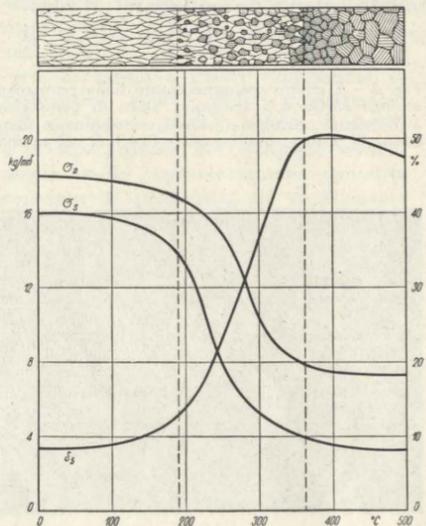
Per « invecchiamento », quindi, si intende il mantenimento di una lega, previamente sottoposta a tempra di soluzione o comunque in stato di soprassaturazione, ad una temperatura e per un tempo sufficiente per indurre una riprecipitazione critica dei costituenti solubilizzati. Le alterazioni strutturali, che accompagnano l'invecchiamento, sono assai complesse e pertanto non si ritiene opportuno approfondire l'argomento, dato il carattere pratico di questa esposizione. Ad ogni modo si tratta di un fenomeno di riprecipitazione critica (dapprima atomica e poi molecolare e infine cristallina) da una soluzione solida soprassatura.

Subito dopo tempra, infatti, si ha una ridistribuzione degli atomi di soluto che da luogo ad addensamenti o aggregati degli atomi stessi (per es. le zone di Guinier-Preston o G.P. [1] nelle leghe Al-Cu) con una velocità di diffusione assai elevata; ciò è possibile grazie all'esistenza nel reticolo di posti vuoti, denominati « vacanze », che si presentano assai numerosi nelle leghe temprate.

Questi aggregati subiscono col tempo e con la temperatura un'evoluzione assumendo dimensioni sempre più facilmente rilevabili.

A questo proposito riportiamo nella fig. 3, quattro micrografie elettroniche relative a una lega Al-Cu 5%, temprata e sottoposta dopo tempra a invecchiamento

Fig. 4 - Schema delle variazioni delle caratteristiche tensili e della struttura in un materiale d'alluminio invecchiato e gradualmente ricotto.



ce un tempo assai più lungo (per es. 30 giorni) per il suo compimento. Inoltre, per alcune leghe, tipo Al-Cu-Mg, l'invecchiamento a temperatura ambiente consente di ottenere buone caratteristiche meccaniche; per altre invece, tipo Al-Zn-Mg-Cu, per ottenere caratteristiche praticamente interessanti, occorre l'invecchiamento a temperatura superiore a quella ambiente: invecchiamento artificiale.

naturale o a invecchiamento artificiale: le micrografie mostrano, in modo evidente, l'accennato fenomeno di riprecipitazione.

La distinzione fra invecchiamento naturale e invecchiamento artificiale ha una notevole importanza

dal); Al-Zn-Mg-Cu (Ergal); Al-Cu-Ni-Mg (legay); Al-Cu-Fe-Mg (Duralite); Al-Cu-Pb-Sn-Cd (Recidal).

b) leghe non da bonifica: tipo Al-Si (Silumin); Al-Mn (Aluman), Al-Mg (Peraluman), leghe

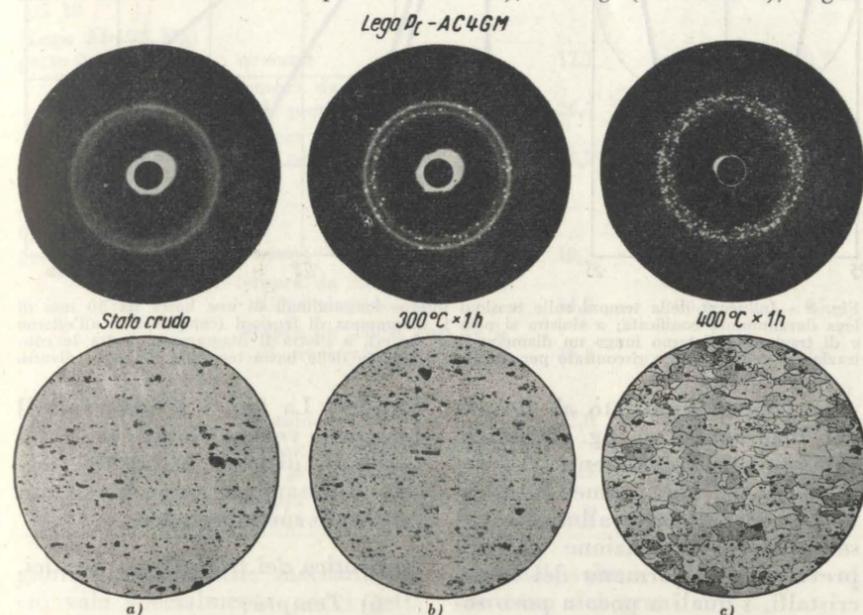


Fig. 5 - Variazioni strutturali di una lamiera di lega Al-Cu-Mg (Avional 22), invecchiata e sottoposta a ricottura, rivelate con i raggi X e con il microscopio: a) stato crudo; b) parzialmente ricotto. (300°C per 1 h); l'inizio della ricristallizzazione chiaramente rivelato dal roentgenogramma, non appare ancora nella micrografia; c) stato ricotto (400°C $\times 1$ h); cristallizzazione nettamente rilevata dal roentgenogramma e dalla micrografia (reattivo di Keller $\times 500$).

pratica, in quanto, per una stessa lega, si possono avere proprietà diverse. Ad esempio, nello stato di invecchiamento naturale, rispetto a quello artificiale la lega presenta una minore resistenza meccanica specialmente nei riguardi del carico di snervamento, una maggiore plasticità, una minore conducibilità elettrica e termica, e normalmente una migliore resistenza alla corrosione.

Lo stato invecchiato è comunque uno stato di equilibrio relativo, e quindi destinato a subire una evoluzione se la lega viene portata per un tempo sufficientemente lungo ad una temperatura superiore: soltanto la ricottura può conferire alla lega uno stato di equilibrio strutturale.

4) In base alla possibilità di un materiale di lega leggera di vedere o meno con la tempra e invecchiamento variate notevolmente le sue caratteristiche meccaniche le leghe leggere si dividono in due gruppi:

a) leghe da bonifica: tipo Al-Cu-Mg (Avional); Al-Si-Mg (Anticorodal); Al-Zn-Mg (Uni-

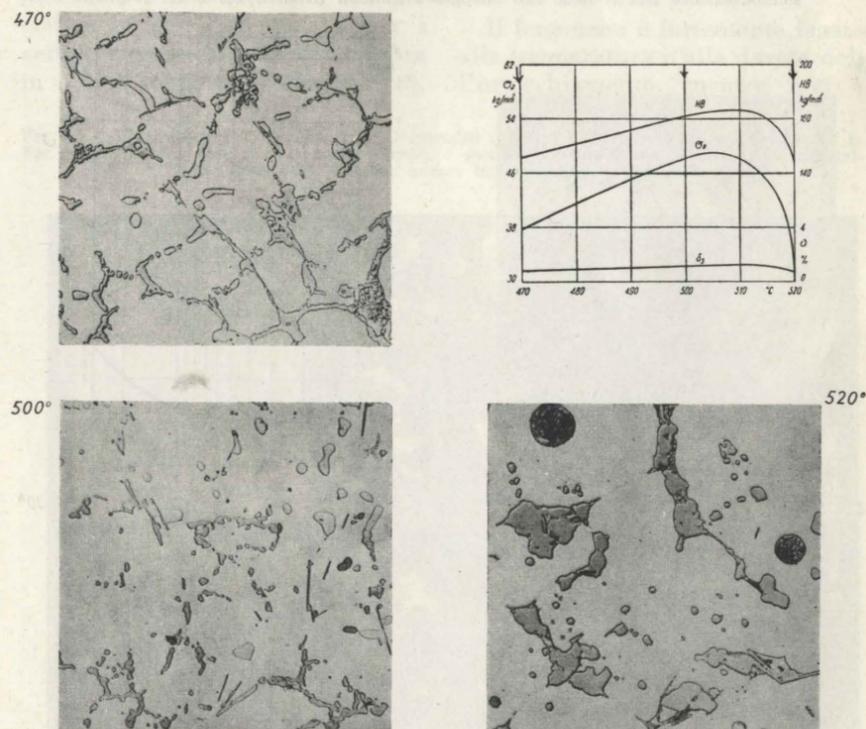


Fig. 6 - Diagramma della variazione delle caratteristiche meccaniche in una lega Termafond C 46, colata in conchiglia, temprata da varie temperature e invecchiata a 160°C per 20 ore ($T_{2/16} A_{16/20}$). Si rileva nelle microstrutture relative a preriscaldi alla tempra a 470, 500 e 520°C la progressiva solubilizzazione delle fasi eterogenee, e la comparsa infine dell'eutettico fuso (indice di bruciatura della lega - Attacco: 0,5% HF - $\times 500$).

denominate anche da invecchiamento in quanto vengono indurite con una lavorazione plastica a freddo.

5) Circa l'incrudimento, è noto che per effetto di una deformazione plastica a freddo un materiale metallico subisce una distorsione e una frantumazione del suo edificio cristallino con un aumento delle caratteristiche di resistenza (specialmente di quelle legate al carico di snervamento) e con una riduzione assai notevole di quelle di deformabilità.

Questo stato di incrudimento è però instabile; è possibile cioè con un riscaldamento al di sopra di una temperatura determinata, legata al grado di deformazione, alla microstruttura e alla composizione chimica del materiale, ripristinare la struttura cristallina originale, fenomeno questo denominato ricristallizzazione.

La ricottura di un materiale invecchiato si svolge sostanzialmente in tre periodi distinti (fig. 4).

I) Dapprima, aumentando la temperatura a partire da quella ambiente, si verifica un fenomeno di riassetto cristallino, rivelato da una chiarificazione del roentgeno-

spettrogramma e da una lieve modifica delle proprietà meccaniche (ed elettriche); la microstruttura non mostra invece alcuna sensibile variazione.

II) Superata una certa temperatura (detta di inizio di ricristallizzazione), dipendente dalla composizione chimica e dal grado di incrudimento del materiale, si inizia la formazione di nuovi cristalli in seno a quelli originari incruditi, con vistose variazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche, e non soltanto il roengenospettrogramma mostra un cambiamento, ma alla fine anche la microstruttura.

III) Pervenuti alla temperatura di fine ricristallizzazione, la ricottura è completa: un ulteriore riscaldamento porta ad un ingrossamento del grano con peggioramento delle caratteristiche meccaniche: il fenomeno si accentua nel caso che il materiale abbia subito un incrudimento ridotto (2-6 %) denominato « incrudimento critico ».

Fig. 7 - Diagramma delle variazioni delle caratteristiche meccaniche in una lega Duralite o Ternafond C 3, colata in conchiglia temprata, e invecchiata a 160°C per 20 ore in dipendenza della durata del preriscaldamento alla tempra ($T_{01/2}$ a $A_{101/30}$). Si rileva dalle microstrutture relative a preriscaldi alla tempra di 1, 8 e 30 ore la progressiva demolizione del reticolato eutettico e la solubilizzazione nell'Al delle fasi eterogenee solubili. (Attacco 0,5 % HF x 500).

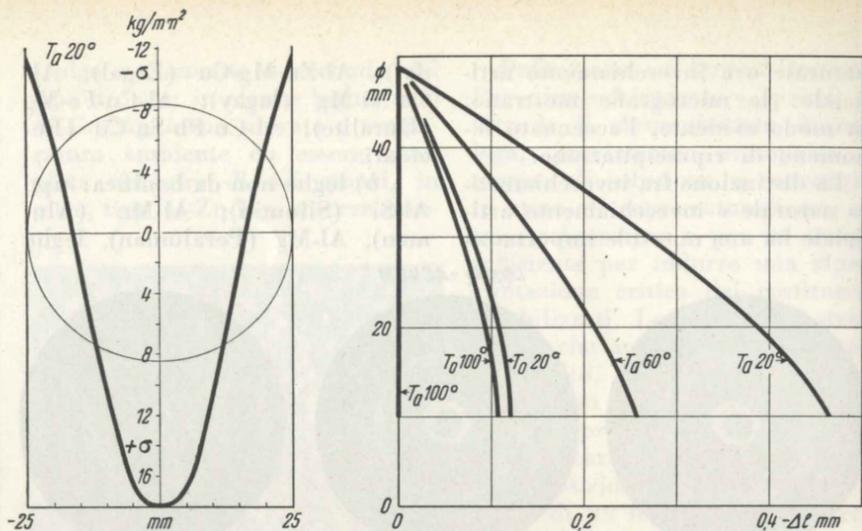
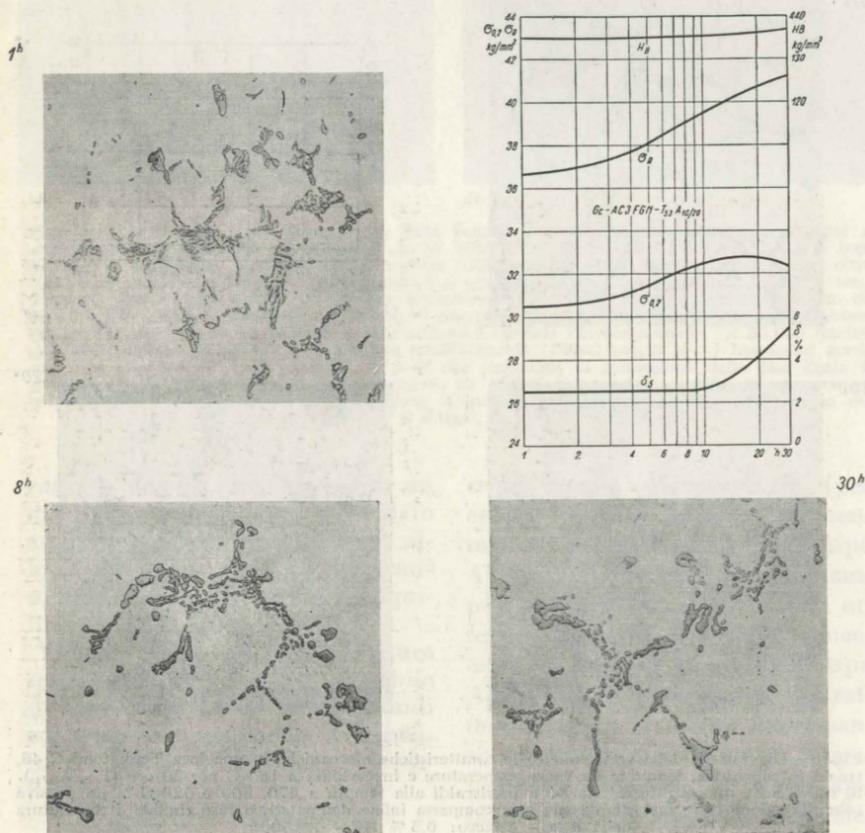


Fig. 8 - Influenza della tempra sulle tensioni interne longitudinali di una barra da 50 mm di lega duralluminio bonificata; a sinistra si nota il diagramma di tensioni (compressione all'esterno e di trazione all'interno lungo un diametro della barra), a destra il diagramma mostra le concentrazioni successivamente riscontrate per tornitura graduale delle barre temprate in bagni diversi.

Lo schema riportato al disopra del diagramma di fig. 4 mostra chiaramente l'andamento del fenomeno: si nota come entro la massa dei cristalli allungati nel senso della lavorazione plastica prevalente, si formano dei nuovi cristalli, i quali a poco a poco sostituiscono i cristalli originari de-

formati. La fig. 5 rivela come il fenomeno venga determinato in un laminato di lega Al-Cu-Mg, mediante l'esame ai raggi X e al microscopio metallografico.

B) Pratica dei trattamenti termici.

6) Tempra:

Il processo di tempra è composto praticamente di due fasi distinte e cioè:

a) il preriscaldamento di solubilizzazione, definito dalla temperatura e dal tempo di regime; temperatura di regola sempre al disopra della curva di solubilità (E G del diagramma di fig. 1).

b) il raffreddamento rapido, o tempra, definito dal mezzo impiegato per sottrarre il calore accumulato nel materiale preriscaldato (tempra in acqua, in olio, in aria, ecc.).

Consideriamo ora l'influenza dei vari fattori.

— *Influenza della temperatura di tempra:* Per ottenere il massimo delle caratteristiche meccaniche occorre temprare da un intervallo di temperatura al massimo elevato, compatibilmente col pericolo di fusione (cioè il limite superiore dell'intervallo di tempra dev'essere al disotto della curva del solido o d'incipiente fusione, v. diagramma di fig. 1 - linea FE - altrimenti la lega risulta bruciata - fig. 6).

— *Influenza della durata del preriscaldamento alla tempra.* Il materiale deve rimanere in forno fino alla sua omogeneizzazione, altrimenti non si conseguono le mi-

TABELLA I
EFFETTO DELLA DURATA DEL PRERISCALDO ALLA TEMpra
SULLE CARATTERISTICHE TENSILI DI PROVETTE DI LEGA AG 10
(Peraluman o Corrofond M 10) e AC 4,6 GT (Inafond C 5)

Leghe e tipo di formatura	Trattamento termico	Caratteristiche meccaniche		
		R kg/mm ²	s kg/mm ²	A ₁ %
AG 10 (Lega Al-10% Mg) getto in sabbia	nessuno	17,1	16,5	0,7
	tempra da 425°C con 12 h di preriscaldamento	26,7	19,0	8,2
	tempra da 425°C con 24 h di preriscaldamento	28,3	19,3	9,2
AC 4,6 GT (Lega Al-4,6% Cu 0,3% Mg-0,25% Ti) getto in sabbia	nessuno	18,5	16,9	1,2
	tempra da 530°C con 12 h di preriscaldamento	34,2	26,6	6,5
	tempra da 530°C con 24 h di preriscaldamento	36,3	27,0	7,5
getto in conchiglia	nessuno	22,0	19,9	2,1
	tempra da 530°C con 4 h di preriscaldamento	35,3	24,7	9,8
	tempra da 530°C con 12 h di preriscaldamento	39,1	25,3	17,2

gliori caratteristiche meccaniche: ciò vale specialmente per i getti i quali sono allo stato grezzo fortemente eterogenei. La fig. 7 e la Tab. 1, mostrano l'effetto favorevole della durata del preriscaldamento alla tempra per le leghe da fonderia AC 3 F GN, AG 10 e AC 4,6 GT.

— *Influenza del bagno di tempra.* Il raffreddamento deve essere così rapido da evitare ogni modifica della struttura che la lega possiede ad alta temperatura (cioè all'atto della tempra). È vero che la velocità critica di tempra è per le leghe leggere inferiore a quella degli acciai al carbonio: esiste però una forte tendenza a nocive precipitazioni intergranu-

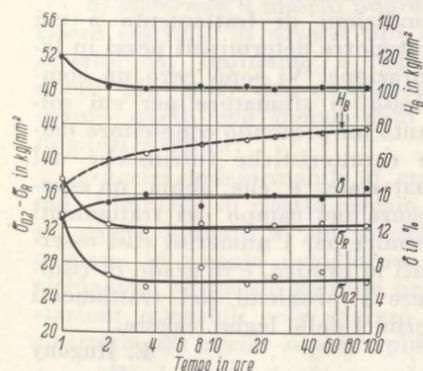


Fig. 9 - Effetto del tempo di attesa fra tempra e invecchiamento artificiale in una lega P-A S1 G invecchiata a 160°C x 16 h. La curva a tratto si riferisce alla variazione di durezza durante l'invecchiamento naturale.

lari del soluto, specialmente al contorno dei grani.

Il mezzo migliore di tempra è l'acqua fredda; il brusco raffreddamento così ottenuto può indurre però forti tensioni nel pezzo, non sempre desiderate per cui specialmente per i fucinati e per i getti si ricorre talvolta alla tempra in olio o in acqua calda (fig. 8).

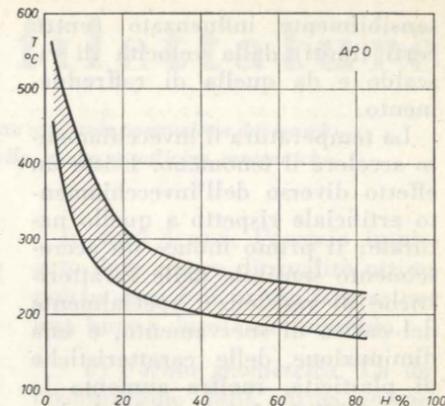


Fig. 10 - Diagramma di ricristallizzazione dell'alluminio APO (99%) ricotto per un'ora.

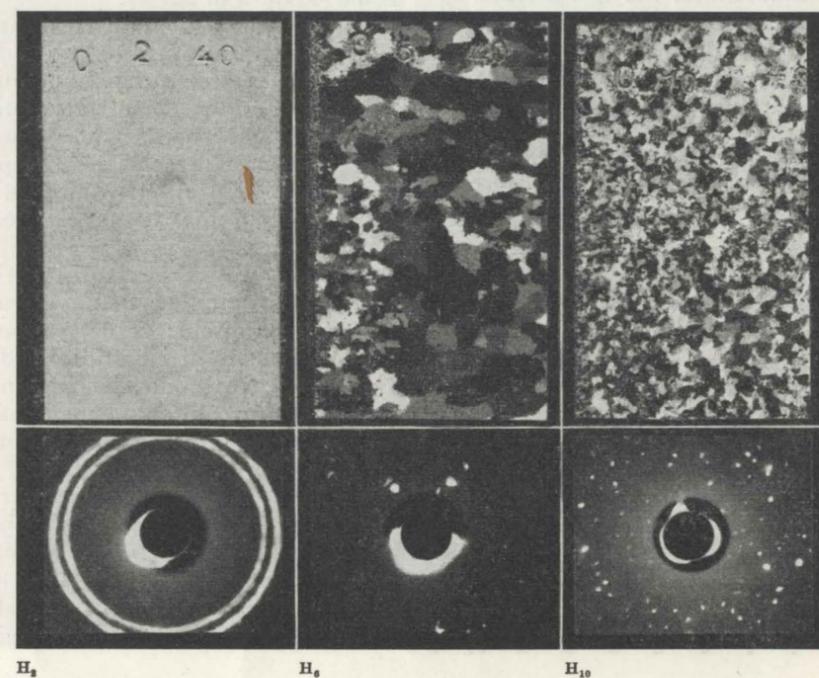
Per eliminare le tensioni di tempra si ricorre ad una ricottura parziale (v. appresso) oppure ad uno stiramento.

— *Influenza del tempo di attesa tra tempra e immersione del pezzo nel bagno raffreddante.* È opportuno che tale tempo sia il più breve possibile, in quanto si possono avere variazioni sensibili di alcune caratteristiche (per es. tendenza alla corrosione intercrystallina nelle leghe Al-Cu-Mg e riduzione delle caratteristiche tensili nelle leghe Al-Zn-Mg-Cu).

7) Invecchiamento:

Il fenomeno è fortemente legato alla temperatura e alla durata dell'invecchiamento, mentre non è

Fig. 11 - Macrostruttura di provini di APO incruditi del 2, 6 e 10 % e ricotti a 400°C x 1 h. Per quanto l'esame macrografico non lo riveli, il secondo provino è solo parzialmente ricristallizzato ed il terzo presenta ancora tracce di metallo deformato.



sensibilmente influenzato (entro certi limiti) dalla velocità di riscaldamento e da quella di raffreddamento.

La temperatura d'invecchiamento accelera il fenomeno. Esiste un effetto diverso dell'invecchiamento artificiale rispetto a quello naturale; il primo induce un accrescimento sensibile delle caratteristiche di resistenza, specialmente del carico di snervamento, e una diminuzione delle caratteristiche di plasticità, inoltre aumenta la conducibilità elettrica delle leghe.

La durata del trattamento ha un effetto analogo.

Aumentando però la temperatura o la durata oltre un certo limite si hanno una riduzione di tutte le caratteristiche di resistenza meccanica e talvolta anche di quelle di plasticità (iperinvecchiamento).

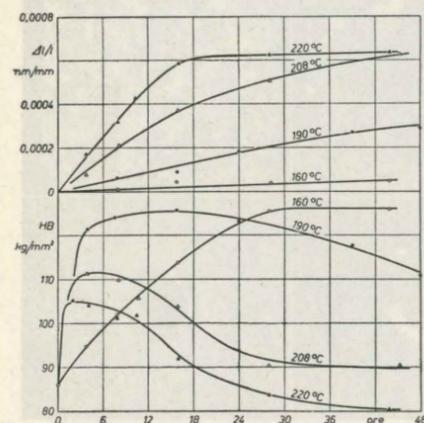
Per alcune leghe leggere, per esempio del tipo Al-Si-Mg, ha una notevole influenza il tempo di attesa fra tempra e invecchiamento (fig. 9).

8) Ricottura.

Per i getti la ricottura ha scarsa importanza pratica, non così per i semilavorati per i quali la ricottura è adottata per addolcire il materiale, come trattamento intermedio durante la fabbricazione, (lavorazione plastica) oppure per soddisfare la richiesta dell'utilizzatore di ricevere un materiale ricotto.

Industrialmente la ricottura appare un'operazione semplice in quanto si può lavorare in un ampio intervallo di temperatura e di durata; ma se si vuole ottenere

Fig. 12 - Diagramma di durezza e di variazione dimensionale in una lega Gc A S 5 CG UNI 3600 temprata e invecchiata a 160 e a 190°C o stabilizzata a 208 e a 220°C.



materiale dotato di plasticità elevata occorre saper scegliere l'ottimo per la temperatura e per la durata di ricottura.

Per ogni materiale incrudito esiste un intervallo di ricristallizzazione del tipo di fig. 10, e le condizioni di ricottura devono essere scelte in relazione al diagramma stesso.

Dato che per evitare un grano grosso, che origina poi nella formatura il noto fenomeno della buccia d'arancio, è necessario nel riscaldamento attraversare rapidamente l'intervallo di ricristallizzazione, sono stati ultimamente ideati allo scopo forni continui dove la temperatura è relativamente più elevata del normale e dove il materiale entra da una parte ed esce dall'altra, dopo breve tempo di permanenza. Un forno soddisfacente a queste condizioni, e usato in Italia, è quello adottato dai tubettifici, dove si ricuociono i tubetti di alluminio provenienti dalla pressa di estrusione, a 600°C in circa 1 minuto.

Le condizioni di ricottura sono legate al grado di incrudimento nel senso che la temperatura di ricristallizzazione è tanto più elevata quanto più basso è il grado di incrudimento, come lo dimostra il diagramma di fig. 10.

Si rileva inoltre che per bassi gradi di incrudimento (di qualche %, intervallo critico), il materiale, nella ricottura, è suscettibile di ingrossamento del grano, come si rileva in fig. 11.

Questo fenomeno può verificarsi, per esempio, in un imbutito di forma irregolare, ottenuto da un disco ricotto, che viene sottoposto a ricottura per potere subire poi una ulteriore deformazione, oppure nei ribattini che subiscono una tempra o una ricottura prima dell'impiego.

È allora più conveniente partire da materiali lievemente incruditi (per i dischi: 5-10 % e per il filo destinato ai ribattini: 10-30 per cento), in modo che nessuna zona del pezzo ottenuto mediante formatura, si trovi entro l'intervallo di incrudimento critico.

Un caso particolare di ricottura è quella di stabilizzazione (che può considerarsi anche un iperinvecchiamento); tale trattamento viene applicato ai pezzi temprati o ai getti raffreddati troppo rapi-

damente (getti in conchiglia), che devono lavorare a temperatura elevata senza subire deformazioni anche minime. Generalmente si tratta il pezzo per alcune ore a 200-240°C; dopo tale trattamento,

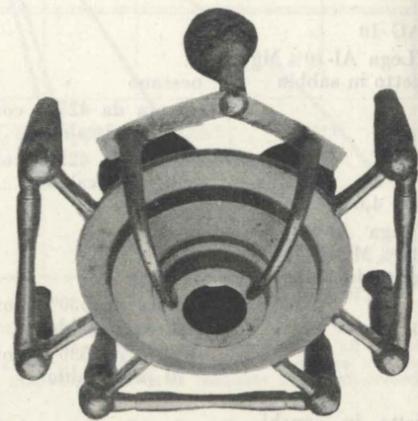


Fig. 13 - Ruota per funivia di lega Gs - AG 3 FGN - UNI 3046, con provette colate attaccate. Curando la preparazione del getto e il trattamento termico (T_{1212} A_{1212}) si sono ottenute caratteristiche tensili superiori al 20 % del minimo UNI, come richiesto dagli Enti di sorveglianza.

che non provoca una degradazione inaccettabile delle caratteristiche di resistenza, non vi è più il pericolo che durante l'uso si verifichino sensibili variazioni delle dimensioni (fig. 12): questo è il caso dei pistoni; testine di motori; bielle testa a croce, ecc.

La fig. 13 mostra un getto ad alte caratteristiche meccaniche, per conseguire le quali è stata necessaria l'accurata messa a punto delle condizioni di trattamento termico.

9) Conclusioni.

La completa e corretta conoscenza dei fenomeni connessi ai trattamenti termici di ricottura, tempra e invecchiamento è la base indispensabile per stabilire le condizioni di trattamento a cui sottoporre determinati pezzi in lavorazione. Vi sono però un complesso di sfumature per cui soltanto un profondo conoscitore delle caratteristiche intrinseche del materiale, e che abbia un'esperienza nel campo dei trattamenti termici per i numerosi casi osservati in pratica, è in grado di risolvere i problemi dei trattamenti termici delle leghe leggere.

E. Hugony

Per esigenze tipografiche pubblichiamo solo l'estratto della conferenza tenuta dall'Autore presso la Sezione AMI di Torino, il giorno 24 maggio 1960, senza però tralasciare le parti sostanziali, e riportando quindi, anche per ragioni di chiarezza, quasi tutte le illustrazioni.

Note sui maschi per filettature

RENZO COLOMBINO analizza brevemente i vari fattori determinanti per una razionale costruzione dei maschi filettatori e illustra i vari tipi oggi prodotti ed i loro specifici impieghi nelle moderne officine meccaniche.

Il maschio per filettatura ha assunto nelle odierne lavorazioni di serie una notevole importanza: infatti, attualmente si richiedono ad esse prestazioni particolari poichè i fori filettati devono essere creati in una sola passata entro le tolleranze necessarie per assicurare l'intercambiabilità del manufatto. Inoltre, sono sempre più numerose le filettature multiple con 6-12 ed anche 24 maschi che lavorano simultaneamente. In questi casi è necessario che il maschio abbia una durata economica che riduca al minimo indispensabile le sostituzioni (fig. 1).

In questi ultimi tempi sono stati quindi studiati a fondo questi problemi ed analizzati i fattori che concorrono alla determinazione della « qualità » del maschio, nonchè il suo razionale impiego.

Tali fattori possono essere così elencati:

- Materiale
- Forma geometrica
- Spoglie
- Trattamento termico
- Processi di indurimento
- Affilatura
- Rettifica del filetto
- Imbocco
- Condizioni di lavoro
- Lubrificanti
- Foratura preventiva
- Tipi di maschi e loro scelta.

a) **Materiale.** I maschi possono essere costruiti in diversi tipi di acciaio. Ci limitiamo a citare quelli più usati dai costruttori, ovvero quelli che hanno dato i migliori risultati:

— Acciai indeformabili al cromo: l'impiego di questo acciaio è in genere limitato ai soli maschi a mano in quanto oggigiorno si richiedono da questo utensile prestazioni ottenibili solo se esso è costruito con acciai super rapidi.

— Per le lavorazioni a macchina si impiegano maschi costruiti quasi esclusivamente in acciai super rapidi tanto al Tugsteno

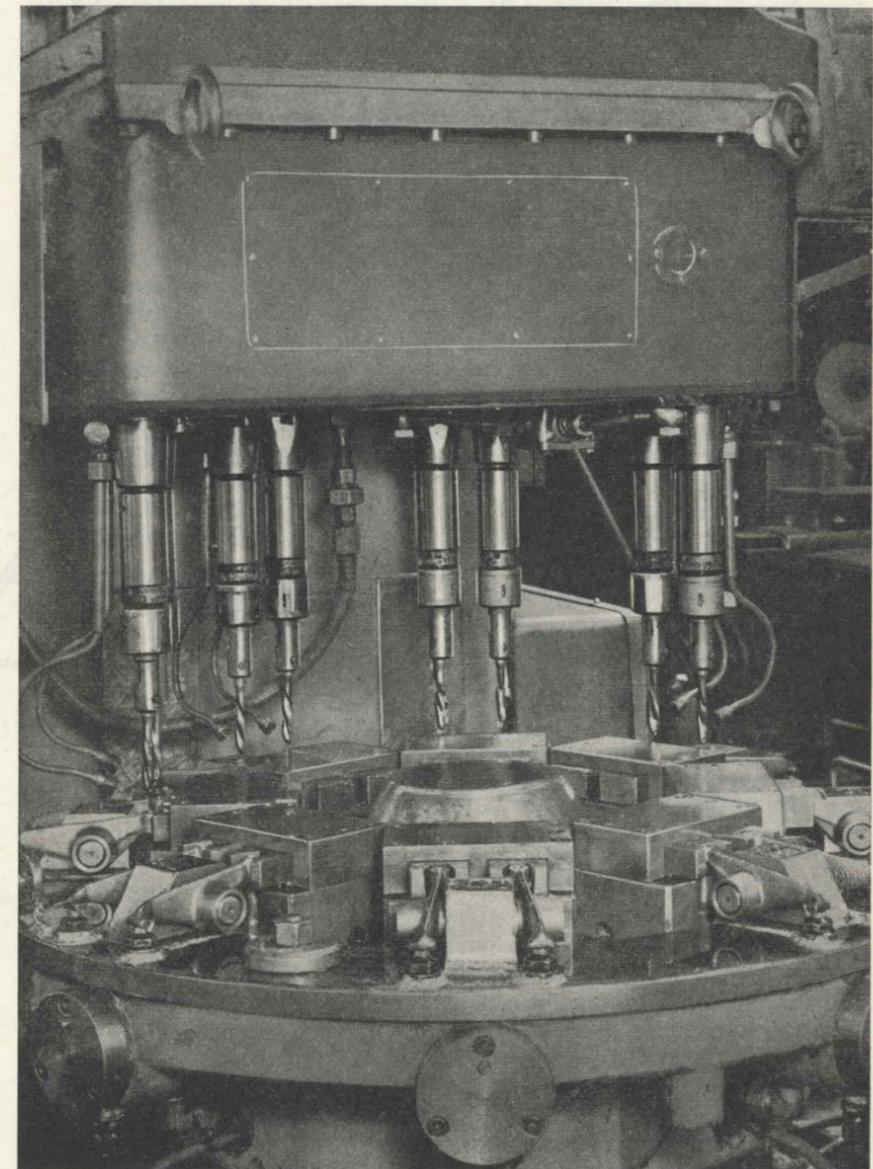
(W = 18 %, Gr = 4 %, Va = 1-2 %, quanto al Molibdeno tipo M2 (W = 5 %, Mo = 6 %, Va = 2 %).

— In particolare per la lavorazione della ghisa possono essere impiegati acciai al 12 % di tungsteno e con alto tenore di Vanadio (3 %): il Vanadio conferisce al maschio una elevata resistenza all'usura.

In tutti i casi, l'acciaio impiegato deve essere di qualità ottima poichè esso è il primo fattore per una buona durata del maschio.

b) **Forma geometrica.** La determinazione della forma geometrica, a parte la lunghezza del maschio e il diametro del gambo, si risolve principalmente nello stabilire la figura esatta della sezione

Fig. 1 - Esempio di filettatura multipla.



trasversale. Quest'ultima è chiamata a soddisfare i seguenti requisiti: dentatura atta ad esercitare l'azione tagliente, sezione capace di resistere allo sforzo torcente,

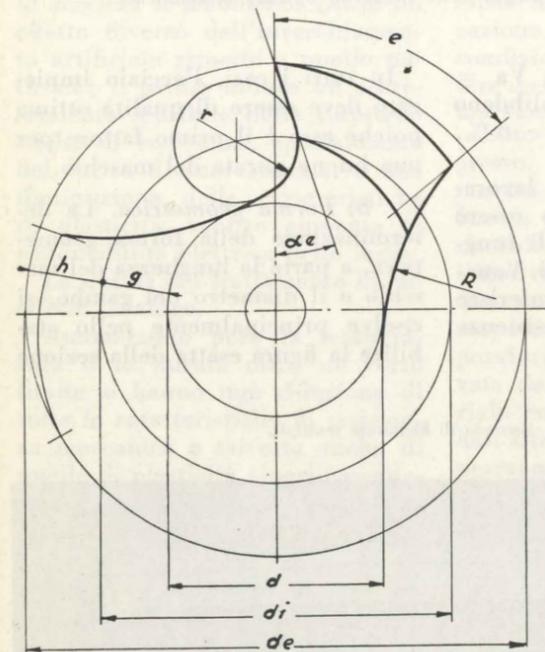


Fig. 2 - Andamento sezione trasversale.

ampiezza e forma dei vani tali da assicurare la formazione ed un facile scarico dei trucioli. Infine, la sezione trasversale, con la sua forma, determina il mordente del maschio che varia naturalmente in funzione del materiale da lavorare. Questi angoli hanno un'importanza determinante ai fini di un buon rendimento e per la creazione di una filettatura levigata ed esente da strappature (fig. 2).

In linea di massima tali angoli possono essere fissati come segue:

- per lavorazioni acciaio: 12°
- per lavorazioni ghisa: 6°
- per lavorazioni alluminio: 25°.

Questi angoli sono suscettibili di variazioni in caso di impieghi speciali (esempio: per acciaio 95-100 kg.mmq è necessario ridurre il mordente a 8°, mentre per acciai da 45-60 kg.mmq. dovrà essere elevato a 15°).

Normalmente la faccia che determina questo angolo deve essere piana per tutta l'altezza del dente. Sono da evitare profili come in fig. 3 che determinano mordenti falsi ed in genere superiori a quanto stabilito.

Questa anomalia è una delle cause principali della rottura dei

maschi: con le moderne affilatrici automatiche tale pericolo dovrebbe essere praticamente eliminato, sempre che l'impiego delle stesse sia effettuato regolarmente.

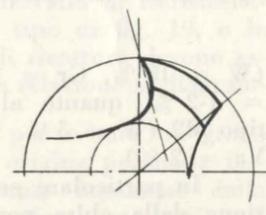


Fig. 3 - Profilo errato.

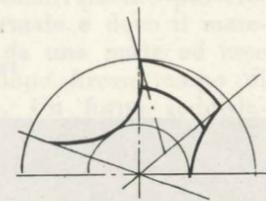


Fig. 4 - Profilo esatto.

c) Spoglie. La necessaria spoglia al maschio, che consiste in un abbassamento dei filetti verso la parte posteriore dei denti, può essere data su tutto il profilo del filetto. In certi casi tale spoglia

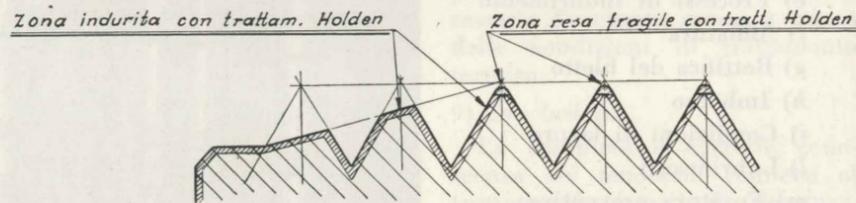


Fig. 5 - Zone fragili create dal trattamento Holden.

può essere creata solo sul diametro medio al fine di ottenere un maschio che mantenga le tolleranze sul manufatto relativamente ristrette e costanti.

Il valore di tale spoglia dipende principalmente dal tipo di maschio, dal materiale da lavorare e dal modo in cui è impiegato. In genere il valore medio si aggira su 0,008 mm. per ogni mm. di lunghezza. In linea di massima si assumono i valori più elevati per i maschi a macchina e per i materiali pastosi ed i valori minimi per quelli a mano e per i materiali duri.

d) *Trattamento termico.* Uno dei fattori determinanti per la realizzazione di un buon maschio deve essere ricercato nel trattamento termico.

Ogni industria che voglia elevarsi su uno standard produttivo di qualità, deve in primo luogo provvedersi di impianti per tempera, i più perfezionati: in bagni di sale con doppia possibilità di controllo delle temperature adottando pirometri precisi e sicuri.

I maschi conseguono ottimi rendimenti se raggiungono durezza eguali tra 63-65 Hrc. I valori più elevati della durezza devono essere ovviamente fissati per i maschi per ghisa.

L'imperfezione del trattamento termico può determinare un maschio tenero, e quindi si realizzerà una produttività molto bassa, oppure un maschio eccessivamente duro e quindi fragile. Quest'ultimo inconveniente è naturalmente dovuto all'eccesso di durezza in relazione alla conformazione geometrica del maschio i cui delicati dentini dell'imbocco possono scheggiarsi facilmente, mettendo il più delle volte il maschio fuori uso.

e) *Processi di indurimento.* Al fine di aumentare la durata dei

maschi, essi vengono in molti casi sottoposti ad un ulteriore processo di indurimento superficiale quale ad esempio riporto di cromo duro o trattati con sali Holden. I costruttori germanici ricorrono in molti casi alla nitrurazione vera e propria.

Tali processi, oltre che aumentare la durezza superficiale, agevolano lo scarico del truciolo, diminuiscono i casi di grippatura evitando « l'incollamento » dei materiali pastosi sui filetti.

Gli esperimenti condotti in questi ultimi tempi hanno confermato che il procedimento Holden è

il più efficace per conferire al maschio i suddetti vantaggi. È però un'operazione che deve essere eseguita con molta cautela onde evitare che i vertici dei filetti assumano fragilità provocando scheg-

penetrazione del maschio nel foro e favorendo lo scorrimento dei trucioli. Il vantaggio è maggiormente sentito nella lavorazione di acciai pastosi e sulle leghe leggere.

Per affilare un maschio ed otte-

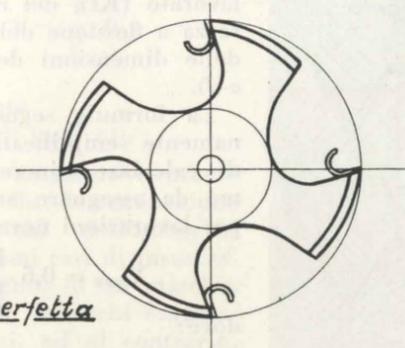


Fig. 6 - Creazione del truciolo con un maschio affilato con divisione esatta.

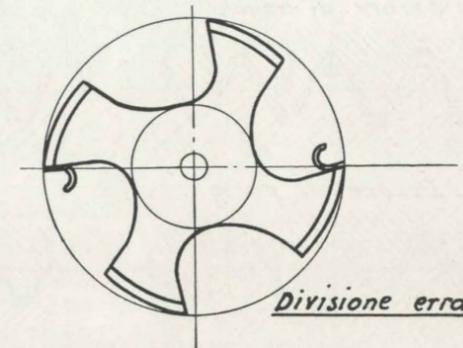


Fig. 7 - Creazione del truciolo con un maschio affilato con divisione errata.

Divisione perfetta

Divisione errata

giature. Infatti, la perfezione di questo trattamento è strettamente vincolata al tempo di immersione dell'utensile nei bagni di sale, mentre a sua volta il tempo stesso deve essere calcolato in relazione alle dimensioni dell'utensile (fig. 5).

Il maschio ha una forma geometrica che comprende un corpo con un determinato volume, mentre i dentini sono molto più piccoli: ne consegue che occorrerebbe poter assegnare tempi diversi di immersione al nucleo ed ai dentini stessi. Cosa naturalmente assurda, ma da mettere in evidenza per dimostrare con quanta cautela debba essere effettuato tale trattamento sui maschi.

f) *Affilatura.* È l'operazione che conferisce al maschio nuovo la possibilità di tagliare poiché crea e determina l'appropriato angolo di taglio: ai fini dell'economia poi, la riaffilatura è naturalmente operazione importantissima in quanto con essa si riattivano e si riutilizzano con vantaggio degli utensili che l'usura ha reso temporaneamente inservibili.

Questa operazione, delicata per tutti gli utensili, assume sul maschio un valore particolare poiché consente di sfruttare integralmente un utensile il cui costo iniziale è relativamente grande: con una perfetta riaffilatura quindi, e una conseguente riutilizzazione l'inci-

nere risultati positivi, è necessario che questa operazione venga effettuata con l'ausilio di attrezzature e mezzi adatti allo scopo ed inoltre che l'operaio raggiunga una certa specializzazione: infatti i maschi da ripristinare non si presentano tutti con la stessa usura. Alcuni devono essere riaffilati nella gola, altri nell'imbocco, per altri è necessario ricorrere ad una troncatura della parte rotta od usurata e rifare l'imbocco.

Nell'operazione di affilatura è da tener presente:

— La divisione tra i taglienti deve essere perfetta: un'errata divisione costringe il maschio a lavorare solo con una parte di taglienti generando fori fuori tolleranza ed in genere con filetti strappati (figg. 6-7).

— La lunghezza dell'imbocco ed il valore della spoglia sullo stesso devono essere mantenuti uguali su tutti i taglienti onde evitare che lo sforzo di taglio gravi su un numero limitato di essi: in questo caso si creerebbero fori fuori misura, strappati e si rischierebbe la rottura del maschio.

— L'imbocco deve essere rigenerato con angolo eguale a quello stabilito per il maschio nuovo: se tale angolo è più grande, la parte attiva si riduce eccessivamente con conseguente notevole aumento di potenza richiesta per la maschiatura. Il maschio si logora più presto e tende a bloccarsi nel pezzo; inoltre si creere-

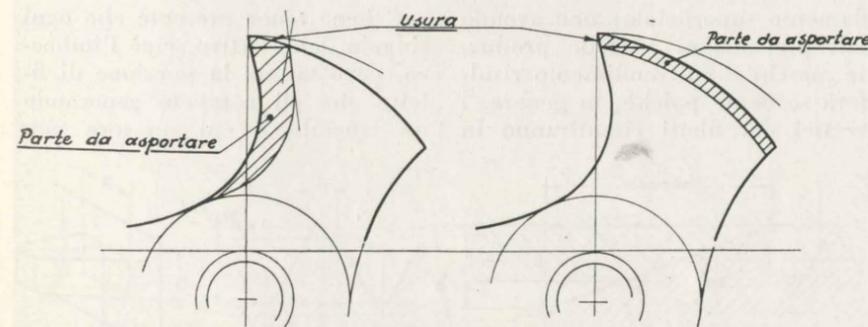


Fig. 8 - Genere di affilatura sconsigliabile. Fig. 9 - Affilatura sull'imbocco consigliabile in casi del genere.

Il riporto di cromo duro a spessore controllato (ad es. « cromasol » o « cromaster ») pur non conferendo al maschio le proprietà del trattamento Holden, costituisce un miglioramento della quota in quanto diminuisce il coefficiente di attrito agevolando la

denza del costo utensile per pezzo risulterà meno elevata.

Un maschio usurato produce, in genere, filetti strappati, tende ad allargare il diametro della filettatura, richiede una maggiore potenza ed aumenta in definitiva i tempi di lavorazione. È necessa-

rebbe facilmente dei fori filettati slabbrati.

— Durante l'affilatura è bene usare un refrigerante: possibilmente olii opportunamente stu-

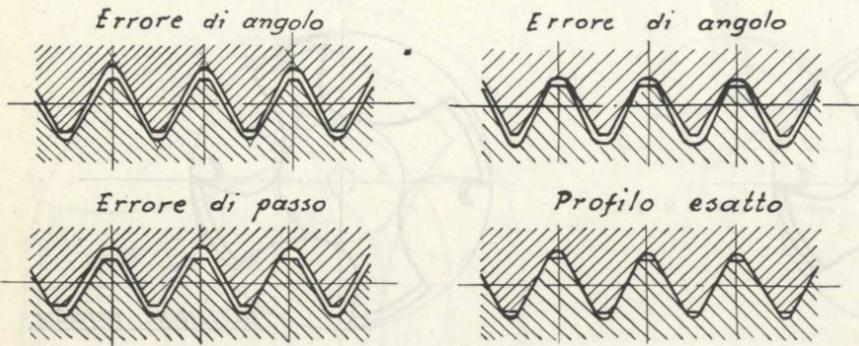


Fig. 10

diati. Ciò al fine di evitare surriscaldamenti locali prodotti dall'azione violenta della mola che causerebbe così dei rinvenimenti sul filo tagliente con conseguente rapida usura del maschio.

Quando un maschio è molto usato non presenta solo l'arrotondamento del tagliente, ma l'usura si estende sul dorso e sul fianco per un tratto discretamente rilevante. Tale usura in valori così elevati è però limitata al tratto del maschio che esercita l'azione tagliente e cioè all'imbocco.

In tali casi è bene ricorrere all'affilatura sulla faccia tagliente senza asportare totalmente la parte usurata: la stessa sarà totalmente asportata con la riaffilatura completa del cono d'imbocco. In questo modo si limiterà il materiale asportato, aumentando la durata totale del maschio e nello stesso tempo la parte usurata sarà completamente rimossa (figg. 8-9).

g) **Rettifica del filetto.** L'impiego di maschi filettatori imperfetti può provocare notevoli errori di difficile determinazione con le comuni verifiche a mezzo di calibri filettati: questi errori pregiudicano a volte la tenuta, la resistenza e l'intercambiabilità degli accoppiamenti filettati (fig. 10).

È evidente che questi inconvenienti sono incompatibili con le esigenze di alta precisione dei complessi e perfezionati organi meccanici che oggi giorno si producono per mezzo delle lavorazioni di serie. Onde evitare tali

anomalie tutti i maschi di qualità vengono oggi costruiti con profilo rettificato e spogliato dopo tempera.

In tal modo sono evitate le de-

carbrazioni dovute al trattamento termico, ovvero, le stesse sono localizzate in modo che durante la successiva creazione del filetto di mola vengano asportate (fig. 11).

La rettifica del filetto è oggi giorno effettuata su macchine perfette come: Lindner, Matrix, Bauer, Reishauer, ecc. Tale operazione è bene sia fatta in bagno di olio onde evitare ogni riscal-

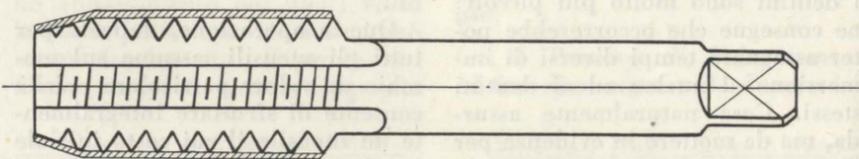


Fig. 11 - Zone decarburate che verranno asportate durante l'operazione di rettifica.

damento superficiale: non avendo tali precauzioni è facile produrre maschi il cui rendimento risulterà scadente poichè, in genere, i vertici dei filetti risentiranno in

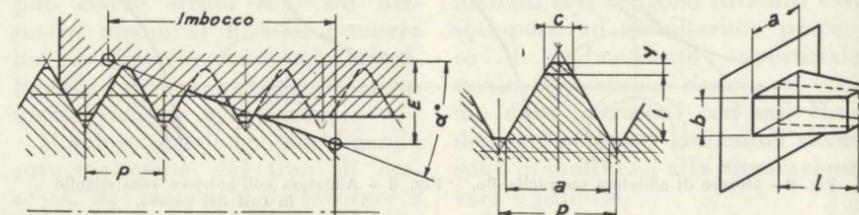


Fig. 12 - Imbocco dal maschio.

misura maggiore di questa anomalia.

h) **Imbocco.** Il tagliente del maschio, cioè la sua parte attiva, è naturalmente l'imbocco (fig. 12).

Data questa premessa è com-

prendibile come esso debba essere calcolato e creato con la massima cura. Infatti l'incremento per ogni singolo dente deve essere definito tenendo presente: la pressione specifica di taglio del materiale lavorato (K_t), del carico di sicurezza a flessione del dente (K_f) e delle dimensioni del dente ($a-b-c-d$).

La formula seguente opportunamente semplificata ci permette di calcolare l'incremento massimo da assegnare ad un maschio per lavorazioni normali.

$$Y_{\max} = 0,5 \frac{K_f}{K_t} \cdot p$$

dove:

Y = incremento

p = passo della filettatura

Il rapporto $\frac{K_f}{K_t}$ può essere approssimativamente così fissato:

per acciaio $90-110 \text{ kg/mm}^2 = 0,075$

per acciaio $60-80 \text{ kg/mm}^2 = 0,095$

per ghise $= 0,19$

per alluminio e leghe leggere $= 0,375$

La formula che determina l'altezza dell'imbocco è la seguente:

$$E = 0,65 \cdot p + 0,16 \sqrt[3]{p}$$

L'ampiezza della semiapertura α sarà:

$$\text{tang. } \alpha = \frac{Y}{p} \cdot n.$$

dove:

Y = incremento

n = numero di taglienti.

Non sembra esagerato ricorrere a calcoli per la determinazione delle dimensioni dell'imbocco, poichè moltissimi casi di insuccesso sul rendimento di un maschio sono dovuti ad imbocchi esageratamente lunghi, od al contrario, cortissimi.

i) **Condizioni di lavoro.** L'impiego di acciai speciali, l'esattezza nell'esecuzione della tempera, l'impiego di nuovi lubrificanti e di mandrini a maschiare speciali hanno permesso di aumentare notevolmente le velocità di taglio di impiego dei maschi.

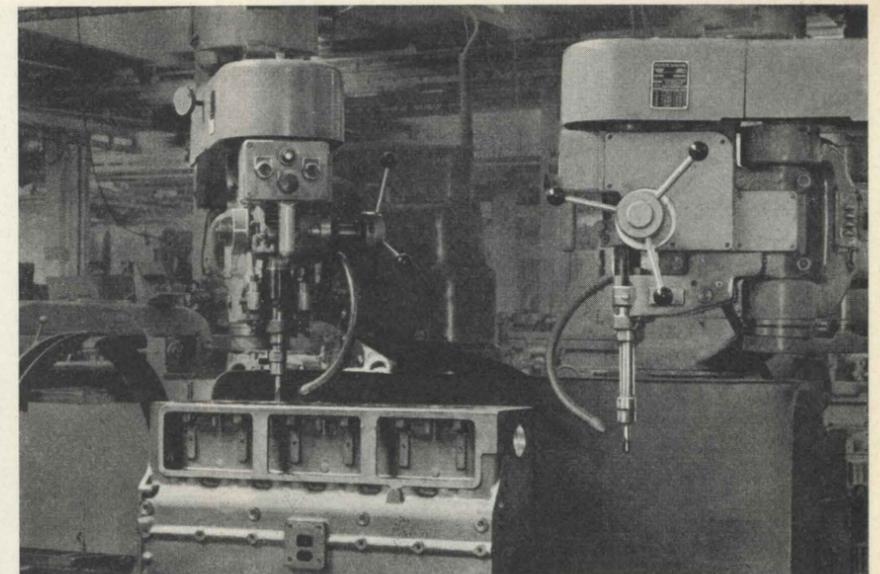
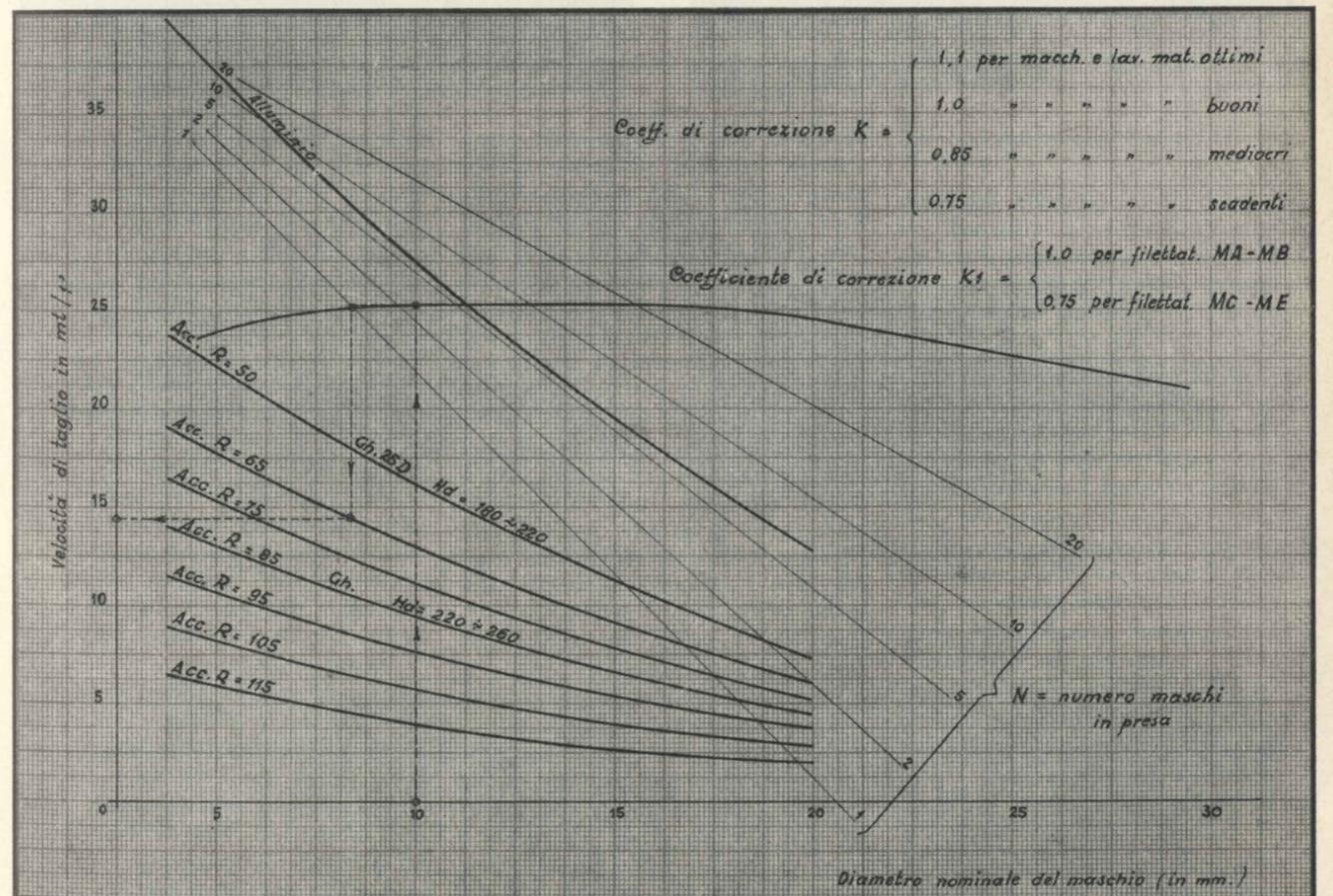


Fig. 13 - Maschiatrice a due teste « Warner & Svasey ».

Operazioni eseguite un tempo con tre maschi e cioè: n. 2 maschi sbizzatori e n. 1 finitore ed a volte con eventuale ripassatura a mano, vengono attualmente eseguite con solo un maschio a macchina e con velocità di taglio notevolmente più elevata. La velocità di taglio indicativa può essere calcolata seguendo le

Diagramma per la determinazione indicativa della velocità di taglio per maschiatura.



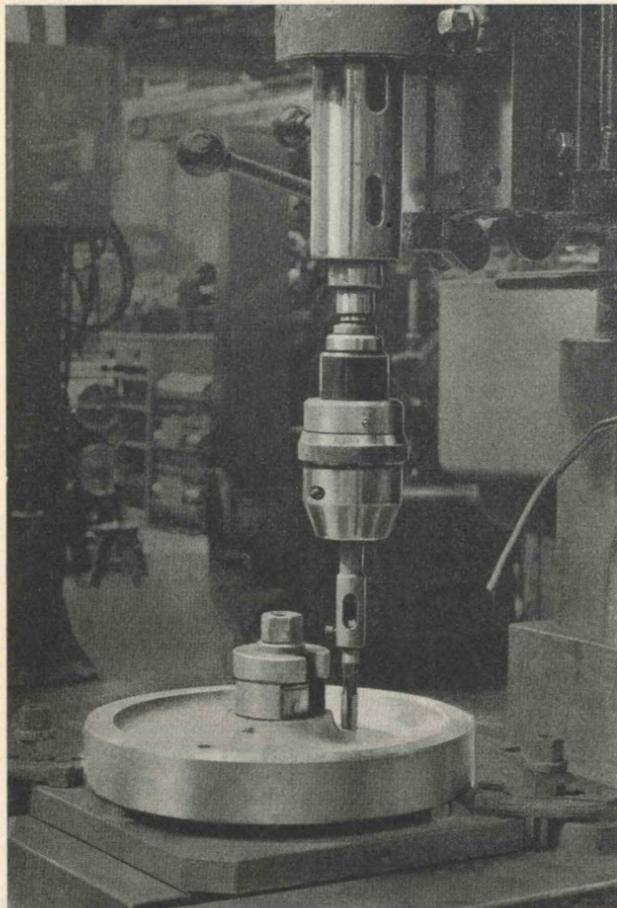


Fig. 14 - Apparato a maschiare « Bilz » munito di compensazione radiale, assiale e frizione di sicurezza.

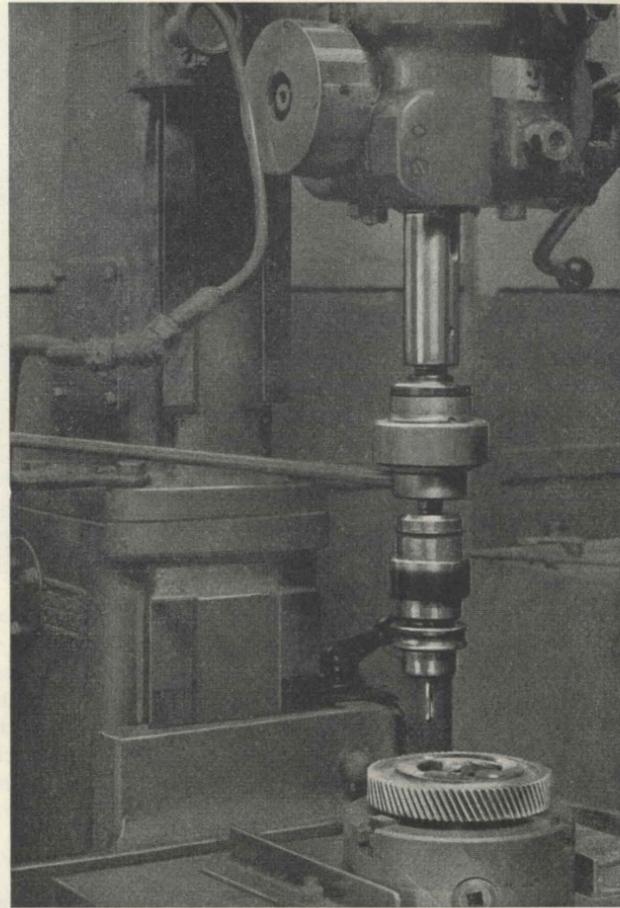


Fig. 15 - Apparato a maschiare tipo « Fahriou » per macchine prive di inversione di marcia.

indicazioni del diagramma a pagina 303.

Esso è stato elaborato dopo innumerevoli prove e controlli ed i dati che si possono ricavare rispondono perfettamente ad un economico e razionale impiego dei maschi.

Il miglioramento delle condizioni di lavoro è stato reso possibile come già precedentemente detto anche con l'impiego di nuovi dispositivi meccanici appositamente studiati per tali operazioni (ad esempio: maschiatrici tipo Warner & Svasey (fig. 13) e mandrini a maschiare di ogni genere.

Le moderne maschiatrici sono munite di patrona, di dispositivo a frizione di sicurezza per salvaguardare il maschio ed assicurare naturalmente una perfetta esecuzione dell'operazione.

In molte lavorazioni vengono però tuttora impiegati trapani a colonna o trapanatrici radiali. Di grande utilità si sono dimostrati

in questi casi gli apparecchi a maschiare prodotti in questi ultimi tempi (figg. 14-15): essi possiedono una compensazione assiale per gli errori di passo, un giunto oscillante per l'esatta centratura del maschio sul foro ed un sistema di serraggio che ne assicura la centratura. Inoltre sono muniti di dispositivi di sicurezza per proteggere l'integrità del maschio in quanto arresta la rotazione dello stesso nei casi in cui esso è sottoposto a sforzi eccessivi: tale dispositivo può essere di grande utilità nella filettatura di fori ciechi. In questo caso l'operatore procede alla maschiatura fino a provocare l'arresto del maschio sul fondo del foro senza predisporre regoli o riferimenti di sorta. L'operazione è così naturalmente molto sveltita.

Il giunto snodato permette inoltre di ottenere fori con tolleranze perfette o perlomeno quelle previste dal sistema ISA, annullando pure in questo modo gli inconvenienti dovuti alla inesatta centra-

tura del maschio sul foro. Inoltre, il mandrino a maschiare elimina o assorbe le vibrazioni della macchina che si manifestano specialmente quando esse sono di grossa mole (vedi trapanatrice radiale).

1) *Lubrificanti.* L'aumento della velocità di taglio, la maggior durata dei maschi, il minor numero di fori di scarto ed in definitiva la minor incidenza di *costo-utensile* per pezzo, sono stati resi possibili anche per il miglioramento del lubrificante.

La maschiatura su acciaio dovrebbe essere sempre effettuata con olii speciali; solo nei casi in cui tale operazione sia effettuata in concomitanza con altre operazioni (macchine automatiche) si ricorrerà a olii emulsionabili. Ciò al fine di evitare eventuali operazioni di lavaggio intermedie.

Gli olii per questa particolare operazione sono stati espressamente studiati ed hanno il compito essenziale di agevolare la pene-

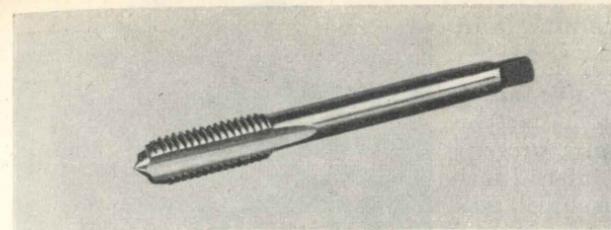


Fig. 16 - Maschio normale con imbocco medio.

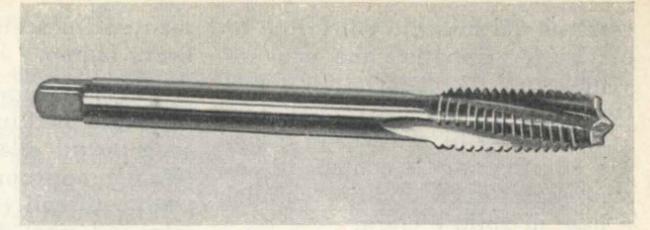


Fig. 17 - Maschio con taglienti elicoidali per fori ciechi.

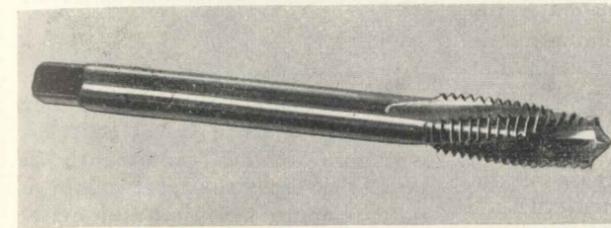


Fig. 18 - Maschio con taglienti elicoidali per fori passanti.

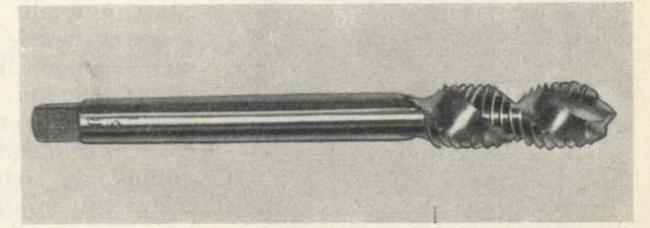


Fig. 19 - Maschio con taglienti elicoidali con forte elica per fori ciechi.

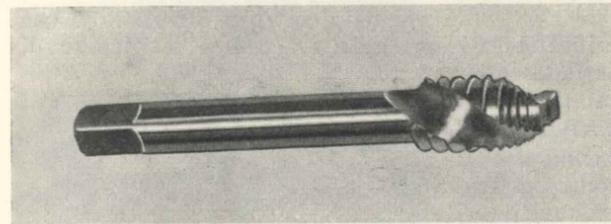


Fig. 20 - Maschio a due taglienti per fori ciechi con filetti intercalati.

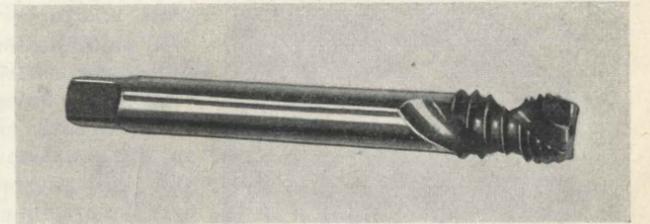


Fig. 21 - Maschio a due taglienti per fori ciechi con filetti intercalati (con trattamento Holden).

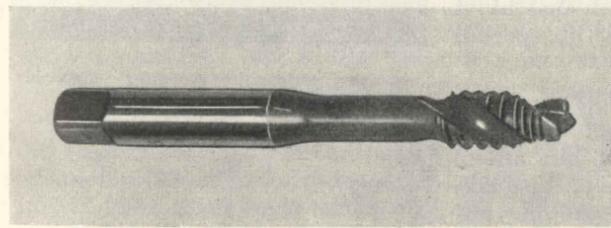


Fig. 22 - Maschio a due taglienti per fori ciechi con filetti intercalati (con trattamento di cromatura).

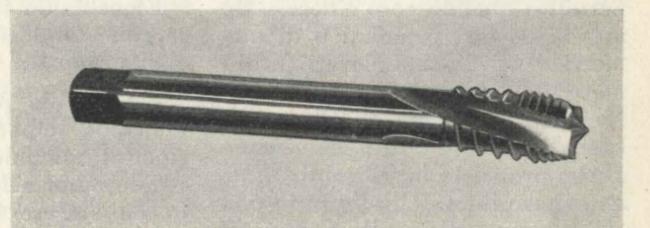


Fig. 23 - Maschio elicoidale per fori ciechi con filetti intercalati.

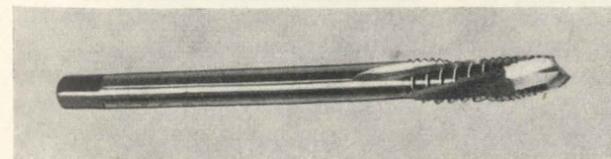


Fig. 24 - Maschio a filetti alternati per lavorazione alluminio.

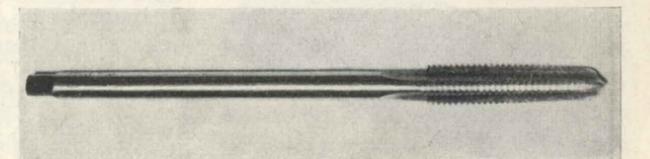


Fig. 25 - Maschio per dadi.

trazione del maschio nel foro e di evitare le grippature che sono sovente causa di scheggiature e rotture.

Essi sono olii minerali a « media additivazione » contenenti sostanze grasse ed additivi chimici a base di zolfo e cloro.

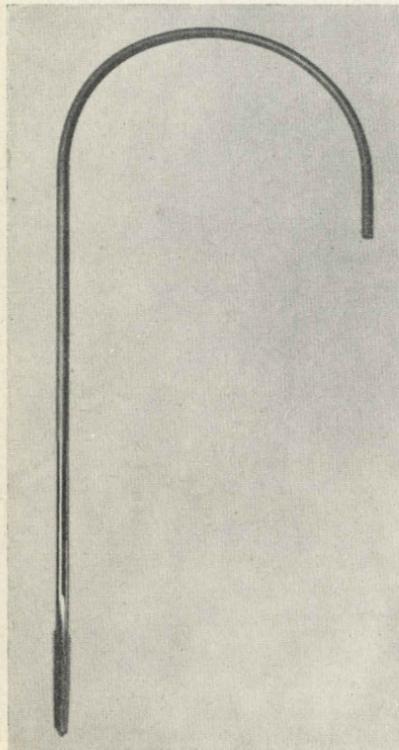


Fig. 26 - Maschio per dadi da impiegarsi su macchine automatiche.

Per la maschiatura della ghisa il refrigerante più indicato è il petrolio; quando però è necessario maschiare fori profondi o di diametri relativamente elevati (millimetri 18 ed oltre) è bene ricorrere a miscele speciali, sempre a base di petrolio e olio, che hanno anche proprietà lubrificanti. È bene evitare l'uso dell'olio puro poiché esso mescolato alla polvere di ghisa genera una poltiglia smerigliante ed in questo caso natural-

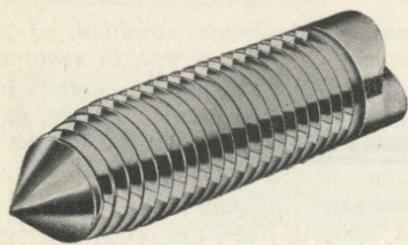


Fig. 27 - Maschio senza scanalature « XPress Besly ».

mente il maschio viene usurato in breve tempo.

m) *Foratura preventiva.* Molti insuccessi nell'impiego dei maschi sono dovuti alla foratura preventiva non appropriata: infatti i fori troppo piccoli costringono il maschio ad uno sforzo eccessivo in quanto si viene ad interessare nell'azione tagliente anche il basso-fondo-filetto del maschio quindi facili casi di rotture.

Una norma di comune applicazione è quella di eseguire una foratura uguale al diametro del maschio meno il passo della filettatura. Quanto detto vale per le forature preventive sugli acciai e ghise; per quanto riguarda l'alluminio e le leghe leggere il diametro di foratura preventiva è leggermente più stretto.

n) *Tipi di maschi e loro scelta.* Un motivo di buoni successi nelle operazioni di maschiatura risiede naturalmente nel progettare per ogni impiego il tipo di maschio adatto.

A volte possono verificarsi casi di maschi costruiti perfettamente che non danno risultati pratici soddisfacenti: ciò è dovuto al fatto che quel maschio non era il più indicato per quella particolare lavorazione. È in questi casi che emerge il valore dei tecnici preposti alla risoluzione di questi problemi: in base all'esperienza acquisita saranno in grado di stabilire tra tutti i tipi di maschi oggi prodotti, il più idoneo.

Elenchiamo i tipi di maschi di comune impiego ed i tipi speciali oggi prodotti:

— maschio per filettature normali con imbocco medio. Questo tipo di maschio è il più adatto per una normalizzazione in quanto può essere impiegato in tutti i casi con rendimenti medi (vedi fig. 16);

— maschio con taglienti elicoidali per fori ciechi: in questo caso i trucioli generali vengono espulsi dal foro evitando pericolosi ingorghi di essi. Questo tipo evita che i trucioli si ammassino sul fondo del foro, ostacolando l'azione di taglio: inoltre, lo sforzo sui denti è affrontato progressivamente con beneficio per l'azione tagliente (fig. 17);

— maschio con taglienti elicoi-

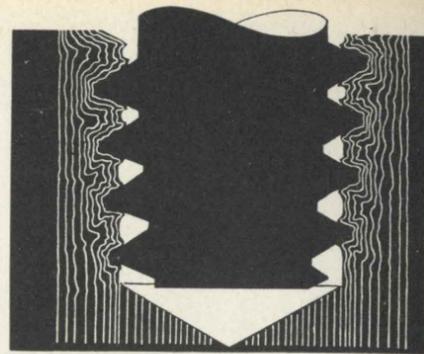


Fig. 28 - Creazione della filettatura con maschio « XPress Besly ».

dali per fori passanti. Con questo tipo, particolarmente adatto per fori relativamente lunghi, si raggiungono ottimi rendimenti in quanto lo scarico del truciolo è notevolmente agevolato: si eviteranno le grippature e scheggiature ottenendo filetti levigati. Inoltre, lo sforzo sui denti è affrontato progressivamente a vantaggio dell'azione tagliente (fig. 18);

— di questi due tipi elicoidali vengono costruiti diversi altri che variano a seconda del genere di

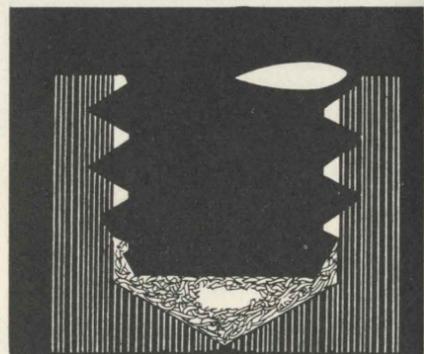


Fig. 29 - Creazione della filettatura con maschio normale.

lavoro e del materiale a eliche più o meno ritorte, a 3-4 ed anche a 2 eliche (figg. 19-20-21-22-23-24);

— inoltre, in certi casi di maschiature passanti possono essere impiegati maschi con imbocco corretto in sostituzione dei maschi elicoidali sopra citati;

— per la lavorazione delle lamiere vengono costruiti maschi particolarmente adatti;

— per la filettatura dei dadi vengono impiegati maschi con gambo e imbocco molto lunghi (fig. 25); per lo stesso scopo, su macchine automatiche sono impiegati maschi con gambo curvo (fig. 26);

— per la lavorazione dell'alluminio e delle leghe leggere la Casa Americana *Besly* ha brevettato e costruito dei maschi particolari privi di scanalature chiamati « XPress ». Essi lavorano quindi per rullatura; la durata di questi maschi si valuta come minimo a 10 volte quella dei maschi finora usati, la precisione del foro è praticamente assicurata con continuità e la resistenza dei filetti ottenuti per deformazione plastica è

naturalmente aumentata (figg. 27-28-29);

— nel caso di maschiature di materiali pastosi vengono pure impiegati con successo maschi a filetto alternato al fine di evitare « l'incollamento » del materiale sui denti. Questi maschi hanno i denti alternativamente asportati lungo l'elica del filetto, per cui ad un dente segue sul tagliente successivo un vano e viceversa. In questo modo si facilita la distribuzione del lubrificante, si conce-

de più spazio ai trucioli e si favorisce la dispersione del calore riducendo in definitiva l'attrito sui denti (figg. 21-22-23-24).

Conclusione.

Pensiamo che una più esatta conoscenza di queste norme riguardanti un utensile così delicato come il maschio, contribuirà al miglioramento degli impieghi specifici ed alla riduzione dei costi di produzione.

Renzo Colombino

Particolari tecnici nei grandi impianti frigoriferi

RENATO GRIGNOLIO esamina alcuni problemi connessi alla conservazione, per refrigerazione, di prodotti ortofrutticoli e descrive le caratteristiche tecniche e costruttive cui debbono soddisfare i moderni grandi impianti di refrigerazione.

Un sensibile sviluppo hanno assunto negli anni più recenti gli impianti di conservazione per refrigerazione di prodotti ortofrutticoli diversi. Si tratta di attrezzature che hanno favorito e favoriscono, in concomitanza con un grandioso lavoro organizzativo che va da una evoluta tecnica agraria ai trasporti ed alla organizzazione di mercato, un altamente redditizio sviluppo di culture specializzate in California, Texas, Missouri (esistono attualmente in U.S.A. circa 22 milioni di metri cubi refrigerati) ed in vari Paesi mediterranei, tra cui Israele, i quali ultimi hanno praticamente conquistato i mercati europei, sottraendo tra l'altro agli Stati Uniti il già florido commercio europeo delle mele.

Tali metodi conservieri, che rispondono alla esigenza, profondamente sentita in tutti i tempi, di stabilire un certo equilibrio tra produzione e consumo col prolungare la durata dei prodotti della terra per quei periodi in cui la terra è improduttiva, devono essere considerati ben distinti dai sistemi di conservazione per congelamento, riservati a prodotti di alta deperibilità, che hanno sinora avuto scarsa applicazione nel nostro Paese. Nella conservazione refrigerata le temperature di cella sono positive e solo eccezionalmente,

per alcuni prodotti, di ben poco inferiori allo 0° C.

Molte circostanze hanno ostacolato un forte sviluppo di tali preziosi impianti tra cui gravi insuccessi verificatisi in passato. E ciò non desta meraviglia se si considera che la materia da conservare è tuttavia materia vivente, anche se staccata dalla pianta che l'ha prodotta, e soggetta a fenomeni biochimici estremamente complessi; fenomeni soltanto rallentati ma contemporaneamente deviati dalle condizioni di ibernazione e che decenni di severi studi scientifici non hanno chiarito che in minima misura, traendone però conforto di constatazioni e norme di alto valore pratico. A suggerire le difficoltà della tecnica conserviera basti considerare che frutti di piante cresciute nella stessa zona ed addirittura frutti della stessa pianta ma differenziati dalla posizione sull'albero mostrano nette e spesso notevoli differenze di comportamento durante la conservazione.

Il problema conserviero è complesso e notevoli sono le difficoltà di adeguare una pur evoluta tecnica frigorifera alle condizioni imposte dalle esigenze del prodotto da conservare; sì che il problema non può certo considerarsi risolto con la semplice installazione di

macchinari ottimi sotto un punto di vista termodinamico e di impianti rispondenti alle regole della termocinetica. Tanto più che il ciclo termodinamico, svolgendosi ad un livello entropico molto favorevole, presenta relativamente modesti oneri di gestione.

Non sarebbe possibile condensare in breve relazione la vastità delle questioni connesse ad un grande impianto ortofrutticolo; ma può essere utile accennare ad alcuni dei problemi dalla cui risoluzione dipende notevolmente l'esito di conservazioni di non irrisoria durata; problemi che già sorsero anni or sono nella realizzazione in territorio italiano di un imponente complesso considerante oltre 70.000 metri cubi di spazio refrigerato; e che attraverso a più recenti ricerche tecniche ed all'esame di molti impianti notevoli si sono rivelati di grande interesse.

Nella quasi totalità dei casi il materiale da conservare risulta straordinariamente sensibile alla temperatura, composizione e grado igrometrico dell'aria della cella non solo, ma ancor più a pur modeste pulsazioni di dette caratteristiche. Ed il problema pratico diviene particolarmente severo se si considera che un singolo frutto non si comporta in funzione del-

l'aria media della cella ma bensì di quella che immediatamente lo circonda nell'interno della catasta. Si aggiunga che ad esempio l'arancio, pur avendo un metabolismo inferiore ad altri frutti, secondo rigorose misure sperimentali effettuate direttamente e del resto confermate da altri Autori, riesce in 24 ore ad accrescere di 140 volte il contenuto in CO₂ dell'aria, supposta ferma, che ha a disposizione nel normale immagazzinamento.

Passano sotto la denominazione di malattie da frigorifero le molteplici alterazioni note cui i prodotti immagazzinati possono essere soggetti durante la conservazione refrigerata. Ad esempio sembra accertato che un elevato contenuto in CO₂ dell'aria impartisca all'arancio un sapore amaro; e che il cuore bruno delle mele sia dovuto ad asfissia dei semi. D'altra parte atmosfere controllate, con aria di composizione diversa da quella naturale, e da considerarsi come coadiuvanti della conservazione, danno in alcuni casi buoni risultati di durata.

Più sottili e complessi fenomeni biologici insorgono per la presenza di composti etilenici prodotti dallo stesso materiale i quali tra l'altro catalizzano rapide ed irregolari maturazioni; del resto è noto che l'etilene è da ormai lungo tempo utilizzata onde eccitare la maturazione artificiale delle banane. Altri composti volatili di diversa natura agiscono quasi sempre in modo molto deleterio sulle possibilità conserviere.

Appaiono quindi chiare le esigenze di corretta e ben regolabile ventilazione delle celle; di assicurare con opportune precauzioni il costante ricambio con aria esterna; di assicurare l'esatto e costante condizionamento dell'aria con mezzi automatici di assoluta sicurezza, non essendo in nessun caso sufficiente la grossolana ed aleatoria regolazione a mano. Ma meritevoli di indagine sono le difficoltà che ostano al raggiungimento di tali necessarie condizioni.

Grado igrometrico dell'aria.

Si consideri a titolo di esempio una cella del volume di 2.000 mc contenente 400 tonn. di materiale la superficie del quale (sviluppo della cuticola) può facilmente raggiungere 40.000 mq. Per temperatura di + 6° C ed umidità relativa dell'80 % sono presenti nell'aria della cella kg 11,616 di vapore acqueo; una variazione in più di due soli kg di vapore acqueo sui 2000 mc di aria porterebbe l'umidità relativa a circa il 94 %; ed al 66 % se la variazione fosse negativa.

Il calo del materiale immagazzinato è facilmente dell'ordine, per talune merci, del 5 % in tre mesi; calo dovuto in parte a fenomeni di respirazione (metabolismo vegetale) ed in parte a disidratazione. Il che corrisponde ad una perdita in peso di 1/2.000 nelle 24 ore. Anche per cali molto minori, e considerata una modesta aliquota di disidratazione di fronte a quella dovuta al metabolismo, su 400 tonn. di prodotto è normale l'evaporazione di 40 ad 80 kg di acqua al giorno; molto influisce in proposito anche il tipo di imballaggio.

D'altra parte fenomeni di brinatura sugli elementi refrigeranti agiscono in senso opposto ristabilendo un certo equilibrio.

In una lunga serie di osservazioni si è constatato che umidità relative superiori all'85 % tendono in genere a diminuire; mentre tendono ad aumentare umidità inferiori al 75 %. Si verificano però, in base ad una serie imponderabile di non ben definiti fattori, eccezioni spesso rilevanti a questa regola di carattere orientativo specialmente nell'intervallo di incertezza tra il 75 ed 85 % in cui parrebbe ragionevole che la umidità debba tendere ad una certa stabilizzazione.

Poichè il grado igrometrico ha funzione determinante sia sulla conservazione che sullo sviluppo di vegetazioni batteriche, appare evidente la difficoltà e l'importanza di un continuo condizionamento automatico dell'aria; che è

tanto più aleatorio in quanto ben rari tipi di igrometri industriali possono fornire dati sufficientemente esatti a temperature così prossime al punto di congelamento.

Tecnicamente ed economicamente è risultato idoneo il sistema di saturare e raffreddare l'aria, con apparecchiatura inserita sul circuito di ventilazione, a quella temperatura stechiometricamente determinata, rispetto a quella della cella, in funzione del grado di umidità relativa desiderato nella cella e facilmente ricavabile dai diagrammi psicrometrici.

Temperatura dell'aria.

Il problema di mantenere una esatta ed uniforme temperatura nella cella presenta ad una attenta analisi difficoltà pratiche gravi ed alle quali è molto ragionevole fare risalire le cause di gravi inconvenienti dal punto di vista conserviero. Il problema sarebbe di immediata risoluzione tecnica se le pareti della cella fossero tutte isoterme, quale il caso di una cella immersa in un fluido alla voluta temperatura od almeno di una cella in cui tutte le pareti, pavimento compreso, fossero rivestite con le superficie refrigeranti. Soluzioni la cui attuazione pratica darebbe luogo a costi ed inconvenienti rilevanti.

Soluzione teoricamente soddisfacente sarebbe quella di creare una intensa circolazione di aria, ricondizionata in opportuna apparecchiatura; ma è facile vedere la inopportunità anche di tale soluzione. Infatti in una cella di 2.000 mc avente superficie irradiante di 1000 mq con coefficiente di trasmissione medio di 0,4 Cal/mq °C ora, differenza di temperatura media 15° C, occorre asportare ogni ora 6.000 Cal; e se si desidera ridurre il salto di temperatura tra aria immessa ed aria uscente al 1° C risulta necessario fare circolare circa 25.000 mc di aria ogni ora. Intensità di ventilazione non compatibile, perchè eccessiva, con le esigenze della conservazione.

D'altra parte se si considera una

cella con pareti verticali, per semplicità di ragionamento, non irradianti e con elementi refrigeranti distribuiti uniformemente a soffitto a questi spetterà non solo il compito di asportare il flusso termico che attraversa il soffitto, cosa che data la breve distanza si realizza senza disturbo per la cella attraverso a fenomeni di irraggiamento e di convezione; ma anche il compito di asportare analoga, se pure generalmente minore, quantità di calore che penetra dal pavimento. Questa seconda trasmissione di calore avverrà prevalentemente per convezione ed in parte per conduzione là dove le cataste di materiale insistono sul pavimento.

Il flusso termico proveniente dal pavimento è molto variabile con il tipo di terreno o con le caratteristiche del solaio divisorio nel caso di celle a piani sovrapposti ed a diversa temperatura. Per il piano terreno, con opportune misure, sono stati riscontrati in normali celle di refrigerazione valori di trasmissione dal pavimento, isolato con sughero, di 3 a 6 Cal/mq. ora. Se ogni metro quadrato di pavimento fosse lambito ogni ora da 15 a 25 mc di aria questa per convezione potrebbe asportare detta quantità di calore con un salto medio di temperatura di 1° C circa.

In pratica non vennero mai osservati così notevoli fenomeni di circolazione naturale, gravemente ostacolati del resto dalla presenza delle massicce cataste di materiale. Da numerose misure sperimentali risultò invece che l'effetto del pavimento si faceva sentire nell'interno delle cataste a m 1,50 a 2 da terra con temperature che in alcuni casi, negli strati inferiori, superarono anche di 7° C la temperatura dell'aria misurata ad altezza d'uomo. Fatto molto probabilmente legato al concomitante effetto di respirazione del prodotto vegetale; si è infatti praticamente sempre riscontrato, anche in condizioni corrette di immagazzinamento e di impianto, che le temperature nell'interno delle cataste superano sensibilmente quella

dell'aria della cella (per queste ragioni non sono sempre attendibili prove sperimentali di conservazione fatte in piccole attrezzature: un recente ciclo di prove durato circa tre anni venne infatti effettuato in celle sperimentali della capacità singola di 1000 litri, sempre curando che il materiale fosse immagazzinato in modo se mai più compatto che nei casi pratici).

Nei riguardi del metabolismo vegetale a temperature poco superiori allo 0° C, metabolismo la cui misura è ricavabile dalla produzione di CO₂, si dispone ad esempio dei seguenti dati medi: 100 kg di arance a + 6°C producono grmol CO₂ 0,27/giorno; 100 kg di mele a + 1°C producono grmol CO₂ 0,29/giorno; cui corrispondono quantità di idrati di carbonio (come monosaccaridi di esosi C₆ H₁₂ O₆) di:

$$\text{grmol/giorn.} \frac{0,27 \div 0,29}{6} = 0,0450 \div 0,0483.$$

Per un calore di combustione medio per i vari esosi presenti di Cal 700/grmol risulta una produzione giornaliera di Cal 31,5 ÷ 33,8 per ogni 100 kg di prodotto immagazzinato. Il che tra l'altro significa che un modesto impianto atto ad immagazzinare 5.000 tonn. di materiale deve prevedere una produzione oraria di

$$\text{Cal} \frac{31,5 \div 33,8}{24} \times 50.000 = \text{Cal } 65.000 \div 70.000$$

cioè una quantità di calore di cui, se pure con qualche lecita riduzione, è tuttavia necessario tenere conto nel bilancio termico dell'impianto.

Quanto osservato costituisce causa potente di rapido deterioramento del materiale immagazzinato; deterioramento che, attraverso a complessi fenomeni provocati dalla irregolare produzione di sostanze volatili, si estende anche alle parti superiori della catasta.

L'inconveniente può essere bensì eliminato con il procedimento costoso e non scevro di difficoltà di immergere nel pavimento parte delle tubazioni percorse dal fluido

frigorifero; ma soddisfacenti risultati si ottennero con un sistema più semplice.

Tenute, come di norma, le cataste di materiale opportunamente staccate dal pavimento e disposte le bocche di immissione dell'aria alla minima possibile altezza da questo, volte verso il basso, con ampia ed uniforme distribuzione dell'aria con bassissima velocità di uscita, si è usata aria di ventilazione a temperatura più bassa di quella prevista per la cella (tale cioè che, essendo l'aria satura alla temperatura di immissione, questa raggiungesse il voluto grado di umidità relativa quando riscaldata a temperatura di cella). In tal modo si realizza un sistema misto di condizionamento, accoppiando alla azione degli elementi refrigeranti interni alla cella l'apporto di frigoriferie dovuto all'aria di ventilazione.

Con opportuno equilibrio di circolazione e di temperature è possibile ottenere un soddisfacente grado di uniformità nella temperatura della cella. Sempre però curando che la entità della ventilazione, necessariamente regolabile, sia adeguata alle caratteristiche del prodotto immagazzinato.

Anche nel caso in cui si ritenga ricorrere ad atmosfere controllate (discreti coadiuvanti, come già detto, della conservazione; ma che talvolta, sovrapponendosi all'effetto delle condizioni di ibernazione, tendono a deviare ulteriormente il già irregolare metabolismo che dovrebbero invece contribuire a correggere) il sistema accennato risulta perfettamente idoneo.

Ricambio dell'aria.

Connesso alla ventilazione e non meno importante è il problema del ricambio dell'aria. Si nota, in impianti ormai superati, il sistema di effettuare il ricambio in tempo breve, di solito in ore notturne, col semplice procedimento di immettere in cella aria direttamente presa dall'esterno. Con il primo risultato che, non potendo l'impianto fronteggiare la punta di po-

tenza richiesta, il diagramma di temperatura della cella presenta ampie e notevoli ondulazioni. Dopo di che non possono destare meraviglia le non rare controversie per gravi insuccessi di conservazione.

Secondo una tecnica corretta il materiale, anche se non con completa lavorazione ed imballaggio, viene immesso in cella dopo pulizia, disinfestazione, sterilizzazione; dopo essere stato opportunamente trattato con coadiuvanti della conservazione; e previamente portato a temperatura di cella attraverso ad apparecchiature opportune (queste ultime, se il movimento è notevole, richiedono spesso potenza dei circuiti frigoriferi superiori a quella richiesta dal condizionamento delle celle).

Cure altrettanto accurate sono necessarie per l'aria di ricambio. Le relativamente alte umidità dell'aria consigliate dalla tecnica conserviera favoriscono lo sviluppo di una complessa flora microbica che trae origine da microrganismi sempre presenti nell'aria i quali con molta facilità si condizionano alle temperature relativamente non basse della refrigerazione. Del resto ciò è ragionevole se si considera che anche a temperature inferiori a -20°C vari enzimi sono ancora attivi, come si constata nella conservazione per congelamento; e, si osserva incidentalmente, gli stessi topi trovano ottime condizioni di vita nei frigoriferi a temperature a cavallo di 0°C .

Estese invasioni di muffe e fermentazioni del prodotto, causa spesso di totale deprezzamento commerciale, sono sempre da temersi, specialmente in concomitanza con accidentali variazioni di temperatura od ingresso di aria più calda che sul prodotto freddo deposita immediatamente un sottile velo di condensazione.

E sono pertanto indispensabili non solo l'accurato condizionamento ma anche la depurazione e sterilizzazione, che non presenta del resto difficoltà, dell'aria di ricambio. Il ricambio può essere convenientemente fatto, con quel

ritmo che considerazioni di altro genere suggeriscono per ogni specie di materiale, immettendo nel circuito di ventilazione, con continuità o secondo un diagramma accuratamente predeterminato, l'aria fresca condizionata e depurata attraverso ad apparecchiatura di sterilizzazione e lavaggio. Occorre naturalmente assicurarsi contro l'inconveniente, stranamente frequente, che si verifica quando le bocche di presa dell'aria fresca sono soggette a riaspirare in parte l'aria inquinata che si vuole allontanare.

È da ritenersi indispensabile che i circuiti di ventilazione siano totalmente separati per ogni singola cella.

Viene talvolta suggerito di depurare l'aria stessa di ventilazione riducendo in grande misura il ricambio. Tranne alcuni casi particolari ciò è risultato antieconomico e con risultati poco soddisfacenti.

Infatti il modesto vantaggio economico dovuto al risparmio di una parte della potenza frigorifera occorrente a condizionare l'aria di ricambio viene pressochè totalmente frustrato dall'onere di costo e di manutenzione degli impianti di depurazione il cui funzionamento generalmente è tutt'altro che perfetto. È d'altra parte ben vero che il raffreddamento dell'aria di ricambio in controcorrente con quella di scarico richiederebbe apparecchiature sconsigliabili per la loro grande estensione; a meno di ricorrere a colonne di lavaggio con acqua in ciclo chiuso nel qual caso però una parte delle impurità ritorna in ciclo, come venne sperimentalmente verificato in un grande impianto in cui la questione era di notevole importanza dovendosi produrre sul posto, a costo elevato, l'energia occorrente a mezzo di centrale diesel-elettrica.

(Si aggiunge che in detta circostanza, anche per soddisfare a pressioni in proposito, venne costruito impianto sperimentale ad energia solare. Tale impianto, della potenza di 40.000 frigoriferi/ora nella quotazione normale, venne

realizzato secondo un abbastanza ovvio schema ad assorbimento ed era in realtà ben giustificato dalla concomitanza di circostanze che normalmente non si verificano nei numerosi tentativi di sfruttamento della energia solare. Infatti non solo le prestazioni richieste risultano nel caso particolare variabili pressochè esattamente con la potenza disponibile, ma il ciclo si svolge ad una temperatura tale da rendere molto soddisfacente sia il rendimento termocinetico della captazione del calore solare, sia il rendimento termico della trasformazione, che non passa attraverso alla fase del lavoro meccanico; là dove la desiderata trasformazione in lavoro meccanico della energia tratta dall'irraggiamento solare, ad un livello di entropia relativamente molto elevato, darebbe rendimenti teorici molto bassi e rendimento pratico generalmente non remunerativo.

Ragioni di eccessiva vulnerabilità ed alcune carenze di materiali scongiurarono un più ampio sviluppo di impianto. Il modello sperimentale funzionò molto regolarmente per circa due anni, presentando peraltro alcuni inconvenienti dal punto di vista del costo di manutenzione, forse eliminabili con vari possibili perfezionamenti, che ne resero incerta la convenienza puramente economica in casi normali; cui del resto soltanto particolari climi e disponibilità di terreno potrebbero prestarsi).

Automatismi.

Una ormai lunga esperienza conferma la necessità di una sicura regolazione automatica del condizionamento; essendo eminentemente aleatoria ed incerta la regolazione a mano, esposta tra l'altro ad imprevedibili irregolarità e trascuratezze. Nè si può pretendere dalla attività dell'uomo quel costante ed esatto rapporto tra i dati rilevati con sicura continuità da un organo sensibile e la conseguente azione di controllo che solo un complesso automatico può garantire.

Non trascurabili difficoltà, tanto

tecniche quanto economiche, si incontrano però nella realizzazione di automatismi che rispondano a tutte le caratteristiche necessarie.

La predefinita delle leggi che attraverso ad inevitabili servocomandi legano l'organo sensibile a quello di regolazione, le esigenze tecniche di funzionamento di questo, la pratica realizzazione dei dispositivi, costituiscono una serie di problemi la cui risoluzione non è immediata. Tanto più che occorre raggiungere un grado di staticità notevolmente basso in un ciclo la cui regolazione avviene in modo molto indiretto ed in cui occorre il rilevamento continuo di parametri, quale l'umidità relativa, di non facile misurazione con il necessario grado di precisione e con la necessaria prontezza.

Poichè si viene in sostanza ad agire su circuiti frigoriferi i modi della regolazione vengono ad essere legati alle esigenze tecniche di questi.

Varie soluzioni appaiono possibili; attualmente però non risultano in funzione complessi di controllo automatico tali da soddisfare pienamente tutte le esigenze. Solo recentemente è stato ripreso in esame un sistema di carattere generale (attuato già in passato in impianti destinati a funzionare in condizioni particolarmente severe e che diede risultati pienamente soddisfacenti) il quale, oltre alla particolare semplicità costruttiva, presenta la notevole caratteristica di essere pseudo-astatico in quanto permette una banda di regolazione praticamente piccola a piacere; la quale può, sempre praticamente, ridursi all'intorno di un punto. Poichè il sistema richiede un calcolo laborioso delle sue caratteristiche non è il caso di dilungarsi in proposito.

Tipo della costruzione.

Già negli anni dal 1946 al 1950 si è notata in U.S.A. la tendenza ad impianti su di un solo piano; tendenza che parve giustificata dall'impiego del fork truck e da

praticità di manovra del materiale.

In relazione però a ricerche comparative già effettuate negli anni dal 1937 al 1938 parve opportuno esaminare più a fondo la questione. Infatti parrebbe ragionevole che la forma più economica sotto il punto di vista del costo globale di gestione sia rappresentata dal cubo (escludendo ovviamente le soluzioni della sfera ed anche del cilindro equilatero) come quella che a parità di volume presenta il minimo costo per pareti esterne isolate e la minima dispersione termica.

Effettivamente ciò non accade in pratica a meno che il terreno, come ragionevolmente non avviene per impianti del genere, non raggiunga costi proibitivi o che si tratti di modesti impianti di volume irrisorio.

Tenuto conto del costo delle varie voci elementari della costruzione, ammortamento, interessi, manutenzione, consumi di energia elettrica, ecc. si è voluto con normali procedimenti analitici esprimere il costo y del « metro cubo anno utile refrigerato » secondo la funzione $y=f(x)$ essendo x l'altezza della costruzione a base quadrata di determinato volume V lordo. Con elementari artifici di calcolo la funzione è stata resa continua e derivabile (detta presenterebbe discontinuità corrispondenti al numero dei piani). Dalla equazione $y'=0$ risulta un minimo (tale appare dalla $y''=f''(x)$ per $x=h$) per il valore $x=h$ essendo h l'altezza prevista di immagazzinamento.

(Si giunge in pratica ad una equazione del tipo $y^4+by+c=0$ in cui $y=I/\sqrt{x}$; equazione la cui immediata risoluzione grafica ⁽¹⁾ permette un agevole e rapido confronto dei risultati corrispondenti ai diversi valori delle costanti inserite nella $y=f(x)$).

Il suddetto risultato non si ottiene più, nei casi normali, quando il valore V scende sino ad avvicinarsi a 3.000 mc; ed a valori anche superiori quando vengono variate le altre costanti, come ad esempio accade in quei frequenti casi in cui il costo del capitale raggiunge valori molto bassi.

Per valori di V inferiori ad un valore critico la funzione presenta ancora un minimo ma per

$$x = \sqrt[3]{V}$$

come era ragionevole attendersi. Infatti il rapporto

$V/S = \text{volume/superficie esterna}$
per un cubo vale $V/S = \frac{I}{6} \sqrt[3]{V}$ (1)

vale a dire che tale rapporto cresce linearmente con la lunghezza dello spigolo; più generalmente per parallelepipedi simili aventi lati $x; \eta x; \mu x$ il suddetto rapporto cresce ancora linearmente con la lunghezza di uno spigolo secondo l'espressione

$$V/S = \frac{x}{2} \frac{I}{I + \xi} \quad (2)$$

$$\text{essendo } \xi = \frac{\eta + \mu}{\eta\mu} \quad (2')$$

che per base quadrata con altezza x e lato della base $\eta_0 x$ diviene

$$\xi = \frac{2}{\eta_0} \quad (2'')$$

e pertanto

$$V/S = (0,167 \div 0,5) x \quad (3)$$

(sempre per base quadrata il rapporto V/S può anche dedursi dalla

$$V/S = \sqrt[3]{V} \frac{\sqrt[3]{\eta_0}}{2(2 + \eta_0)} \quad (4)$$

analoga alla (1); oppure, senza dover prima determinare η_0 , dalla

$$V/S = \frac{x}{2} \frac{1}{I + 2\sqrt[3]{x^3/V}} \quad (5)$$

tutte immediatamente ricavabili). Se ne deduce quindi la preponderante importanza nel bilancio di spesa che per piccoli volumi acquista la dispersione termica rispetto ai costi di costruzione e la logica conseguenza che il coefficiente di forma in tale caso assume importanza determinante.

In forma più semplice, anche se maggiormente laboriosa, è ovvio confrontare i dati di costo di soluzioni diverse dello stesso pro-

⁽¹⁾ Vedasi, per esempio: Boccio, *Lezioni di analisi matematica* - Parte I.

blema ad uno od a più piani. In tal caso appare chiaro che se si abbandona la soluzione ad un solo piano la forma più economica tende al cubo.

Non è stato possibile rilevare dalla letteratura se per le grandi costruzioni realizzate in vari Paesi siano state svolte analoghe considerazioni; certo i bilanci di costo sono stati di caso in caso attentamente esaminati. Si deve però sottolineare che le conclusioni cui portano le considerazioni esposte vengono notevolmente esaltate per costruzioni in zone sismiche; in tal caso le rilevanti forze orizzontali e gli incrementi delle forze verticali considerati dalla relativa regolamentazione impongono strutture portanti di entità rapidamente crescente con l'altezza; e si giunge in genere a costruzioni che, pur lontane dalle disastrose condizioni di sincronismo, presentano rigidità elevata e tale da indurre in esse forti sollecitazioni anche per moti sismici non eccezionali.

Sulle considerazioni di convenienza economica possono talvolta sovrapporsi ed avere la precedenza, come avvenne in alcuni casi, altre esigenze; ciò è ragionevolmente da escludere per i normali impianti di carattere civile. Delle conclusioni sopra esposte venne tenuto conto nella costruzione di minori, se pure notevoli, impianti periferici; e si ottenne ottima conferma pratica malgrado severe condizioni di clima ed un elevato costo della energia.

Osservazioni varie.

È sempre fonte di preoccupazione la accurata progettazione e la ancor più accurata costruzione delle pareti isolate. Dal lato esterno le pareti devono ovviamente rispondere alle normali esigenze di qualsiasi altra costruzione industriale; dal lato interno, alle esigenze di resistenza ad eventuali urti e di perfetta lavabilità per le normali disinfezioni; oltre che di compattezza per evitare che attraverso a fessure o sgretolamenti del-

l'intonaco possano annidarsi topi nello strato isolante. Raccordi con pavimento e soffitti realizzati con opportuna cura e senza spigoli vivi.

Ma il problema vero sorge nei riguardi del materiale isolante sotto il punto di vista della durata nel tempo e di quello della condensazione di umidità.

La faccia esterna dello strato isolante, nel cui spessore si verifica un elevato gradiente di temperatura, costituisce un condensatore a contatto con aria più calda ed umida; e l'effetto di condensazione, con temperature esterne elevate ed isolamenti modesti, si verifica anche nello stesso spessore della muratura esterna perchè in tal caso cresce il gradiente di temperatura nello spessore di questo muro.

Recentemente in una cella isolata di circa 40 mc si raccolsero in poco più di un mese 450 litri di acqua alla base della intercapedine esterna; l'isolamento risultò prossochè irrisorio dopo pochi mesi di esercizio.

Pertanto non solo sono sempre raccomandabili bassi gradienti di temperatura, ma soprattutto la massima possibile impermeabilità del materiale isolante. L'impermeabilizzazione deve essere curata in modo particolare sulla faccia esterna di questo.

Per tale ragione si è ritenuto di norma costruire prima le murature interne e poi quelle esterne dopo applicato, sempre dall'esterno, il materiale isolante. Così come si opera per le coperture piane.

È molto discutibile ed incerta la convenienza tecnica di usare per le murature esterne, in particolare per gli intonaci cementizi, materiali impermeabilizzanti. Se da un lato ciò rallenta il flusso di vapore acqueo che per differenza di pressione parziale si sposta con continuità nello spessore della muratura condensandosi sugli strati interni più freddi, d'altra parte tale situazione favorevole può essere in gran parte frustrata da capillari fessurazioni; nel mentre

che la stessa caratteristica di impermeabilità tende ad impedire, anche quando si verificano condizioni favorevoli, la rievaporazione della umidità che, sia pure in misura ridotta, si è egualmente condensata sulle superficie fredde interne; e che, sopravvenendo basse temperature atmosferiche, può anche provocare danni con il congelamento. Tutto ciò, ben inteso, nel presupposto che ad una maggiore impermeabilità all'acqua corrisponda anche una minore permeabilità o facilità di passaggio per i gas o vapori. Chè tale è il fenomeno che interessa.

Poichè si tratta di lavori di per sé stessi costosi, non sarà mai sufficientemente consigliata una grande accuratezza nel determinare le soluzioni tecniche più economiche; e nel prevedere tempestivamente ogni minimo particolare della progettazione e della esecuzione. Si è osservato, in una non lontana occasione, che la introduzione nelle celle delle lunghe serpentine da applicare a soffitto richiese la apertura provvisoria di passaggi nelle murature già ultimate ed isolate; e che i sostegni di sospensione delle serpentine dovettero essere realizzati con penoso lavoro di scalpello intaccando le nervature del solaio sino a scoprire i ferri d'armatura cui agganciarsi, e nuovamente sigillare.

Particolare cura deve essere posta nel prevedere i necessari passaggi delle varie tubazioni e condutture, sì da assicurarne il facile montaggio e la successiva totale ispezionabilità.

Incidenti sono fortunatamente rarissimi; in particolare sono da considerare eccezionali rilevanti fughe del fluido frigorifero, elettivamente NH_3 . Il caso impreveduto può tuttavia sempre verificarsi ed è bene, oltre alle normali precauzioni regolamentari di sicurezza (pozzo di scarico rapido di tutta la carica; maschere, ecc.) prevedere la possibilità di allagamento, su segnale di allarme, di reparti invasi dal gas; con adeguate tubazioni e valvole a rottura o ad apertura rapida dall'esterno, possibil-

mente telecomandate. Ed è quindi sempre opportuno prevedere serbatoio polmone per l'acqua con dimensionamento abbondante ed assicurando che il livello non scenda mai sotto un determinato limite; infatti in caso di incidenti è probabile che anche le pompe cessino di funzionare per interruzione di corrente. Interruzione del resto tanto più opportuna in quanto sono da temersi, per forti fughe, miscele pericolosamente esplosive (i limiti di infiammabilità di NH_3 -aria vanno dal 15,5 al 26,6 %. L'infiammabilità si annulla verso i 45° C in aria saturata di vapore acqueo; ma a temperature prossime allo 0° C non è praticamente influenzata dallo stato igrometrico dell'aria. Nella ossidazione industriale, su catalizzatore, della NH_3 ad NO si pone infatti massima cura, non solo per concomitanti ragioni di rendimento, nel non sorpassare la percentuale dell'11 % di NH_3 ed è ritenuta già pericolosa la percentuale dell'11,5 % nel qual caso intervengono precisi dispositivi di allarme).

È bene anche prevedere circuiti elettrici separati per il comando delle pompe di alimentazione di acqua, direttamente derivati dai morsetti della cabina elettrica, e sistemare le pompe in locali separati dal complesso principale.

Gli impianti elettrici in genere è bene siano realizzati con assoluti criteri di sicurezza; nell'interno delle celle è consigliabile, per il loro minimo apporto termico, installare lampade a scarica nel gas di cui esistono ottimi tipi, ove fosse necessario, atti a funzionare a basse temperature ambiente. Avendo però cura di sistemare le apparecchiature di stabilizzazione delle lampade al di fuori dell'isolamento termico.

Tra i particolari connessi alla parte strettamente frigorifera occorre tener presente l'indispensabile produzione di ghiaccio, con impianto alquanto superiore al fabbisogno normale previsto ed ampia ghiacciaia di deposito, onde far fronte con facilità anche

alle esigenze di inghiacciamento dei mezzi di trasporto nel caso di eccezionali punte di movimento che possono spesso verificarsi in relazione a situazioni particolari di mercato.

Sotto tale punto di vista è altresì opportuno prevedere attrezzature di prerrefrigerazione rapida per materiale semilavorato in transito od in breve giacenza; ed un adeguato sviluppo dei mezzi di carico (binari ferroviari; galleria condizionata di carico dei carri) tali da poter eventualmente fare fronte ad esigenze eccezionali.

Estremamente opportuni sono i mezzi di prerrefrigerazione dei carri vuoti; in alcuni casi è apparso conveniente utilizzare a tale scopo l'aria fredda scaricata per ragioni di ricambio. Massima cura, specie per lunghi trasporti, deve essere posta nell'evitare che il materiale freddo, durante le operazioni di carico, possa anche brevemente essere esposto ad aria più calda che provocherebbe dannosi fenomeni di condensazione.

La massima funzionalità deve essere raggiunta nel movimento del materiale, il che del resto corrisponde a schemi molto semplici di organizzazione generale. È opportuno, sotto molti punti di vista, che i corridoi di smistamento del materiale, tenuti a temperatura almeno eguale a quella della cella meno fredda, circondino in gran parte le celle di giacenza. Su questi si aprono le porte delle celle che convenientemente possono essere di tipo scorrevole. Non risulta che porte a libro, a telescopio, a fisarmonica e simili abbiano dato buoni risultati. Possono fare eccezione alcuni tipi di porte oscillanti.

Pur trattandosi in sostanza di locali di magazzino appare opportuno il comando meccanico delle porte. Ciò ad evitare che, onde sottrarsi alla fatica di numerose aperture e chiusure, il personale di manovalanza lasci troppo a lungo e senza necessità le porte delle celle aperte.

Non sembrano invece partico-

larmente opportuni automatismi più complessi, con comandi automatici di apertura e chiusura, dato che la sensibile complicazione e delicatezza di tali dispositivi aumenta non solo i costi di impianto ma anche gli oneri di manutenzione; là dove è sufficiente una ragionevole sistemazione dei comandi a mano (ad esempio tiranti a soffitto ad altezza d'uomo) e precise norme di servizio per il personale addetto.

Tra i tipi di servomotori delle porte i sistemi migliori si ravvisano nell'impiego dell'aria compressa piuttosto che della energia elettrica. Esistono tipi egregiamente funzionanti con ben scarse esigenze di manutenzione. Il minor rendimento meccanico dell'aria compressa (0,20 contro un medio rendimento di 0,75 del comando elettrico) non appare di rilevante importanza date le minime potenze in gioco.

Varie osservazioni riguardano i dati statistici di capacità cioè i rapporti tra volume di cella e possibilità di immagazzinamento in peso di materiale. Vi è certo una variazione di dati tra limiti abbastanza estesi.

Nel normale immagazzinamento di materiali ortofrutticoli, tale cioè da non richiedere ripiani intermedi per mantenere entro limiti di sicurezza la pressione unitaria sullo stesso materiale alla base della catasta, di norma possono essere raggiunti carichi di 800 a 1200 kg per metro quadrato di cella. Numerosi dati non tutti attendibili sono esposti nella modesta bibliografia esistente.

Anche per ragioni di ventilazione è conveniente che un certo spazio, molto variabile, sia lasciato libero tra le cataste ed il soffitto. Risulta dannoso, per le stesse ragioni, addossare le cataste alle pareti. Occorre inoltre tenere conto dei corridoi di passaggio tra le cataste di materiale, che variano molto a seconda della organizzazione e degli scopi commerciali dell'impianto; precisamente a seconda che esistano o meno esigenze di accedere per la spedizione

ad una piuttosto che ad altra partita senza, per far ciò, dover rimuovere gran parte del materiale.

Come dato medio statistico è prudente ed attendibile, tenuto conto della zona di rispetto alle pareti e degli spazi per il movimento, considerare uno spazio utile in pianta pari all'80 a 70 % della superficie totale della cella; il che comporta un carico utile per metro quadrato lordo di cella compreso tra 600 e 1000 kg. Fermo restando che gli eventuali so-lai devono essere calcolati per il carico massimo ammissibile di almeno 1200 kg/mq (con le eventuali maggiorazioni di regolamento sismico sul carico totale dato che nel caso specifico non sembrano attuabili le riduzioni, agli effetti sismici, dei carichi accidentali ragionevolmente previste per le costruzioni civili). E nei casi normali il volume complessivo di cella sarà dell'ordine di 4 mc per tonn. di materiale, o poco inferiore. Un maggiore sfruttamento dello spazio può essere realizzato in casi particolari, ma a detrimento di altri fattori e preferibilmente per brevi periodi di conservazione; tanto più nella necessità di assicurare una sufficiente circolazione di aria anche nell'interno delle cataste di materiale ricorrendo a listelli distanziatori opportunamente distribuiti a corsi alternati.

Ai volumi complessivi di cella, secondo dati statistici rilevati sia da progettazione diretta che dalle monografie di impianti appartenenti a vari Paesi, occorre aggiungere:

volumi refrigerati per corridoi di smistamento e di servizio: dal 7 al 10 % del volume delle celle, ed anche oltre specie per costruzioni a più piani;

volumi refrigerati per gallerie di carico dei materiali in partenza; variano dal 5 al 12 % del volume delle celle a seconda delle soluzioni adottate e delle punte di movimento previste;

volumi refrigerati per attrezzature di prerefrigerazione normale o rapida del materiale da immet-

tere in cella od in transito; per i casi normali varia dal 4 al 6 % del volume delle celle;

volumi refrigerati per ricevimento, primo deposito e lavorazione del materiale. Pur escludendo gli eventuali impianti di trasformazione (conserva, succhi, ecc.) che costituiscono parte a sè, si nota una grande ampiezza nei dati che dipendono anche molto dal grado di lavorazione cui il materiale deve essere sottoposto. I volumi relativi, fuor da alcuni casi eccezionali, vanno da un minimo del 16 ad un massimo del 40 % del volume delle celle;

volumi vari per sala macchine, fabbricazione e deposito ghiaccio, magazzino, ecc. Si notano percentuali comprese tra l'8 ed il 12 % del volume delle celle.

Pertanto in media il volume complessivo della costruzione può nei casi normali essere previsto in base al peso del materiale immagazzinato con la semplice espressione:

$$V \text{ tot.} = \text{tonn. immagazzinate} \times 4 \times (1,4 \div 1,8) \text{ mc}$$

Dai suddetti dati è possibile dedurre notizie statistiche pratiche sulla potenza frigorigena. Ma i dati medi di molti impianti noti risultano infirmati da una serie di elementi imponderabili quali: il margine di potenza tenuto disponibile per ovvie e molteplici ragioni; la entità del movimento giornaliero; le esigenze di produzione ghiaccio molto variabili di caso in caso. Convien quindi valutare di volta in volta tali elementi; tuttavia alcuni oneri di gestione possono essere più attentamente esaminati.

Per un volume complessivo V_0 , invero modesto, di mc 20.000 di celle ed uno spazio refrigerato complessivo $V=1,5 V_0$ si ottiene immediatamente $V/S = 5,19$ per costruzione cubica e $V/S = 1,832$ per costruzione alta 4 m. Per lo stesso coefficiente 1,5 ad ogni tonn di materiale immagazzinato corrisponderà un volume globale di 6 mc; e per tonn di materiale la superficie esterna irradiante sarà

di mq 1,155 a 3,275. Con il coefficiente di trasmissione termica, relativamente elevato, di 0,4 Cal/mq °C ora e differenza di temperatura media annua di 10° C, per fare fronte alla sola dispersione oraria e per tonn di materiale necessitano frig/ora $4,62 \div 13,10$. Con i dati tecnici normali per tali impianti, e per 6000 ore di funzionamento annuo, risulta per tonn anno immagazzinata un consumo di $75 \div 210$ Kwh.

La potenza frigorigena installata, per le 5000 tonn di capacità, risulterebbe di frig/ora $23.000 \div 65.500$.

In pratica tale potenza deve essere almeno raddoppiata ($10 \div 25$ frig/ora per tonn di materiale) per fare fronte alle punte di potenza richieste da temperature esterne elevate; ed occorre aggiungere la potenza (non più dipendente dalla forma della costruzione) necessaria al raffreddamento del materiale in arrivo, al raffreddamento dell'aria di ricambio, alla produzione del ghiaccio, al raffreddamento dei carri vuoti, ecc.

I dati statistici in proposito, come già osservato, sono molto variabili. Si riscontrano potenze complessive installate di 70 a 110 frig/ora per tonn di capacità di immagazzinamento; il che conferma la scarsa influenza che ha sul bilancio generale la sola energia richiesta dalla dispersione termica attraverso alle pareti.

Non è neppure facile definire dati economici di gestione aventi carattere generale. Come unità di misura è adottato in U.S.A. il ton di refrigerazione (pari alle Cal che un short-ton di ghiaccio assorbe fondendo, considerato 80 Cal/kg il relativo calore di fusione) corrispondente a 280.000 b.t.u. cioè 72.575 Cal; e quindi Cal/ora 3.024 circa assorbite ininterrottamente per 24 ore. Il costo della fornitura, nella refrigerazione per conto terzi, oscilla tra 1,8 ed 1,1 dollari per ton di refrigerazione. Lievemente superiore è il ton di refrigerazione inglese, pari a 318.000 b.t.u.

Renato Grignolio

P R O B L E M I

Esame e studio di strumenti topografici e geodetici

FRANCO MAGGI riassume i risultati ottenuti nello studio di un gruppo di strumenti recentemente acquistati dall'Istituto di Topografia e Geodesia del Politecnico di Torino. Se ne dà relazione per costituire traccia esemplare nel campo pratico professionale.

A) Premesse.

Nel piano di aggiornamento e rinnovamento delle attrezzature dell'Istituto di Topografia e Geodesia del Politecnico di Torino, sono stati di recente acquistati numerosi strumenti ed apparecchiature per operazioni topografiche e geodetiche.

Trattandosi di strumenti nuovi per i quali quindi si conoscevano solamente le caratteristiche di serie fornite dalle Case costruttrici, si è ritenuto utile effettuare uno studio dettagliato di ciascuno de-

no in parte per livellazioni di precisione ed in parte per livellazioni tecniche. Gli uni e gli altri rappresentano comunque tipi recenti o recentissimi delle rispettive Case costruttrici.

I dispositivi di vario genere di cui dispongono tutti gli strumenti esaminati ne rendono più spedito l'uso migliorandone spesso la precisione.

Inoltre il peso, nel complesso sempre assai ridotto, ne rende particolarmente agevole il trasporto e la manovra.

Strumento	Sigla o tipo	Casa	Matricola	Note
Livello	« PLANI »	Fennel	99.612	Fig. 1
Livello	« Mod. 5169 »	Filotecnica	46.993	Fig. 2
Livello	« NK 3 »	Kern	67.413	Fig. 3
Livello	« GK 1 »	Kern	68.830	Fig. 7
Livello	« Mod. 5172 »	Filotecnica	54.296	Fig. 8
Tacheometro	Tk	Askania	63.697	Fig. 9
Tacheometro-bussola	To	Wild	581.568	Fig. 10
Bussola	« BRUNTON »	Fennel	67.766	Fig. 14

gli apparecchi già pervenuti, sia per il collaudo tecnico, sia al fine di un eventuale, futuro impiego degli stessi in operazioni di rilevamento.

Raggruppiamo nel seguente specchio gli strumenti esaminati.

Le note che seguono illustrano, se pure talora in modo necessariamente sintetico, gli esami effettuati ed i risultati a cui si è pervenuti.

Le prove sono state eseguite, quando possibile, nei locali del Nuovo Istituto, parte nell'ampio sotterraneo e parte sul terrazzo d'esercitazioni.

B) Prove sui livelli.

Come risulta dal precedente specchio, i livelli esaminati so-

1) Livelli di precisione.

Degli strumenti esaminati, tre appartengono a questa classe e precisamente:

a) Livello « Plani » della Casa Fennel (tipo inglese con vite di elevazione), fig. 1.

— Cannocchiale: anallattico, a lunghezza costante, con reticolo distanziometrico ($K=100$; $c=0$) e dispositivo micrometrico a lastra pian-parallela incorporato (lunghezza complessiva 380 mm.);

— Ingrandimento: 50 × ;
— Apertura obbiettivo: 58 mm;
— Distanza minima di collimazione: 2,50 m;

— Campo a 1 km: 13 m;
— Livella: a coincidenza, visibile nel campo e graduata;
— Sensibilità livella: 5"/1 mm;

b) Livello Mod. « 5169 » della Casa Filotecnica Salmoiraghi (tipo inglese con vite di elevazione), fig. 2.

— Cannocchiale: anallattico, a lunghezza costante con reticolo distanziometrico ($K=100$; $c=0$) e dispositivo micrometrico a lastra pian-parallela (in cassetta a parte — lunghezza complessiva 320 mm);

— Ingrandimento: 30 × ;
— Apertura obbiettivo: 45 mm;
— Campo a 1 km: 25 m;

— Distanza minima di collimazione: 5 m;

— Livella: a coincidenza, visibile nel campo;

— Sensibilità livella: 10"/1 mm;

c) Livello « NK 3 » della Casa Kern (tipo inglese con vite di elevazione), fig. 3.

— Cannocchiale anallattico, a lunghezza costante, con reticolo distanziometrico ($K=100$; $c=0$) e dispositivo micrometrico a lastra pian-parallela a parte (lunghezza complessiva 200 mm);

— Ingrandimento: 30 × ;
— Apertura obbiettivo: 45 mm;
— Campo a 1 km: 24 m;

— Distanza minima di collimazione: 2 m;

— Livella: a coincidenza, visibile nel campo;

— Sensibilità livella: 10"/1 mm;

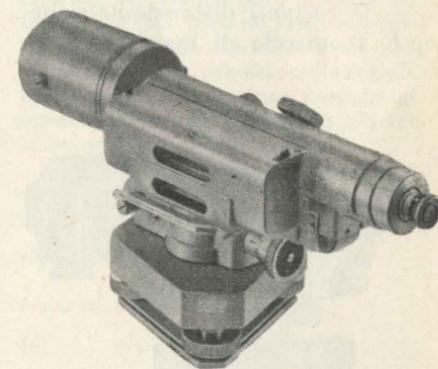


Fig. 1.

Gli esami eseguiti sui predetti strumenti riguardano:

— il controllo delle caratteristiche ottico-meccaniche denunciate dalle Ditte costruttrici (trattandosi di strumenti nuovi le pro-

ve avevano, come s'è detto, valore di collaudo);

— lo studio dei dispositivi micrometrici a lamina pian-parallela;

— le viti di elevazione;

— la determinazione degli errori di puntamento e di centrimento delle bolle;

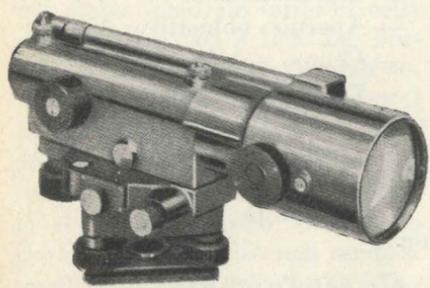


Fig. 2.

— gli spostamenti dell'asse di collimazione nell'adattamento dei cannocchiali alla distanza.

Controllo delle caratteristiche ottico-meccaniche.

Sono stati controllati per ciascun apparecchio:

— l'ingrandimento;

— il campo;

— la sensibilità della livella torica;

— la distanza minima di collimazione;

— le costanti distanziometriche c , K (controllo di massima).

Fig. 3.



Per la prima determinazione si è fatto ricorso ad un dinamometro di Ramsden della Casa Troughton & Simms con scala decimillimetrica, misurando il diametro della pupilla di uscita (anello oculare) dopo aver adattato il cannocchiale all'infinito.

Per la misura del campo è stata disposta orizzontalmente una stadia sul terrazzo d'esercitazioni dell'Istituto T. G. a distanza di 100 m e si è quindi letta l'ampiezza metrica del campo (1).

Per la determinazione della sensibilità delle livelle si è proceduto in modo assai semplice.

Fissata una stadia di precisione a distanza di 25 m e messo in stazione il livello, si centrava con accuratezza la bolla della livella torica e si leggeva alla stadia, spostata quindi la bolla di 5 mm a destra si leggeva nuovamente alla mira. Ricentrata la bolla si faceva una terza lettura quindi spostata la bolla di 5 mm dalla parte opposta si rileggeva la mira. Questa serie di operazioni veniva ripetuta altre 2 volte assumendo infine la media delle letture corrispondenti. Il rapporto fra la differenza delle letture medie (a bolla centrata e a bolla spostata) e la distanza fornisce la tangente dell'angolo (in pratica l'angolo) corrispondente ad uno spostamento di 5 mm e pertanto dividendo il valore trovato per 5 si ottiene la sensibilità per 1 mm.

La misura dello spostamento della bolla si otteneva leggendo su una scala di carta applicata alla fiala.

Per la distanza minima di fo-

(1) Le Case forniscono per i loro livelli il valore del campo ad 1 km (come si usa fare per i teodoliti) ma dato che tale distanza è fuori del campo operativo dei livelli ci è sembrato più pratico definire il campo a 100 m.

TABELLA A

Livello	Ingrandimento	Campo utile a 100 m	Sensibilità livella (per 1 mm)	D min collim.	K	c
PLANI (Fennel) Mod. 5169	50	0,90 m	5"	2,50 m	100	0
(Filotecnica)	31	1,80 m	10",5	5,00 m	100	0
NK 3 (Kern)	30	2,40 m	10"	2,00 m	100	0

camento si è operato all'interno della « Galleria strumenti » sfruttando il banco di legno di un Comparatore di apparati a sbarra per la misura delle basi. Su tale banco lungo 3,50 m veniva posta verso un estremo una mira per poligonali e a 2 m circa di distanza, dalla parte dell'estremo opposto, si metteva volta a volta in stazione uno dei livelli. Si faceva quindi scorrere sul banco la mira fino a realizzare la minima distanza cercata.

Per le costanti distanziometriche si è eseguito solo un controllo di massima in considerazione dello scarso uso che di esse vien fatto con i livelli in genere e con quelli di precisione in specie.

I risultati ottenuti sono raggruppati nella tabella A.

La sensibile diminuzione del campo utile nei confronti del valore nominale nel livello Fennel è dovuta al fatto che l'immagine della bolla occupa integralmente la parte sinistra del campo.

Studio dei dispositivi micrometrici a lastra pian-parallela.

I dispositivi micrometrici a lastra p. p. di cui sono muniti i livelli presi in esame, non hanno graduazioni corrispondenti in quanto il primo ha il tamburo diviso in 100 parti e gli altri 2 in sole 50 parti mentre l'escursione lineare sulla stadia, per 1 giro del tamburo, è in ogni caso di 5 mm.

Il valore nominale della parte di tamburo vale quindi 0,05 mm per il livello Fennel e 0,1 mm per i livelli Salmoiraghi e Kern.

L'esame delle graduazioni dei tamburi, effettuata nei locali sotterranei dell'Istituto, è stato condotto nel seguente modo: messo in stazione il livello su un solido basamento, con l'indice del tamburo

a zero eseguivo una lettura ad una lastra in avorio, attraversata a tutta larghezza da un tratto (sottile ma ben evidente), fissata al carrello di un Comparatore la cui vite tarata permette di avere per lettura diretta 0,005 mm. Ho fissato questo a circa 10 m di distanza girando la vite finché in corrispondenza del filo orizzontale del reticolo si trovasse la divisione segnata sulla mira.

Giravo quindi il tamburo di 5 divisioni ed invece di leggere nuovamente alla mira (cosa del resto impossibile per la mancanza di graduazioni) facevo riportare in corrispondenza della nuova posizione del filo orizzontale del reticolo, la divisione segnata nella lastra. La differenza delle letture alla vite del Comparatore prima e dopo lo spostamento fornisce il valore lineare corrispondente a 5 parti del tamburo del dispositivo. Ruotato quindi il tamburo di altre 5 parti facevo riportare la divisione della lastra in corrispondenza del filo orizzontale del reticolo rileggendo alla vite del Comparatore e procedevo così fino ad esaurire la graduazione del tamburo. Ripetevo quindi l'operazione altre 4 volte partendo però per la seconda serie dalla seconda divisione del tamburo, per la terza serie dalla terza divisione e così via e procedendo sempre con rotazioni parziali di 5 divisioni fino ad esaurire ogni volta l'intera graduazione del tamburo. In tal modo si possono avere per differenza i valori (con l'approssimazione di 0,005 mm) corrispondenti ad una parte del tamburo riducendo al minimo l'influenza che su tali valori può avere l'operatore.

I valori rilevati per ciascuna parte del tamburo del dispositivo micrometrico a lastra p.p. sono risultati i seguenti:

TABELLA B

Valore di una parte	Fennel	Salmoiraghi	Kern
medio	0,0504	0,103	0,103
max	0,0516	0,106	0,108
min	0,0480	0,098	0,100

Gli scostamenti max non superano come si vede $\pm 0,0025$ mm nel Fennel e $\pm 0,005$ mm negli altri due livelli corrispondenti in cifra tonda ad errore max percentuale del 5 %, per tutti i livelli.

Nonostante la modesta entità di tali errori non va dimenticato che essi in parte sono certamente dovuti al fatto che gli spostamenti lineari dell'immagine del filo dovuti alla rotazione della lastra p.p. non si mantengono costanti pur mantenendo tali le rotazioni di questa (2).

Si potrebbe ovviare alla variazione lamentata adottando intervalli di graduazione del tamburo di lunghezza variabile con la stessa legge ma dacchè s'è vista l'influenza non apprezzabile della stessa sulle misure, si preferisce normalmente, anche per comodità costruttiva, conservare gli intervalli di tamburo costanti.

Concludendo, l'esame delle la-

(2) È noto infatti che la legge di variazione di detto spostamento con riferimento alla fig. 4 è espresso da:

$$(1) \quad e = \Delta \frac{\sin(i-r)}{\cos r}$$

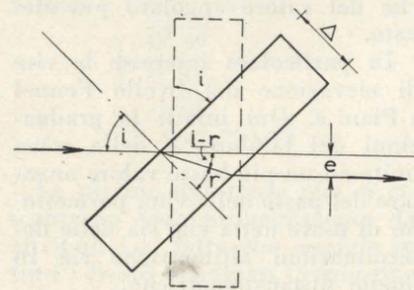


Fig. 4.

dove i angolo di incidenza può essere assunto anche come angolo di rotazione della lastra se si immagina di partire dalla posizione verticale di quest'ultima.

Risulta evidente come ruotando la lastra variano tanto i quanto r essendo essi legati dalla nota relazione:

$$(2) \quad \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Pertanto ad una variazione lineare delle rotazioni del tamburo corrisponde una variazione sinusoidale nelle variazioni delle letture alla mira.

Ciò risulta ancor più evidente se trasformiamo opportunamente la

$$e = \Delta (\sin i - \cos i \operatorname{tg} r)$$

od ancora esprimendo tutto in funzione dell'angolo i :

$$(3) \quad e = \Delta \sin i \left(1 - \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right)$$

da cui sostituendo i valori di Δ relativi ai 3 livelli si possono ottenere i diagrammi degli spostamenti e in funzione delle rotazioni i (fig. 5).

Dall'esame della (3) si vede che fissato un valore di e , l'angolo di rotazione i della lamina tende a diminuire all'aumentare di Δ per cui il termine

$$\frac{\cos i}{n^2 - \sin^2 i}$$

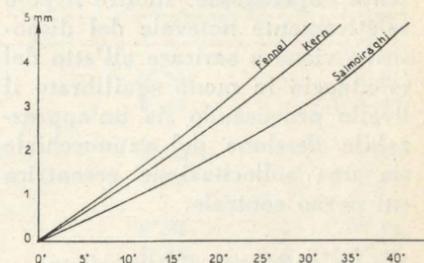


Fig. 5.

tende al limite — e la (3) potrebbe scriversi in tal caso:

$$(4) \quad e = \Delta \sin i \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

relazione valida in sostituzione della (3) anche per la lamina in posizione di partenza.

Dalla (4) si vede come per realizzare uno spostamento lineare di 5 mm con uno spessore di lastra di 20 mm, con una lamina di vetro ad indice $n = 1,5$, occorrerebbe una rotazione i di quasi 40° . Il valore del termine entro parentesi della (3) aumenta però all'aumentare di i per cui volendolo esprimere come nella (4) occorrerebbe compensare quest'ultima relazione il che si può parzialmente ottenere ad esempio sostituendo alla funzione seno la funzione tangente.

Si avrà in tal modo una relazione solo approssimata ma assai pratica ai fini del calcolo:

$$(5) \quad e = \Delta \operatorname{tg} i \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

e per $n = 1,5$:

$$(6) \quad e = \frac{\Delta}{3} \operatorname{tg} i = K \operatorname{tg} i$$

L'applicazione di quest'ultima relazione in sostituzione di quella rigorosa (3) porta a differenze max (per $i \leq 40^\circ$) di 0,01 mm, valore certamente tollerabile nella pratica anche in considerazione dell'entità degli errori di osservazione. L'applicazione della (6) permette una più rapida costruzione dei diagrammi di fig. 5.

stre p.p. ha fornito risultati soddisfacenti con errori percentuali max all'incirca uguali per i 3 dispositivi.

Un appunto comunque si può fare in merito alla scarsa praticità di montaggio del dispositivo del livello Salmoiraghi. Esso infatti non è incorporato al cannocchiale (nel modello in possesso dell'Istituto) ma separato per cui all'occorrenza dev'essere ogni volta montato sul cannocchiale attraverso la manovra di due viti che richiedono movimenti quasi rigorosamente sincroni se si vuol evitare il bloccaggio delle stesse durante l'operazione. Inoltre il peso relativamente notevole del dispositivo viene a caricare all'atto del montaggio in modo squilibrato il livello provocando sia un'apprezzabile flessione del cannocchiale sia una sollecitazione eccentrica sul perno centrale.

Studio delle viti di elevazione.

Dei tre strumenti esaminati solo il livello Fennel è munito di viti di elevazione con tamburo graduato. Per gli altri 2 livelli ho dovuto ricorrere ad una graduazione di emergenza realizzata con un dischetto di carta di adeguato diametro incollato alla testa di ciascuna delle due viti. Sui dischetti erano tracciati 2 diametri a 90° in modo da dividere la circonferenza in 4 parti uguali. La cosa ha richiesto particolare cura per il livello Salmoiraghi in quanto il rivestimento in materia plastica del tamburo della vite di elevazione risulta eccentrico rispetto all'asse della vite stessa.

Per questi due livelli l'esame ha avuto lo scopo non tanto di determinare il valore del passo delle viti di elevazione quanto la costanza dello stesso. Del resto non essendo le viti graduate, mal si presterebbero in ogni caso ad essere usate in sostituzione sia del dispositivo micrometrico a lastra pian-parallela, sia come dispositivo distanziometrico.

La vite di elevazione del livello Kern NK3 ha una corsa di 12 giri ed ha fornito i seguenti valori angolari di inclinazione dell'asse di collimazione.

TABELLA C

Inclinazioni	1 giro	1/4 di giro
max	176"	44"
medio	164"	41"
min	149"	38"

Come si vede i valori angolari del passo variano in maniera apprezzabile dall'inizio a fine corsa. Ciò non ha comunque conseguenze pratiche in quanto la vite come s'è detto, viene normalmente usata solo per la centratura della bolla a coincidenza all'atto delle battute.

Notevole nel livello Kern il movimento micrometrico zenitale del cannocchiale ottenuto con l'accoppiamento della vite di elevazione ad asse orizzontale con una « camme » il cui profilo comanda direttamente il cannocchiale.

La vite di elevazione del livello Salmoiraghi mod. 5169 ha una corsa di 14 giri ed ha fornito i seguenti valori angolari:

TABELLA D

Inclinazioni	1 giro	1/4 di giro
max	245"	62"
medio	242"	61"
min	240"	60"

Nonostante la buona costanza del passo vale ancora l'osservazione precedente tenuto conto qui anche del valore angolare più elevato.

Di particolare interesse la vite di elevazione del livello Fennel « Plani ». Qui infatti le graduazioni del tamburo e della corsa unite ad un più basso valore angolare del passo della vite, permettono di usare detta vite sia nelle determinazioni altimetriche sia in quelle distanziometriche.

La vite ha una corsa di 24 giri (± 12 giri dalla sua posizione di riposo) ed il passo è calcolato in modo da dare al cannocchiale una inclinazione nominale di 1/2000 per ogni giro per cui è possibile partendo dalla posizione di riposo, inclinare l'asse del cannocchiale verso l'alto o verso il basso di un angolo α di circa 20' ($\text{tg } \alpha = \pm 0,006$).

Ammettendo una proporzionalità lineare fra rotazioni della vite e variazioni dell'inclinazione del cannocchiale, si vede che ad ogni giro della vite di elevazione varia

la lettura sulla mira di 1/2000 della distanza e se il tamburo, come nel caso nostro, è diviso in 50 parti, a 100 m di distanza una parte del tamburo varrà: $100.000/50 \times 2000 = 1 \text{ mm}$.

A 50 m di distanza (la massima nominale nel campo operativo di questo tipo di livello) una divisione vale quindi 0,5 mm per cui non essendo del tutto illusoria la stima di 1/5 di intervallo della graduazione, si potrebbe ottenere nelle battute l'approssimazione di 0,1 mm senza necessariamente ricorrere alla lastra p.p.

Una vite di elevazione siffatta si presta anche particolarmente bene alla determinazione indiretta della distanza (sfruttata come dispositivo di Stampfer) entro limiti assai lati e che solo l'ingrandimento del cannocchiale può in pratica fissare.

Infatti poichè ogni parte del tamburo vale 1/100.000 della distanza intercorrente fra la mira e lo strumento, indicando con p il numero delle parti corrispondenti ad una certa rotazione del tamburo, con D la distanza e con m l'intervallo di mira corrispondente alla rotazione effettuata, risulterà:

$$m = \frac{D \times p}{100.000}$$

da cui:

$$D = 100.000 \frac{m}{p}$$

Come si vede la distanza è legata ai valori di m e di p per cui se si ha l'avvertenza di leggere la mira in corrispondenza di punti facilmente individuabili (come ad esempio i bordi dei tratti) e si valuta accuratamente la rotazione della vite di elevazione, la precedente relazione fornisce la distanza con soddisfacente approssimazione.

L'esame della vite di elevazione del livello Fennel ha fornito, sia sul giro sia sul quarto di giro valori angolari quasi costanti per tutta la sua corsa come risulta dalla tabella E.

TABELLA E

Inclinazioni	1 giro	1/4 di giro
max	106",7	27",0
medio	103",8	25",9
min	100",0	24",8

Da notare che gli scostamenti maggiori si verificano ai 2 estremi

della vite mentre una zona centrale pari ad oltre i 2/3 dell'intera corsa ha valore angolare costante pari a 104" circa.

In complesso le viti di elevazione dei 3 livelli esaminati pur presentando un passo non rigorosamente costante sono da considerarsi largamente soddisfacenti ai fini operativi.

Errori di puntamento e centrimento della bolla.

La determinazione dell'errore di puntamento è stata effettuata fissando dapprima una stadietta di precisione in avorio, con graduazione millimetrica tarata, alla vite del Comparatore di cui s'è detto in precedenza. Il Comparatore veniva al solito appoggiato (su un fianco in modo che l'asse della vite si disponesse verticale) a 2 mensole fissate alla parete di fondo del sotterraneo dell'I.T.G.; a distanza di 30 m veniva di volta in volta appoggiato, su un piano rigidissimo, il livello da esaminare che veniva messo in stazione e del quale veniva centrata e non più toccata la bolla a coincidenza.

L'operatore addetto al Comparatore spostava verticalmente la stadietta girando la vite (sempre nello stesso senso onde evitare eventuali errori di passo perduto) leggendo al tamburo ogni volta che l'osservatore lo richiedeva. Le letture venivano così effettuate ogni volta che il vertice del reticolo a V spaccava un estremo dei tratti millimetrici della mira.

Sono state effettuate per ognuno dei livelli 2 serie di 20 letture ciascuna sempre sfruttando il reticolo a V . L'errore di centrimento della bolla è stato invece determinato per via indiretta. Infatti si determinava dapprima l'errore complessivo di puntamento e centrimento scentrando ogni volta la bolla e spostando contemporaneamente la stadietta in senso verticale; ricentrata la bolla si riportava il tratto della stadietta nel vertice del reticolo a V e si effettuava la lettura (3).

Indicando questo errore con m_{pc} e con m_p l'errore di punta-

(3) Questa modalità di procedimento è già stata seguita da altri Sperimentatori fra cui il prof. Solaini come risulta dalla pubblicazione dello Stesso riportata nella Bibliografia in calce.

mento, si è calcolato l'errore di centrimento m_c con la nota relazione

$$m_c = \sqrt{m_{pc}^2 - m_p^2}$$

Anche per la determinazione dell'errore di puntamento e centrimento sono state effettuate due serie di 20 letture per ciascun livello.

Riportiamo di seguito i risultati ottenuti nei quali è stato assunto come valore dell'errore la media dei valori risultanti dalle due serie.

TABELLA F

Livelli		Scostamenti max	
		+	-
FENNEL	$m_p = 0",18$	0",33	0",31
	$m_{pc} = 0",24$	0",42	0",40
	$m_c = 0",16$		
SALMOIRAGHI	$m_p = 0",42$	1",26	1",04
	$m_{pc} = 0",65$	1",55	1",28
	$m_c = 0",50$		
KERN	$m_p = 0",38$	0",95	0",91
	$m_{pc} = 0",55$	1",38	1",05
	$m_c = 0",39$		

Come si vede gli errori di centrimento rispettano in maniera soddisfacente i rapporti esistenti fra le sensibilità delle rispettive livelle, come vuole la legge di Reinhertz. Così ad es. per i livelli Fennel e Kern si ha:

$$\sqrt{\frac{0",39}{0",16}} = 1,56$$

$$\sqrt{\frac{10"}{5"}} = 1,41$$

Le piccole differenze che si riscontrano sono probabilmente da attribuirsi al fatto che essendo in tutti i livelli esaminati l'immagine della bolla visibile nel campo del cannocchiale entra in gioco nell'apprezzamento della coincidenza della bolla l'ingrandimento degli oculari, diverso per i 3 cannocchiali esaminati.

In ogni caso i valori riscontrati sono del tutto normali ed in soddisfacente accordo con quelli denunciati dalle Case costruttrici.

Spostamento dell'asse di collimazione nell'adattamento alla distanza.

Per studiare gli spostamenti dell'asse di collimazione al variare

della distanza di focamento è stata utilizzata una base di circa 80 m di lunghezza situata sul terrazzo d'esercitazioni dell'Istituto, i cui punti individuati da piccole borchie metalliche a testa emisferica fissate al pavimento si trovano a distanza reciproca di circa 5 m.

Le quote relative dei poli delle borchie, già a suo tempo determinate con livellazione di precisione, sono state nuovamente controllate con un livello Zeiss A munito di dispositivo a lastra p.p. sfruttando

sempre rigorosamente la livellazione dal mezzo.

Il controllo in andata e ritorno ha confermato i dislivelli relativi già noti mentre la chiusura a $+ 0,1$ mm ha garantito della correttezza della livellazione di controllo.

Gli strumenti da esaminare venivano posti in stazione sull'estremo O della base e la quota del piano di mira veniva stabilita battendo la stadia disposta sopra un punto a fianco dello strumento e distante da questo circa 5 m, la cui quota relativa rispetto all'estremo O era naturalmente nota.

In tal modo attraverso le letture alla mira disposta sulle borchie lungo la base a distanza via via variabile (5 m, 10 m, 20 m, 30 m, etc.) era possibile stabilire se, e di quanto, si spostava il piano di mira e quindi l'asse di collimazione.

Le operazioni sono state eseguite nel mese di aprile con temperature oscillanti in genere fra $+ 12^\circ$ e $+ 18^\circ$ e quindi in condizioni, dal punto di vista termico, pressochè ideali. Le battute sono state

eseguite sempre in una sola posizione (trattandosi di livelli tipo inglese) con distanze crescenti e quindi controllate con distanze decrescenti. In soli 3 casi sono state riscontrate, nella seconda serie, differenze di letture alla stadia rispetto alla prima serie di 0,2 mm mentre in tutti gli altri casi

denunciate dalle Case costruttrici risultano le seguenti:

- a) livello Kern GK1 (tipo inglese con vite di elevazione), fig. 7.
- ingrandimento: 22 ×;
 - apertura obiettivo: 30 mm;
 - Campo a 1 km: 30 m;
 - distanza minima di lettura: 1 m;

TABELLA G - Livello Fennel « PLANI »

Punti	Letture m	h mm	Correzioni rifraz. atm. mm	Quote calcolate m	Quote vere m	Differenze mm
5	1,52950	—	—	1,00000	1,00000	—
10	1,53125	+ 1,75	- 0,01	1,00174	1,00145	+ 0,29
20	1,53425	+ 4,75	- 0,03	1,00472	1,00465	+ 0,07
30	1,52430	- 5,20	- 0,06	0,99474	0,99410	+ 0,64
40	1,53715	+ 7,65	- 0,11	1,00754	1,00665	+ 0,89
50	1,53400	+ 4,50	- 0,16	1,00434	1,00340	+ 0,94
60	1,54250	+ 13,00	- 0,24	1,01276	1,01130	+ 1,46
70	1,54280	+ 13,30	- 0,32	1,01298	1,01135	+ 1,63
80	1,54425	+ 14,75	- 0,42	1,01433	1,01240	+ 1,93

TABELLA H - Livello Salmoiraghi Mod. 5169

Punti	Letture m	h mm	Correzioni rifraz. atm. mm	Quote calcolate m	Quote vere m	Differenze mm
5	1,60600	—	—	1,00000	1,00000	—
10	1,60775	+ 1,75	- 0,01	1,00174	1,00145	+ 0,29
20	1,61095	+ 4,95	- 0,03	1,00492	1,00465	+ 0,27
30	1,61100	- 5,00	- 0,06	0,99494	0,99410	+ 0,84
40	1,61340	+ 7,40	- 0,11	1,00729	1,00665	+ 0,64
50	1,61045	+ 4,45	- 0,16	1,00429	1,00340	+ 0,89
60	1,61890	+ 12,90	- 0,24	1,01266	1,01130	+ 1,36
70	1,61925	+ 13,25	- 0,32	1,01293	1,01135	+ 1,58
80	1,62060	+ 14,60	- 0,42	1,01418	1,01240	+ 1,78

TABELLA I - Livello Kern NK 3

Punti	Letture m	h mm	Correzioni rifraz. atm. mm	Quote calcolate m	Quote vere m	Differenze mm
5	1,50870	—	—	1,00000	1,00000	—
10	1,51055	+ 1,85	- 0,01	1,00184	1,00145	+ 0,39
20	1,51410	+ 5,40	- 0,03	1,00537	1,00465	+ 0,72
30	1,50345	- 5,25	- 0,06	0,99469	0,99410	+ 0,59
40	1,51620	+ 7,50	- 0,11	1,00739	1,00665	+ 0,74
50	1,51325	+ 4,55	- 0,16	1,00439	1,00340	+ 0,99
60	1,52150	+ 12,80	- 0,24	1,01256	1,01130	+ 1,26
70	1,52190	+ 13,20	- 0,32	1,01288	1,01135	+ 1,53
80	1,52335	+ 14,65	- 0,42	1,01423	1,01240	+ 1,83

il controllo ha confermato le quote determinate dalla prima serie di battute (con distanze via via crescenti).

Riassumiamo dapprima numericamente nelle tabelle G - H - I e quindi graficamente nei diagrammi di fig. 6 i risultati relativi a queste ultime prove.

2) Livelli per livellazioni tecniche.

Sono stati esaminati due strumenti e precisamente il livello Kern GK1 e l'autolivello Salmoiraghi Mod. 5172.

Le caratteristiche strumentali

— Cannocchiale anallattico a lunghezza costante (l=110 mm) con reticolo distanziometrico (K = 100) livella torica visibile in apposito microscopio;

— sensibilità: 25"/1 mm;

— peso dello strumento con custodia e treppiede: 6 kg.

b) livello Salmoiraghi Modello 5172 - tipo autocentrante, fig. 8.

— ingrandimento cannocchiale: 24 ×;

— apertura obiettivo: 30 mm;

— Campo a 1 km: 27 m;

— distanza minima di lettura: 1,20 m;

— cannocchiale anallattico a lunghezza costante di 110 mm con reticolo distanziometrico (K = 100) di tipo periscopico;

— livella sferica visibile nel campo del cannocchiale;

— sensibilità livella sferica 5"/1 mm;

— cerchio graduato in vetro con graduazione di 10';

— microscopio a stima affiancato all'oculare: approssimazione 1';

— peso strumento completo di custodia e treppiede: 10 kg.

I controlli e gli esami effettuati per questi 2 livelli sono riportati qui di seguito.

Controllo delle caratteristiche ottico meccaniche.

Posti in stazione gli strumenti sul terrazzo d'esercitazioni dell'I.T.G. si è effettuata dapprima la misura dell'ingrandimento dei 3 cannocchiali mediante un dinamometro, quindi si è proceduto alla misura del campo. Non potendo usufruire del cerchio azimutale assente o insufficientemente preciso, si è disposto una stadia orizzontale a 50 m di distanza leggendo agli estremi sinistro e destro del filo orizzontale del reticolo e moltiplicando quindi per 20 per ottenere l'ampiezza del campo ad 1 km. Volendo il valore angolare dell'apertura del campo basterebbe dividerne il valore lineare per la distanza.

Per la determinazione della sensibilità della livella (limitata al solo livello Kern in quanto il livello autocentrante Salmoiraghi è munito solo di livella sferica) si è proceduto nel seguente modo: disposta una stadia di precisione a 25 m si centrava la bolla (a coincidenza) e si leggeva; spostata quindi la bolla di 5 mm si leggeva di nuovo ripetendo quindi le operazioni altre 4 volte. Il rapporto fra la differenza delle letture e la distanza dà la tg dell'angolo corrispondente a 5 mm, valore che diviso per 5 fornisce la sensibilità media per 1 mm.

La distanza minima di focamento si è ottenuta come per i livelli di precisione.

I risultati ottenuti sono raggruppati nella Tabella L.

Per la costante diastimometrica K e quella additiva c si sono eseguiti solo controlli di massima che

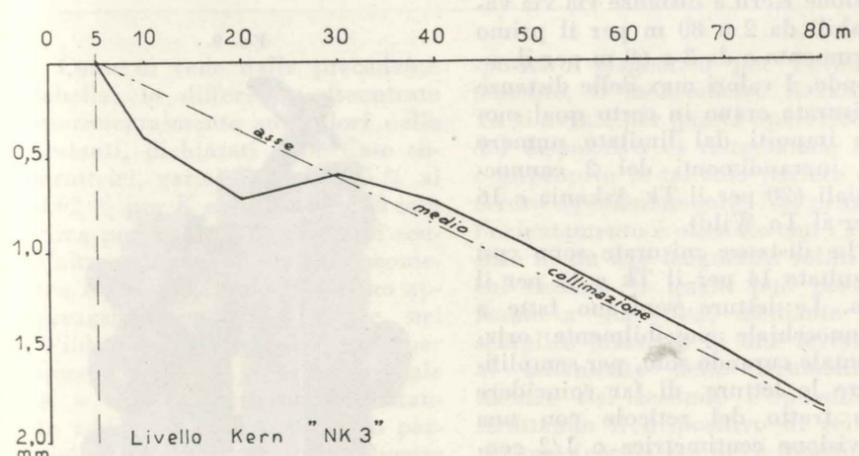
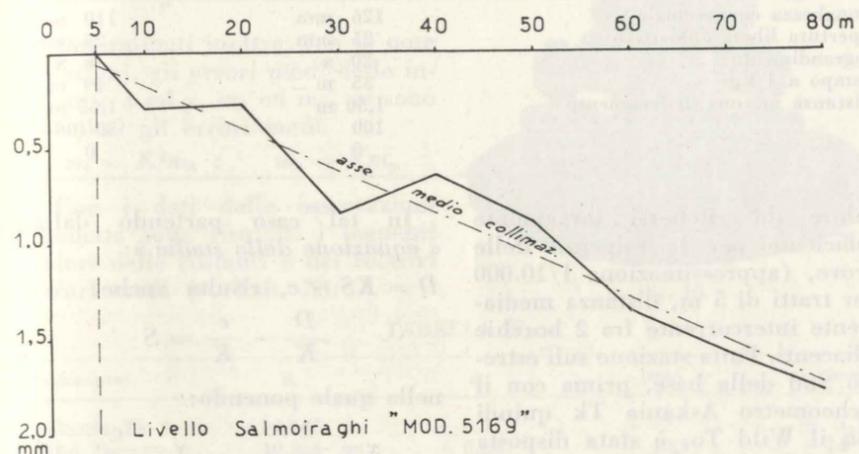
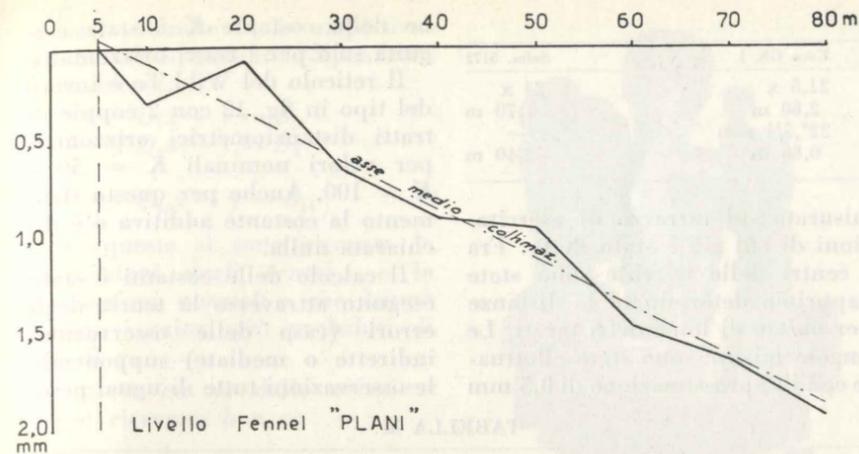


Fig. 6.

hanno confermato (in cifra tonda) i valori risultanti dai cataloghi (K = 100 - c = 0).

Errore di puntamento della mira e di centramento della bolla.

Si è proceduto come per i livelli di precisione limitando però il numero di puntamenti a 10 anzi-

chè 20. I risultati delle prove sono quelli sotto riportati:

Livello Kern GK1	Scostamenti max	
	+	-
$m_p = 0",85$	1",30	1",90
$m_{pc} = 1",35$	2",18	1",90
$m_c = 1",05$		

Per l'autolivello Salmoiraghi che sfruttando il principio pendolare, per l'orizzontamento automatico dell'asse, non richiede la livella torica, (basta una livella sferica con sensibilità di 5"/1 mm),

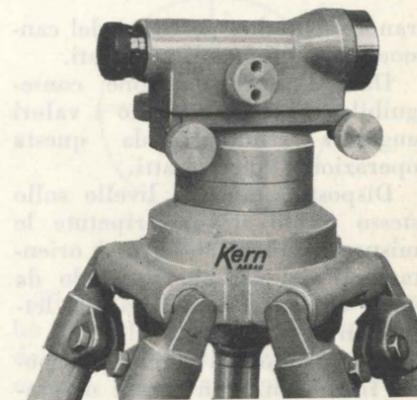


Fig. 7.

la determinazione non è stata fatta.

Per questo livello che è munito di cerchio graduato si è invece eseguito un controllo della graduazione onde stabilire se l'approssimazione nominale di 1' sia attendibile.

Scelto un punto sul terrazzo di esercitazioni, chiaramente materializzato e da cui fossero visibili sull'orizzonte 6 punti variamente distribuiti, vi si è posto in stazione un Teodolite Wild T 2 misu-

Fig. 8.

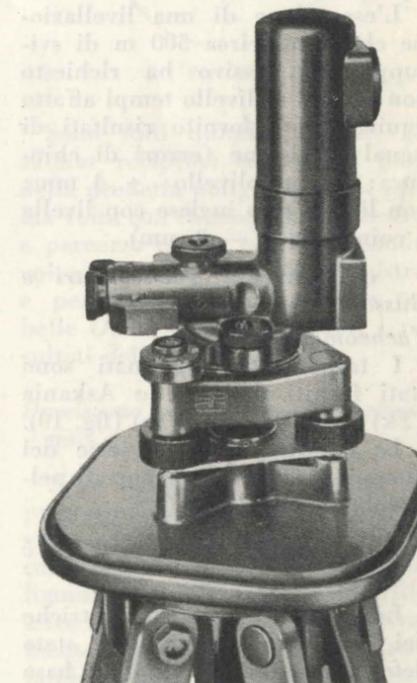


TABELLA L

CARATTERISTICHE	Kern GK 1	Salm. 5172
Ingrandimento cannocchiale	21,5 x	24 x
Campo a 100 m	2,80 m	1,70 m
Sensibilità livella torica	22",5/1 mm	—
Distanza minima di focamento	0,80 m	2,40 m

rando nelle due posizioni del cannocchiale i 6 angoli prefissati.

Data l'approssimazione conseguibile abbiamo ritenuto i valori angolari risultanti da questa operazione come esatti.

Disposto quindi il livello sullo stesso punto si sono ripetute le misure 6 volte con diversi orientamenti del cerchio in modo da poter effettuare in media una lettura in ogni intervallo di 10°.

Il controllo del cerchio ha posto in evidenza un errore di graduazione che, pur di modesta entità, è da ritenersi accettabile solo considerando le misure angolari con livelli, quasi eccezionali.

In complesso le prove hanno dimostrato comunque che risultati una volta conseguibili solo con strumenti di mole notevoli ed uso abbastanza complesso, sono ottenibili oggi con apparecchi di ingombro e peso ridottissimi i quali anche in virtù di queste caratteristiche permettono in campo operativo una praticità notevole.

Non è emerso invece una decisa maggior rapidità nelle livellazioni usando il livello autocentrante piuttosto che il livello inglese di tipo moderno.

L'esecuzione di una livellazione chiusa di circa 500 m di sviluppo complessivo ha richiesto con i 2 tipi di livello tempi affatto equivalenti e fornito risultati di ugual precisione (errori di chiusura: con autolivello: + 4 mm; con livello tipo inglese con livella a coincidenza: - 3 mm).

c) Prove su Tacheometri e Bussole.

Tacheometri Tk e To.

I tacheometri esaminati sono stati forniti dalle Ditte Askania (Tk) (fig. 9) e Wild (To) (fig. 10).

Le caratteristiche di serie dei due apparecchi sono riportati nella tabella M.

Determinazione delle costanti c e K.

Le costanti diastimometriche dei due tacheometri sono state determinate usufruendo della base

misurata sul terrazzo di esercitazioni di cui già è stato detto. Fra i centri delle borchie sono state dapprima determinate le distanze per mezzo di longimetri tarati. Le singole misure sono state effettuate con l'approssimazione di 0,5 mm

TABELLA M

CARATTERISTICHE	ASKANIA Tk	WILD To
Lunghezza cannocchiale	126 mm	110 mm
Apertura libera obiettivo	25 mm	25 mm
Ingrandimento	20 x	16 x
Campo a 1 km	35 m	49 m
Distanza minima di focamento	1,50 m	1,65 m
K	100	50-100
c	0	0

valore da ritenersi largamente sufficiente per le esigenze delle prove, (approssimazione 1/10.000 per tratti di 5 m, distanza mediamente intercorrente fra 2 borchie adiacenti. Fatta stazione sull'estremo Sud della base, prima con il tacheometro Askania Tk quindi con il Wild To, è stata disposta una stadia per livellazioni di precisione Kern a distanze via via variabili da 2 a 80 m per il primo strumento e da 2 a 60 m per il secondo. I valori max delle distanze misurate erano in certo qual modo imposti dal limitato numero di ingrandimenti dei 2 cannocchiali (20 per il Tk Askania e 16 per il To Wild).

Le distanze misurate sono così risultate 14 per il Tk e 12 per il To. Le letture venivano fatte a cannocchiale possibilmente orizzontale curando solo, per semplificare le letture, di far coincidere un tratto del reticolo con una divisione centimetrica o 1/2 centimetrica della stadia agendo ogni volta alla vite micrometrica dei movimenti zenitali.

Il tacheometro Askania Tk ha un reticolo emisimmetrico (figura 11) munito di tratti distanziometrici sia orizzontali sia verticali (nel caso si usasse la mira orizzontale) corrispondenti al valore nominale K = 100 mentre la costante additiva c, secondo le dichiarazioni della Casa costruttrice, risulta nulla (la determinazio-

ne della costante K è stata eseguita solo per i tratti orizzontali).

Il reticolo del Wild To è invece del tipo in fig. 12 con 2 coppie di tratti distanziometrici orizzontali per valori nominali K = 50 e K = 100. Anche per questo strumento la costante additiva c è dichiarata nulla.

Il calcolo delle costanti è stato eseguito attraverso la teoria degli errori (caso delle osservazioni indirette o mediate) supponendo le osservazioni tutte di ugual peso.

In tal caso partendo dalla « equazione della stadia »:

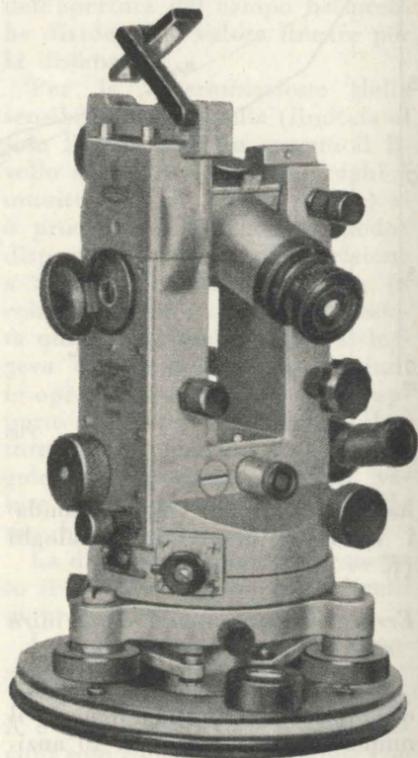
$D = KS + c$, risulta anche:

$$\frac{D}{K} - \frac{c}{K} = S$$

nella quale ponendo:

$$x = \frac{1}{K} ; \quad y = \frac{c}{K} \quad (a)$$

Fig. 9.



si sono ottenute 14 (o rispettivamente 12) equazioni indipendenti della forma:

$$\begin{aligned} D_1x - y &= S_1 \\ D_2x - y &= S_2 \\ &\dots \\ D_{14}x - y &= S_{14} \end{aligned}$$

Da queste si sono ricavate le « equazioni degli errori » e le « equazioni normali » che hanno fornito i valori più probabili di x e di y.

Noti x ed y, dalle relazioni (a) si ricavano k e c:

$$K = \frac{1}{x} ; \quad c = Ky$$

Determinati inoltre, con le note relazioni, gli errori medi delle incognite x ed y, m_x ed m_y , si sono calcolati gli errori medi.

$$m_k = K^2 m_x ; \quad m_c = K m_y$$

Con i dati delle osservazioni predette sono risultati i seguenti valori delle costanti e dei relativi errori medi (v. Tab. N):

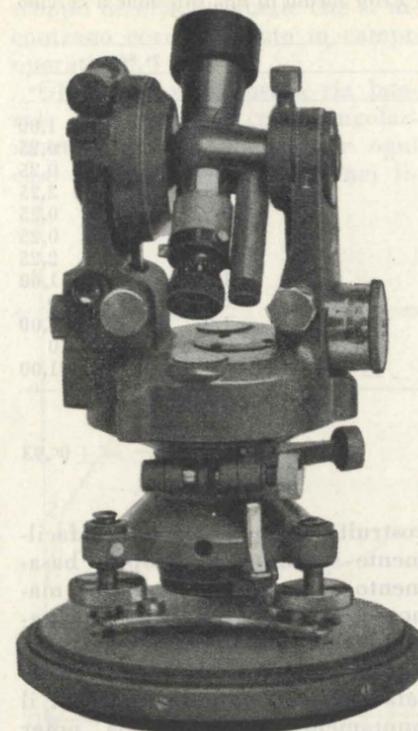


Fig. 10.

TABELLA N

Tacheometro	K	m_k	c (mm)	m_c (mm)
Askania Tk	99,985	± 0,017	+ 7	± 1,17
Wild To	49,962	± 0,037	+ 40,0	± 14
	99,938	± 0,022	+ 43,5	± 6

Come si vede dalla precedente tabella, le differenze riscontrate sperimentalmente sui valori delle costanti, dichiarati dalle Case costruttrici, variabili, dal 0,15 % al 0,62 % per K e da 7 mm a 40 mm circa per c, sono da ritenersi senz'altro trascurabili nel tacheometro Tk mentre non influiscono apprezzabilmente sulle misure, nel Wild To. Infatti adottando per quest'ultimo il valore nominale K = 100, e trascurando la costante additiva (c = 0), vengono parzialmente compensate le influenze dovute alle differenze sopra riscontrate. Per distanze maggiori di quelle a cui è stato esteso il controllo, l'incertezza di lettura alla mira influisce sul valore delle distanze in misura assai maggiore delle piccole differenze riscontrate fra i valori nominali e quelli sperimentali dalle costanti c e K.

Errore di orientamento magnetico.

È bene notare che mentre il tacheometro Wild è munito di di-

positivo magnetico per l'orientamento, il tacheometro Askania Tk si avvale per questa operazione del dispositivo di reiterazione ed è improprio in tal caso parlare di errore di orientamento. Nel primo l'orientamento è ottenuto con l'ausilio di un ago magnetico solidale col cerchio il quale può essere fissato a sua volta, mediante la semplice manovra di una levetta, al basamento dello strumento, mentre nel secondo è possibile sfruttando il dispositivo di reiterazione (con la semplice rotazione di un bottone) mantenere inalterata la direzione di orientamento nelle successive stazioni.

Anche nel secondo però si può utilizzare la bussola (fornita a parte dalla Casa) che può essere fissata all'estremità di una delle due forchette di sostegno del cannocchiale (il modello in possesso dell'Istituto non ne è fornito).

La determinazione dell'errore di orientamento magnetico limitata necessariamente al solo Wild

To, è stata eseguita in aperta campagna (dove allo scopo era stata tracciata una poligonale di 24 lati) fig. 13, al fine di evitare qualsiasi influenza derivante dalla presenza di materiali magnetici.

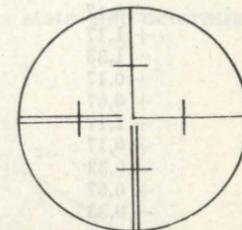


Fig. 11.

Fatta stazione sul primo vertice ho proceduto all'apprezzamento della coincidenza delle due immagini diametralmente opposte della graduazione prima a cerchio bloccato e poi a cerchio libero eseguendo 2 serie di 12 letture per la prima situazione ed una sola serie di 20 letture per la seconda situazione. A cerchio bloccato l'errore medio nell'apprezzamento della coincidenza (che può considerarsi come errore medio di una direzione) è risultato di circa 0",9 mentre a cerchio libero l'errore medio sale a 1",5.

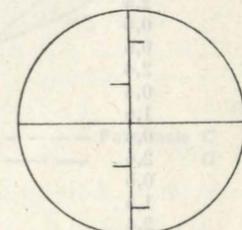


Fig. 12.

Sono stati quindi misurati 12 azimut reciproci sui vertici pari della predetta poligonale, una prima volta con cannocchiale a destra e percorso orario ed una seconda volta con cannocchiale a sinistra e percorso antiorario. Nelle tabelle O, P, Q sono riassunti i risultati delle prove.

Precisione nel rilievo di poligonali.

Allo scopo di determinare la precisione conseguibile nel rilevamento tacheometrico, nella accennata poligonale di 24 lati (poligonale A) ne sono state iscritte altre di 12, 6 e 3 lati rispettivamente, (poligonali B, C, D), sfruttando sempre i vertici della pri-

TABELLA O - Teodolite-Bussola Wild To - Error medio di una direzione a cerchio bloccato.

N.	1ª Serie		2ª Serie	
	v	vv	v	vv
1	- 1,33	1,777	+ 1,0	1,00
2	- 0,83	0,694	+ 0,5	0,25
3	+ 0,17	0,028	- 0,5	0,25
4	+ 1,17	1,362	- 1,5	2,25
5	- 1,33	1,777	- 0,5	0,25
6	+ 0,17	0,028	- 0,5	0,25
7	+ 0,67	0,444	+ 1,5	2,25
8	+ 1,17	1,362	- 1,00	1,00
9	+ 0,17	0,028	0	0
10	- 0,33	0,111	- 1,0	1,00
11	+ 0,67	0,444	0	0
12	- 0,33	0,111	+ 1,0	1,00

$$[vv] = 8,166$$

$$m' = \pm \sqrt{\frac{8,166}{11}} = \pm 0,86$$

$$[vv] = 9,50$$

$$m'' = \pm \sqrt{\frac{9,50}{11}} = \pm 0,93$$

e mediante:

$$m = \frac{m' + m''}{2} = \frac{0,86 + 0,93}{2} \cong \pm 0,9$$

TABELLA P - Teodolite-Bussola Wild To - Error medio di una direzione a cerchio libero.

N.	v	vv
1	1,6	2,56
2	1,4	1,96
3	1,6	2,56
4	2,4	5,76
5	0,6	0,36
6	0,6	0,36
7	2,4	5,76
8	0,4	0,16
9	1,6	2,56
10	0,4	0,16
11	2,4	5,76
12	0,6	0,36
13	1,4	1,96
14	2,4	5,76
15	0,6	0,36
16	1,4	1,96
17	0,4	0,16
18	1,6	2,56
19	0,4	0,16
20	1,4	1,96

$$[vv] = 43,20$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{43,20}{19}} \cong \pm 1,5$$

ma (v. fig. 13). In tal modo con 24 stazioni per il T.A. (*) e 12 stazioni per il T.W. (**) è stato possibile rilevare gli elementi di 4 poligonali.

Il T.A., caso del resto comune ad altri tipi di strumenti, allo scopo di rendere più rapide e precise le operazioni di poligonazione, è

(*) T.A. = Tacheometro Askania.
(**) T.W. = Teodolite-Bussola Wild.

costruito in modo da essere facilmente sfilabile dal proprio basamento attraverso la semplice manovra di 3 viti di pressione radiali. Sul basamento rimasto fissato al treppiede può essere montata una mira da poligonale per il puntamento in modo da poter avere alternativamente sul treppiede, sistemato sopra un qualsiasi vertice la mira oppure lo strumento, secondo le necessità dell'operatore. In tal modo è possibile far coincidere in ogni vertice la verticale strumentale con la verticale per il punto di stazione eliminando qualsiasi errore di eccentricità (nella messa in stazione).

Si vede quindi come disponendo di un treppiede e di un blocco di base supplementari (o meglio ancora di una coppia di treppiedi e di una coppia di basamenti) sia possibile procedere in maniera

TABELLA Q - Teodolite-Bussola Wild To - Error medio nella misura di azimut reciproci.

N. d'ordine vertici	1ª posizione		2ª posizione	
	v = θ - (θ + 200)	vv	v = θ - (θ + 200)	vv
0	2,0	4,00	1,5	2,25
2	1,5	2,25	3,0	9,00
4	2,0	4,00	2,0	4,00
6	1,5	2,25	1,0	1,00
8	2,0	4,00	1,5	2,25
10	2,0	4,00	3,0	9,00
12	2,5	6,25	2,0	4,00
14	3,0	9,00	4,0	16,00
16	2,0	4,00	2,5	6,25
18	2,0	4,00	2,0	4,00
20	3,0	9,00	2,5	6,25
22	1,5	2,25	1,0	1,00

$$[vv] = 55,0$$

$$m' = \pm \sqrt{\frac{55,00}{11}} = \pm 2,24$$

$$[vv] = 65,00$$

$$m'' = \pm \sqrt{\frac{65,00}{11}} = \pm 2,43$$

e mediamente $m = \frac{m' + m''}{2} = \pm 2,34$

sensibilmente più spedita e con risultati più precisi.

Purtroppo non avendo a disposizione i pezzi supplementari di cui sopra non ho potuto procedere nel modo descritto per cui al fine di accelerare le prove pur mantenendo inalterato il loro carattere di « prova di collaudo », ho ridotto il numero delle stazioni a sole 24 come già s'è detto.

È stato comunque possibile operare con la dovuta precisione utilizzando picchetti in legno con chiodi a testa emisferica di diametro 5 mm infissi a raso e centrando lo strumento sul picchetto con il piombino ottico. Inoltre compatibilmente con l'ingrandimento del cannocchiale, si sono ottenuti lati della massima lunghezza realizzabile nella zona di operazioni sempre per attenuare l'influenza di eventuali errori di eccentricità nella messa in stazione. La collimazione veniva fatta spaccando la testa dei chiodi.

Il teodolite - bussola To è stato usato in modo affatto corrispondente facendo però stazione dapprima su tutti i vertici e con cerchio bloccato quindi solo sui vertici di ordine pari e con cerchio libero.

Già abbiamo detto come nel 1° caso lo strumento possa in tutto e per tutto funzionare come un comune tacheometro mentre a cerchio libero lo strumento funziona come una bussola.

Il controllo della posizione relativa degli assi, eseguita in laboratorio precedentemente all'inizio delle prove, aveva confermato per

entrambi gli strumenti una rettificazione abbastanza accurata e la perfetta efficienza degli apparecchi (4).

La misura dei lati delle poligonali è stata eseguita per via ottica e con l'ausilio di una stadia metallica speciale graduata in cm e munita di livelletta sferica per il controllo della verticalità.

I lati variavano da 120,50 m a 158,70 m per la poligonale D, da 68,20 m a 108,85 m per la poligonale C, da 27,00 m a 59,30 m per la poligonale B ed infine da 13 m a 34,70 m per la poligonale A.

Per alcuni lati delle poligonali D e C è stato necessario spezzare la misura in due parti (1/2 lato circa misurato da un estremo e la parte restante dall'altro).

Noti lati ed angoli si sono calcolati per i 4 poligoni le coordinate dei vertici nonché gli errori di chiusura sia angolari (ω) che laterali (δ); i risultati sono riassunti, ripartiti per strumento, nelle tabelle R e S. Nella tabella R abbiamo riportato solo i dati relativi al tacheometro Askania; risultati del tutto analoghi sono stati ottenuti con il tacheometro Wild To con cerchio bloccato.

L'esame della tabella R permette di constatare come la differenza max fra le coordinate dei vertici comuni ad almeno 2 poligonali superi di poco i 10 cm (mantenendosi in media assai più basso) risultato che, tenuto conto che si è operato senza alcun particolare accorgimento, se si esclude una cura maggiore del normale nelle letture e lo sfruttamento di due giornate particolarmente favorevoli sia per visibilità che per temperatura, è da ritenersi senza dubbio soddisfacente.

Non ho voluto di proposito ricorrere ad altri accorgimenti per rendermi conto delle possibilità degli strumenti in condizioni normali di funzionamento. Maggior cura nella scelta delle poligonali, nella distribuzione dei vertici ecc. avrebbe certamente permesso risultati migliori ma ciò avrebbe potuto creare condizioni ambientali

(4) Nel T.A. durante la prima serie di prove è stata riscontrata una leggera scollatura nel « doublet » di affocamento; tale inconveniente provocava una sensibile diminuzione della chiarezza. La Ditta informata di ciò ha provveduto tempestivamente a rimettere in perfetta efficienza il cannocchiale.

troppo diverse da quelle che si incontrano correntemente in campo operativo.

Gli errori di chiusura sia laterali che angolari, pur singolarmente apprezzabili, sono in ogni caso largamente contenuti nei li-

delle visuali variabile da - 8' a + 15'.

La lunghezza dei lati misurati direttamente variava da 18 a 40 m circa con uno sviluppo complessivo di poco inferiore ai 500 m.

Sono state poi determinate con

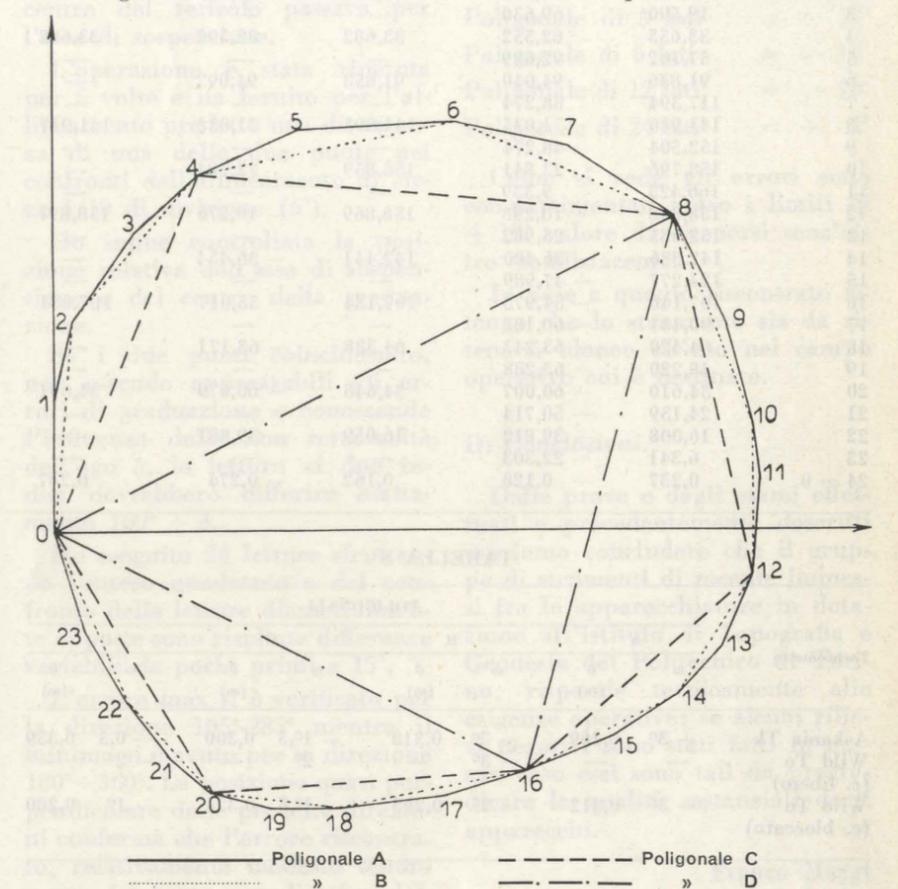


Fig. 13.

miti di tolleranza del Catasto Italiano per tal genere di lavori.

Fra le qualità positive emerse nello studio dei 2 tacheometri va particolarmente apprezzata l'estrema maneggevolezza, particolarità questa che li rende assai adatti al rilievo in miniera dove le condizioni ambientali si presentano assai meno favorevoli che a giorno. In proposito anzi il T.A. è dotato di una piccola lampada tascabile a batterie che applicata all'apposita finestra può illuminare sufficientemente i cerchi ed il campo durante le operazioni di rilevamento in sotterraneo.

Per il controllo dei dispositivi zenitali è stata effettuata con i due strumenti una livellazione tacheometrica lungo una poligonale chiusa di 16 lati scelta in zona piuttosto accidentata (inclinazione

una livellazione geometrica dal mezzo le quote relative dei vertici, quote che sono state assunte come esatte (errore di chiusura + 2 mm).

Gli errori di chiusura altimetrici per i due tacheometri sono risultati:

per il Tk Askania: $h = + 32$ mm;
per il To Wild: $h = - 44$ mm.

Le differenze fra le quote geometrica e trigonometrica di alcuni vertici è anche dovuta alle difficoltà di lettura derivante dal limitato numero di ingrandimenti dei cannocchiali.

Ultimate le prove predette i tacheometri sono stati impiegati nel rilievo delle « Gallerie della Cittadella di Torino » dall'ing. C. Lesca, assistente alla Cattedra di Topografia con el. di Geodesia il quale ha anche validamente colla-

TABELLA R - (I dati si riferiscono alle misure effettuate col tacheometro Askania).

Vertice	Poligonale A		Poligonale B		Poligonale C		Poligonale D	
	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	29,500	—	—	—	—	—	—
2	4,857	48,901	4,861	48,959	—	—	—	—
3	19,590	69,630	—	—	—	—	—	—
4	33,655	82,552	33,682	82,592	33,682	82,597	—	—
5	57,162	92,689	—	—	—	—	—	—
6	91,836	94,040	91,853	94,092	—	—	—	—
7	117,394	88,274	—	—	—	—	—	—
8	141,946	71,035	141,895	71,032	141,917	71,043	141,908	71,047
9	152,504	48,274	—	—	—	—	—	—
10	158,796	22,841	158,859	22,784	—	—	—	—
11	160,423	9,339	—	—	—	—	—	—
12	158,848	-10,298	158,869	-10,276	158,897	-10,334	—	—
13	152,035	-25,982	—	—	—	—	—	—
14	142,386	-36,400	142,441	-36,454	—	—	—	—
15	124,277	-47,989	—	—	—	—	—	—
16	107,146	-54,973	107,134	-55,017	107,031	-55,027	107,103	-55,106
17	90,441	-60,188	—	—	—	—	—	—
18	64,420	-63,243	64,388	-63,171	—	—	—	—
19	48,220	-63,288	—	—	—	—	—	—
20	34,610	-60,007	34,648	-60,079	34,691	-59,954	—	—
21	24,139	-50,714	—	—	—	—	—	—
22	16,008	-39,812	16,059	-39,881	—	—	—	—
23	6,341	-22,303	—	—	—	—	—	—
24 = 0	0,237	-0,128	0,162	-0,274	0,287	-0,088	0,295	-0,206

TABELLA S

Tacheometro	POLIGONALI							
	A		B		C		D	
	ω	δ (m)	ω	δ (m)	ω	δ (m)	ω	δ (m)
Askania Tk	+ 3 ^c	0,269	- 2 ^c	0,318	- 1 ^{c,5}	0,300	- 0,5	0,359
Wild To (c. libero)	—	—	- 3 ^c	—	- 2 ^c	—	- 2 ^c	—
Wild To (c. bloccato)	- 3 ^c	0,312	- 3 ^c	0,295	- 1 ^{c,5}	0,324	- 1 ^c	0,280

borato ad alcune delle precedenti prove.

I risultati tecnici e pratici qui ottenuti sono stati eccellenti. L'ingombro limitato e la semplicità dei dispositivi di illuminazione e manovra nei confronti dei tradizionali teodoliti da miniera rappresentano vantaggi operativi veramente notevoli.

Bussola Fennel tipo « Brunton ».

La bussola « Brunton » della Casa Fennel (fig. 14) è uno strumento di ingombro assai modesto e che nei limiti del suo campo operativo può adattarsi alla soluzione di numerosi problemi topografici.

Le caratteristiche strumentali sono le seguenti:

- diametro astuccio: 80 mm;
- lunghezza ago: 50 mm;

- graduazione del quadrante: 1°;
- lunghezza max diottra: 220 mm;
- dimensioni rapportatore: 120 x 100 mm;
- dimensioni tavoletta: 215 x 215 mm;
- altezza max treppiede: 1,15 m.

La generazione angolare è oraria con lo zero in corrispondenza del Nord, onde permettere la lettura diretta degli azimut, ed i punti cardinali sono indicati con i segni convenzionali. Poichè l'ago segna la direzione del meridiano magnetico il quadrante graduato si può spostare di 30° ad est o ad ovest mediante una « vite di declinazione » per dar modo all'osservatore di leggere direttamente l'azimut geografico di una qualsiasi direzione.

L'orizzontalità dell'ago può essere regolata (per compensare

l'inclinazione magnetica) spostando lungo l'ago la fascetta-contrappeso.

Una livelletta sferica collegata rigidamente all'astuccio serve a disporre il quadrante in posizione orizzontale.

Il coperchio della custodia inoltre comanda nella fase di chiusura il bottone di bloccaggio dell'ago, garantendo in tal modo l'immobilità di questo durante il trasporto.

Con il quadrante verticale lo strumento può essere usato come bussola sospesa per il rilievo di poligoni in galleria (poligoni sospesi). L'inclinazione dei lati è fornita da un'indice collegato con una livelletta torica da centrarsi prima della lettura attraverso una appendice situata sul fondo esterno dell'astuccio.

La bussola insieme con il treppiede metallico ed altri accessori per il montaggio è contenuta in apposita cassetta in legno di facile trasporto. La bussola vera e propria è inoltre fornita di una custodia in cuoio da usarsi quando si debbano eseguire solo rilievi speditivi.

Sullo strumento in esame si sono eseguite le seguenti prove:

Verifica della graduazione.

Per controllare la regolarità e uniformità della graduazione si è

fatto uso di un compasso di precisione fissando le punte (con ausilio di una lente d'ingrandimento) a distanza di 4,5 mm, corrispondente sulla circonferenza esterna della graduazione a 10°.



Fig. 14.

Il controllo è stato effettuato dapprima sui 18 intervalli corrispondenti alle decine di gradi di mezzo quadrante, quindi per altri 18 intervalli da 175° a 185°, da 185° a 195° ecc. fino ad esaurire anche la seconda metà della graduazione.

Infine sono stati controllati 20 intervalli sempre di 10° ciascuno, scelti a caso in varie zone del quadrante.

Per poter effettuare il controllo si è dovuto togliere il vetro a calotta fissato da apposito anello elastico.

La max differenza riscontrata fra due degli intervalli controllati non ha in nessun caso raggiunto il decimo di divisione, inferiore quindi all'approssimazione della lettura.

Accertato che l'errore di graduazione viene assorbito da quello di lettura ho controllato la rettilineità dell'ago.

Fissato questo con l'apposito bottone, ho posto il quadrante nel campo di un collimatore dell'apparato comparatore dei metri campione.

Fissato l'ago quanto più possibile in direzione parallela alla guida del collimatore (rettilenea e rettificata a 0,01 mm) ho disposto il reticolo di quest'ultimo in corrispondenza di una delle punte dell'ago. Spostando quindi lentamente il collimatore lungo la guida mi portavo fino all'asse del perno di sospensione. La divergenza fra la traiettoria del centro del reticolo e la congiungente dei due punti predetti, gradualmente annullata con la rotazione del quadrante, permetteva di migliorare il parallelismo fra l'ago e la guida del collimatore.

Ottenuta in modo soddisfacente questa condizione, per controllare l'allineamento delle due punte e dell'asse-perno, era sufficiente far percorrere al collimatore l'intero intervallo fra i due estremi dell'ago e vedere se la traiettoria del centro del reticolo passava per l'asse di sospensione.

L'operazione è stata ripetuta per 5 volte e ha fornito per l'allineamento predetto una divergenza di una delle due punte nei confronti dell'allineamento di circa 1/10 di divisione (6').

Ho infine controllata la posizione relativa dell'asse di sospensione e del centro della graduazione.

Se i due punti coincidessero, non essendo apprezzabili gli errori di graduazione e conoscendo l'influenza della non rettilineità dell'ago δ , le letture ai due indici dovrebbero differire esattamente $180^\circ \pm \delta$.

Ho eseguito 24 letture sfruttando l'intero quadrante e dal confronto delle letture diametralmente opposte sono risultate differenze variabili da pochi primi a 15'.

L'errore max si è verificato per la direzione 105°-285° mentre il minimo si è avuto per la direzione 180°-360°. La posizione quasi perpendicolare delle predette direzioni conferma che l'errore riscontrato, relativamente modesto tenuto conto del campo applicativo dello strumento, è da attribuirsi ad eccentricità dell'asse di sospensione nei confronti della graduazione.

L'imperfezione non è in ogni caso notevole se si tien conto delle varie cause che intervengono a determinarla e del fatto che l'errore che ne deriva può sempre essere eliminato con la doppia lettura.

Si può anche valutare quanto vale l'eccentricità con la relazione:

$$e = \frac{\epsilon''_{max} \cdot r}{R''}$$

dove ϵ_{max} è l'errore massimo riscontrato (15' - 6'): $2 = 270''$ espresso in secondi, r la lunghezza di un braccio dell'ago ed $R'' = 206265''$.

Allora:

$$e = \frac{270'' \cdot 25}{206265''} = 0,03 \text{ mm}$$

Per controllare infine la precisione conseguibile con la bussola « Brunton » sono state rilevate le stesse poligoni già sfruttate per i tacheometri. Gli errori di chiusura angolare sono risultati i seguenti:

- Poligonale di 3 lati = + 10'
- Poligonale di 6 lati = - 10'
- Poligonale di 12 lati = - 10'
- Poligonale di 24 lati = + 5'

Come si vede gli errori sono compartimentati entro i limiti di $\pm 10'$ valore da ritenersi senz'altro soddisfacente.

In base a quanto riscontrato ritengo che lo strumento sia da ritenersi idoneo all'uso nel campo operativo cui è destinato.

D) Conclusioni.

Dalle prove e dagli esami effettuati e precedentemente descritti possiamo concludere che il gruppo di strumenti di recente immessi fra le apparecchiature in dotazione all'Istituto di Topografia e Geodesia del Politecnico di Torino, risponde tecnicamente alle esigenze operative; se alcuni rilievi negativi sono stati fatti in nessun caso essi sono tali da pregiudicare le qualità sostanziali degli apparecchi.

Franco Maggi

BIBLIOGRAFIA

SOLAINI L., *Studio di alcuni strumenti topografici moderni*, « Riv. Catasto e SS.TT.EE. », n. 2-3, 1936.

BOAGA G., *Trattato di Geodesia e Topografia*, Ed. Cedam, Padova 1948.

SOLAINI L., *Lezioni di Topografia e Geodesia*, Ed. Tamburini, Milano 1958.

ROHRER H., *Essais avec les instruments a boussole de Wild*, « Journal du Geometre-expert », n. 48, 1935.

OLLIVIER F., *Instruments topographiques*, Ed. Eyrolles, Paris 1955.

JÄNICH E., *Optimale Dimensionierung von Planplattenmikrometern-Schweizerische Zeitschrift Vermessung*, « Kulturtechnik und Photogrammetrie », n. 4, 1960.

SEGUITI T., *Topografia mineraria*, Ed. Scialpi, Roma 1959.

REGOLAMENTAZIONE TECNICA

C.D. 669:620.191 = *Corrosione dei materiali metallici.*

UNI 4261: Corrosione dei materiali metallici - Prove unificate di laboratorio - Immersione continua in soluzioni aeree (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 4262: Id. - Id. - Prove di servizio in laboratorio - Immersione continua in soluzioni aerate (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 4263: Id. - Id. - Prove di servizio in esercizio - Corrosione atmosferica (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 669:666.76 = *Prodotti refrattari per siderurgia.*

UNI 4260: Prodotti refrattari formati per usi siderurgici - Tubi per colonne delle fosse di colata - Dimensioni (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 669:14.018 = *Acciai secondo le loro proprietà.*

UNI 4243: Acciaio al carbonio in toni di per maglie, saldate per bollitura, per catene ordinarie - Qualità, prescrizioni, prove (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 669.3 = *Rame - Ottone - Bronzo.*

UNI 4244: Leghe di rame da lavorazione plastica - Generalità (fascicolo unico di 6 tabelle) (sostituisce parzialmente UNI 2012, UNI 2527 e UNI 2528).

C.D. 679.5 = *Materie plastiche.*

UNI 4266: Materie plastiche - Termoidurenti - Definizioni-Elenco delle prove - Generalità (fascicolo unico di 4 tabelle) (sostituisce UNI 3624 e 3625).

UNI 4267: Prove sulle materie plastiche - Termoidurenti - Determinazione della densità apparente dei materiali da stampaggio che possono fluire liberamente da un imbuto (sostituisce UNI 3628).

UNI 4268: Id. - Id. - Determinazione della densità apparente dei materiali da stampaggio che non possono fluire liberamente da un imbuto (sostituisce UNI 3628).

UNI 4269: Id. - Id. - Determinazione della distribuzione di grandezza delle particelle del materiale da stampaggio (sostituisce UNI 3630).

UNI 4270: Id. - Id. - Determinazione del fattore di riduzione di volume (sostituisce UNI 3629).

UNI 4271: Id. - Id. - Determinazione del grado di scorrevolezza delle particelle del materiale da stampaggio (sostituisce UNI 3631).

UNI 4272: Id. - Id. - Determinazione dell'indice di stampabilità (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3626).

UNI 4273: Id. - Id. - Determinazione della percentuale di sostanze solubili in

acetone contenute nei materiali fenolici da stampaggio.

UNI 4274: Id. - Id. - Determinazione della resistenza alla flessione dei plastici rigidi (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3632).

UNI 4275: Id. - Id. - Determinazione del modulo di elasticità alla flessione dei plastici rigidi (sostituisce UNI 3633).

UNI 4276: Id. - Id. - Determinazione della resistenza alla flessione per urto dei plastici rigidi (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3634).

UNI 4277: Id. - Id. - Determinazione della resistenza all'urto Izod dei plastici rigidi.

UNI 4278: Id. - Id. - Determinazione della durezza - Metodo Rockwell (sostituisce UNI 3637).

UNI 4279: Prove sulle materie plastiche - Termoidurenti - Determinazione della resistenza alla compressione (sostituisce UNI 3635).

UNI 4280: Id. - Id. - Determinazione della resistenza alla trazione (sostituisce UNI 3636).

UNI 4281: Id. - Id. - Determinazione della temperatura di deformazione sotto carico dei plastici rigidi (grado Martens) (fascicolo unico di 3 tabelle) (sostituisce UNI 3641).

UNI 4282: Id. - Id. - Determinazione della temperatura di distorsione sotto carico (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 4283: Id. - Id. - Determinazione della temperatura di rammollimento sotto carico (grado Vicat).

UNI 4284: Id. - Id. - Determinazione del coefficiente di dilatazione lineare (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3642).

UNI 4285: Id. - Id. - Determinazione del ritiro lineare percentuale (sostituisce UNI 3638).

UNI 4286: Id. - Id. - Determinazione della resistenza alla combustione (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3639).

UNI 4287: Id. - Id. - Determinazione della infiammabilità (temperatura di decomposizione) (sostituisce UNI 3640).

UNI 4288: Id. - Id. - Determinazione della resistività superficiale e della resistività di volume (fascicolo di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3644).

UNI 4289: Id. - Id. - Determinazione della costante dielettrica relativa e del fattore di dissipazione (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3645).

UNI 4290: Id. - Id. - Determinazione della resistenza alle correnti striscianti superficiali (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 4291: Id. - Id. - Determinazione

della rigidità dielettrica (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3646).

UNI 4292: Id. - Id. - Determinazione dell'assorbimento di acqua (fascicolo unico di 2 tabelle) (sostituisce UNI 3643).

UNI 4293: Id. - Id. - Determinazione dell'assorbimento di acqua bollente (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 4294: Id. - Id. - Determinazione del peso specifico relativo dei materiali stampati (sostituisce UNI 3627).

UNI 4295: Prove sulle materie plastiche - Termoidurenti - Determinazione sulla resistenza delle materie plastiche all'azione degli agenti chimici (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 4296: Id. - Id. - Determinazione della percentuale di sostanze solubili in acetone contenute negli stampati fenolici (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 4297: Id. - Id. - Determinazione dei fenoli liberi negli stampati fenolici (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 4298: Id. - Id. - Determinazione dell'ammoniaca libera negli stampati fenolici - Metodo qualitativo.

UNI 4299: Id. - Id. - Determinazione dell'ammoniaca libera e dei composti ammoniacali negli stampati fenolici - Metodo quantitativo approssimato (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 4300: Id. - Id. - Determinazione del grado di indurimento di pezzi stampati con resine aminoplastiche.

CONGRESSI

Colloquio internazionale sulla fatica delle funi

Nei giorni 7-10 settembre 1961 si terrà in Torino un « Colloquio internazionale sulla fatica delle funi ».

L'iniziativa è presa di concerto tra gli Istituti di Scienza delle Costruzioni, Arte Mineraria, Costruzione di Macchine, Meccanica Applicata, Tecnica dei Trasporti del Politecnico di Torino. È stata inoltre interessata al Colloquio l'Organizzazione Internazionale Trasporti a Funne (OITAF).

I temi di discussione saranno, di massima, i seguenti:

1) Sintesi delle ricerche sulla fatica delle funi flessibili nei diversi Paesi.

2) Correlazione tra il comportamento in servizio delle funi e le prove di fatica in laboratorio; correlazione tra le prove di fatica, le prove classiche e le indagini magnetiche. Sintesi dei metodi di rilevamento delle rotture dei fili in esercizio ed in laboratorio.

3) Studio di un tipo di fatica unificata. Criteri di confronto tra i risultati ottenuti su diverse macchine.

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO