

# 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 fissate non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*

DA PAG. 365 A PAG. 392 SONO RACCOLTI GLI ATTI DEL 1° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ARIA COMPRESSA

## L'ARIA COMPRESSA

*VITTORIO ZIGNOLI, durante il I Congresso Nazionale dell'aria compressa, tenutosi a Torino nel Settembre 1961 ha svolto ad inquadramento dei lavori congressuali la Relazione Generale. Eccone il testo.*

La mia simpatia per l'aria compressa risale a tempi molto lontani, quando, ancora studente, tenente di complemento del Genio Minatori, ebbi l'incarico delle mine e contromine del Mrzli ed essendo rimasto sepolto sotto la mina dell'8 agosto (sul Montenero) ebbi la fortuna di poter uscire coi pochi scampati « a riveder le stelle » (perchè era di notte) seguendo un provvidenziale tubo di aria.

Succede sempre che si torna in vecchiaia ai primi amori: cosicché sono tornato, per il Monte Bianco, ad occuparmi di gallerie e di aria compressa. E devo proprio dire, per riferirmi alla comunicazione così interessante dell'Ing. Corinaldesi dell'Atlas, che l'aria compressa ha fatto al Monte Bianco, quando ha potuto, veramente miracoli, e più ne avrebbe fatti se noi avessimo avuto nel nostro Monte Bianco un granito così gentile come quello che hanno i nostri amici svedesi nelle loro gallerie. Purtroppo il nostro granito invece è piuttosto refrattario ai trattamenti anche all'aria compressa. E d'altronde, ed ormai credo che non sia ignoto a nessuno, che anche in questo campo gli italiani sono particolarmente sfavoriti, in quanto, mentre per esempio gli svizzeri avanzano magnificamente nella roccia del San Bernardo, noi non riusciamo a trovare altro che fango e acqua e, mentre i francesi vengono avanti gloriosamente nel Monte Bianco, noi troviamo milo-

niti, acqua e un sacco di guai che tutti conoscono.

Effettivamente abbiamo avuto in qualche periodo, quando la roccia lo permetteva, dagli impianti dell'Atlas dei risultati molto interessanti. Abbiamo potuto fare volate di più di 4 metri, (ci siamo avvicinati ai 5 metri), abbiamo potuto realizzare avanzamenti che si avvicinavano ai 10 metri al giorno. Naturalmente, se non li abbiamo potuti mantenere, la colpa non è dell'attrezzatura, non è dell'aria compressa, ma del terreno che non era certamente il più adatto.

Però devo dire anche questo: che ancora di più noi avremmo potuto avere dall'aria compressa, se, per esempio, le caricatrici del marino, invece di essere Diesel fossero dotate di motori ad aria compressa, perchè proprio in quel punto gli scarichi dei gas dei motori danno molta noia alla ventilazione. E ancora, se i ventilatori di fondo fossero mossi dall'aria compressa invece che dai Diesel, proprio nel punto in cui abbisogna l'aria pura avremmo avuto certamente un funzionamento molto migliore.

In galleria l'aria compressa è certamente una benedizione e io mi auguro che sia esteso il suo uso, non soltanto a quelle che sono ormai le macchine classiche: le perforatrici, i servosostegni, ecc., ma anche a tutti gli altri impianti di galleria perchè indubbiamente avere scarichi di aria è molto più conveniente che avere scarichi di gas.

Siamo tutti d'accordo che l'aria compressa ha delle applicazioni molto estese e qui in questa prima riunione non è stato possibile descriverle tutte. Io non sono in grado di precisare esattamente fino a che punto vi si trovi nel campo dell'aria compressa. In questo senso: che ho sentito parlare anche di aria che non era eccessivamente compressa e anch'io ho dovuto adoperare a volte dell'aria compressa e a volte dell'aria modestamente compressa. Mi riferisco ad esempio ad un altro problema straordinariamente interessante che è quello della ventilazione delle gallerie. Per questo servizio si usano dei ventilatori che funzionano a pressione abbastanza elevata perchè dovendo purificare l'aria in gallerie di decine di chilometri, è ovvio che sia necessario salire a pressioni elevate. In questa occasione, nella quale abbiamo avuto la fortuna di veder vincere, e bene vincere, la gara per il tronco italiano da una Ditta italiana, ci siamo accorti come manchi ancora in Italia una intesa tecnica in questo campo dell'aria più o meno compressa, perchè, mentre i francesi nei capitolati potevano fissare delle norme ufficiali in quel Paese, dovute alla confederazione dei costruttori di macchine di aria compressa, noi in Italia queste norme non le abbiamo. Mi auguro perciò che questa associazione, collegandosi magari con altre analoghe possano formulare delle norme di funzio-



namiento e collaudo che sono straordinariamente interessanti quando si devono fare o giudicare delle forniture, soprattutto in campo internazionale. Spiace infatti che l'Italia non abbia delle proprie norme bene studiate quando invece le troviamo nelle altre Nazioni. Mi auguro perciò che proprio questa riunione, sia pure nel campo più limitato della sola aria compressa, possa emanare delle norme da utilizzare in tutti i capitoli e negli appalti concorso.

Come ho detto la possibilità di utilizzazione dell'aria compressa è vastissima. Io mi limito solamente ad accennare, tra quelle che hanno un grandissimo avvenire, nel campo dei trasporti, il problema della frenatura. Tutta la frenatura dei grandi treni, dei veicoli veloci, e pesanti ecc. è basata sull'uso dell'aria compressa; su questo siamo perciò perfettamente d'accordo; ma c'è anche tutto il campo dei trasporti pneumatici, che ha ancora delle possibilità di ulteriore sviluppo, poi c'è quello della trazione in galleria e in miniera; poi ci sono tutte le applicazioni dei compressori per turbogetti e per turbine a gas: un settore anche questo di grande attualità. Voi sapete che le turbine a gas hanno un grande avvenire. Accenno anche al problema delle superfici limite per eliminare la turbolenza agli alti numeri di Mack, problema che oggi è in prima linea nell'aviazione internazionale e che è basato sull'uso di aria aspirata, e compressa. In questo caso andiamo verso pressioni elevate e quindi è questo un campo che può interessare loro. Finalmente abbiamo tutte le applicazioni per le officine. Qui si è discusso, di apparecchi di sollevamento come benne e paranchi, però io segnalo soprattutto le attrezzature per i montaggi semi-automatici e automatici che si presentano molto promettenti per l'aria compressa. Naturalmente queste apparecchiature sono agli inizi, ma se ne possono vedere alla Necchi,

alla Fiat e alla Olivetti. Molte delle attrezzature che funzionano in questi banchi di montaggio automatico nei quali si arriva a compiere anche tutta la parte finale del montaggio, cioè addirittura il rodaggio e il collaudo delle macchine in movimento, utilizzano l'aria compressa. È questo un campo nuovo ma estremamente interessante che, secondo me, avrà un grande avvenire.

E finalmente mi riferisco a quanto è stato detto qui con molta autorità. Si è parlato delle ricerche statistiche col metodo del campione eseguite proprio nel vostro campo. Io credo che il mio amico Prof. Tagliacarne sarà molto soddisfatto di questo loro tentativo di introdurre anche in questo campo la statistica, e auguro che questo studio sia ancor più sviluppato, perchè potrà indirizzare verso forme costruttive certamente redditizie.

L'Ing. Monge ci ha parlato dei comparatori pneumatici e tutti sanno come essi consentano di arrivare addirittura all'automatismo completo, a quello cioè che noi chiamiamo « automazione », cioè alla macchina che regola se stessa, che si sceglie l'utensile, che elimina l'utensile quando è guasto o quando è consumato, e monta l'utensile nuovo; arriviamo così veramente a quella controazione o controreazione che è l'essenza stessa dell'automatismo portato al limite più elevato. Fino a qualche tempo fa pensavamo che tutto questo potesse sempre avvenire, utilizzando l'aria compressa come misuratore, perchè il comparatore all'aria compressa ha questo grande vantaggio: che non tocca il pezzo e si presta quindi anche per oggetti molto delicati come ad esempio, i nastri sottilissimi di alluminio per i quali evidentemente non è assolutamente possibile adoperare i tastatori. Mentre però si pensava di adoperare il tastatore ad aria compressa, per i controlli si riteneva che fosse necessario per la parte logica di ado-

perare l'elettronica. Invece oggi siamo convinti che l'aria compressa può servire anche per tutte le operazioni di selezione dei dati e della loro utilizzazione. A questo si arriva con degli strumenti che sono meno costosi e forse anche di più facile manutenzione. Secondo me in questo campo, come del resto ha detto benissimo l'oratore, c'è un avvenire molto promettente, molto interessante per le macchine che si guideranno, e si orienteranno da sole.

L'Ing. Speranza ha illustrato soprattutto dei controlli automatici, mentre l'Ing. Monge ci ha parlato anche delle calcolatrici analogiche basate sull'aria compressa, che in questo momento sono indubbiamente all'ordine del giorno nel campo dell'automazione. L'Ing. Speranza avrebbe potuto certo parlarci anche dei controlli ultra-automatici, a quelli che già si utilizzano in alcuni banchi a trasferta, però ha accennato a varie applicazioni semplici che convenientemente integrate portano all'automatismo completo.

Finalmente l'Ing. Rossi ha trattato molto bene un argomento che può sembrare semplice, ma che è invece di grande importanza negli impianti industriali: quello della depurazione e del trattamento dell'aria compressa. Quando l'aria compressa diventa un elemento fondamentale dell'industria perchè molte parti della produzione — e soprattutto del montaggio — sono basate sull'uso di macchine ad aria compressa, evidentemente il funzionamento regolare di esse è fondamentale. Anche questa questione è stata trattata molto bene e, secondo me tale trattazione è stata utilissima perchè ci ha proposto dei problemi che devono essere approfonditi.

Con questo io ho cercato di riassumere quanto è stato esposto nel corso del Convegno e chiudo augurando che queste riunioni, che ritengo molto utili, possano avere un seguito sempre più fortunato.

Vittorio Zignoli

# Metodi di scavo in roccia 1961

NICOLA CORINALDESI illustra il progresso dei metodi di scavo in roccia e si sofferma su tre nuovi metodi moderni, che nel loro insieme rappresentano un notevole e recentissimo apporto alla tecnica dello scavo: metodo O.D.; perforazione su slitta; Coromant Cut.

Le Industrie che si dedicano alla fabbricazione di macchine ad aria compressa hanno, sia pure in varia misura, dato il loro contributo al progresso delle varie attrezzature necessarie per lo scavo in roccia. Si tratta di un progresso naturale e costante. Le perforatrici di oggi sono senz'altro superiori a quelle di ieri.

In questa relazione, tuttavia, più che il progresso nelle macchine, vogliamo illustrare il progresso nei metodi di lavoro.

Ci soffermeremo in particolare su tre nuovi metodi che nel loro insieme rappresentano un notevole e recentissimo apporto alla tecnica dello scavo.

Ciascun metodo, sarà descritto sinteticamente dapprima, illustrato con una proiezione subito dopo.

Tali nuovi metodi sono:

- A) Metodo O. D.;
- B) Perforazione su slitta;
- C) Coromant Cut.

A) Metodo O. D.

Come è noto il metodo normalmente seguito quando ci si trovi di fronte a terreni di copertura e si debba perforare nello strato roccioso sottostante è il seguente:

1<sup>a</sup> fase - Si asporta anzitutto il materiale di copertura, mettendo a nudo il letto roccioso.

2<sup>a</sup> fase - Si procede alla perforazione, al caricamento ed al brillamento dei fori da mina.

Indipendentemente dall'entità del lavoro, dalla consistenza e spessore degli strati, è chiaro che l'adozione del metodo tradiziona-

le, come tutti sanno, richiede operazioni lunghe e complesse data l'interdipendenza delle due fasi di lavoro e di conseguenza offre scarse possibilità di meccanizzazione su basi economiche.

Il metodo O. D. — che deriva dall'espressione inglese *overburden drilling*, cioè « perforazione attraverso terreni di copertura » — è la tecnica nuovissima con la quale il lavoro viene compiuto in un'unica fase in quanto con esso si può perforare attraverso terreni di copertura, trovanti, acqua, morena raggiungendo il sottofondo roccioso fino alla profondità desiderata.

Tutto questo con maggior velocità e molto più economicamente di quanto non sia possibile con tutti gli altri metodi usati fino ad oggi.

Il metodo O. D. è stato ideato dalla più grande impresa scandinava, la Società Skanska Cementgjuteriet, in collaborazione con l'Atlas Copco e le Acciaierie di Sandviken ed è stato impiegato nello scavo del canale di Lindö sulla costa svedese del Baltico.

Il metodo O. D. consiste nel praticare la perforazione fino alla roccia sottostante, senza previa rimozione del terreno di copertura mantenendo un collegamento aperto tra la superficie e gli strati sottostanti di terreno e roccia. In tal modo si può effettuare il caricamento dei fori da mina e, dopo il brillamento, sgombrare insieme il materiale terroso e quello roccioso.

Per ottenere ciò, fino a che non si raggiunge la roccia di letto, si eseguono simultaneamente due fori, uno concentrico all'altro,

con una speciale apparecchiatura che verrà più avanti descritta.

Il foro esterno, nel quale successivamente sarà inserito un tubo di plastica rappresenta un corridoio libero tra la superficie e la roccia sottostante. Esso viene eseguito da una batteria di tubi perforanti speciali collegati con manicotti di giunzione fino ad ottenere la lunghezza necessaria.

Il foro interno invece, rappresenta il vero e proprio foro da mina e viene eseguito con una batteria di aste prolungabili da 1.1/4" munita di tagliente a croce, la quale passa all'interno dei tubi perforanti.

L'attrezzatura necessaria per l'impiego del metodo O.D. è la seguente:

a) Una perforatrice, fornita di potente rotazione indipendente e montata su braccio di avanzamento a catena simile a quello dei wagon-drills.

Tale perforatrice può essere il tipo BBE 41 (del peso di 180 kg) o BBE 51 (del peso di 202 kg) di maggiore potenza, ambedue di produzione Atlas Copco.

La rotazione indipendente viene fornita da un motore ad aria compressa, del tipo a pistoni, il quale trasmette, tramite un riduttore ed una catena, un potente momento torcente all'impugnatura speciale.

b) Una speciale serie di tubi perforanti Sandvik Coromant, in lega speciale di acciaio, laminati a freddo aventi diametro esterno di 71 mm.

All'estremità del primo tubo che scende nel foro viene applicata una testa a corona con tagliente in carburo di tungsteno, il



suo diametro esterno è di 88 o 92 mm.

All'interno di questi tubi perforanti passa come ho detto una batteria di aste prolungabili da 1.1/4" munita di tagliente a croce da 51 mm di diametro, il quale durante la perforazione sporge leggermente (25 mm) oltre la testa a corona, fungendo da guida a questa.

Il tubo perforante e le aste interne vengono azionate dalla perforatrice la quale ripartisce sia il momento torcente che la forza percussiva, mediante una impugnatura speciale su entrambi i componenti del complesso perforante che avanzano contemporaneamente, in presenza di un abbondante flusso d'acqua sotto pressione (12 atm), attraverso il terreno di copertura.

Quando la testa a corona del tubo esterno ha raggiunto lo strato roccioso sottostante, il tubo viene disinserito dall'impugnatura e la perforazione viene proseguita con la sola batteria di aste, fino a raggiungere la profondità desiderata. Arrivati a questo punto si ritira la batteria di aste interna, lasciando, a protezione del foro, il tubo che viene recuperato, dopo aver introdotto nel suo interno e fino a raggiungere la roccia, un secondo tubo di plastica il quale crea un collegamento aperto tra la superficie ed il fondo del foro.

Successivamente attraverso questo, potrà essere introdotto l'esplosivo per il brillamento.

I primi risultati ottenuti con tale apparecchiatura furono così soddisfacenti e tale si dimostrò la versatilità del nuovo metodo, che negli ultimi due anni, in Svezia, esso è stato adottato con successo in molti lavori di scavo offrendo sempre nuove applicazioni con ottimo esito sia dal punto di vista tecnico, che da quello economico.

L'impiego che ha incoraggiato i tecnici scandinavi ad estendere l'applicazione di questo metodo

è stato lo scavo del canale di Lindö.

Per l'esecuzione di tale canale, che avrà una lunghezza di circa 6 km, una larghezza di circa 50 metri ed una profondità di 10 metri, e che, a lavoro terminato avrà richiesto uno sbancamento complessivo di 4 milioni di mc di argilla, sabbia, pietrisco e morena più 200.000 mc di roccia, i tecnici si trovarono di fronte ad un arduo problema: per parecchie sezioni del tracciato, infatti il sottofondo roccioso è ricoperto da uno strato di argilla e terra di spessore variabile dai 12 ai 4 m.

Le indagini geologiche avevano inoltre rivelato che l'argilla impregnata d'acqua era talmente instabile da rendere antieconomico e molto difficile lo scavo con i metodi tradizionali, consistenti nella asportazione preventiva degli strati soprastanti fino alla roccia di base, quest'ultimo da minare successivamente.

#### Campi di applicazione.

Il metodo O. D. può venire impiegato per:

— Perforazione e brillamento del sottofondo roccioso, senza previo sbancamento;

— Perforazione subacquea;

— Scavo di trincee;

e con alcune varianti secondarie:

— Iniezioni di cemento;

— Ancoraggi;

— Prospezioni minerarie e ricerche geologiche;

— Esplorazioni del sottosuolo;

— Ricerche di falde freatiche ed esecuzione dei pozzi fino a ragionevoli profondità.

Concludendo riteniamo che il metodo di perforazione attraverso terreni di copertura sarà di grande giovamento ad Ingegneri civili, Ingegneri minerari e Geologi di tutto il mondo per l'indagine e la perforazione degli strati del terreno e della roccia sottostante.

Questa nuova tecnica consentirà di effettuare questa operazione molto più rapidamente ed economicamente di quanto sia stato possibile fino ad oggi.

#### B) Perforazione su slitta.

Dieci anni fa, utilizzando perforatrici leggere con servosostegno, collocate su carro-ponte, veniva diffuso dall'Atlas Copco « il metodo svedese di perforazione per lo scavo di gallerie a piena sezione » in base alla formula « un uomo-una macchina ».

La carenza di manodopera specializzata che comincia a farsi sentire anche presso i nostri cantieri ed in modo particolare all'estero ha creato il problema di ottenere una maggiore produttività con questa attrezzatura leggera.

Per raggiungere il traguardo della maggiore produttività impiegando le perforatrici leggere occorre:

1) *Migliorare la densità di carica nei fori*, o mediante un migliore intasamento, o aumentando il diametro dei fori stessi.

*Per la prima soluzione* si studiò il caricatore ad aria compressa che permette di ottenere nei fori di piccolo diametro, praticati dalle perforatrici leggere ( $\varnothing$  da 25 a 34 mm), densità di carica molto prossima a quelle ottenute nei fori di maggior diametro (oltre 45 mm) praticati con le perforatrici pesanti.

*Per la seconda soluzione*, aumento del diametro dei fori, si opponeva l'inevitabile appesantimento della perforatrice con l'uso di aste più pesanti e quindi, in definitiva, una maggiore onerosità della macchina nei confronti dell'elemento « uomo ».

2) *Realizzare un sistema di perforazione semplice* e tale da poter essere governato da pochi uomini in modo che, ad esempio un uomo fosse in grado di sorve-

gliare due macchine simultaneamente e ciò soprattutto per adeguare il numero dei componenti le squadre di perforazione a quello delle squadre che eseguono le altre fasi componenti l'intero ciclo di scavo.

Come tutti sanno infatti il ciclo di scavo di una galleria in roccia sana è composto dalle seguenti fasi:

— Perforazione;

— Carica e brillamento delle mine;

— Sgombro della roccia abbattuta (smarinaggio);

— Eventuale disgaggio.

La perforazione occupa in genere dal 20 al 25% dell'intero ciclo e per tale operazione in una galleria, avente 85 mq come quella del Monte Bianco, occorrono 20-25 perforatrici ed almeno altrettanti uomini.

Per il restante 75-80 % del ciclo (carica - brillamento - sgombro - disgaggio) bastano solo 8-10 uomini, necessari per manovrare le pale caricatrici e per guidare i Dumpers impiegati per il trasporto.

3) *Rendere più precisa l'esecuzione dei fori da mina* cercando di avvicinare il più possibile la disposizione reale dei fori a quella teorica prevista sullo schema di volata, specie per quanto riguarda la volata con « cuore a V », per realizzare i risultati prestabiliti.

Quando l'Ente Statale per l'Energia Svedese decise la costruzione dell'impianto idroelettrico di Stalon fece eseguire da una squadra di ben addestrati perforatori un'intera volata-modello, ad un controllo rigoroso dell'andamento reale dei fori si riscontrarono scartamenti di 15-20 cm al fondo dei fori rispetto alla posizione prevista; uno scartamento cioè che può pregiudicare l'effetto della volata.

La ricerca si orientò allora verso una soluzione che mantenesse l'impiego delle perforatrici leggere su servosostegno ma realizzasse le già sopracitate esigenze e cioè:

— aumento del diametro dei fori;

— riduzione del personale adetto alla perforazione;

— maggiore precisione dell'andamento dei fori.

Il risultato fu il metodo di perforazione su slitta.

#### Descrizione del metodo svedese di perforazione su slitta.

Questo nuovo metodo è fondato sull'impiego di perforatrici con servosostegno reversibile utilizzate in condizioni di spinta ideali: perforatrice e servosostegno operanti in asse. Tale condizione è ottenuta stendendo perforatrice e servosostegno su una slitta d'acciaio — simile ad una scala a pioli — che guida la perforatrice, montata su un cursore, ed offre al piede del servosostegno una serie d'ancoraggi.

La slitta, appoggiata o vincolata a barre retrattili ed orientabili, installate o no su un carro ponte, permette angolazioni varie e rigorosamente precise, utilizzabili per eseguire qualsiasi tipo di volata.

Il metodo è applicabile praticamente a tutte le sezioni di scavo. Una volta piazzate le slitte, un uomo può sorvegliare comodamente la marcia di due perforatrici: la produzione per uomo turno risulta quindi praticamente raddoppiata.

La perforazione su slitta inoltre, permette l'impiego di aste prolungabili e pertanto è possibile l'esecuzione di volate più lunghe.

Infine l'impiego delle normali perforatrici su servosostegno e di slitte di facile costruzione, fa sì che l'adozione del metodo su slitta o la conversione ad esso da un

altro sistema non necessitano di forti investimenti di capitali.

In sintesi i pregi del nuovo metodo sono:

1) *Maggior velocità di sfondo*, derivante dalla totale utilizzazione della spinta del servosostegno sulla perforatrice disposta in linea.

2) *Più elevata produzione per uomo ora*, dato che un solo uomo può governare almeno due perforatrici.

3) *Sforzo ridotto dell'operatore* che non deve sostenere e maneggiare la macchina.

4) *Impiego di fioretti più lunghi e di maggior diametro*: ciò significa risparmio di tempo per il cambio dei fioretti e maggiore concentrazione d'esplosivo nei fori da mina.

5) *L'intesto dei fori è facilitato e l'angolazione degli stessi*, specie per le mine di cuore, è più rigorosa ed esatta.

6) *Estrema elasticità in quanto le perforatrici possono, in pochi secondi, essere sollevate dalle slitte ed usate come normali macchine su servosostegno.*

In definitiva quindi il nuovo metodo accoppia i pregi del sistema europeo di perforazione « leggera » « un uomo-una macchina » a quello americano pesante « impiego di molte macchine pesanti e pochi uomini » conservando l'elasticità e la semplicità del primo e l'elevata produzione per uomo del secondo, questa ottenuta però con minor dispendio di energia e con un sensibile minor impegno di capitali.

Il metodo sembra particolarmente adatto per le rocce italiane, dalla natura quanto mai variabile, le quali spesso richiedono variazioni nel sistema di perforazione, modificando lo schema della volata e riducendo la sezione di scavo.

La prima applicazione in Italia di questo metodo è stata fatta al Traforo del Monte Bianco dove le



avverse condizioni della roccia hanno impedito fino ad ora un impiego continuo. L'impresa appaltatrice dei lavori ha dovuto modificare continuamente la sezione ed il metodo di scavo, ciò nonostante ha potuto sempre utilizzare le stesse perforatrici che sono state impiegate sia su slitta, sia su servosostegno normale.

Interessanti applicazioni sono attualmente allo studio od in fase di sperimentazione in Svezia, ad esempio l'impiego delle slitte per l'esecuzione di volate in gallerie di piccola sezione (9 mq) che hanno dato fino ad ora risultati molto soddisfacenti.

### C) Coromant Cut.

Con Coromant Cut (« cut » in inglese corrisponde a « renura » o « cuore ») s'intende un nuovo metodo per la perforazione in gallerie di sezione ridotta (fino a 15 mq) impiegando comuni perforatrici su servosostegno, al fine di ottenere un maggior sfondo per volata rispetto ai sistemi tradizionali.

La necessità di un nuovo tipo di « cuore », che permettesse un maggior avanzamento per volata, era sentita da tempo, specie dopo aver compiuto studi sui cicli di lavoro i quali avevano chiaramente indicato che maggiori sfondi per volata consentivano di utilizzare con maggior rendimento ed economia la capacità e le potenzialità dei moderni mezzi di carico.

Ma in gallerie e cunicoli di piccola sezione, diciamo fino a 10 mq, era difficile ottenere degli sfondi notevoli per volata. I tipi di « cuore » a « V » od a fori paralleli (Burn Cut) con le loro varianti, consentivano raramente, in piccole sezioni, uno sfondo di oltre due metri.

Tuttavia dopo numerose prove effettuate dalla Sandvik Steel Works Company nella miniera di Bodäs, con un tipo speciale di

« cuore » a fori paralleli, il « Coromant Cut », si sono ottenuti anche in gallerie di 10 mq sfondi per volata di quasi 4 metri e ciò senza l'impiego di una attrezzatura con perforatrici piazzate su slitte di avanzamento, ma con semplici perforatrici su servosostegno.

Contrariamente ai sistemi conosciuti come il Michigan Cut ed il Burn Cut i quali prevedono l'esecuzione di un foro centrale non caricato, di 80-127 mm per la perforazione del quale sono necessari potenti perforatrici, taglienti ed aste di grosso diametro e quindi una apparecchiatura costosa ed antieconomica per l'esecuzione di un solo foro per volata, il Coromant Cut si basa sull'esecuzione di due fori aventi diametro 57 mm e concatenati in modo di ottenere al centro del « cuore » una cavità « oblunga » non caricata, avente un volume pari a quello ottenuto con un foro di 81 mm. di diametro ma di forma più idonea per il buon esito della volata.

Sia i due fori centrali che i fori periferici di minor diametro vengono eseguiti con la medesima perforatrice montata su servosostegno e con l'impiego dei normali fioretti da 7/8".

Poichè il buon risultato della volata dipende in massima parte anche dalla precisione con cui sono eseguiti i fori da mina, è stata costruita una sagoma speciale, leggera e maneggevole, la quale oltre a migliorare la precisione della perforazione, evita le deviazioni all'interno, assicurando il parallelismo dei fori.

Penso sia inutile soffermarmi nella descrizione dell'attrezzatura che lor Signori potranno meglio comprendere dalla visione del film.

Mi limiterò a ricordare in sintesi, i vantaggi offerti dal nuovo metodo, i quali sono:

— possibilità di maggior sfon-

do per volata nelle gallerie di piccola sezione.

— una più alta media di avanzamento per volata.

— maggiore uniformità della frantumazione, la quale permette di aumentare i rendimenti dei mezzi di carico.

— uno schema di perforazione semplice che può venire impiegato per volate di varia lunghezza e per vari tipi di roccia, senza alcuna variazione, ciò permette di stabilire in base al ciclo del lavoro, la lunghezza più conveniente della volata, in modo che tutto il tempo a disposizione di un turno possa effettivamente essere utilizzato.

— con l'aiuto della sagoma di perforazione, anche un operaio non specializzato può ottenere risultati soddisfacenti.

— il risultato dell'esplosione verso una frattura oblunga, quale quella ottenuta dai due fori concatenati, è molto superiore e più certo di quello ottenuto con un foro centrale circolare di medesima sezione.

La dimostrazione di questo asserito, in base ad una semplice relazione geometrica, è assai facile, ma richiederebbe di sottrarre altro tempo alla loro cortese attenzione, pertanto termino rimanendo a loro disposizione per qualsiasi chiarimento o per fornire ulteriori dettagli sulle attrezzature e su i metodi fin qui descritti.

\*\*\*

Questi nuovi metodi sono stati messi a punto in Svezia, un paese che è all'avanguardia in questo campo, e sono il frutto della stretta collaborazione fra l'Atlas Copco, un'industria specializzata nella produzione di macchine ad aria compressa per lo scavo, ed alcune imprese di costruzione di reputazione internazionale.

Nicola Corinaldesi

# La comparazione pneumatica ed i comparatori pneumatici di tipo manuale

MICHELE MONGE, dopo aver ricordato i principi della comparazione pneumatica e il funzionamento schematico dei calibri pneumatici, illustra i diversi tipi di comparatori pneumatici RIV.

## 1) Principi della comparazione pneumatica.

La comparazione pneumatica, come indica il nome stesso, è un sistema per misurare dimensioni mediante l'impiego di aria. L'elemento fondamentale, caratteristico del sistema è l'efflusso di un getto di aria compressa da una strozzatura (normalmente, anche se impropriamente, denominata ugello) inserita come sezione terminale di una tubatura affacciata a distanza ravvicinata alla superficie del pezzo da misurare.

Una variazione di dimensione del pezzo determina una variazione dell'ulteriore azione di strozzamento prodotta sull'ugello, ed in conseguenza promuove una variazione della portata nella tubazione e della pressione a monte dell'ugello stesso (fig. 1).

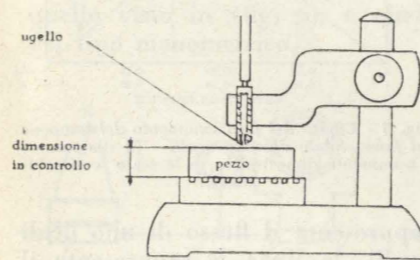


Fig. 1.

Questo effetto può venire misurato mediante vari sistemi pneumatici. Gli apparecchi che ne risultano sono evidentemente dei comparatori, ossia servono per controllare una dimensione di un pezzo rispetto ad un altro della medesima serie, previa taratura con un campione calibrato (referenza).

I calibri pneumatici hanno numerose caratteristiche distintive. Anzitutto effettuano la misura di una dimensione senza toccare la superficie. In tali condizioni di lavoro è lecito prevedere una lunga durata dell'elemento calibratore; sarà inoltre possibile procedere alla misura di pezzi con superfici

dedicate o lavorate con alto grado di finitura.

Una seconda importante caratteristica è la tendenza del getto d'aria a pulire la superficie del pezzo nel punto di misura, ciò che permette di effettuare misure di alta precisione anche su pezzi coperti di olio, refrigerante, sporizia o particelle abrasive.

La semplicità costruttiva del calibro pneumatico lo distingue da ogni altro meccanismo atto a fornire un'indicazione continua di una dimensione. Gli elementi calibratori pneumatici sono privi di parti meccaniche in movimento soggette ad usura, a rottura, a sregolazione.

La compattezza rende pure possibile la realizzazione di calibri atti al controllo di dimensioni pressochè inaccessibili, come, ad esempio, il diametro interno di fori piccoli e profondi.

Si aggiunga a ciò la possibilità di una pratica realizzazione di elementi calibratori in un sol pezzo capaci di diverse, simultanee misure, come ad esempio la misura del diametro interno, della conicità, della quadratura rispetto ad una faccia di una bussola.

In confronto ai semplici calibri passa e non passa (sottoposti oltretutto a rapida usura) si ha il vantaggio di ottenere un controllo continuo della dimensione effettiva. In questo modo l'operatore è in grado di agire sulla registrazione della macchina utensile sì da evitare gli scarti e mantenere la distribuzione media delle dimensioni nella banda centrale del campo di tolleranza, condizione questa importantissima per i pezzi destinati all'accoppiamento.

I calibri pneumatici rendono inoltre facilmente eseguibile il controllo delle irregolarità di lavorazione, come l'errore di conicità e l'errore di ovalità di un foro.

## 2) Calibri ad ugello singolo.

Allo scopo di comprendere il funzionamento di un calibro pneumatico, si esamini più da vicino il fenomeno fisico dell'efflusso dell'aria compressa da un ugello.

In base a semplici considerazioni matematiche si può dedurre che la legge teorica di dipendenza tra la portata di un ugello e la distanza che lo separa dalla superficie del pezzo è lineare, essendo lineare la relazione tra le portate e le sezioni, e lineare la dipendenza della sezione anulare di efflusso dell'aria dalla distanza stessa (fig. 2).

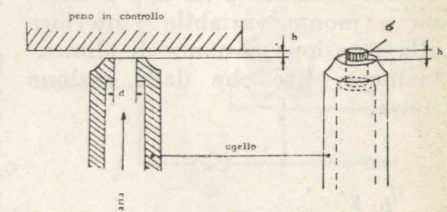


Fig. 2.

Si osservi che la max distanza della superficie del pezzo dall'ugello è ben definita dalla condizione limite che la superficie  $\delta$  del cilindro di altezza uguale al gioco  $h$  e diametro eguale al diametro dell'ugello  $d$  abbia la medesima area del foro dell'ugello stesso. È evidente che, allontanando ulteriormente il pezzo, la portata non subisce più variazioni, ma risulta unicamente determinata dall'area dell'ugello e la misura diventa impossibile. Traducendo questa condizione in termini matematici, si può scrivere:

$$h \cdot \pi \cdot d \leq \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$h$  = gioco  
 $d$  = diametro ugello  
ossia:

$$h \leq d/4$$

In pratica però la portata non varia con legge lineare al variare del gioco.

Infatti nel diagramma di (figura 3), che è stato determinato



alimentando l'ugello con aria a pressione costante, la linea tratteggiata rappresenta la legge teorica di variazione della portata in funzione del gioco, ottenuta supponendo la portata dipendente solo dalla sezione di efflusso. Quando il gioco supera il valore  $d/4$ , il flusso teorico rimane costante. In effetti, considerando la linea continua, che è stata ottenuta sperimentalmente, si osserva che per  $h=d/4$  non si raggiunge ancora il valore di portata corrispondente all'efflusso dall'ugello libero: la curva tende asintoticamente a tale valore.

Tale comportamento si spiega considerando che in effetti il sistema ugello-superficie del pezzo in misura equivale a due strozzature poste in serie.

Nella prima strozzatura (ugello) si produce una caduta di pressione proporzionale alla portata: l'efflusso dalla seconda strozzatura (sezione anulare di efflusso) risulta quindi comandato da una pressione a monte variabile (inferiore alla pressione costante di alimentazione) oltre che dalla sezione stessa.

zione tra gioco e flusso si mantiene essenzialmente lineare.

### 3) Calibri ad ugelli multipli.

Finora abbiamo descritto le caratteristiche dei calibri ad un solo ugello. Mediante tali calibri la misura viene effettuata appoggiando il pezzo ad una superficie di riscontro.

In alcune applicazioni tale disposizione è vantaggiosa, in altre porta qualche inconveniente. Infatti sia la superficie del pezzo che quella di riscontro debbono essere pulite ed il pezzo deve essere posizionato accuratamente, cosa possibile a seconda della forma del pezzo stesso.

In alcuni casi è più vantaggioso ricorrere a calibri ad ugelli multipli. Si consideri ad esempio la misura del diametro interno di un foro cilindrico mediante un calibro pneumatico a tampone provvisto di due ugelli diametralmente opposti (fig. 4).

In questo caso la misura del gioco combinato sui due ugelli fornisce una misura diretta del diametro del foro.

È evidente che la misura è ora

Disponendo però gli ugelli arretrati rispetto alla superficie del calibro e limitando le variazioni del valore del gioco in un intervallo molto piccolo, il posizionamento

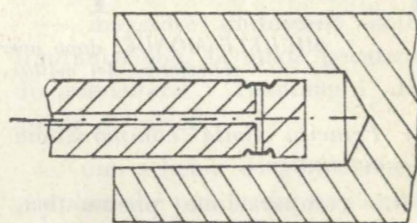


Fig. 4 - Calibro a due ugelli.

del calibro rispetto al pezzo risulta senza sensibile influenza sul flusso e comunque non altera in alcun modo la precisione e la ripetibilità della misura. Questa compensazione è illustrata nel diagramma di (fig. 5). La linea A

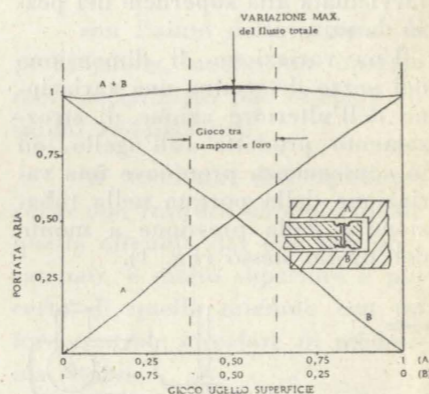


Fig. 5 - Effetto del posizionamento del tampone sul flusso totale dai due ugelli - (il diagramma è puramente dimostrativo, e le scale sono arbitrarie).

rappresenta il flusso di uno degli ugelli, la linea B rappresenta il flusso dell'altra, la linea A+B rappresenta il flusso totale. Poiché il movimento trasversale del tampone nel foro è limitato al poco gioco tra di essi, la parte del diagramma utilizzata è quella compresa tra le due linee tratteggiate. In questa regione la portata totale si mantiene pressoché costante.

Abbiamo finora analizzato il funzionamento dei calibri pneumatici, ed abbiamo indicato come le variazioni di una dimensione si traducano in variazioni di portata dell'aria che percorre il circuito. Esaminiamo ora i vari sistemi che permettono di misurare questa variazione di portata e quindi di risalire alla misura delle dimensioni del pezzo in controllo.

### 4) Comparatori pneumatici di tipo manuale.

Un primo, semplicissimo schema di comparatore pneumatico, in cui lo strumento indicatore è costituito da un misuratore di portata a galleggiante è quello riportato in fig. 6.

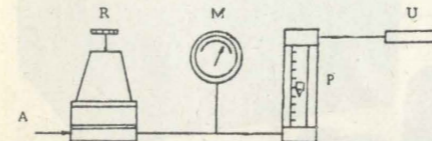


Fig. 6 - A = alimentazione, R = reg. di pressione, M = manometro di spia, P = flussometro, U = ugello.

La sensibilità di questo sistema può essere variata per scopi di misurazione mediante cambiamento della pressione del regolatore, o mediante derivazione di una parte della portata ai capi del flussometro, o lasciando sfuggire aria nell'atmosfera a monte dello strumento indicatore mediante una valvola.

Sostituendo il flussometro a galleggiante con un venturimetro (fig. 7), otteniamo un sistema promiscuo, che sta tra i comparatori del tipo « flussometrico » quale quello visto in (fig. 6), e quelli del tipo manometrico.

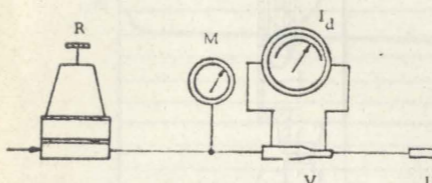


Fig. 7 - M = manometro spia, V = tubo di Venturi, Id = indicatore manometrico differenziale, U = ugello.

L'indicatore  $I_d$  della (fig. 7) dà un'indicazione, in termini di pressione differenziale, della portata dell'ugello, e quindi della distanza  $h$  di (fig. 2).

Osservando poi come il tubo di Venturi possa essere sostituito con una semplice strozzatura e come il lato dell'indicatore differenziale  $I_d$ , che risente della pressione a monte del venturimetro, non faccia che ripetere la misurazione che è già stata effettuata dal manometro M, e tenendo presente che quest'ultimo misura la pressione di alimentazione del Venturi per riferimento alla pressione atmosferica, risulta evidente come

si possa sostituire l'indicatore  $I_d$  con un semplice manometro non differenziale, capace anch'esso di misurare la pressione a valle del Venturi per confronto con la pressione atmosferica.

Ne deriva una semplificazione notevole del circuito, specie per quanto riguarda gli strumenti indicatori, come si può vedere dalla (fig. 8). Se infine la strozzatura si rende regolabile, il comparatore dispone di un semplicissimo mezzo di regolazione della taratura.

Molti altri circuiti sono stati realizzati nel tentativo di miglio-

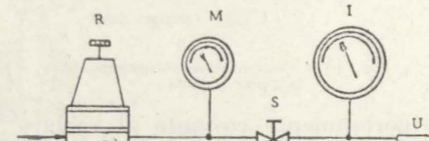


Fig. 8 - M = manometro spia, S = strozzatura regolabile, I = indicatore manometrico non differenziale, U = ugello.

rare alcuni aspetti del problema, o per superare ostacoli di brevetto. Alcuni di essi sono riportati nelle figure che seguono.

Il sistema illustrato in (fig. 9) differisce dal sistema basilare di (fig. 8) solo in quanto la strozzatura regolabile S in (fig. 8) è stata sostituita da un regolatore automatico di portata, capace cioè di mantenere un flusso di aria costante nel circuito entro tutto il campo di misurazione. Tale sistema permette una maggiore amplificazione della misura: infatti, quando per esempio la portata tende a ridursi a causa di una diminuita distanza tra ugello e pezzo in controllo, essa viene automaticamente sostenuta dal controllore di flusso, che virtualmente viene ad aumentare (in misura maggiore di quanto si avrebbe con il circuito semplice di fig. 8) la pressione a monte dell'ugello, con il conse-

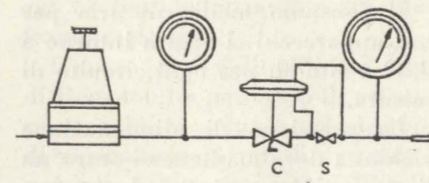


Fig. 9 - S = strozzatura fissa, C = controllore di portata.

guente incremento dell'angolo di spostamento dell'indice del manometro indicatore.

In (fig. 10) è rappresentato il

circuito cosiddetto a « ponte pneumatico »: la parte inferiore di questo circuito è praticamente eguale a quello di (fig. 8), ed in realtà si comporta esattamente allo stesso modo.

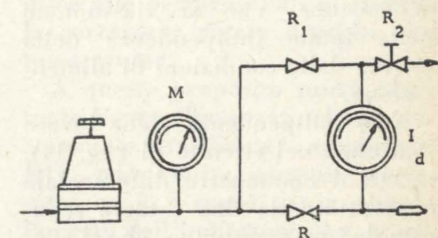


Fig. 10 - R = strozzatura fissa, R1 R2 = strozzatura di compensazione, Id = manometro differenziale.

Il manometro indicatore  $I_d$ , di tipo differenziale, misura la pressione tra la strozzatura R e l'ugello misuratore come in (fig. 8) ma, invece di misurare questa pressio-

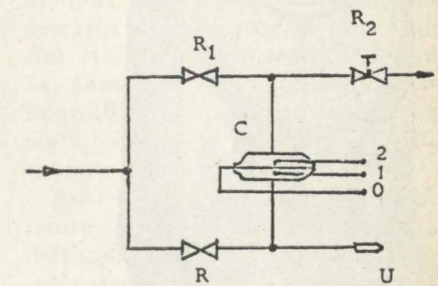


Fig. 11 - 0, 1, 2 = contatti elettrici.

ne per rapporto alla pressione atmosferica, si serve della pressione sviluppata in un condotto derivato munito di altre due strozzature, che costituiscono un semplice cir-

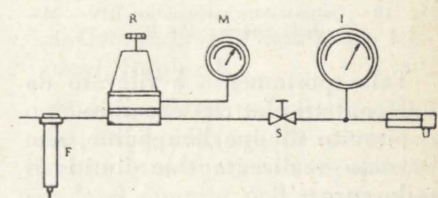


Fig. 12 - F = filtro RIV, R = regolatore di pressione, M = manometro spia, S = strozzatura, I = indicatore manometrico, U = ugello.

cuito divisore di pressione, rendendo la misura indipendente da piccole variazioni della pressione di alimentazione.

A causa della sua similitudine con il ben noto ponte elettrico di Wheatstone, questo circuito viene talvolta indicato come « falso ponte di Wheatstone »; falso perché, pur avendo un circuito equilibrato, dovendo esserci nel ramo infe-

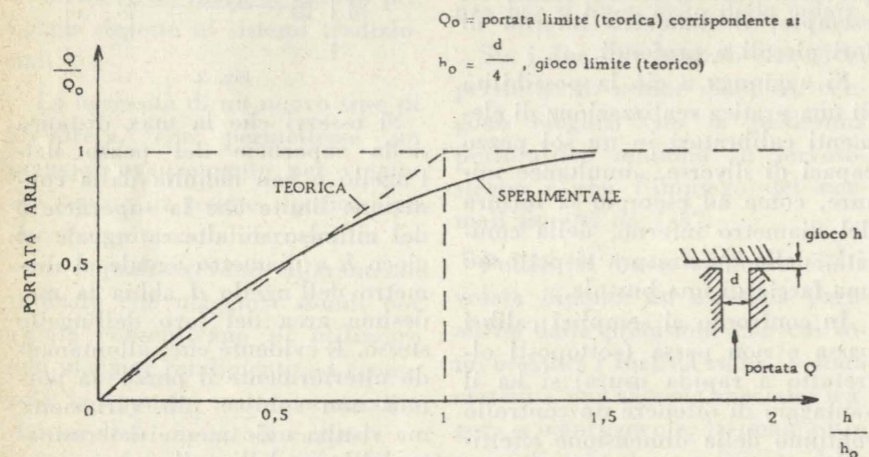


Fig. 3 - Gioco ugello superficie.

Nel campo in cui il gioco è dell'ordine di pochi millesimi di millimetro interviene un altro fenomeno fisico a delimitare maggiormente la portata: l'attrito fluidodinamico che si sviluppa nel sottile straterello d'aria tra la superficie dell'ugello e quella del pezzo.

In pratica questo difetto di linearità non rappresenta un problema, purché si mantenga il gioco abbastanza piccolo rispetto a  $d/4$ . In queste condizioni la rela-

indipendente dal posizionamento del calibro rispetto al pezzo: infatti, qualora il pezzo si trovi più vicino ad uno degli ugelli, l'efflusso dell'aria da questo viene maggiormente impedito, ma aumenta la portata nell'ugello opposto. Naturalmente gli ugelli devono avere il medesimo diametro.

Questo effetto di compensazione non è perfetto per il fatto che la relazione tra gioco e flusso non è lineare, come è stato detto sopra.



riore del manometro  $I_d$  una pressione superiore a quella del ramo superiore, non funziona esattamente sul principio dell'equilibrio a zero: per tale motivo non può beneficiare completamente dei noti vantaggi del vero ponte di Wheatstone, che si riassumono nella totale indipendenza della misura dalle condizioni di alimentazione.

Tale indipendenza viene invece realizzata nel circuito di (fig. 11), in cui il manometro differenziale è sostituito da due camere separate da una membrana, che si sposta in seguito alle variazioni di pressione che avvengono in uno dei due rami.

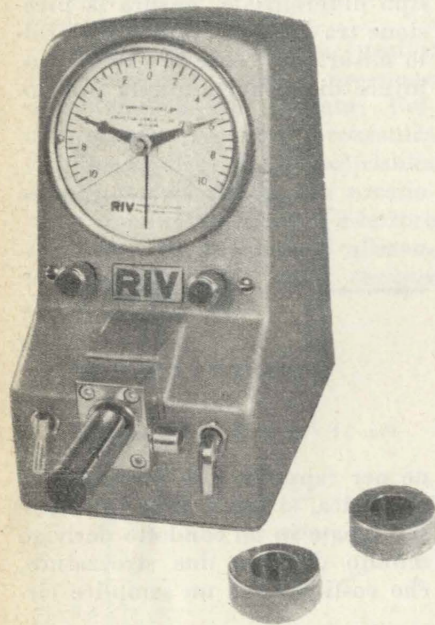


Fig. 13 - Comparatore pneumatico RIV - Modello Simplex 156 R.

Tale spostamento è rilevato da due contatti elettrici che chiudono il circuito di due lampadine, che possono realizzare due limiti di tolleranza.

È anche possibile avere delle indicazioni intermedie ai limiti di tolleranza, misurando con un comparatore meccanico lo spostamento della membrana.

Tornando al più pratico dei circuiti finora esaminati (fig. 8), intendendo per « pratico » un sistema che unisca alla grande semplicità anche alcune ulteriori possibilità di sviluppo, specie nel campo dell'automazione, notiamo come in esso tutto sia convenzionale tranne il regolatore di pressione

che, per poter garantire un'assoluta costanza di taratura, e quindi una garantita ripetibilità delle misurazioni non può essere un comune riduttore di pressione, anche dei più accurati. Infatti nessun riduttore commerciale permette di ottenere una pressione di uscita

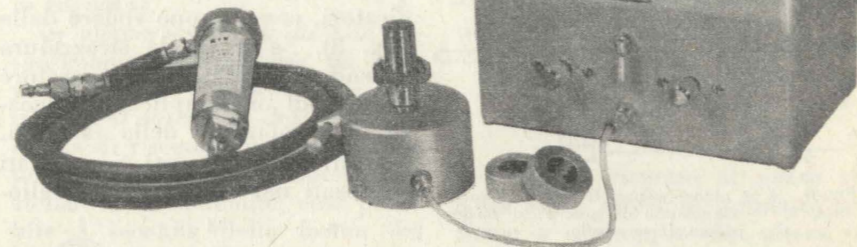


Fig. 14 - Comparatore pneumatico RIV - Modello Simplex CH ad alta amplificazione.

rigorosamente costante al variare entro ampi limiti della pressione di alimentazione o della portata richiesta.

Il problema è stato risolto dalla Moore Products Co. la quale ha costruito un regolatore di pressione basato sul principio Nullmatic, il cui funzionamento verrà descritto più avanti.

#### 5) Comparatori pneumatici RIV di tipo manuale.

La RIV, licenziataria della Moore Products Co. di Philadelphia (U.S.A.), costruisce comparatori pneumatici che adottano due tipi fondamentali di circuito: tipo R e tipo C.

Il tipo R è adatto per ampiezze del campo di misura da 0,100 a 0,050 mm in 120° di quadrante, con sensibilità variante da 5 a 0,5 micron.

Il circuito di tipo C è adatto per le alte amplificazioni: l'ampiezza del campo di misura è compresa tra 0,050 e 0,010 mm. in 120° di quadrante, con sensibilità variante da 0,5 a 0,2 micron.

Il consumo medio di aria per tali apparecchi si aggira intorno a  $0,8 \div 1 \text{ Nm}^3/\text{h}$  per ogni circuito di misura.

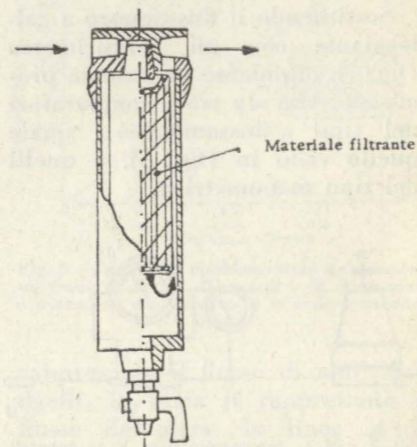
La pressione di alimentazione richiesta deve mantenersi entro un limite minimo di  $3,5 \text{ kg/cm}^2$  e massimo di  $6,5 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 5.1) Comparatore pneumatico RIV mod. Simplex R.

Il comparatore pneumatico RIV tipo Simplex R utilizza lo schema

pneumatico di (fig. 12) (v. anche figg. 13 e 14).

L'aria di alimentazione viene filtrata nel filtro RIV (fig. 15) che assorbe l'umidità e trattiene più del 90 % della nebbia d'olio che può in essa trovarsi.



FILTRO PER ARIA RIV

Fig. 15.

L'aria entra dalla parte superiore del cilindro interno, attraversa il materiale filtrante ed esce attraverso l'intercapedine tra cilindro interno ed esterno. L'efficacia del filtro è dovuta al fatto che, mediante lo spurgo periodico, la pressione dell'aria mantiene sempre pulita la sostanza filtrante. Il rubinetto inferiore permette questo periodico spurgo delle impurità. La cartuccia è rapidamente sostituibile.

Il regolatore di pressione Nullmatic (fig. 16) provvede a mantenere l'aria di alimentazione ad

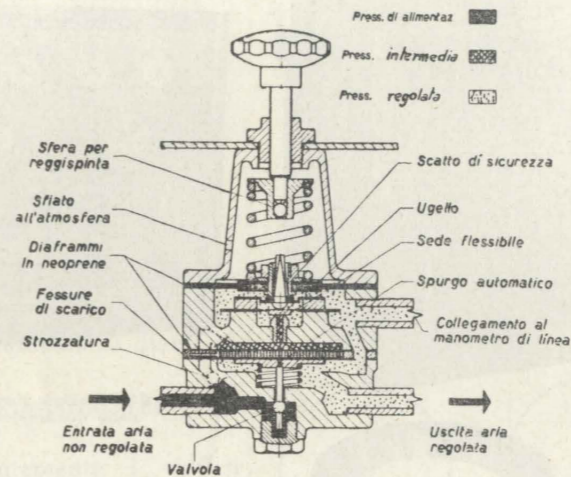
una pressione costante di circa  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  indicata dal manometro di spia, malgrado eventuali variazioni della pressione di linea e della portata d'aria richiesta per la misurazione.

Il funzionamento è il seguente: la più lieve variazione della pressione dell'aria regolata provoca uno spostamento della membrana superiore e di conseguenza una variazione delle condizioni di funzionamento dell'ugello.

La pressione regolata è dovuta al fatto che la posizione della membrana, è pressochè indipendente dalla portata dell'aria e dalla sua pressione di entrata. Il massimo scostamento reale del disco flessibile in tutte le condizioni di bilanciamento si mantiene inferiore a  $0,02 \text{ mm}$ .

La valvola di strozzamento a stelo tronco-conico permette l'azzeramento dell'indicatore.

L'indicatore è un manometro



REGOLATORE DI PRESSIONE RIV NULLMATIC Mod. 40-50

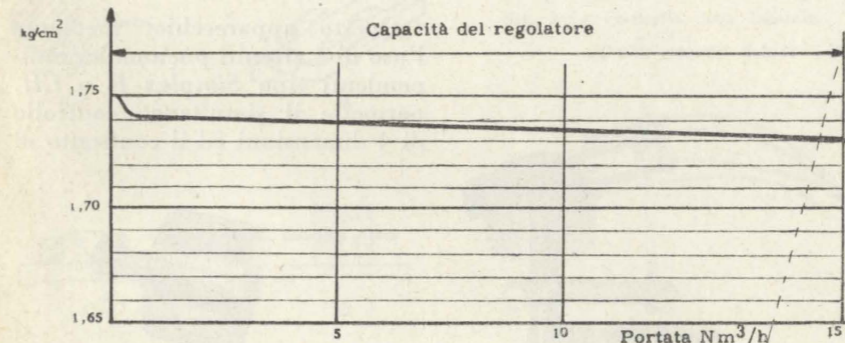


Fig. 16 - Effetto delle variazioni di portata sulla pressione regolata.

Si avrà perciò un aumento od una diminuzione della pressione dell'aria pilota che agendo sul diaframma inferiore promuove la correzione della pressione, aumentando il flusso dell'aria attraverso la valvola principale, o provocando lo scarico dell'aria in eccesso attraverso l'intercapedine del diaframma.

La molla a carico regolabile permette di variare la pressione regolata poiché equilibra la forza sulla membrana superiore esercitata dalla pressione dell'aria regolata.

L'eccezionale costanza della

del tipo a tubo di Bourdon riempito di liquido.

La pressione viene trasmessa dal gas al liquido attraverso un diaframma elastico.

L'aver posto il liquido nel tubo di Bourdon ha permesso di ottenere un minore volume nel circuito di misurazione e quindi di attuare una più pronta risposta dell'indicatore alle variazioni di gioco sull'ugello; inoltre si è ottenuto un buon ammortizzamento nella fase di ritorno a zero dell'indice.

Gli ugelli lavorano sempre al di sopra della condizione critica,

ossia la pressione a valle è inferiore al 53 % della pressione a monte: questo fatto fa sì che l'efflusso risulti indipendente dalle variazioni di pressione a valle dell'ugello, dovute ad eventuale accumulo di impurità, nonchè impedisce alle perturbazioni di risalire la corrente e creare disturbi alla misurazione.

A questo proposito prove effettuate hanno dimostrato che la misurazione mediante apparecchi RIV può venire eseguita anche sotto  $m 3$  d'acqua senza che la lancetta dell'indicatore vari in posizione rispetto alla misura eseguita in superficie.

#### 5.2) Comparatore pneumatico RIV mod. Simplex CH (v. figg. 13 e 14).

Il comparatore pneumatico RIV mod. Simplex CH differisce dal mod. R per l'introduzione di uno speciale amplificatore di pressione con coefficiente di amplificazione 3x, funzionante sul principio dell'equilibrio pneumatico sullo zero tra il circuito di misura e l'indicatore.

Esso viene montato con il regolatore R fisso; alla regolazione dell'indice  $I$  si provvede agendo sulla strozzatura  $R_1$  e sullo spurgo regolabile S.

Il comparatore è adatto per quelle applicazioni per cui è necessaria una grande amplificazione ed una piccola ampiezza del campo di misura.

Lo schema pneumatico adottato è mostrato in (fig. 17).

#### 5.3) Comparatore Pneumatico RIV mod. Duplex R.

Il comparatore pneumatico RIV mod. Duplex R (fig. 18) adotta due circuiti pneumatici indipendenti simili al circuito dell'apparecchio mod. Simplex R.

L'apparecchio attua il controllo di due dimensioni e permette pure il confronto tra di esse mediante

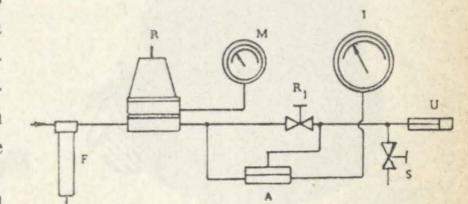


Fig. 17 - A = amplificatore di pressione, S = spurgo regolabile.



l'uso di un indicatore *Duplex* a due lancette coassiali.

La particolarità di ottenere l'indicazione di due misure sul medesimo quadrante è di grande importanza in molti problemi di controllo.

Ad esempio, nel caso del con-

trollo di un foro mediante calibro a tampone fornito di due coppie di ugelli poste in sezioni diverse e facenti capo ai due circuiti di un comparatore Duplex, la lettura assoluta dell'indicazione di ogni lancetta permette di conoscere il va-

lore del diametro nelle due sezioni, mentre lo scostamento relativo delle due lancette dà l'indicazione immediata dell'errore di conicità.

5.4) *Comparatore pneumatico RIV mod. Duplex CH* (v. fig. 18).

Il comparatore pneumatico RIV mod. *Duplex CH* adotta due circuiti pneumatici indipendenti simili al circuito dell'apparecchio mod. *Simplex C*.

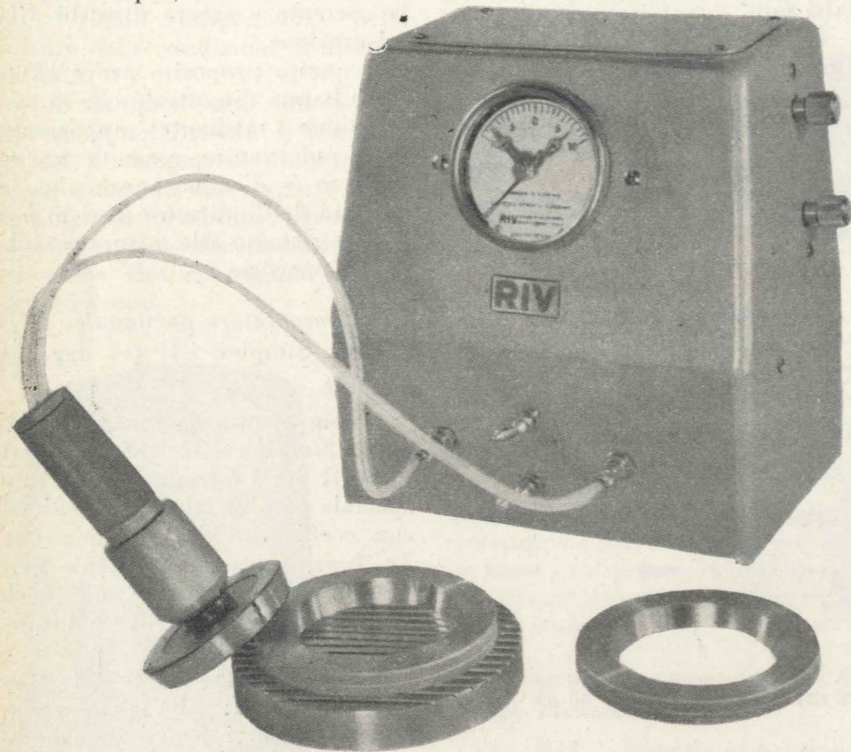


Fig. 18 - Comparatore pneumatico RIV - Modello Duplex 256 R.

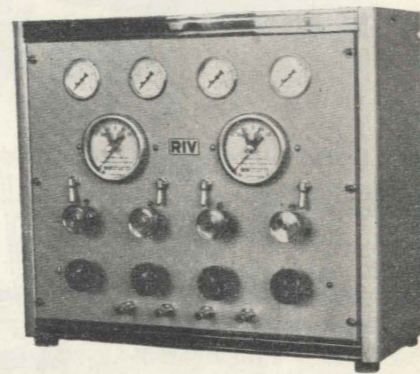


Fig. 19 - Comparatore pneumatico RIV - Modello quadruplex 459 R.

5.5) *Comparatore pneumatico RIV mod. Quadruplex R e CH* (v. figura 19).

Questo apparecchio, mediante l'uso di 4 circuiti pneumatici indipendenti tipo *Simplex R* o *CH*, permette il simultaneo controllo di 4 dimensioni ed il confronto di

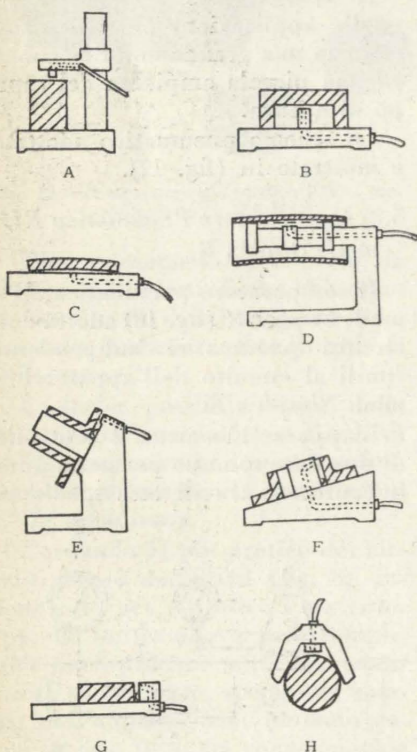


Fig. 20 - Calibri a ugello singolo.

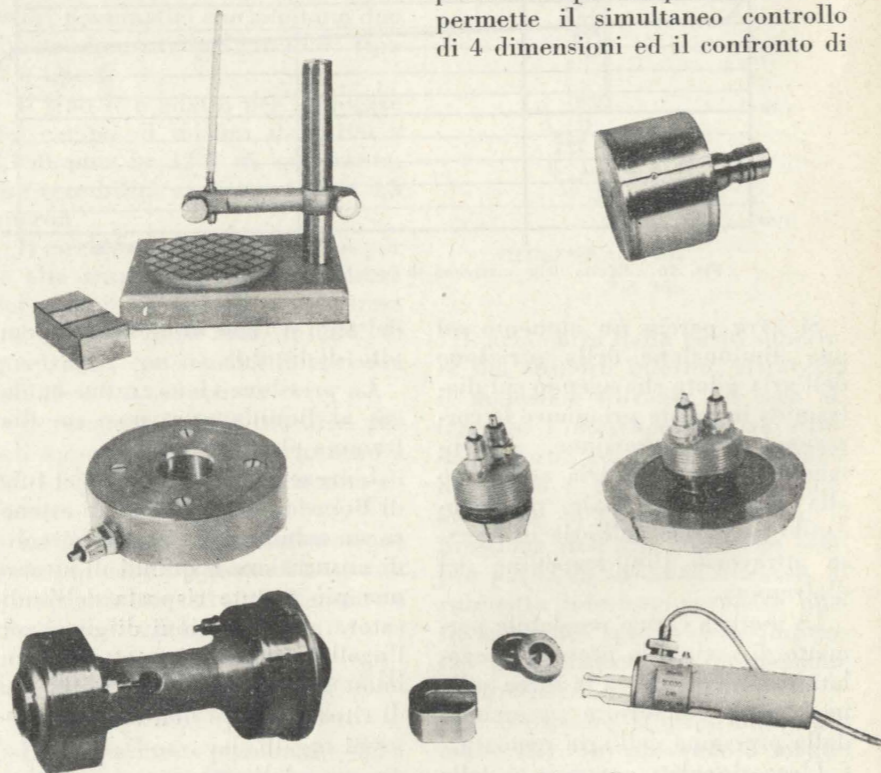


Fig. 21 - Esempi di calibri pneumatici semplici.

due coppie di esse su due indicatori Duplex a due lancette coassiali.

6) *Calibri misuratori*.

Gli elementi pneumatici misuratori sono costruiti in una grande varietà di modelli per adattarsi alla misura di qualsiasi tipo di pezzo. Nella (fig. 20) sono schematizzati alcuni esempi di comparazione mediante calibri ad un solo ugello.

Le disposizioni adottate permettono di misurare rispettivamente nei vari casi:

- A Spessore,
- B Profondità,
- C Deformazione,
- D Cilindricità,
- E Fuori quadratura di diametro interno,
- F Fuori quadratura di diametro esterno,
- G Fuori quadratura di diametro esterno,
- H Diametro esterno (di pezzi molto grandi).

Più frequentemente i calibri

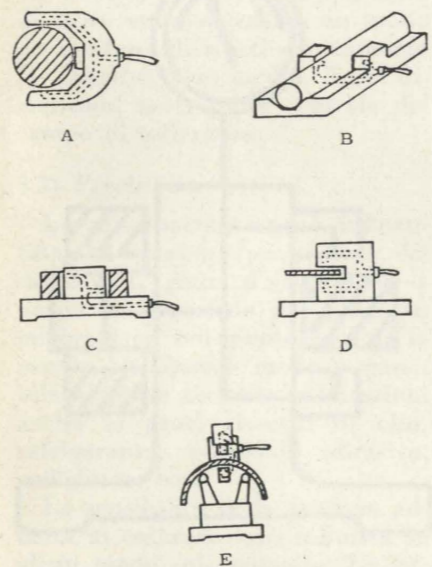


Fig. 22 - Calibri a due ugelli.

sono provvisti di due ugelli contrapposti (allo scopo di ottenere la compensazione, come si è detto) i quali sono disposti arretrati rispetto alla superficie del calibro.

Questa disposizione permette di evitare il consumo degli ugelli: un eccesso di gioco rende inoltre la caratteristica degli ugelli meno lineare.

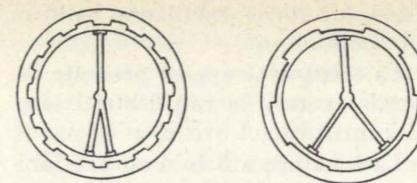


Fig. 23 - Controllo di fori scanalati.

La superficie del calibro serve unicamente di guida per il posizionamento degli ugelli: è quindi possibile conservare un certo gioco tra il calibro e il pezzo anche quando questo abbia la dimensione sul limite del campo di tolleranza più prossimo.

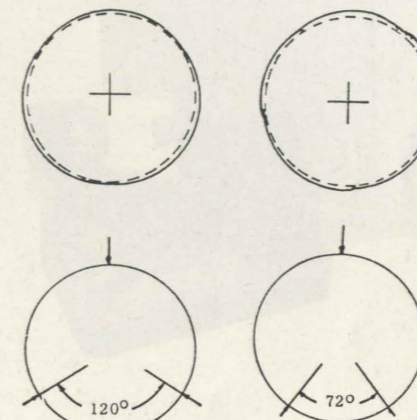


Fig. 24 - Controllo della lobatura.

In tal modo il consumo dell'elemento calibratore risulta minimo. Si tenga comunque presente che la RIV è in possesso di uno speciale procedimento a mezzo del quale gli elementi calibratori possono venire completamente rigenerati. La rigenerazione può venire ripetuta senza limiti ripristinando ogni volta le stesse caratteristiche che avevano i calibri nuovi.

Sulla superficie dei calibri sono praticate apposite scanalature longitudinali che permettono lo scarico dell'aria. La loro sezione viene determinata in modo da ottenere una certa sicurezza senza peraltro scoprire troppo l'ugello.

La (fig. 22) mostra alcune disposizioni di calibri a due ugelli per controlli diversi.

A Calibro a forcilla per diametro esterno,

B Calibro per diametro esterno con guida a V per il pezzo,

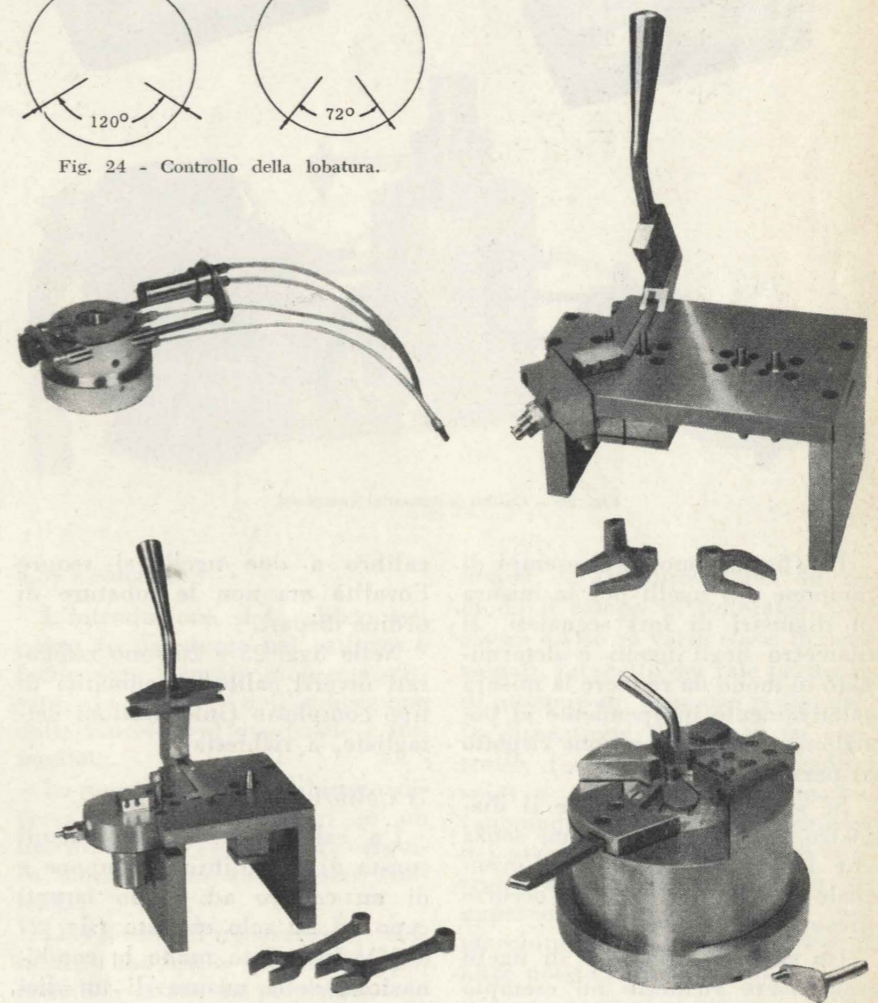


Fig. 25 - Calibri pneumatici complessi.



C Calibro a tampone per fuori quadro e ovalità.

D Calibro per spessore,

E Calibro per spessore di semi-anelli.

In (fig. 21) sono rappresentati alcuni calibri pneumatici semplici (informazioni dettagliate, a richiesta).

Nella misura di diametri il numero degli ugelli può essere anche superiore a due per ogni circuito pneumatico a seconda delle applicazioni.

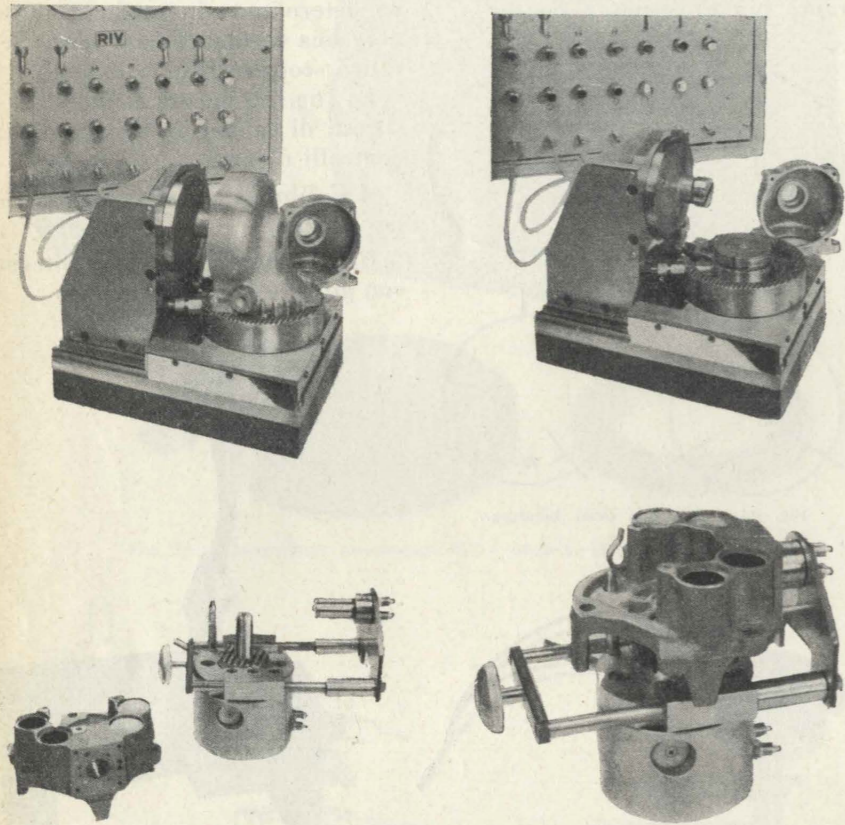


Fig. 26 - Calibri pneumatici complessi.

La (fig. 23) mostra 2 esempi di tampone a 3 ugelli per la misura di diametri di fori scanalati. Il diametro degli ugelli è determinato in modo da rendere la misura relativamente indipendente al posizionamento del tampone rispetto al pezzo.

Se si desidera misurare il diametro medio in una sezione senza che la misura risenta dell'eventuale ovalità del pezzo, occorre disporre 4 ugelli a 90°.

Un numero superiore di ugelli può essere richiesto ad esempio per il controllo della lobatura di

pezzi cilindrici mediante calibro ad anello.

La lobatura è spesso presente in pezzi lavorati da rettificatrici senza centri.

La lobatura a 3 lobi ed a 5 lobi può venire scoperta mediante la disposizione degli ugelli indicata in (fig. 24). Una eventuale lobatura di ordine superiore non presenta quasi mai un'importanza pratica per il fatto che l'errore di fuori rotondità risulta molto piccolo. Si noti che ruotando un

interno permette l'indicazione immediata del gioco o dell'interferenza che risulterebbe qualora queste parti venissero montate insieme.

La massima sensibilità di misura di questo tipo di circuito risulta la metà della massima sensibilità del circuito standard.

La ragione è la seguente: una variazione di dimensione di uno dei pezzi determina una variazione di portata soltanto per il 50 % degli ugelli del circuito.

Ogni elemento calibratore dovrà quindi venire studiato e costruito per una sensibilità doppia di quella del quadrante del calibro per accoppiamento.

Per la taratura occorrono quattro referenze, una di massimo e una di minimo tanto per il tampone quanto per l'anello. La combinazione di una referenza di max. femmina (maschio) con una referenza di minimo maschio (femmina) permette di determinare il riferimento di bassa (alta)

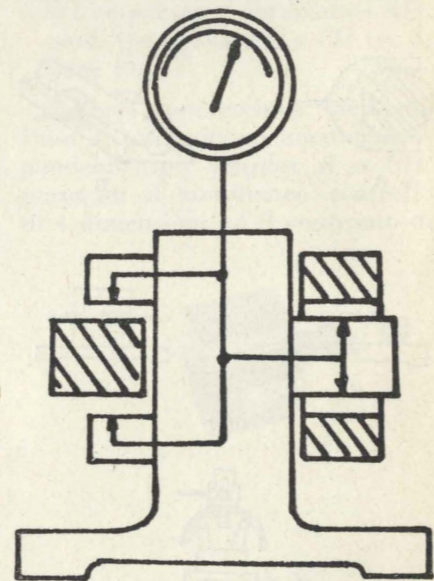


Fig. 27.

pressione sul quadrante dell'apparecchio.

Sul quadrante lo zero (corrispondente alle « ore 12 » del quadrante) indicherà l'accoppiamento di gioco zero: i due settori di quadrante a destra ed a sinistra dello zero indicheranno rispettivamente l'interferenza o il gioco relativo dei pezzi.

8) *Riepilogo dei vantaggi della comparazione pneumatica sistema RIV.*

A conclusione delle presenti note, riepiloghiamo brevemente i vantaggi della comparazione pneumatica.

### 8.1) Sicurezza.

La semplicità di costruzione dei comparatori pneumatici RIV è un elemento di sicurezza perchè li rende immuni da rotture, usura, necessità di riprendere giochi: non vi sono infatti in essi elementi meccanici in movimento.

### 8.2) Economia.

La particolarità dei comparatori pneumatici di poter misurare il pezzo senza toccare la superficie, assicura una lunga durata all'elemento calibratore.

Le referenze, usate solo per la taratura, non sono praticamente soggette ad usura.

In confronto ai semplici calibri passa e non passa (sottoposti oltretutto a rapida usura) si ha il vantaggio di ottenere un controllo continuo della dimensione effettiva, ciò che permette all'operatore di agire sulla macchina in modo da limitare gli scarti e mantenere la distribuzione media delle dimensioni nella parte centrale del campo di tolleranza.

### 8.3) Precisione.

La misurazione non è influenzata dal consumo progressivo del calibro. Il getto d'aria tende a pulire la superficie del pezzo in misurazione nel punto in cui lo misura. In questo modo è possibile eseguire accurate misurazioni anche in pezzi rivestiti di olio, refrigerante, particelle abrasive, sudiciume, ecc.

La sensibilità della persona addetta al collaudo non influisce in alcun modo sul controllo. La lettura sul quadrante non richiede alcuna attenzione particolare.

### 8.4) Latitudine di impiego.

La semplicità costruttiva dei calibri permette di eseguire misure di dimensioni pressochè inaccessibili, come piccoli fori, ecc.

Mediante un calibro pneumatico è possibile poi esplorare il pezzo per scoprire sia l'ovalità (mediante rotazione) sia la conicità (me-

diate traslazione) con grande vantaggio per le applicazioni di accoppiamenti girevoli ove le irregolarità di questo genere danno luogo ad eccessivo logorio.

L'elemento calibratore può essere collegato all'apparecchio mediante tubi flessibili, ciò che permette di spostarlo anche a considerevole distanza.

9) *Cenno sulla calibrazione automatica.*

Il sistema di comparazione pneumatico RIV si presta molto bene alla realizzazione di unità di controllo a funzionamento automatico. Le variazioni di pressione nel circuito a monte dell'ugello possono essere utilizzate per azionare speciali relé pneu-

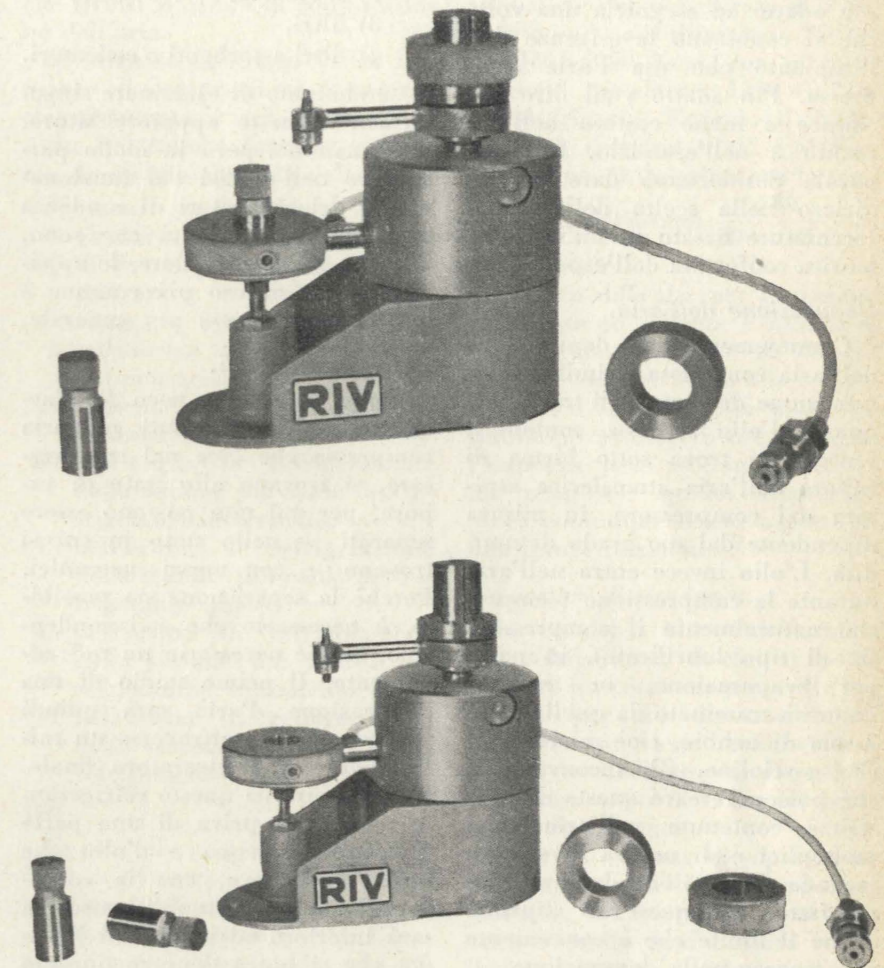


Fig. 28.

### 8.5) Velocità.

L'introduzione del calibro nel pezzo (o del pezzo nel calibro) è facile dato l'ampio giuoco prefissato, la lettura dell'indicazione della lancetta sul quadrante è immediata.

La possibilità di combinare diversi elementi misuratori in un unico attrezzo permette di eseguire simultaneamente diversi controlli.

La velocità di misurazione risulta altissima anche quando l'apparecchio è usato da personale inesperto.

matici di alta precisione. In tal modo il campo di tolleranza può essere diviso in varie classi dimensionali. Lo scatto dei relé permette di ottenere un responso visivo della dimensione del pezzo in controllo (accensione di lampadine spia) e un responso automatico (comando di dispositivi separatori dei pezzi). Tali apparecchi di controllo automatici, come pure gli apparecchi di automazione per macchine utensili sono oggetto di altre nostre comunicazioni.

Michele Monge



# Il problema della depurazione dell'aria compressa

CLAUDIO ROSSI, premesso che il problema non è la depurazione dell'aria compressa in se stessa ma la scelta del sistema più adatto ad eseguirla (in rapporto alle esigenze dell'impianto utilizzatore), dà un indirizzo nella scelta delle apparecchiature basato su un'indagine teorica confortata dall'esperienza.

È bene premettere subito che il problema non è la depurazione in se stessa (che oramai ha già trovato molteplici e valide soluzioni), ma la scelta del sistema più adatto ad eseguirla una volta che si conoscano le esigenze dell'impianto che usa l'aria compressa. Più adatto vuol dire più efficace e meno costoso nell'impianto e nell'esercizio. In altre parole desideriamo dare un indirizzo nella scelta delle apparecchiature basato su un'indagine teorica confortata dall'esperienza.

## Depurazione dell'aria.

Comunemente con depurazione dell'aria compressa si indica l'eliminazione di parte o di tutta l'acqua e l'olio in essa contenuti. L'acqua si trova sotto forma di vapore nell'aria atmosferica aspirata dal compressore, in misura dipendente dal suo grado di umidità. L'olio invece entra nell'aria durante la compressione (sempre che naturalmente il compressore sia di tipo lubrificato), in parte per evaporazione, in maggior quantità trascinato da quella sotto forma di nebbie, cioè microscopiche goccioline. Gli inconvenienti che possono creare queste due sostanze contenute nell'aria sono molteplici e di natura diversa, a seconda dell'uso che dell'aria viene fatto. Da quest'uso dipende anche il limite che è conveniente raggiungere nella depurazione.

Così, per esempio, se nel caso di aria destinata ad azionare utensili pneumatici potrebbe essere sufficiente una refrigerazione dell'aria seguita da una efficace separazione della condensa, nel caso di strumenti di regolazione è necessario disporre di aria completamente esente da olio e con punto di rugiada di almeno 30°C.

Nel caso ancora della verniciatura è estremamente importante non avere olio nell'aria e altrettanto dicasi per la fermentazione degli antibiotici e per le fermentazioni in genere.

I mezzi normalmente a disposizione per depurare l'aria sono i seguenti, ciascuno di essi da usare

da solo, o combinato con gli altri — a seconda del limite di depurazione che si vuole raggiungere:

- 1) refrigeranti finali,
- 2) separatori di condensa,
- 3) filtri,
- 4) filtri assorbenti o essicatori.

Cercheremo di esaminare singolarmente queste apparecchiature, soffermandoci però in modo particolare nell'analisi del funzionamento dei separatori di condensa e dei filtri meccanici che sono, a nostro modo di vedere, le apparecchiature di uso più comune e quindi di interesse più generale.

## Refrigeranti finali.

Come si è detto poco fa, l'acqua e l'olio contenuti nell'aria compressa che esce dal compressore, si trovano allo stato di vapore, per cui non possono essere separati — nello stato in cui si trovano — con mezzi meccanici. Perché la separazione sia possibile, è necessario che essi condensino, cioè è necessario un raffreddamento. Il primo stadio di una depurazione d'aria sarà quindi il suo passaggio attraverso un raffreddatore o refrigeratore finale. L'aria uscirà da questo refrigerante satura ma priva di una parte di vapori d'acqua e d'olio che prima conteneva, con la conseguenza che la sua umidità assoluta sarà inferiore ed il peso di liquido, che si potrà deporre durante l'utilizzazione, ridotto.

Il costo della refrigerazione, e più precisamente delle calorie asportate, dipende dal costo dell'apparecchiatura e da quello della quantità d'acqua impiegata. Per l'asportazione di un determinato numero di calorie da un fluido si possono impiegare diversi quantitativi di acqua: l'incremento di temperatura subito da quest'ultima è inversamente proporzionale al quantitativo impiegato.

A parità di calorie asportate, variando il quantitativo d'acqua, varia quindi il salto termico del refrigerante stesso e, di conseguenza, la sua superficie. Ammortamento ed interessi del costo del

refrigerante, più spesa dell'acqua — riferiti ad un certo numero di calorie — danno il costo della refrigerazione ed il computo può essere fatto analiticamente in funzione delle diverse temperature di uscita dell'acqua dal refrigerante, allo scopo di ricercare la soluzione più conveniente. L'impostazione di questo calcolo è stata fatta dal Colburn e porterebbe alle seguenti conclusioni: le temperature di uscita dell'acqua più favorevoli all'esercizio dei refrigeranti conviene che siano basse per coefficienti di trasmissione del calore bassi, il contrario per coefficienti alti. Queste conclusioni però non sono più accettabili completamente nel caso specifico della refrigerazione dell'aria compressa o, perlomeno, lo sono solo se si prendono in considerazione i refrigeranti a fascio tubiero di tipo tradizionale.

Negli ultimi 2-3 anni sono stati disegnati da alcune case specializzate refrigeranti nei quali il fascio tubiero ha lasciato il posto ad una spirale di tubo alettato. È noto che il coefficiente di trasmissione aria-parete è notevolmente inferiore a quello acqua-parete. In questi nuovi refrigeranti la superficie lato aria è circa 8 volte la superficie lato acqua. Inoltre le condizioni di trasmissioni del calore sono favorite dal fatto che l'efficienza dell'alettatura è tanto più alta quanto più piccolo è il coefficiente di conducibilità esterna del fluido a contatto con l'alettatura. Quindi, nel caso dell'aria, ci troviamo in condizioni favorevoli.

I refrigeranti di questo tipo hanno un costo specifico uguale a quelli del tipo a fascio tubiero, però consentono un risparmio d'acqua notevole, essendo il consumo ridotto a circa un quarto di quello dei refrigeranti a fascio. Un inconveniente di questi refrigeranti potrebbe essere la formazione dei depositi calcarei all'interno del tubo: per questo essi vengono costruiti in più elementi che, nella versione standard, so-

no collegati in serie mentre possono — qualora la natura dell'acqua lo richieda — essere collegati in parallelo in modo da abbassare la temperatura di uscita dell'acqua.

È chiaro però che con quest'ultimo collegamento viene ad aumentare il salto medio di temperatura aria-acqua e quindi a diminuire la temperatura di uscita dell'aria.

Concludendo, questi refrigeranti — a parità di costo di acquisto, possono, a seconda della durezza dell'acqua di refrigerazione a disposizione, offrire o un basso consumo d'acqua o una maggior efficienza di raffreddamento. Essi inoltre rendono agevole il recupero del calore di compressione dall'aria, recupero che si va sempre più diffondendo, specie nei grandi impianti ove questo calore può avere un notevole peso nell'economia dell'impianto di compressione.

A quali limiti deve essere spinta la refrigerazione dell'aria? Dal punto di vista della depurazione, bisognerebbe rispondere a questa domanda: alla temperatura più bassa possibile. In pratica questa temperatura ha un limite nella temperatura del fluido refrigerante a disposizione che nella quasi totalità dei casi è acqua del circuito industriale dello stabilimento.

Comunemente, per l'aria destinata ad azionare utensili e servomeccanismi, si accetta una temperatura massima di 40°C. È bene tenere presente che i costruttori di refrigeranti per aria sono soliti offrire gli scambiamenti dimensionati in modo da poter abbassare la temperatura a 15°C sopra la temperatura dell'acqua in ingresso. Quando la deumidificazione deve essere spinta a limiti superiori, per esempio quando si deve procedere ad un successivo essiccamento, è consuetudine arrivare a raffreddamenti fino a 5°C sopra la temperatura dell'acqua in ingresso.

Per determinate applicazioni dell'aria, quali il trasporto di posta pneumatica o la prova di componenti di aerei a reazione (valvole pneumatiche, turbine di lancio, ventilatori ecc.) è necessario portare l'aria al punto di rugiada di circa +5°C.

In questi casi si preferisce ricorrere ad un impianto di refrigerazione con ciclo frigorifero anziché ad un essicatore, dato il costo di quest'ultimo che — per la grande portata da trattare — risulterebbe troppo elevato.

Un nuovo indirizzo, che è tuttora in fase di studio, è quello di refrigerare l'aria mediante un impianto frigorifero ad assorbimento che sfrutti il calore di compressione dell'aria.

Il bilancio di calore di un impianto di compressione è approssimativamente il seguente:

Su 100 calorie fornite sottoforma di energia elettrica dalla rete:

9 vanno perdute nel motore elettrico, nella trasformazione di energia elettrica in energia meccanica e nella trasmissione,

6 sottoforma di calore radiante dal compressore,

20 finiscono nell'acqua di refrigerazione dei cilindri,

20 nell'acqua di refrigerazione della sezione più calda del refrigerante intermedio,

15 nell'acqua di refrigerazione della sezione più calda del refrigerante finale,

13 nell'acqua di refrigerazione della sezione più fredda del refrigerante intermedio,

17 nell'acqua di refrigerazione della sezione più fredda del refrigerante finale.

100

Si vede che si può recuperare il 55 % dell'energia elettrica spesa sottoforma di calore, in pratica, sottoforma di acqua a 70°C. È appunto quest'acqua, calda, che già viene impiegata in molti impianti per scopi di riscaldamento, che potrebbe servire per il riscaldamento del bollitore di un impianto frigorifero ad assorbimento.

Il coefficiente di effetto frigorifero, definito come si sa dal rapporto tra le frigorifiche prodotte e le calorie spese per ottenerle è, per un impianto del genere  $\epsilon=0,75$ . In altre parole per ogni calorica fornita all'impianto si possono produrre 0,75 frigorifiche.

Riferiamo un nuovo bilancio termico a 100 mc di aria.

Per produrre questi 100 mc è necessario spendere, considerando un assorbimento specifico del compressore di 6,7 HP/mc min.,

11,4 HPh = 8,37 KWh = 7198 ≈ 7200 Kcal. Nel bilancio precedente abbiamo visto che il 55 % dell'energia spesa per la compressione dell'aria si può recuperare sottoforma di calore immagazzinato in acqua calda a 70°C. Di questo calore solo una parte ci interessa: quella a temperatura sopra i 50°C che è il 30 % del 55 % recuperabile, cioè il 16,5 % del totale. Avremo a disposizione per il bollitore dell'impianto ad assorbimento  $7200 \times 0,165 = 1190$  Kcal, con le quali potremo produrre  $1190 \times 0,75 = 890$  frigorifiche. Essendo il calore specifico dell'aria 0,312 Cal/Nm<sup>3</sup> °C sarà possibile abbassare la temperatura dell'aria di  $\frac{890}{100 \cdot 0,312} = 27,6^\circ\text{C}$  circa.

L'unica difficoltà per l'attuazione di questo sistema è quella di trovare una soluzione di due liquidi di cui uno bolla alla temperatura sui 50°C. Sarebbe molto interessante analizzare nel dettaglio l'impianto però usciremmo dal tema proposto: questo argomento potrà comunque essere oggetto di una futura relazione.

## Separatori di condensa.

La condensa che si è formata nel refrigerante, o che si potrà formare successivamente nelle tubazioni per una diminuzione di temperatura, viene comunemente trattenuta mediante dei dispositivi che vanno sotto il nome di separatori di condensa.

Il primo sistema di separazione dell'acqua e dell'olio condensati dall'aria, cui viene fatto di pensare, è quello di diminuire la velocità dell'aria a valori tali per cui non ne sia più possibile il trascinamento.

Ora, se noi supponiamo una corrente d'aria verticale dotata di una velocità  $V$  in m/sec e avente un peso specifico  $\gamma$  (dipendente dalla pressione e dalla temperatura) in kg/m<sup>3</sup>, la spinta che essa esercita su una superficie  $S$  in m<sup>2</sup>, è data da:

$$P = K\gamma S \frac{V^2}{2g}$$

ove  $K$  è un coefficiente compreso tra 1 e 3. Prendendo  $K=2$  e  $=9,1$  (peso specifico dell'aria a 6 atm.) si ottiene:

$$P = \frac{2 \cdot 9,1}{19,6} V^2 S = 0,928 V^2 S$$



Se supponiamo sferiche le goccioline, potremo esprimere  $P$  in funzione del loro diametro  $d$ :

$$P = 0,923 \pi \cdot \frac{d^2}{4} V^2 = 0,724 d^2 V^2$$

Questa equazione risolta rispetto a  $V$  fornisce:

$$V = \sqrt{\frac{P}{0,724 d^2}} = \frac{1}{0,87 d} \sqrt{P}$$

Si avrà cioè equilibrio quando  $V$  sarà uguale a  $\frac{1}{0,87 d} \sqrt{P}$

Si vede subito come l'aria sia in grado di trascinare gocce di notevoli dimensioni e sarebbe necessario scendere con la velocità a valori che richiederebbero sezioni enormi non realizzabili praticamente per ottenere una sedimentazione delle goccioline. Non solo, ma quand'anche fosse possibile lasciare l'aria in quiete, tale sistema — data l'estremamente bassa velocità di caduta delle piccole goccioline (ricordo che la velocità di caduta delle particelle minute in seno ad un gas ubbidisce alla legge di Stokes

$$V = \frac{Kd^2\gamma}{\eta},$$

non potrebbe assolutamente essere efficace. È pertanto errato pensare che nei serbatoi d'aria, normalmente esistenti negli impianti, si possa ottenere una efficace separazione di condensa: in essa solo una parte, quella che arriva a fiotti sospinta dall'aria, verrà raccolta, mentre tutte le goccioline — anche di dimensioni ragguardevoli (1-2 millimetri di diametro) — verranno trascinate ammenocché non vadano ad urtare sulla parete del serbatoio.

Si rende quindi necessario far agire sulle goccioline una forza ben superiore a quella di gravità, per esempio la forza centrifuga che si sviluppa facendo percorrere al gas percorsi curvilinei.

La separazione per centrifugazione avviene nei cosiddetti cicloni. Essi sono, dei recipienti cilindrici con fondo conico, nei quali l'aria viene fatta entrare tangenzialmente a forte velocità. L'aria vi percorre alcune circonferenze per uscire poi dalla parte centrale in alto una volta che abbia perso di velocità.

La forza centrifuga che si ori-

gina nel ciclone è proporzionale al quadrato della velocità e inversamente proporzionale al raggio del recipiente. La velocità di separazione delle particelle del gas (nella direzione normale alla velocità dell'aria) può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Ve = \frac{\gamma d^2 r \omega^2}{K} = \frac{d^2 V^2}{Kr} \quad (1)$$

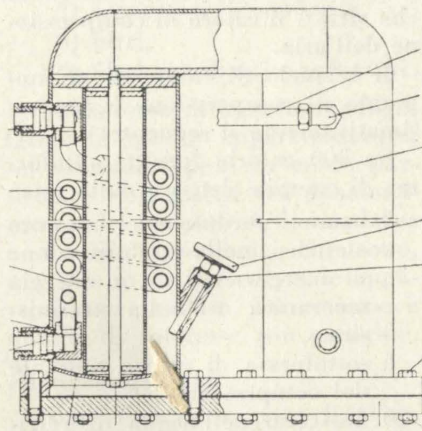


Fig. 1.

ove

$\gamma$  è il peso specifico,  
 $d$  è il diametro delle goccioline,  
 $V$  è la velocità del gas nel separatore,  
 $r$  è il raggio di curvatura del separatore,  
 $\eta$  è la viscosità del gas,  
 $K$  è una costante,  
 $\omega$  è la velocità angolare.

Più della velocità  $Ve$  delle particelle, è interessante conoscere che percorso  $L$  la particella è in grado di percorrere nella direzione della velocità  $Ve$  durante il soggiorno nel separatore.

Il percorso  $L$ , essendo proporzionale al tempo  $t$  di durata della velocità  $Ve$  dell'aria nel ciclone, è anche proporzionale alla lunghezza del percorso che l'aria fa nel ciclone animata dalla velocità  $V$ .

Per una particella di diametro  $d$  determinato potremo scrivere la (1) per un determinato ciclone

$$Ve = KV^2 \quad (2)$$

ed

$$L = K'Vet \quad (3)$$

Indicando con  $S$  il percorso in radianti dell'aria avremo

$$t = \frac{S}{V} \quad (4)$$

e sostituendo nella (3) la (2) e la (4) avremo:

$$L = K''SV$$

Questa distanza  $L$  si deve intendere come spessore massimo che viene ad assumere il gas al suo ingresso nel ciclone o come percorso massimo che le goccioline devono percorrere per arrivare alla parete. Perfezionamenti del tipo di ciclone più semplice prima accennato sono quelli in cui viene lasciato uno spazio anulare all'aria che entra, per cui viene praticamente prefissato il valore  $L$  e quello in cui si convoglia l'aria su percorsi elicoidali a più principi.

In separatori di condensa a ciclone, a diametri molto piccoli e accettando una discreta perdita di carico, si può arrivare a separare particelle che hanno dimensioni che si avvicinano ai  $10 \mu$ . L'azione depositante dovuta al peso delle goccioline viene esaltata da 5 a 2500 volte, a seconda della costruzione del separatore.

È bene mettere in risalto che questi separatori non hanno una grande elasticità di funzionamento. Essi devono essere impiegati per portate dell'aria molto prossime a quella di progetto. La forza centrifuga, variando col quadrato della velocità dell'aria, cade molto rapidamente al diminuire di questa. Ora è vero che, nel caso del separatore di condensa applicato subito a valle di un refrigerante, la portata rimane costante, però, se il compressore dovesse passare a regime di portata ridotta, il separatore diminuirebbe fortemente la sua efficacia (per esempio passando a carico 50% la forza centrifuga si ridurrebbe di 4 volte).

Un terzo sistema per separare la condensa trasportata dall'aria è quello di far subire ad essa dei bruschi cambiamenti di direzione, fino ad invertire il verso del flusso.

Questo sistema permette di sviluppare delle forze agenti sulle goccioline, molto superiori a quelle che si ottengono nei separatori a ciclone. Il perchè di queste maggiori forze ottenibili lo si capisce esaminando la formula (1) ove si pensi di ridurre  $r$  fino a 2-3 cm, oppure considerando direttamente la forza  $F$  sviluppata

$$F = \frac{PV^2}{gr}$$

ove

$P$  = peso delle goccioline,

$V$  = velocità dell'aria,  
 $g$  = accelerazione di gravità,  
 $r$  = raggio di curvatura della traiettoria.

Riducendo opportunamente lo spessore della vena fluida in modo da diminuire lo spazio che la goccia deve percorrere per portarsi al di fuori di essa o comunque per arrivare a contatto della parete, è possibile con una o più inversioni di direzione raggiungere una soddisfacente separazione delle gocce fino a  $10 \mu$ .

Con opportuni accorgimenti la perdita di carico può essere mantenuta entro limiti accettabili.

Altri tipi di separatori di condensa sfruttano essenzialmente l'urto dell'aria contro diaframmi, con vari risultati talvolta anche discretamente soddisfacenti.

Una cosa comunque resta stabilita: che è quasi impossibile con un separatore di condensa di costruzione standard poter separare gocce con dimensioni inferiori ai  $10 \mu$ .

Prima di terminare l'argomento dei separatori ricordiamo i separatori elettrostatici basati sul passaggio dell'aria attraverso un campo elettrico ad alto potenziale (da 30 a 70 KV) unidirezionale, creato da elettrodi affacciati.

Un elettrodo, quello positivo, è sempre di grande superficie e generalmente costituisce il condotto attraversato dall'aria. L'altro, quello negativo, è un filo disposto in posizione simmetrica rispetto la superficie dell'elettrodo positivo. L'aria si ionizza e, mentre gli ioni positivi restano aderenti all'elettrodo negativo, quelli negativi vengono irradiati verso l'elettrodo positivo. Le goccioline di liquido vengono caricate negativamente da questi ioni e vanno a raccogliersi sull'elettrodo positivo.

#### Filtri meccanici.

Abbiamo mostrato come col separatore di condensa si riesca a separare soltanto le goccioline di acqua e olio che abbiano dimensioni non inferiori a  $10 \mu$ . Per poter separare le goccioline più piccole, che formano una nebbia trasportata dall'aria e che — in determinate condizioni — possono costituire una parte notevole del totale contenuto di acqua e olio

dell'aria, è necessario ricorrere a dei filtri.

È opportuno qui ricordare che soltanto per alcuni tipi di filtro per aria compressa il meccanismo della filtrazione è quello che generalmente si attribuisce ai filtri.

Per filtro infatti si intende, nella sua accezione più semplice, un apparecchio che, attraversato da un fluido, trattenga particelle di sostanze contenute in esso. Ora, mentre questa definizione concorda col meccanismo di funzionamento dei filtri per aria compressa a feltro o a fibre (siano esse metalliche, di lana, di lana di vetro ecc.), non resta più valida nel caso di filtri di tipo ceramico in metalli sinterizzati, nei quali l'elemento filtrante ha, come vedremo più avanti, solo la funzione di « collettore » di particelle e la separazione vera e propria viene fatta successivamente, in un separatore di condensa. Cerchiamo ora di analizzare il funzionamento di queste due categorie di filtri.

#### Filtri a feltro o a fibre.

Il filtro è costituito da materiali fibrosi compressi entro un supporto meccanico. Il meccanismo che presiede alla eliminazione delle particelle liquide del gas (nel nostro caso aria) che attraversa questo pacco filtrante è prevalentemente quello della fissazione per urto: ciò almeno finché le particelle hanno dimensioni tali — dell'ordine del micron — da non rendere i moti browniani prevalenti rispetto a quelli dovuti alla gravità. In tal caso occorre considerare anche altri aspetti del fenomeno: è comunque da escludere che l'eliminazione delle particelle avvenga per arresto dovuto alla presenza di passaggi di dimensioni inferiori alle particelle stesse. È noto infatti che, quando una corrente di gas che reca sospese delle particelle solide o liquide incontra un ostacolo, la massa del fluido la sormonta, mentre le particelle solide, per la loro maggiore inerzia, urtano su di esso restandovi aderenti. Se l'ostacolo è costituito da una fibra a sezione cilindrica, disposta in senso ortogonale all'asse della corrente fluida (fig. 2), si può dimostrare che l'ostacolo è in grado di trattenere particelle contenute in una vena fluida di altezza  $X$  inferiore al diametro  $D$

della fibra: il rapporto  $X/D = \eta_t$ , che rappresenta l'efficacia del sistema, è una funzione del gruppo adimensionale  $u_1 v_0 g D$  dove:

$u_1$  = velocità terminale di sedimentazione, sotto l'azione della

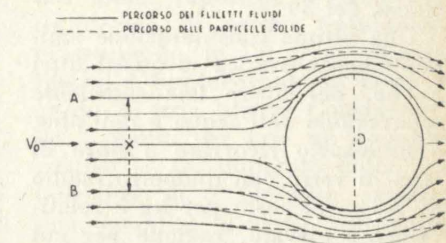


Fig. 2.

gravità, delle particelle da separare, in cm/sec,

$v_0$  = velocità relativa media del gas rispetto all'ostacolo in cm/sec,  
 $g$  = accelerazione di gravità in cm/sec,

$D$  = diametro medio delle fibre in cm.

L'andamento della funzione viene rappresentato nella fig. 3: da questo risulta che il sistema incomincia ad avere una certa efficacia e cioè almeno dell'ordine di qualche unità per cento, quando il cosiddetto numero di separazione diviene superiore a 0,1. Nel caso che a noi interessa, le particelle da separare possono essere riferite a sfere del diametro medio dell'ordine di 1 micron. Con un peso specifico di circa 1, la velocità di sedimentazione in aria è di

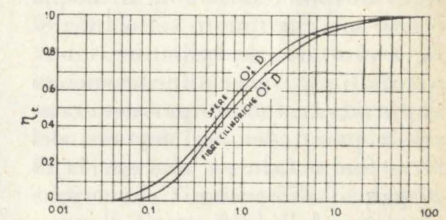


Fig. 3.

circa 50 micron/sec., mentre nella stessa unità di tempo gli spostamenti compiuti per moto browniano, sono dell'ordine di 5-6 micron. Per quanto riguarda la velocità con la quale il gas arriva sul pacco filtrante, non è possibile andare sopra certi valori per non creare eccessive perdite di carico: per porre dei limiti diciamo che sono accettabili velocità massime di 10 cm/sec e minime di 1 cm/sec per evitare superfici fil-



tranti eccessive. Volendo avere una efficacia pari almeno a 0,1, il diametro medio delle fibre non potrà superare i 10 micron, mentre occorrerebbe scendere ad 1 se si desiderasse arrivare ad un'efficienza del 50 %.

Una ultima considerazione eminentemente pratica su questi filtri è che, per avere una sufficiente separazione dell'acqua e dell'olio, è necessario ricorrere a fibre di lana di vetro con diametro medio di 5-8  $\mu$ . Il costo per kg è relativamente elevato, ragione per cui l'applicazione di filtri di questo tipo è consigliabile solo nei casi in cui si possa accettare una spesa di esercizio non indifferente dovuta alla periodica sostituzione del pacco filtrante. In alcuni tipi di impianti (produzione di antibiotici) può essere una soluzione conveniente l'installazione di un filtro ceramico a monte del filtro a fibre: con questo artificio si riescono ad ottenere durate del pacco filtrante rilevanti ed una depurazione pressochè integrale.

#### Filtri ceramici.

Sotto questo nome vanno quei filtri nei quali l'elemento filtrante è costituito da una parete porosa che può essere sia di ceramica che di metalli sinterizzati. Quando abbiamo iniziato a parlare dei filtri si è accennato che il meccanismo della filtrazione non è per questi filtri quello di fermare, nel setto filtrante, la nebbia di acqua e olio ma che questo setto funzionava piuttosto da collettore.

Infatti le goccioline vengono dapprima trattenute per urto contro le pareti dei pori tortuosi del setto fino a formare una goccia di maggiori dimensioni che viene sospinta, dalla differenza di pressione, oltre il setto. Per il suo maggior peso la goccia può essere trattenuta in un separatore di condensa che rappresenta sempre la parte finale di un filtro ceramico. Una importante considerazione nel determinare l'efficacia della filtrazione è la misura della sezione più piccola in ciascun canale tortuoso che attraversa la parete del setto filtrante. Questa dipenderà, per un determinato spessore della parete, dal diametro delle particelle di ceramica o metalliche che la costituiscono. La misura delle dimensioni medie dei pori, che è

una delle due grandezze che caratterizzano un filtro ceramico, può essere misurata con due sistemi. Il primo consiste nel misurare le particelle di massimo diametro lasciate passare dal filtro. Il secondo consiste nel determinare la pressione a cui la prima bollicina di aria si stacca dalla superficie del filtro, impregnato e sommerso in un liquido di cui si conosca la tensione superficiale, quando si faccia attraversare dall'aria. Se si suppone che la bollicina si rompa quando ha raggiunto la forma emisferica, la misura del poro circolare da cui essa si stacca sarà, in millimetri:

$$d = \frac{4 \cdot 10^5 \gamma}{981 (P - \rho h)}$$

dove

$\gamma$  = densità del liquido,

$\rho$  = tensione superficiale del liquido,

$P$  = pressione in mm  $H_2O$ ,

$h$  = profondità a cui è sommersa la superficie.

Il sistema della bollicina dà una misura dei pori leggermente superiore a quella che si ottiene col sistema della misura massima delle particelle lasciate passare dal filtro.

La seconda grandezza caratteristica dei filtri ceramici è la permeabilità. Essa ha le dimensioni di un'area e può essere ricavata dall'equazione di Darcy:

ove

$$\varnothing = \frac{QL3}{\Delta PA}$$

$\varnothing$  = permeabilità del filtro,

$Q$  = portata in  $cm^3/sec.$ ,

$L$  = spessore dell'elemento filtrante in cm,

$3$  = viscosità del gas in poise,

$\Delta P$  = caduta di pressione in  $dine/cm^2$ ,

$A$  = area dell'elemento filtrante in  $cm^2$ .

Il rapporto della permeabilità sulla dimensione dei pori è una misura diretta della qualità del filtro. Esso determina infatti, per una determinata finezza di filtrazione, l'area di filtro necessario per dare la funzione richiesta pressione/portata.

Si è detto che la funzione del setto filtrante è quella di riunire goccioline microscopiche in gocce di maggior dimensioni. Ad evitare

una successiva ripolverizzazione dell'acqua è necessario, dopo il setto filtrante, avere una bassa velocità dell'aria. Per il separatore di condensa vale quanto detto a proposito di questo apparecchio: mi sia solo concesso far notare che un filtro ceramico, dotato di un separatore di condensa poco efficace, non può assolutamente assolvere in modo soddisfacente la sua funzione. Per quanto riguarda il punto di installazione del filtro, come regola generale, può essere fissato un punto subito a valle del serbatoio. Se tuttavia si prevede un abbassamento di temperatura nella linea di distribuzione, è necessario portare il filtro nella posizione più vicina possibile all'utilizzazione. Se vi è un riduttore di pressione per l'alimentazione di uno o più apparecchi (cosa molto frequente nel caso della verniciatura) è conveniente installare il filtro immediatamente dopo il riduttore. Infatti, la riduzione di pressione mediante uno strozzamento della linea (che tale è praticamente il riduttore di pressione) giudicata termodinamicamente nel suo complesso, è una trasformazione isoterma, ma si possono osservare due fasi distinte: nel riduttore l'espansione è rapida e vicina all'adiabatica; l'aria si raffredda aumentando la sua velocità e dell'acqua si condensa. Più lontano del riduttore, la velocità si riduce e l'aria si riscalda fino alla temperatura iniziale.

Le goccioline d'acqua trascinate vaporizzano di nuovo a meno che non si riesca a separarle. Se si realizza questa separazione, l'umidità relativa si abbassa per due ragioni: la prima perchè si è eliminato dell'acqua, la seconda perchè si è diminuito la pressione a temperatura costante.

I filtri ceramici stanno trovando attualmente una grande applicazione nella filtrazione dell'aria compressa. Vorrei dire che il loro impiego si va generalizzando perchè i tecnici di stabilimento si sono resi conto di quanto si possa risparmiare in manutenzione degli apparecchi utilizzatori alimentandoli con aria che non trascini acqua e olio in forma di nebbie.

Fino a poco tempo fa vi era una notevole prevenzione verso questo tipo di filtro, dovuto al fatto che

si pensava che esso dovesse introdurre una eccessiva perdita di carico nel circuito. A parte lo sviluppo di materiali ceramici ad elevata permeabilità, la perdita di carico è sempre riducibile a valori accettabili mediante un appropriato dimensionamento del filtro.

È opportuno quindi che il tecnico richieda al fornitore una garanzia sulla perdita di carico del filtro alla portata e alla pressione di esercizio minima prevista. Un calcolo di massima della perdita di carico potrebbe essere fatto usando la formula che esprime la permeabilità, una volta che sia nota la superficie filtrante disponibile, lo spessore del setto filtrante e la sua porosità. Dalla formula della permeabilità, sviluppandola rispetto  $\Delta p$  si ottiene:

$$\Delta p = \frac{QL3}{A \varnothing}$$

è per l'aria 0,0180 centipoise si può ricavare dal diagramma di (fig. 4) in funzione della porosità espressa in  $\mu$ .

Per la depurazione dell'aria compressa è consigliabile adottare una porosità dei setti filtranti di 10-20  $\mu$  che consente di trattenere nebbie con goccioline di diametro inferiore ad 1  $\mu$ .

#### Essicatori d'aria.

Come già accennato in precedenza, per alcune applicazioni, è necessario disporre di aria completamente secca. È il caso degli strumenti pneumatici di regolazione di vastissimo impiego nell'industria chimica e termoelettrica, di aria destinata a creare atmosfere particolarmente anidre in alcuni processi costruttivi, dell'aria destinata all'essiccamento delle vernici sensibili dei tubi elettronici.

Poichè è necessario scendere col punto di rugiada a 30°C e talvolta anche a valori inferiori, è giocoforza ricorrere ad un essiccamento mediante sostanze adsorbenti del vapor d'acqua. Dato il numero relativamente limitato di applicazioni che richiedono un essiccamento dell'aria molto spinto, non credo opportuno inoltrarmi in un'analisi approfondita dei fenomeni di adsorbimento su cui si basa il funzionamento degli essicatori. Mi limiterò a ricordare che determinate sostanze, quali il carbone attivo

(che è carbone trattato in modo particolare mediante vapor d'acqua ad elevatissima temperatura) ed il gelo di silice hanno la capacità di trattenere il vapor d'acqua per un fenomeno di adsorbimento. Nel caso del carbone attivo l'adsorbimento è l'effetto di fenomeni di attrazione esercitata dal solido sul gas e che conduce alla diffusione del vapore nell'interno del solido. Per il gel di silice invece si ha un fenomeno di condensazione del vapore entro numerosi piccoli canali capillari.

Il peso massimo di vapor d'acqua che può essere adsorbito è circa 0,14 gr. per grammo di carbone attivo o di gelo di silice. L'essicatore non è che un barilotto contenente una massa di carbone attivo o di gelo di silice attraverso cui viene fatta passare l'aria da deumidificare.

La rigenerazione viene fatta mediante aria riscaldata a 180°C in modo che l'adsorbente si porti ad almeno 150°C.

Gli impianti di essiccamento possono essere automatici e non automatici.

Nei primi si hanno due essicatori in parallelo, di cui uno in funzione e l'altro in rigenerazione. Lo scambio tra i due, quando l'adsorbente di quello in funzione è saturo, è pure automatizzato.

Negli impianti non automatici invece è necessario cambiare la carica adsorbente sostituendola con altra rigenerata.

È chiaro che, prima di far passare l'aria attraverso l'essicatore, è conveniente abbassare il più possibile la sua temperatura ed eliminare da essa tutta la condensa e le nebbie che essa trascina.

Prima dell'essicatore vengono generalmente installati un refrigerante che consenta di portare la temperatura dell'aria fino a 5°C sopra quella dell'acqua di refrigerazione e un filtro ceramico.

Con una certa frequenza si trovano nell'industria installazioni di filtri a carbone attivo o a gelo di silice, del tipo non automatico e per impianti che richiederebbero aria semplicemente deumidificata con i mezzi normali a disposizione, cioè refrigerante separatore di condensa e filtro ceramico.

Personalmente considero l'impiego di essicatori, in tali impianti,

una spesa non oculata e talvolta controproducente. Basti pensare che, anche supponendo di raffreddare l'aria a 30°C, essa conterrà ancora 3 gr/m<sup>3</sup> di aria libera sottoforma di vapore, più una quantità molto superiore di condensa sottoforma di nebbia valutabile, grosso modo, in 5-6 gr/m<sup>3</sup> di aria libera. Complessivamente circa 8 gr/m<sup>3</sup> di aria libera. Considerando — tanto per fare un esempio pratico — un impianto della potenzialità di 2 mc/min, avremo una quantità d'acqua trattenuta dall'essicatore di circa 960 gr/ora e, su un turno lavorativo di 8 ore, 7680 gr/ora. Questa quantità d'acqua è sufficiente a saturare circa 50 kg di adsorbente.

Con un impianto automatico di

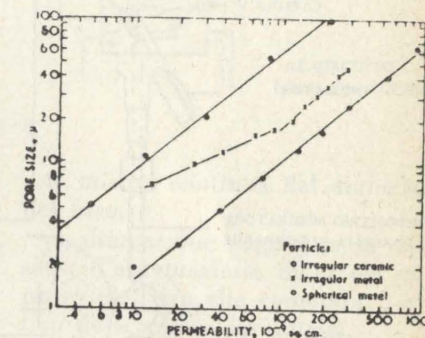


Fig. 4.

essiccamento, questo costituirebbe un inconveniente solo dal punto di vista del costo di esercizio: nel caso di impianto non automatico invece si può essere certi che nel 90 % dei casi l'utente non provvederà a rigenerare la carica di adsorbente (anche perchè, bisogna purtroppo constatarlo, il fornitore non sempre informa esattamente il cliente di questa necessità di frequente rigenerazione). Conseguenza diretta è che, dopo poche ore, o pochi giorni di funzionamento (dipenderà dal suo dimensionamento) l'essicatore diventa un semplice barilotto pieno di materiale inerte.

Claudio Rossi

#### BIBLIOGRAFIA

- PASTONESI, «Elementi di calcolo per macchinario di impianti chimici».  
 PERRY, «Chem. Eng. Handbook» - «Heat transmission».  
 FALINI, «Studio sulla sterilizzazione meccanica dell'aria».  
 V. T. MORGAN, «Filter elements by Powder Metallurgy».



# Controllo automatico delle macchine utensili

EDOARDO SPERANZA descrive lo schema di funzionamento delle « cassette d'automazione RIV », apparecchiature di controllo pneumatiche particolarmente utilizzabili per il controllo automatico delle macchine utensili.

Le apparecchiature di controllo pneumatiche ormai largamente affermatesi nel campo del collaudo dimensionale della produzione meccanica per le loro caratteristiche di economia, precisione, semplicità, permettono di realizzare massimi vantaggi qualora vengano utilizzate per il controllo automatico delle macchine utensili, in linea con i più recenti dettami dell'automazione.

A questo scopo la RIV produ-

ce « cassette d'automazione » che risultano dalla combinazione dei circuiti semplici dei comparatori pneumatici manuali « Simplex » e « Duplex » con speciali elementi, i relé pneumatici di precisione che sono in grado di trasmettere all'esterno impulsi in corrispondenza di predeterminati valori della pressione di misura. Questi impulsi, trasmessi al circuito della macchina utensile, ne attuano l'autocontrollo.

L'autocontrollo si risolve in pratica in una notevole economia determinata dalla eccezionale limitazione degli scarti e dal minore impegno del personale addetto alle macchine, nonché in un miglioramento qualitativo della produzione a seguito di una accentuata distribuzione dimensionale nella zona centrale del campo di tolleranza.

In queste note sono riportati alcuni schemi di realizzazioni attuate dalla RIV nel campo dell'automazione delle macchine utensili.

*Esempi di applicazione delle cassette d'automazione RIV al controllo delle macchine utensili.*

La (fig. 1) mostra lo schema di applicazione della cassetta d'automazione RIV per il controllo di una rettificatrice per diametri esterni. L'indicatore meccanico segna gli spostamenti dello stelo del calibro durante la prima fase della sgrossatura e nella finitura la capsula, del tipo V-matic ad ugello indiretto o del tipo L-matic ad ugello diretto, permette la misura continua del pezzo.

L'apparecchio è in grado di trasmettere alla macchina utensile un impulso elettrico per comandare l'inizio della finitura, un altro per il « mola-dorme » (per il recupero dell'elasticità del mandrino) ed un ultimo impulso per l'arresto del ciclo a raggiungimento della quota finale.

La (fig. 2) illustra lo schema per il controllo di un'operazione del tutto automatica di rettifica di un diametro esterno. All'istante opportuno nel ciclo di rettifica il cilindro pneumatico porta l'elemento calibrante sul pezzo in lavorazione. La dimensione viene misurata in modo continuo fino al raggiungimento della quota desiderata. Anche qui è possibile utilizzare gli impulsi elettrici della cassetta per comandare la macchina utensile.

In questa applicazione viene controllata la rettifica del foro co-

nico di un anello di cuscinetto. L'elemento calibrante è costituito da un semi-tampone conico in cui è stato praticato un vano per permettere il passaggio della mola.

Durante l'operazione di finitura i due ugelli diametralmente opposti attuano una accurata misura del diametro in una sezione dell'anello. La testa calibrante viene ribaltata attorno ad un perno durante le operazioni di carico e di scarico del pezzo. L'avanzamento della mola viene comandato dall'apparecchio fino all'arresto del ciclo a misura.

La (fig. 4) illustra un'applicazione simile alla precedente per l'automazione di un'operazione di rettifica di un foro cilindrico.

Il semitampone montato su un

dei relé pneumatici possono venire utilizzati per arrestare l'avanzamento trasversale di sgrossatura, e poi per finire « di misura » in due tempi, con l'avanzamento di finitura e col « mola dorme », oppure potranno venire usati per eseguire un'operazione di rinvivatura della mola prima della finitura finale.

Lo schema di (fig. 7) mostra un'applicazione della cassetta di automazione RIV ad una operazione di lappatura.

Poiché il mandrino ruota ed è dotato di movimento alternativo relativamente al pezzo, i due ugelli diametralmente opposti facenti parte del mandrino stesso, attuano

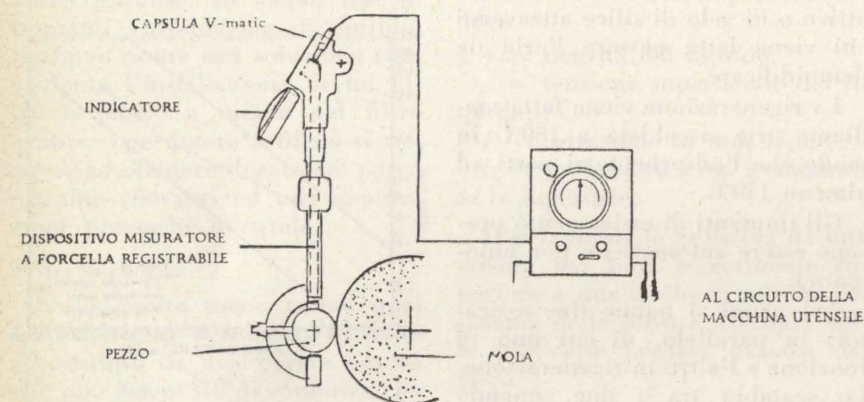


Fig. 1.

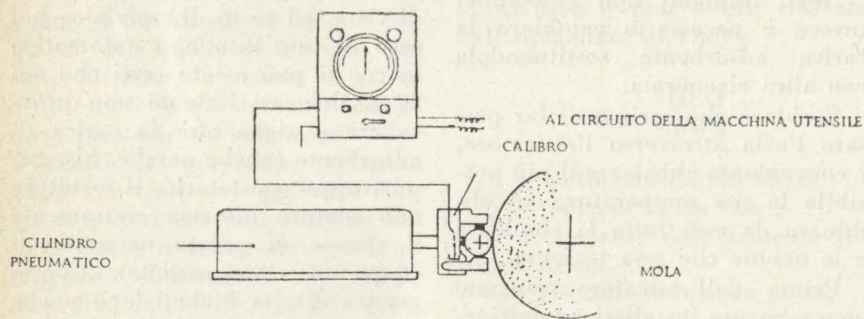


Fig. 2.

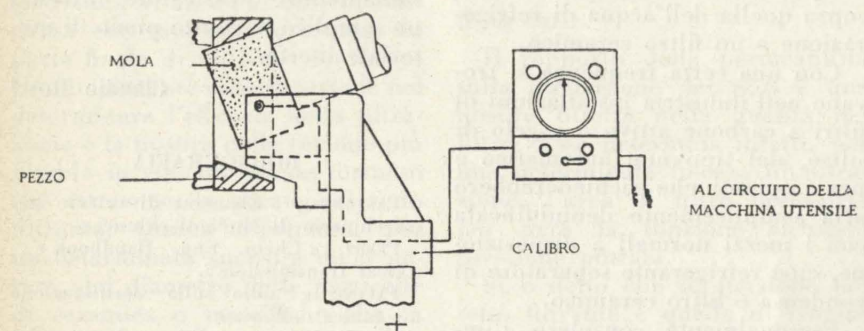


Fig. 3.

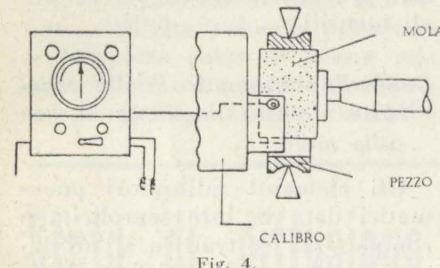


Fig. 4.

albero in protendimento del mandrino viene introdotto nel foro durante il ciclo di rettifica. Si ottiene così una misura continua ed il comando automatico della macchina utensile.

Nell'applicazione schematizzata in (fig. 5) la cassetta d'automazione RIV attua il controllo di una rettificatrice per interni.

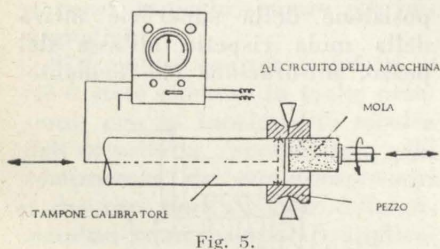


Fig. 5.

L'apparecchio è collegato mediante tubo flessibile ad un tampone calibratore pneumatico posto entro la testa porta-pezzo.

Questo tampone (che può girare con il pezzo in lavorazione) è animato insieme con la mola di un movimento alternativo ed entrando nel foro da rettificare ne misura il diametro ad ogni passata. Gli impulsi originati dallo scatto

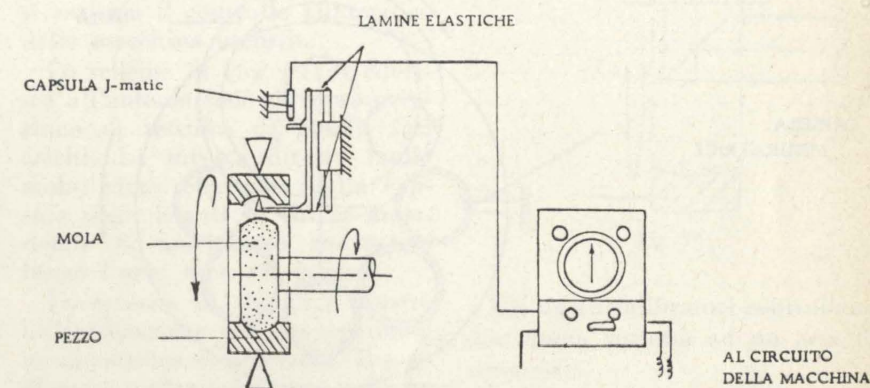


Fig. 6.

La (fig. 6) illustra lo schema di controllo automatico di una rettificatrice per gole di anelli esterni di cuscinetti a sfere.

Un palpatore meccanico, i cui movimenti influenzano l'efflusso di un ugello, permette di controllare la dimensione della gola. Gli impulsi derivanti dallo scatto dei relé pneumatici della cassetta di automazione RIV comandano l'inizio dell'operazione di finitura, il « mola dorme » e l'arresto del ciclo a misura.

Durante le fasi di carico e scarico del pezzo un cilindro pneumatico provoca l'allontanamento del palpatore dal pezzo.

una misura continua del diametro del foro.

A dimensione raggiunta la cassetta d'automazione invia un impulso elettrico che comanda il ritiro delle pietre levigatrici.

La (fig. 8) illustra un procedimento di controllo automatico di un lapidello orizzontale. I pezzi vengono montati su una tavola magnetica rotante (velocità di rotazione: 40 giri/min). La capsula misuratrice misura la quota dei pezzi rispetto al piano di appoggio.

Gli impulsi forniti dalla cassetta d'automazione RIV vengono utilizzati per il comando di fine

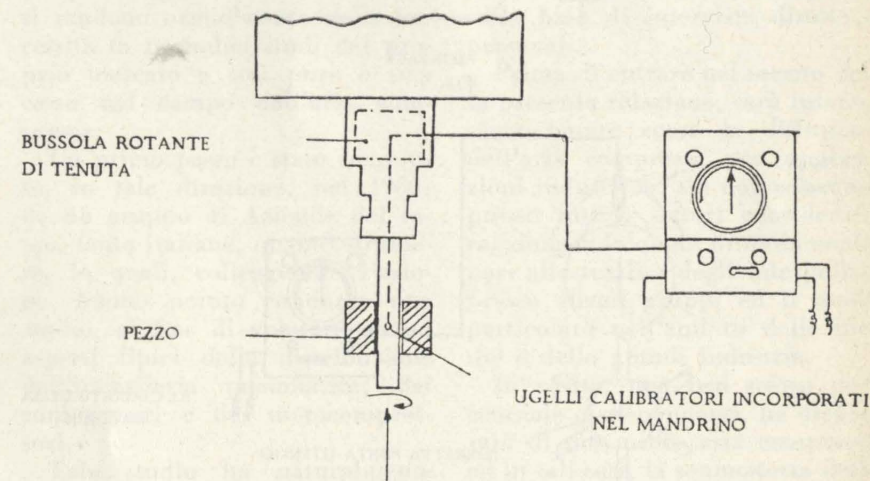


Fig. 7.



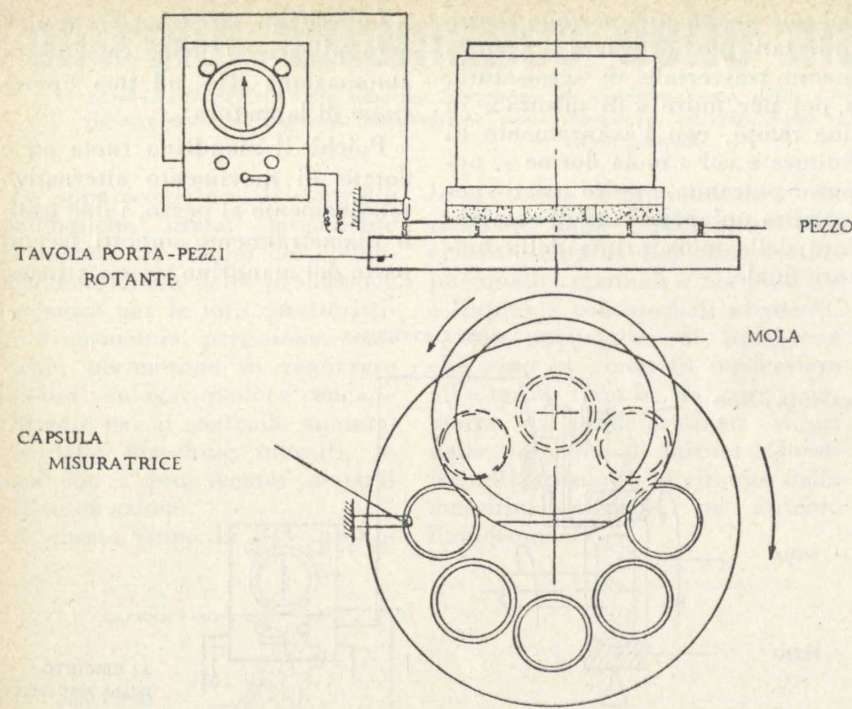


Fig. 8.

sgrossatura, fine finitura, fine ciclo a misura.

La (fig. 9) illustra un esempio di applicazione della cassetta di automazione RIV per controllo di una rettificatrice senza centri. Una capsula calibratrice misura la dimensione (diametro esterno) dei

pezzi all'uscita della rettificatrice. Gli impulsi segnalatori possono venire utilizzati per suddividere la produzione mediante selezione sul diametro e per correggere la registrazione della macchina (« feed-back »).

Il controllo non viene influenza-

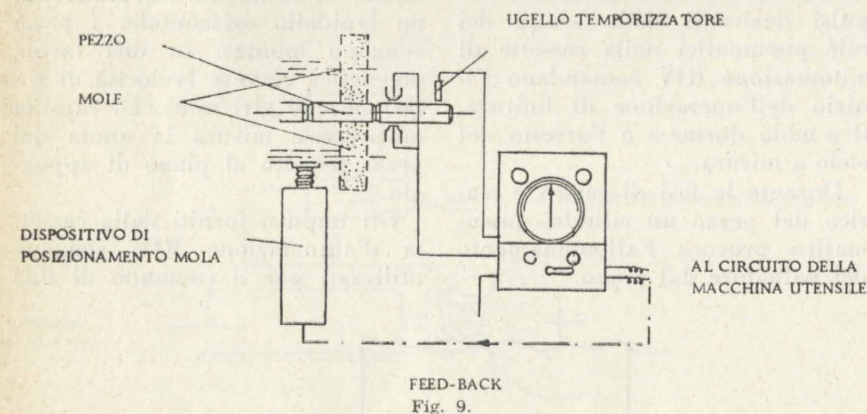


Fig. 9.

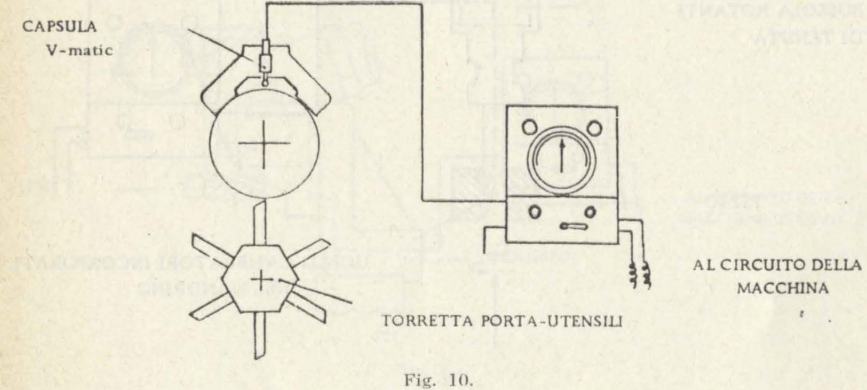


Fig. 10.

to da biselli sui bordi della superficie sottoposta a misura e nemmeno da eventuali intervalli tra un pezzo e l'altro.

La cassetta d'automazione è applicata, nell'esempio di (fig. 10) ad una operazione di tornitura.

Il calibro misura il diametro del pezzo dopo che la lavorazione è stata ultimata. Quando per usura dell'utensile il diametro del pezzo lavorato supera un limite prestabilito, la cassetta d'automazione invia un impulso alla macchina, determinando la rotazione della torretta che presenta così al lavoro un nuovo utensile. Quando la torretta ha eseguito una rotazione completa, ossia quando tutti gli utensili si sono consumati, la macchina si arresta fino a che l'operatore provvede alla sostituzione degli utensili.

#### Controllo automatico delle macchine utensili mediante misura sulla mola.

Gli elementi calibratori pneumatici data la loro semplicità e compattezza costruttiva si prestano assai bene alla misura di dimensioni pressochè inaccessibili; tuttavia in qualche applicazione nel controllo « in process » delle macchine utensili non è possibile procedere alla misurazione diretta del pezzo per ragioni di ingombro. Analoga difficoltà può essere sollevata dalla presenza di una superficie non continua del pezzo (ad esempio scanalata).

La RIV ha risolto il problema ricorrendo alla misurazione della posizione della superficie attiva della mola rispetto all'asse del pezzo, misurazione che evidente-

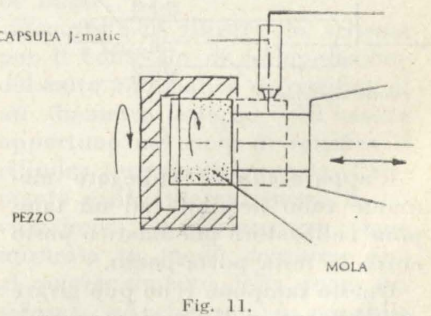


Fig. 11.

mente risulta del tutto indipendente dal consumo della mola stessa.

A prima vista potrebbe apparire

impossibile un'accurata misura su una superficie scabra e porosa come quella di una mola.

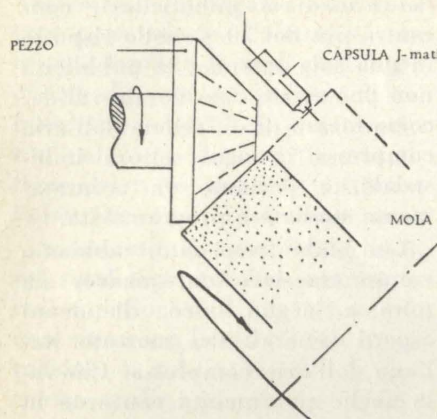


Fig. 12.

Esperienze effettuate hanno invece mostrato che la mola per effetto dell'alta velocità periferica si comporta come se avesse una superficie liscia e continua rispetto agli ugelli calibratori, ciò anche

grazie all'impiego del sistema RIV ad alta pressione.

Riportiamo qui di seguito alcuni esempi di applicazione della misura diretta sulla mola: l'elemento calibratore è una capsula standard del tipo J-matic che può essere collegata ad un apparecchio manuale RIV oppure assai più vantaggiosamente ad una cassetta d'automazione RIV, nel qual caso si realizza il controllo automatico della macchina utensile.

Lo schema di (fig. 11) si riferisce all'automazione di una operazione di rettifica di piccoli fori ciechi. La misura diretta (sulla mola) viene effettuata dalla capsula negli istanti in cui la mola, dotata di movimento alternativo lungo l'asse, esce dal pezzo.

Lo schema di (fig. 12) illustra un'applicazione per una operazione di rettifica di una fresa. Il problema è stato risolto come nel caso precedente.

Lo schema di (fig. 13) si riferisce all'automazione dell'operazione di rettifica della gola dell'anello esterno di cuscinetti a sfera.

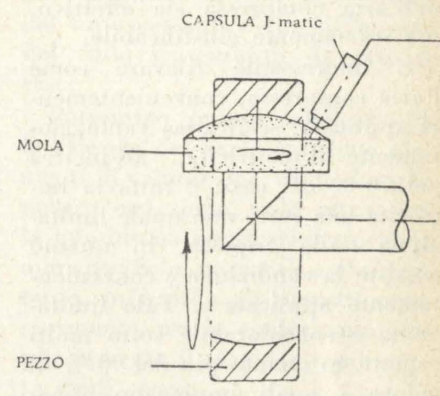


Fig. 13.

Gli ugelli calibratori controllano due quote rispetto ad un asse di simmetria.

Edoardo Speranza

## Stato di diffusione dell'utensileria pneumatica nelle fonderie

L. U. AGOSTEO riferisce sui risultati di uno studio, eseguito lo scorso anno, al fine di valutare alcuni aspetti tipici della distribuzione, esigenze di mercato e della produzione di utensileria pneumatica, compresori e motocompressori, in specie per quanto si riferisce alle lavorazioni di fonderia.

Il mercato italiano dell'aria compressa, esaminato non soltanto sotto il profilo produttivo, ma anche dal punto di vista distributivo, presenta alcune caratteristiche particolari, che possono classificarlo tra i mercati in continuo divenire ed in progressivo evolversi verso impieghi sempre più impegnativi.

Si è potuto constatare infatti, e ciò è stato ripetuto in molte occasioni, che la funzionalità tecnica dell'utensileria pneumatica, dei compressori, dei motocompressori e dei vari derivati, pur differenziandosi come campo di applicazione pratica, è simile come struttura economica, in quanto diretta a soddisfare esigenze di lavorazione ad ogni livello industriale.

Questi elementi, tra di loro congiunti ed esaminati in diretta e reciproca funzione, fanno del mercato italiano dell'aria compressa, un mercato dell'elevato « trend » produttivo e, di conseguenza, un mercato dalla viva forza industriale e commerciale.

Ad un elevato « trend » produttivo, deve necessariamente corrispondere un altrettanto elevato andamento distributivo e, conseguentemente, è sorta la necessità di valutare la portata dei fenomeni mercatistici, connessi ad un progressivo allargamento dell'area produttiva e distributiva.

Tutti gli Operatori Economici, di qualsivoglia ramo industriale, si rendono ormai conto della necessità di periodici studi del proprio mercato e così pure è successo nel campo dell'aria compressa.

Un primo passo è stato compiuto, in tale direzione, nel 1960; da un gruppo di Aziende del ramo, tanto italiane, quanto straniere, le quali, collegando l'azione, hanno potuto condurre uno studio, al fine di valutare alcuni aspetti tipici della distribuzione dell'utensileria pneumatica, dei compressori e dei motocompressori.

Tale studio ha naturalmente avuto dei precedenti, ma quello

al quale ci riferiamo, ha il pregio di essere uno dei pochi esperimenti di analisi congiunta, i cui risultati sono serviti a più società dello stesso settore.

Non crediamo necessario soffermarci a dettagliare il metodo seguito per la raccolta delle informazioni, limitandoci a segnalare che lo studio è stato condotto secondo il metodo del campione, sulla base di interviste dirette e personali.

Prima di entrare nel merito della presente relazione, sarà interessante notare come la diffusione dell'aria compressa per applicazioni industriali, sia notevolissima presso tutti i settori considerati, raggiungendo quote proporzionali, pari alla totalità degli interpellati presso alcuni gruppi ed il modo particolare nell'ambito delle medie e delle grandi industrie.

In verità, una ben scarsa percentuale di rispondenti, ha dichiarato di non usare aria compressa ed in tali casi, la sommatoria delle argomentazioni negative, è sempre



inferiore alla percentuale di coloro i quali non esprimevano un giudizio in merito.

Tale comportamento, ha indotto a ritenere che il « non uso » dell'aria compressa sia effettivo, ma scarsamente giustificabile.

È interessante rilevare come l'aria compressa, convenientemente applicata, sostituisca vantaggiosamente l'elettricità, all'incirca nel 70 % dei casi; è tuttavia implicita una certa non quale limitazione della risposta, in quanto sussiste la condizione « convenientemente applicata ». Tale limitazione è considerabile sotto molti aspetti, in quanto più del 90 % di coloro i quali impiegano apparecchi per la lavorazione funzionanti ad aria compressa, confermano di usare anche apparecchi funzionanti elettricamente.

Dobbiamo tuttavia ritenere che gli apparecchi usati, funzionanti naturalmente ad aria compressa, vengano applicati « ad hoc », anche se le applicazioni, nella grande maggioranza, non vanno più in là dei tradizionali impieghi dell'aria compressa.

Parrebbe quindi di argomentare che l'aria compressa e l'elettricità non si escludono a vicenda, anche se la coesistenza è possibile in sola funzione degli specifici usi ai quali gli apparecchi vengono destinati.

Per quanto concerne infine l'uso al quale meglio si addicono gli apparecchi funzionanti ad aria compressa, lo stesso subisce delle notevolissime flessioni positive e negative, in dipendenza delle aziende interpellate e della consistenza delle aziende stesse.

Tutti noi sappiamo che l'aria compressa in Italia, vede l'applicazione e l'utilizzo di materiale di fabbricazione nazionale e di fabbricazione estera, in misura percentualmente superiore a quanto succede nei restanti mercati industriali.

È un fenomeno che non può essere ignorato, nè tanto meno sottovalutato e che, in ultima analisi, ha già creato anticipatamente le basi di ciò che potrà essere la fisionomia derivante dalla progressiva attuazione del mercato comune europeo.

Dati tali principi, gli utenti l'utensileria pneumatica, ritengono che la produzione nazionale e la produzione estera, non siano sullo stesso piano, tanto dal punto di vista del rendimento, quanto dal punto di vista dell'economia di manutenzione.

Una tale opinione, così espressa, potrebbe dare luogo ad interpretazioni di parte, mentre va confermata come opinione positiva nei riguardi della produzione estera.

Una discreta quota di aziende italiane, ritiene infatti che la produzione estera, in questi ultimi tempi, abbia sensibilmente progredito nella diffusione del prodotto, nei vari settori della industria italiana.

Giova per altro aggiungere che le quotazioni permangono a livelli cari e comunque tali da costituire talora un ostacolo per la diffusione e l'estendersi del prodotto, anche presso quelle industrie che, allo stato attuale delle cose, non consumano ancora aria compressa.

È interessante notare a questo punto, in comparazione con precedenti ricerche, che la positività nei riguardi del rendimento e della manutenzione del prodotto estero, venga determinata nel corso di poco più di tre anni, considerando il fatto che, sino a tre anni fa appunto, tale rendimento e tale economia di manutenzione, venivano considerati negativamente.

Il fenomeno è sintomatico e sta ad indicare come la semiologia economica delle aziende produttrici e distributrici articoli di produzione e marca straniera, abbia dato esiti positivi e che, soprattutto, l'industria italiana ne abbia a sua volta risentito, reagendo positivamente ad un'azione di vendita e di propaganda intelligentemente svolta.

Poichè abbiamo parlato di pubblicità, o meglio di propaganda del prodotto, valga precisare ancora che le aziende italiane ritengono sufficiente la pubblicità svolta dalle varie case e considerano tale pubblicità, in linea di massima, svolta con criteri abbastanza razionali.

Se si considera però che il ricordo delle società produttrici e distributrici, proprio in funzione dei « media » pubblicitari, concentra più del 30 % delle risposte in una sola azienda, la pubblicità non può essere considerata valida, come mezzo di diffusione dell'aria compressa in ogni settore industriale, e pertanto va accuratamente studiata e programmata.

Con tale resoconto, abbiamo voluto tracciare un quadro, sia pure a larghe linee, di alcuni aspetti generali del mercato italiano dell'aria compressa. Ciò vale anche per quanto concerne lo stato di diffusione dell'utensileria pneumatica nelle fonderie, oggetto della presente relazione.

Le fonderie italiane, esaminate e separatamente e congiuntamente con gli altri settori, sono state classificate secondo la loro consistenza, considerandosi piccole le fonderie aventi sino a 50 dipendenti, medie quelle aventi sino a 500 dipendenti e grandi quelle aventi oltre 500 dipendenti.

Si potrà obiettare che, stante le caratteristiche di impiego presso le fonderie, una suddivisione più dettagliata avrebbe potuto mettere in risalto anche gli aspetti peculiari dell'uso della utensileria pneumatica. Se ciò è senz'altro vero, è altrettanto vero che lo scopo dell'inchiesta non era tanto quello di scendere nel dettaglio, quanto quello di « dare un'idea » del mercato e servire di base per successive ricerche specifiche, che tutti noi ed in modo particolare l'Associazione Italiana dell'Aria Compressa, ci auguriamo e programiamo per un futuro molto prossimo.

Ciò premesso, i risultati relativi alla classe « fonderie », indicano come l'uso dell'aria compressa per applicazioni industriali, sia quasi del tutto universale appunto nei riguardi delle fonderie stesse.

La media di tale uso, è pari al 93 % generale, con una punta minima dell'87 % circa, presso le piccole fonderie.

Tale uso deriva, in massima parte, da varie constatazioni che gli operatori economici del ramo

hanno potuto fare in più riprese. La più frequente è la constatazione che l'aria compressa, convenientemente applicata, sostituisca vantaggiosamente l'elettricità. In misura assoluta le reali possibilità offerte da una sostituzione di tal fatta, sono del 65 % circa, mentre, nel 26 % dei casi, non si ritiene del tutto possibile sostituire l'elettricità con l'aria compressa.

Solamente in pochissimi casi, del tutto trascurabili e comunque mai superiori al 4 %, le fonderie non ritengono possibile tale sostituzione, e tale opinione si concentra nelle piccole e medie aziende.

È interessante notare come, a tale domanda, pochissimi non abbiano saputo o voluto rispondere, cosa che può far ritenere che il problema sia non solo stato più volte affrontato, ma realisticamente sperimentato.

L'uso degli apparecchi per la lavorazione, funzionanti ad aria compressa, conferma la percentuale dell'uso dell'aria compressa per applicazioni industriali, cosa del resto logica, stante l'interdipendenza dei due fenomeni.

Si può tuttavia constatare come anche presso quelle fonderie nelle quali l'aria compressa assume un valore notevolissimo di impiego, vengano usati anche apparecchi consimili ai precedenti, ma funzionanti elettricamente.

Tale duplice impiego od uso « aria compressa-elettricità », raggiunge il 94 % medio, con una punta massima del 98 %, presso le grandi fonderie.

Concludendo quindi la disamina di questi due parametri, possiamo dire che, in linea teorica, si considera l'aria compressa sostituibile all'elettricità, mentre in linea pratica si continuano ad impiegare apparecchi funzionanti ad aria compressa ed apparecchi funzionanti elettricamente.

L'uso al quale meglio si addicono gli apparecchi funzionanti ad aria compressa, vede ai primi posti i vibratori per fonderia, i pestelli, le formatrici e le sbavatrici, seguendo via via altri utensili, le cui applicazioni non sono

considerate in diretta funzione della lavorazione, ma piuttosto delle esigenze accessorie dell'azienda.

Non va trascurata infatti la possibilità che la domanda relativa, pur posta nei termini migliori, abbia generato alcune perplessità, tra uso di apparecchi destinati alla lavorazione ed esistenza di apparecchi ad aria compressa.

Per rigore di documentazione, citiamo qui di seguito gli utensili pneumatici che sono stati indicati dagli interpellati, secondo l'ordine progressivo delle relative percentuali:

- pestelli,
- vibratori,
- smerigliatrici,
- sbavatrici,
- formatrici,
- presse,
- martelli,
- trapani,
- sabbiatrici.

A questo punto dello studio, sono state poste due domande, che possiamo considerare complementari una dell'altra e di valutazione reciproca.

Si è cioè chiesto innanzi tutto di specificare quali tipi di utensile pneumatico, da un punto di vista di stretta applicazione pratica, venissero maggiormente usati e quindi quali, dei tipi citati od indicati, fossero, per esperienza diretta, considerabili di maggior rendimento.

Come si può constatare, le domande tendevano non solo ad individuare i tipi di utensile pneumatico maggiormente impiegati, ma anche il valore di resa, ponendo in tal modo ricavare un terzo dato comparativo.

Esaminiamo ora i tipi di maggior interesse:

I vibratori per fonderia, nel 19 % dei casi vengono considerati di maggiore uso ed a tale percentuale corrisponde un valore del tutto analogo, per quanto concerne il rendimento.

I pestelli per fonderia, nell'11 per cento dei casi, vengono considerati di maggior uso ed a tale

percentuale corrisponde un analogo valore di rendimento.

Altrettanto dicasi per le formatrici (12 % circa) e via via per gli altri apparecchi, con percentuali del tutto costanti e con differenze del tutto trascurabili da caso a caso.

Potremmo quindi ritenere che le aziende del ramo traggono elementi di valutazione, di qualunque natura essi siano, solo attraverso la quotidiana applicazione pratica alle specifiche necessità e che pertanto, indicando gli utensili maggiormente usati, confermano implicitamente il maggior rendimento degli stessi.

Per evidenti motivi, non possiamo soffermarci in questa sede ad esaminare e commentare i dati, oltremodo interessanti, raccolti sulle marche di utensili pneumatici diffusi presso le fonderie italiane.

Non possiamo però fare a meno di ricordare come una sola azienda del settore aria compressa, superi il 30 % nel ricordo degli utilizzatori, raggiungendo più precisamente il 35 % medio generale.

Solo altre sei società del ramo vengono ricordate, ma con valori del tutto inferiori.

Il fenomeno va esaminato alla luce delle risultanze ricavate dalle domande sulla pubblicità delle aziende del ramo, risultati ai quali ci richiameremo più innanzi.

Ritornando all'argomento principale della relazione, e più precisamente alla questione « produzione nazionale - produzione estera », vorremmo richiamarci innanzi tutto alla fisionomia del mercato attuale dell'aria compressa, onde meglio illustrare il significato dei risultati di tale domanda.

Tale mercato, come già abbiamo detto in precedenza, vede di fronte produttori nazionali e distributori esteri, che hanno in comune il grande problema di educare buona parte degli utilizzatori, al corretto uso dell'aria compressa.

Questo problema, ragione principale dell'esistenza dell'Associazione Italiana dell'Aria Compressa, involge anche quelli del ren-



dimento e dell'economia di manutenzione.

Sono, questi, due caposaldi della quotidiana fatica degli uffici tecnici di ogni azienda del ramo e le opinioni espresse dagli utilizzatori hanno indubbiamente una grande importanza, anche se il rendimento e la economia di manutenzione, sono in diretta funzione del corretto impiego sopra citato.

Premesso ciò, varrà considerare i risultati anche in funzione dell'elemento prezzo, parametro ricavato « dopo » la domanda « resa-manutenzione ».

Le fonderie italiane non ritengono che, nel campo dell'utensileria pneumatica, la produzione nazionale e la produzione estera siano sullo stesso piano, tanto dal punto di vista del rendimento, quanto dal punto di vista dell'economia di manutenzione.

Esse danno una leggera preferenza alla produzione estera, specie per quanto riguarda l'economia di manutenzione ed in misura meno accentuata, per quanto riguarda il rendimento.

Tali opinioni che vedono oscillazioni reciproche del 18-20 %, possono venire confermate anche dalla diffusa opinione che gli operatori economici del ramo manifestano, circa il grado di introduzione, raggiunto in questi ultimi anni, dalle società straniere in Italia.

Più della metà degli interessati, ritengono infatti che tali aziende abbiano progredito nell'introduzione dei loro prodotti in Italia e comunque solo l'8 % circa, esprime un giudizio decisamente negativo in merito.

Affrontando il problema delle quotazioni attuali del mercato italiano dell'utensileria pneumatica, queste vengono generalmente classificate come « care », con una distribuzione di valori economici, che vanno da un massimo del 5 % di quotazioni carissime, ad un minimo del 12 % di quotazioni abbastanza care.

In linea generale tuttavia, ripetiamo, l'opinione più diffusa è quella di quotazioni care, opinione che raggruppa la media più elevata di percentuali, vale a dire il 20 %.

Riepilogando quindi, le fonderie italiane, così giudicano le attuali quotazioni:

carissime 5 %;

molto care 22 %;

care 19 %;

abbastanza care 12 %.

Giova per altro precisare che il 25 % degli interpellati, ha dichiarato di ritenere tali quotazioni normali, mentre un restante 15 %, non si è sentito in grado di esprimere un giudizio in materia.

L'uso dell'utensileria pneumatica nelle fonderie, nonostante le opinioni ed i giudizi sui prezzi, va comunque diffondendosi sempre più; oltre la metà delle aziende interpellate, dichiara infatti di ritenere per esperienza che l'utensileria pneumatica sia in progressivo sviluppo presso tale settore, con una percentuale del tutto costante, tanto presso le piccole, quanto le medie e grandi fonderie.

Nessuna azienda, non solo in linea relativa ma anche in linea assoluta, esprime un giudizio di regresso e soltanto il 5 % non è in grado di dare una risposta al quesito.

Abbiamo in precedenza accennato al fenomeno del grado di ricordo delle aziende del settore aria compressa, nei riguardi delle fonderie.

Tale fenomeno può essere illustrato attraverso l'esame dei risultati, relativi, ad una serie di domande sulla pubblicità, domande che concludevano lo studio di mercato.

Quasi la metà delle fonderie, e più precisamente il 47 %, ritiene che la pubblicità sin qui svolta dalle varie case, per propagandare la loro produzione, sia sufficiente. Il 13 %, non ritiene invece suffi-

ciente tale pubblicità ed il 26 % è in dubbio.

Tali percentuali variano leggermente, quando si tratta di esprimere un giudizio sull'esecuzione pubblicitaria, ossia se la pubblicità risulti svolta con criteri razionali e cioè « ben fatta » nel vero senso della parola.

I giudizi decisamente positivi sommano infatti al 40 %, decrescendo via via nella scala dei valori, sino ad un 13 % che dichiara di ritenere senz'altro mal fatta la pubblicità all'utensileria pneumatica.

A questo punto, allorché gli interpellati vengono posti di fronte ad una domanda di ricordo di società, in funzione della pubblicità, le percentuali risultano quasi identiche a quelle del ricordo di società in funzione delle applicazioni pratiche.

Ancora una volta una sola azienda raccoglie più del 30 % del ricordo, seguita da altre società del ramo, con un sintomatico 14 % di « non ricordo ».

Concludendo quindi questa nostra breve relazione sullo stato di diffusione dell'utensileria pneumatica nelle fonderie, potremmo dire che quasi la totalità delle fonderie usa apparecchi per la lavorazione funzionanti ad aria compressa, pur mantenendo anche utensileria elettrica. Gli operatori economici danno una lieve preferenza al prodotto estero, stante la maggior economia di manutenzione ed un più elevato rendimento.

I prezzi di vendita sono generalmente considerati cari, e ciò quindi può influire sul progressivo sviluppo degli impieghi dell'utensileria pneumatica.

Una pubblicità maggiormente curata e svolta con criteri più tecnico-didattici, gioverebbe senz'altro alle aziende del ramo, non dimenticando infine che il settore delle fonderie, presenta aspetti di mercato oltremodo interessanti, e da non trascurarsi affatto.

L. U. Agosteo