

RASSEGNA TECNICA

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

LEONARDO E LE MACCHINE

Il prof. GIUSEPPE MARIA PUGNO, Preside di Facoltà nel Politecnico di Torino e Presidente della locale Sezione dell'Associazione Meccanica Italiana, ha tenuto la conferenza che abbiamo il piacere di pubblicare come prolusione al ciclo di temi posto in programma per il 1956 dalla benemerita A.M.I.

Leonardo si afferma alla Corte di Lodovico il Moro come organizzatore della festa del «Paradiso». Le macchine e gli apparecchi somministratori di energia. Le macchine e gli apparecchi utilizzatori dell'energia: i veicoli semoventi, le macchine di guerra, le macchine tessili, gli apparecchi per il volo. Attualità ed inconfondibilità dell'opera leonardesca nel progetto e nella rappresentazione delle macchine.

Festosa e fastosa fu la Corte del Principe Lodovico Sforza; Corte privata dapprima, durante la vita del misero duchino Gian Galeazzo, ma che non tarderà ad essere la Corte del vero Duca di Milano; è detta la più splendida d'Europa dopo il crollo di quella di Borgogna. Splendida per il fasto de' cavalieri, per l'avvenenza delle dame, per il ricco stuolo degli ambasciatori delle varie Corti che si onorano d'aver rappresentanza presso quella Casa che per un ventennio saprà attirare lo sguardo ammirato dell'Europa tutta, per la folla di tutti coloro che ambiscono d'essere chiamati al servizio dell'inclita schiatta Sforzesca e che, per converso, ancor più e ben più graziosamente, l'onoreranno nei secoli.

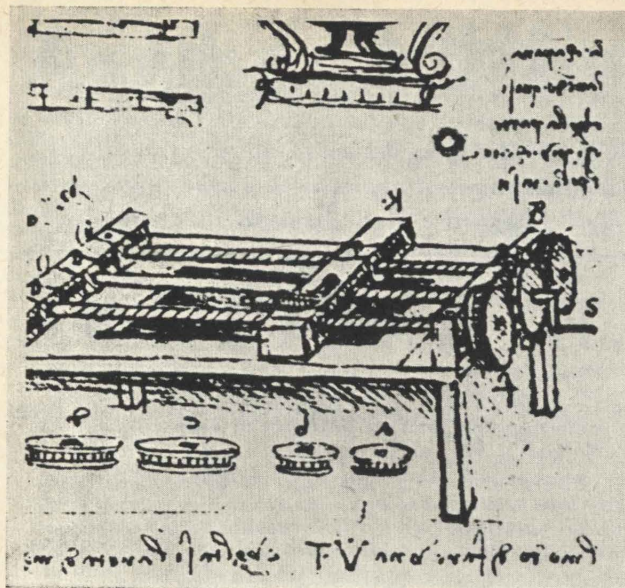
Ma ahimè! la vita di questi artisti — artefici o architetti o artigiani o ingegneri (i «machinari», si diceva allora) — magistralmente tratteggiata dal Malaguzzi Valeri, è faticosa e grama a Milano, come del resto a Firenze, a Napoli, a Torino, a Roma; costoro, al fine di evitare la concorrenza e di istituire una sorta di assicurazione, si congiungono spesso in società di due, tre, quattro e anche più; sì da poter meglio, o meno peggio, riuscire a fronteggiare il mal vezzo, assai diffuso tra la nobiltà milanese, di tirare in lungo il pagamento dell'opera commessa per mesi ed anche per anni; difatti contar non si possono i casi di artisti, artefici e «machinari» condotti al più disperato bisogno.

Pietro Marchesi, il quale ha dipinto la sala verde «a fazoli» del Castello, è obbligato a scongiurare il Podestà di difenderlo dai creditori che egli non può soddisfare, creditore insoddisfatto egli stesso, a sua volta, essendo. Così Zanetto Bugatto è ridotto a tali estremi da dover scongiurare il Duca di pagargli finalmente i numerosi ritratti fatti a lui, alla Duchessa, al primogenito, alle amanti sue e perfino al cane chiamato «Bareta». Stefano Fedeli, il Montorfano, Vincenzo Foppa, Cristoforo Moretti si lamentano che tante loro fatiche non abbiano fruttato che parole. Un poco più di sollecitudine dimostrano i Duchi quando si tratti di obbligare altri a pagare quegli artefici od artisti i quali, per avventura, siano anche loro creditori,

quasi che il costringere altri ad un determinato obbligo annulli o diminuisca il proprio; oppure quando si tratti di pagare, almeno in parte, il debito contratto col mettere il creditore nelle condizioni di non pagare i proprii. Così Giorgio della Corgna è, in parte, pagato dal Duca Lodovico per mezzo di un ordine da lui impartito al Podestà di Cremona, nella cui giurisdizione si trova il misero Giorgio, di fargli un salvacondotto per proteggerlo dalle molestie dei suoi creditori.

E poichè l'esempio vien dall'alto, gli Imprenditori, gli Agenti, i Commissari ducali trattano del pari i loro sottoposti. Bartolomeo Gadio, da Galeazzo Maria preposto alle opere civili e militari, riduce a tali strettezze l'architetto Danesio Maineri e l'ingegnere Maffeo da Como, posti alle sue dipendenze, che il primo, nel 1468, ammalato e povero, è costretto a chiedere aiuto al Duca affermando che, in caso di rifiuto, non gli resta se non darsi «nelle mani del Turco per uscire dalle mani d'esso Bartolomeo»; e il secondo sarebbe morto se non avesse avuto pietà di lui quel Cicco Simonetta, provvido ministro di due Duchi Sforzeschi, che perderà la testa per la sua fedeltà al terzo; costui nel pieno splendore del suo prestigio, come della sua onnipotenza, aiuta Maffeo da Como, quel «poverelo» di ingegnere, il quale a casa sua, come dice Cicco, «tra fioli, mogliera ed altri» ha nientemeno che «bocche undeci» che «moreno de fame». Anche lo stesso Bramante, che il discepolo suo Cesare Cesariano denomina «paziente figlio de paupertate», rivolge al Moro del quale, del resto, è tra gli amici e tra i protetti, non infrequenti querele; e, al fine di renderle più accette, le stende perfino in rima.

Ma, non ostante tutto ciò, la Corte di Ludovico il Moro, che segna pur sempre un periodo fulgido della storia milanese, è peraltro l'ambita mèta di artisti, architetti, ingegneri, artefici, artigiani. Tra tutti, un giovane toscano giunto nella Capitale del Ducato non si sa bene come e perchè; se mandato da Lorenzo il Magnifico al Moro a richiesta di questo principe o ad iniziativa di Lorenzo o venutosene di volontà propria. Se solo o accompagnato da altri, come un certo Atalante o

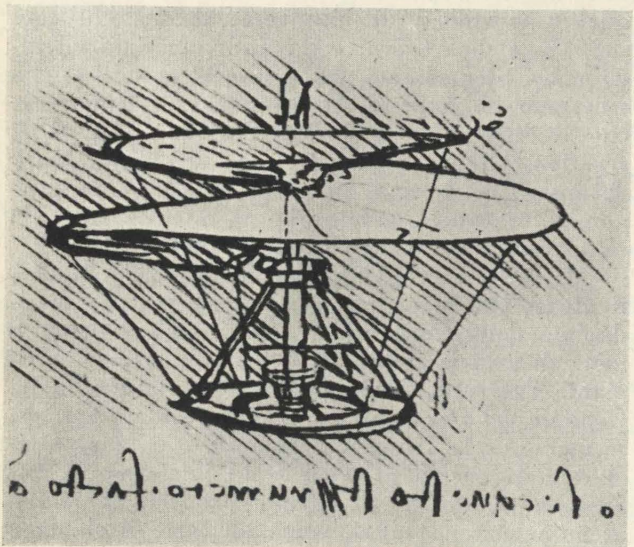


Manoscritto B foglio 70 verso - Macchina per filettare.

un certo Tommaso Masini, strano tipo, quest'ultimo, mezzo mago e mezzo avventuriero, che sa e che tratta di tutto un po'.

Anche il giovane artista toscano è un « poverello »; tutta la sua ricchezza sta nel ricavato dalla vendita di una catasta di legna da ardere avuta, prima di partire da Firenze, dai Monaci di San Donato a Scopeto, in compenso dell'abbozzo di una « Adorazione dei Magi ». È figlio di un Piero notaro e di una Cattarina che non è sua moglie e che sposerà poi in fretta e furia un certo Accattabriga — un bel nome programmatico per un marito! —; ha lasciato, fanciullo, il luogo natio, un paesino a mezza strada tra Empoli e Pistoia, per andarsene a Firenze dove si è guadagnato da vivere nella bottega di un certo Andrea di Cione detto il Verrocchio; obliato ed abbandonato dal padre il quale, forse per far dimenticare la sua svista con Cattarina — svista per la quale i Posterì, di fronte alla legge umana, gli concederanno le circostanze

Manoscritto B foglio 83 verso - Il primo elicottero.



attenuanti — ha condotto all'altare, questa volta legittimamente, una dopo l'altra, ben quattro mogli, tutte e quattro mogliettine dai 15 ai 18 anni: Albiera di Giovanni Amadori, Francesca di Giovanni Lanfredini, Margarita di Francesco di Jacopo di Guglielmo, Lucrezia Cortigiani.

Sa far tante cose questo figlio di Piero e Cattarina venuto da Firenze! Ma è così presuntuoso da osare — poco tempo dopo, a quanto pare, il suo arrivo a Milano — di indirizzare una lettera al Principe Ludovico, nella quale non scrive cosa che non affermi di saper fare; e per ismuover meglio l'incredulità dell'eccellentissimo destinatario, aggiunge con mirabil sicumera: « E se alcune delle sopradette cose ad alcuno paressino impossibili e non fattibili, mi offro paratissimo a farne esperimento in parco vostro, o in qual luogo piacerà a Vostra Eccellenza ».

Il Moro ne ride, poi sorride, poi ascolta, poi crede, poi l'ammirerà, poi lo compenserà da principe: generosamente ma quando sarà quasi tardi. Gli è che questo diavolo di toscano dipinge, suona, disegna, parla in modo da incantare; e, quando parla, par che sottolinei ogni sua parola con certi gesti suavisivi e tanto pieni di grazia e di garbo delle sue belle mani che sembrano possedere ciò che gli ospiti stranieri venuti di Francia con Re Carlo, del Moro amici ma in breve volger d'anni, sotto Re Luigi, di lui nemici, vincitori e carcerieri, denominano la « éloquence des mains ».

Questo strano e interessante tipo sa poi fabbricare tanti complicati meccanismi, tanti curiosi aggeggi, tanti utili apparecchi e tanto ingegnosi strumenti che il Moro incomincia a credergli e un po' per questo motivo e un po', forse, per collaudarlo, pensa di affidargli, come gli affida, l'organizzazione tecnica della « Festa del Paradiso » in onore della Duchessa Isabella d'Aragona che ha lasciato il limpido sole e l'azzurro mare di Napoli per sposare il Duchino Gian Galeazzo e divider con lui il freddo e nebbioso Castello pavese. Qui Lodovico, Principe ma non ancor Duca, fa il tutore di Gian Galeazzo e il Re Maggiordomo in casa di lui e quindi deve pensare a tutto organizzare e, tra l'altro, anche la festa del « Paradiso ». Si tratta di una specie di mitologico planetario ove le stelle, i pianeti e gli dèi, rappresentati da danzatori, danzatrici e mimi, presi nei vortici di una complicata e fantasiosa ma ordinata giostra, ripetono quasi quella degli astri del firmamento, donde il nome di « Paradiso ». Ma non è tutto; chè vi sono anche piattaforme che girano, quinte che si alzano, nuvole che veleggiano, scenari che si sostituiscono in piena azione. E tutto, regole del moto, figurazioni, costumi degli abitatori dell'Olimpo risuscitati e scritturati per l'occasione, armamentari ed apparecchiature per dar vita a tutta quella baracconeria, è uscito dalla mente fervida, dalla ingegnosa fantasia, dalle mani fatate di quel Leonardo. I versi soltanto sono frutto della penna, più che della testa, del Bellincioni, un non del tutto ignorato poeta — poeta di Corte — che aveva lasciato — anch'egli — la stenterella Corte fiorentina per quella più prodiga, in certi casi, mila-

nese; ma astri, ninfe, divinità e tutti adattano quanto dicono o cantano a quanto fanno e a quanto avviene attorno ad essi; e quel che fanno e quel che avviene è stabilito e mosso da Leonardo.

Il successo del « Paradiso » è splendido. Tra i più entusiasti sono il Duchino Gian Galeazzo e la Duchessa Isabella che alla Corte spagnolesca di Napoli tronfia e pigra non aveva mai visto nulla che rassomigliasse a quel ben ordinato seppur complicato e scapigliato armeggio; il Moro, il quale è soddisfatto nel veder la sua pensata così meravigliosamente realizzata, anzi magnificata e nell'udire che il popolo, divertito e soddisfatto, incomincia ad abituarsi a gridar « Moro, Moro », ed infine gli Ospiti stranieri che, ritornati in patria, avran mirabili cose da narrare. Ma non aspetta a ritornare alla sua Ferrara, l'ambasciatore estense per riferire, perchè già la sera stessa o, meglio, forse, la mattina stessa, invia al suo Signore, per il di lui personale sollazzo, una ghiotta ed accurata relazione sulla festa. E per nostra fortuna! Perchè essa è il documento più completo che noi possediamo su quell'avvenimento storico che rappresenta l'ingresso — come dire — omologato di Leonardo nel dominio affascinante della Meccanica e delle Macchine nel quale così splendidamente e trionfalmente saprà costituirsi in seguito Dominatore e Signore.

Il successo raggiunto da Leonardo col suo « Paradiso » dovette essere veramente lusinghiero perchè immediatamente dopo ricevette un incarico simile. Galeazzo Sanseverino Capitano sforzesco, ma già votato alle fortune di colui che sarà l'Usurpatore, tanto che nel 1479 gli aveva consegnata la città di Tortona centro militare del Ducato affidato alla sua sorveglianza, incarica l'instancabile artefice di organizzargli una giostra. Per nostra ventura in quell'epoca Leonardo tiene al suo servizio un piccolo mariuolo — Jacomo — il quale gliene fa di tutti i colori, sì che l'adirato suo padrone riversa la piena della stizza in amare constatazioni che affida alla carta. I posterì vengono così a sapere, insieme alle mariuolerie di Jacomino, alcuni importanti particolari sulla vita di Leonardo. Vengono cioè a sapere che il ragazzo è « ladro, bugiardo, ghiotto », che una sera a « ciena » versa il vino, rompe tre ampole, « mangia per due e fa male per quattro » e che ruba « un grafio de la valuta di 22 soldi a Marco ». Ma son mescolate a queste notizie altre ben più importanti: per esempio che in quell'epoca son compagni di Leonardo Mastro Giacomo Andrea da Ferrara, Agostino da Pavia, un Giovanni Antonio — forse il Boltraffio — un Marco d'Oggiono; che la festa del « Paradiso » ha avuto luogo nel 1490, che quella in casa Sanseverino ha luogo nel 1491, che anche qui si tratta, tra l'altro, di piattaforme girevoli, di carrelli che si muovono in piani verticali descrivendo circonferenze, di pavimenti che si muovono sotto i piedi degli invitati obbligandoli a fare i conti con le forze d'inerzia, insomma di tutte quelle cose che, per quanto i tempi mutino, si ritrovano ancor oggi nei baracconi e nelle fiere carnevalesche.

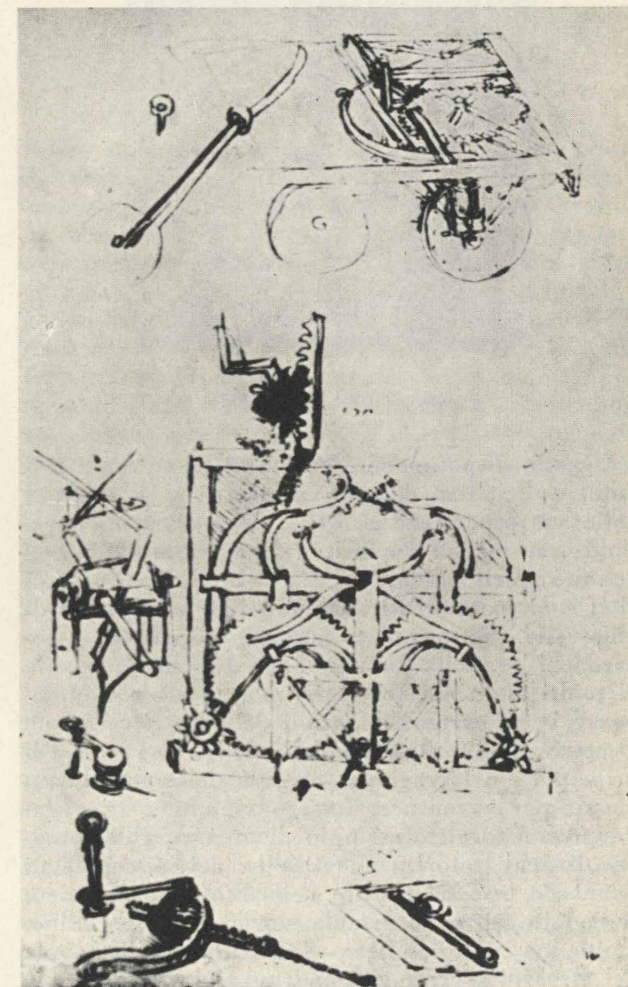
Ma in tutto ciò sta soltanto una specie di scher-



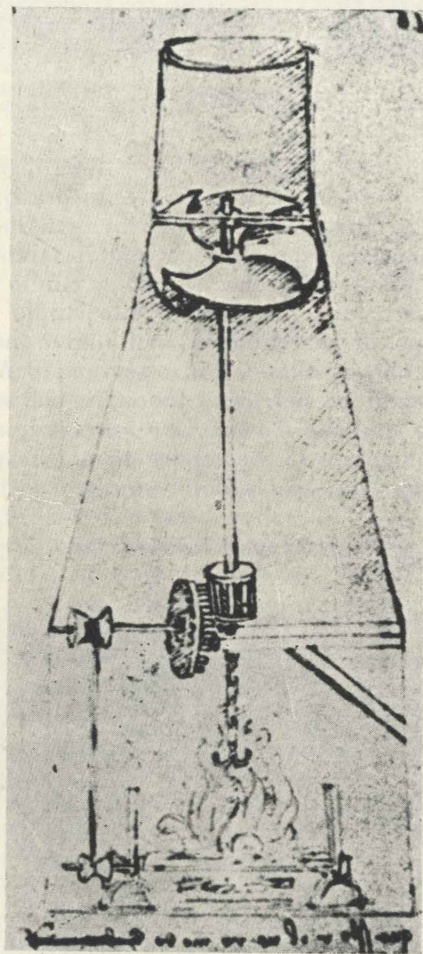
British Museum - Carro armato e carro falcato a mulinello.

maglia in quel cimentarsi di Leonardo con la Meccanica e le Macchine; non è ancora quell'impugnarsi a fondo che fa sì che in ogni luogo nel quale Leonardo ponga la sua non instabile dimora, accanto al camerone adibito a studio di pittura, ne stia un altro adibito allo studio ed alla costruzione di macchine. E nell'uno e nell'altro discepoli che ascoltano, che osservano il Maestro, che si cimentano nei primi tentativi, che si perfezionano e spiccano il volo. Uno solo tra questi non lo abbandonerà e lo accompagnerà poi in quel suo peregrinare che sarà la dolorosa ventura degli ul-

Cod. Atl. foglio 296 verso a - Carro automobile mosso da molle e munito di un differenziale.



timi anni della sua vita: Francesco Melzi; questi ne raccoglierà l'ultimo respiro e, per quel diritto di testare dalla sua nascita illegittima negato a Leonardo ma dal favore sovrano restituitogli, potrà ricevere nelle sue mani il corpo dei manoscritti leonardeschi oggi testimonianza perenne dell'opera di quel Grande.



Cod. Atl. foglio 5 verso a - Girarrosto ad aria calda.

Questa disposizione d'animo di Leonardo a diffondere l'anelito del suo pensiero ed i risultati delle sue esperienze a tutti coloro che collaboravano con lui ha conferito all'opera sua un ben definito spirito didattico; il codice Atlantico e gli altri suoi manoscritti sono pieni di massime e di didascalie. Sotto questo aspetto l'opera di Leonardo si presenta in una luce diversa da quella di molti altri Maestri suoi predecessori e contemporanei che erano gelosissimi dei loro ritrovati ed insegnavano l'imitazione delle forme ma non « li principia » e la ragione generale delle cose quando essi, per avventura, fossero riusciti a carpirla. Per avere un altro esempio di un vivaio di consapevoli realizzatori come quello dei discepoli di Leonardo bisogna risalire nella Storia delle Scienze, ed in particolare nella storia delle macchine, molto ma molto indietro: addirittura alla Scuola del meccanico greco-alessandrino Ctesibio che visse

in Egitto circa un secolo prima di Cristo sotto il regno di Tolomeo Evergete. Costui versatissimo, per quanto allora si poteva essere, nella meccanica in generale e nell'idraulica in particolare, si contornò di discepoli prima tra i quali fu la stessa sua moglie Taide pure distintasi per cognizioni in cose di meccanica e il più illustre dei quali divenne poi Erone il vecchio le cui opere sole ebbero la ventura di riuscire a fendere le nebbie medioevali e ad essere note, almeno in parte, già ai tempi del primo Rinascimento.

Della scienza delle macchine — « Scienza strumentale over machinale », scrive Leonardo, « che è nobilissima e sopra tutte l'altre utilissima, conciossiachè mediante quella tutti li corpi animati che hanno moto fanno tutte le loro operazioni » —, Leonardo ha un concetto stranamente e mirabilmente moderno, difatti egli se ne ripromette l'economia massima nella fatica, nell'impegno, ossia, in una parola, nell'intervento dell'uomo; la massima precisione il meno possibile da quell'intervento dell'operatore influenzata e il massimo rendimento ossia la « disciplina delle forze », com'egli dice.

Appunto quell'economia dell'impegno e della fatica dell'uomo sono il suo fine ultimo, la mèta suprema; e, per ottenerla, egli si preoccupa, prima di tutto, di creare strumenti che gli offrano l'energia motrice — la « forza », com'egli dice — e mezzi per diminuire le resistenze ed evitare gli sprechi di energia.

Le sorgenti di energia motrice sono da Leonardo ravvisate nell'energia muscolare di uomini e di animali, nella trasformazione in cinetica dell'energia potenziale di pesi che sian lasciati cadere, in quella contenuta nelle grandi masse d'aria che tende a salire, nelle cadute d'acqua o nelle correnti d'acqua con piccola caduta ma con grande massa, nella attitudine ad occupare un assai più grande volume dell'acqua che si trasforma in vapore, e, infine, nell'energia immagazzinata da molle fortemente deformate.

Se Leonardo non conobbe i carri motori progettati da Giovanni Fontana, fratello di Domenico il grande architetto dell'altrettanto grande Papa Sisto ed anch'egli ingegnere famoso, perchè morto ventun anni prima della nascita di lui, Leonardo conobbe certamente quelli proposti da Roberto Valturio eclettico ideator di meccanismi. E, senza dubbio, per primo disegnò un qualche cosa che possa storicamente e tecnicamente accettarsi come il progenitore dell'automobile e particolarmente del carro armato. Dapprima pensò ad utilizzare l'energia sviluppata da uomini contenuti nel veicolo i quali, attraverso sistemi demoltiplicatori di velocità e quindi moltiplicatori di sforzo, mettevano in moto una ruota motrice; poi disegnò la famosa testuggine con quattro ruote motrici e direttrici mosse da otto uomini; poi ancora giunse alla trasmissione indipendente per ciascuna ruota proponendo anche un roteggio che può riguardarsi come il progenitore del differenziale. In un secondo tempo tentò di utilizzare l'energia sviluppata da molle fortemente deformate ma, mentre i particolari delle varie da lui ideate trasmissioni

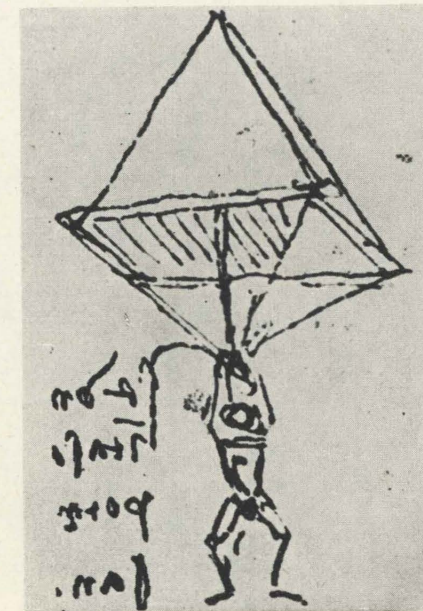
sono accuratamente descritti col disegno, i dispositivi escogitati per utilizzare l'energia delle molle rimangono ancora alquanto oscuri.

Caratteristica utilizzazione della prevalenza dell'aria calda sulla fredda è il famoso girarrosto nel quale lo spiedo è mosso in rotazione continua appunto dalla corrente d'aria calda — scaldata dallo stesso fuoco che cuoce l'arrosto — la quale sfogandosi nel camino ostruito da una specie di elica, per poter proseguire il suo moto ascensionale è costretta a mettere in rotazione l'elica; questa, mediante un ingranaggio di ruote coniche, mette in rotazione lo spiedo. Ma si noti che questo apparecchio ha in sé una certa attitudine autoregolatrice in quanto ad una maggior vivezza del fuoco corrisponde una maggior violenza di fuoriuscita dell'aria calda per il camino, un maggior momento di rotazione applicato all'elica che si traduce in una maggiore velocità angolare di essa e quindi anche in una maggior velocità angolare dello spiedo. Leonardo ha disegnato un altro girarrosto, ma questa volta azionato dalla forza muscolare di un operatore. È inutile! Anche i più grandi uomini non hanno trascurato del tutto la gastronomia. Anche gli eroi d'Omero — com'ebbe a dire lo Stecchetti, ossia Olindo Guerrini, pensando a quelle tremende mangiate descritte nell'*Iliade* e nell'*Odissea* — « a tempo e loco, sanno fare da eroe come da cuoco »!

Abbiamo anche il disegno di un mulino a vento con la sua brava banderuola per orientarlo nel modo più conveniente, fronte al vento; peraltro altri aveva già disegnato prima di Leonardo un apparecchio simile.

È invece merito di squisita priorità sua il disegno di una caldaia con una parete mobile funzionante da stantuffo nella quale per essere portata ad ebollizione una massa d'acqua, questa si trasforma in vapore e tende ad occupare un volume molto maggiore con la conseguenza che lo stantuffo viene spostato e si genera energia meccanica. Generalmente sono indicati come antesignani nella storia delle macchine a vapore Salomone di Caus, Dionigi Papin e Giorgio Stephenson. Salomone di Caus, nato a Dieppe 27 anni dopo la morte di Leonardo cioè nel 1756 e morto a Parigi all'età di 50 anni, scrisse bensì varie opere tra le quali la più notevole è intitolata « La raison des forces mouvantes avec diverses machines tant utiles que plaisantes » nella quale descrive diversi apparecchi mossi dalla forza espansiva del vapore, tutti fondati però sul principio già espresso, nel suo spirito e nella sua applicazione, dal disegno di Leonardo. Papin, invece, nato a Blois in quella prestigiosa regione che può ben dirsi il giardino dei Re tanto è costellata di località celebri nella storia della Francia del Rinascimento, Blois, Cloux, Amboise, Loches, Remorantin, Marmoutier e così via, nato a Blois, dicevo, nel 1647 e morto in Inghilterra nel 1714 era dapprima stato medico, ma poi innamoratosi della Fisica, oggi diremmo più precisamente della Fisica Tecnica, alle lezioni di Cristiano Huyghens che aveva aperto scuola a Parigi su invito di Colbert, divenne uno tra i più

apprezzati discepoli del Maestro Avricense. Se non che nel 1680, in causa di uno di quei decreti contro i calvinisti che precedettero e prepararono la revoca dell'editto di Nantes, il nostro Papin, il quale era calvinista, dovette emigrare in Inghilterra che accoglieva volentieri i perseguitati anche semplicemente per fare un dispetto alla Francia. Qui divenne discepolo e domestico di Roberto

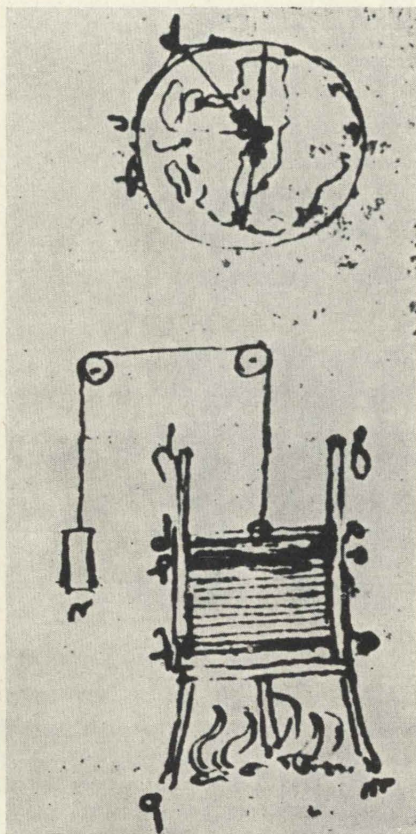


Cod. Atl. foglio 381 verso a - Paracadute.

Boyle il quale, per aver trascorso qualche anno della sua giovinezza a Ginevra, aveva probabilmente contatti con personalità calviniste; tranne un breve periodo di tre anni dall'81 all'84 vissuto nelle vicinanze di Venezia, rimase il Papin in Inghilterra fino al 1867 nel quale anno fu chiamato ad insegnare nella Università di Marburgo dal Langravio d'Assia. Qui fabbricò tra l'altro la sua famosa macchina nella quale, dopo aver sperimentato senza successo la deflagrazione della polvere pirica come sorgente di energia, sfruttava la forza espansiva del vapore secondo i concetti di Leonardo e di Simone di Caus. Pertanto la priorità di Papin non consiste nell'aver pensato al vapore come mezzo procacciatore di energia, piuttosto nella utilizzazione di questa energia come mezzo di propulsione di battelli. Sono noti i particolari della disavventura toccata al Papin il quale per dimostrare le applicazioni della sua arte, appunto espone nella « Ars nova », aveva costruito un battello con propulsione a vapore che dai contadini ignoranti, stupefatti e spaventati fu distrutto presso Brema sul Weser. Anche il merito essenziale dello Stephenson non consiste nell'aver riconosciuto la possibilità di utilizzare la forza espansiva del vapore, bensì nell'averla indirizzata alla propulsione terrestre.

Abbiam detto più sopra che altro fine di Leonardo era quello di ottenere il maggior rendimento delle forze applicate alle sue macchine, cioè di

disciplinarne nel modo migliore l'azione e nel ridurre al massimo le resistenze passive. E, in queste sue ricerche, è evidente l'impostazione scientifica dei suoi procedimenti. Così ad esempio è diventata famosa una figura contenuta al foglio 211 recto a) del Codice Atlantico nel quale è messa in relazione l'altezza del tiro (di un paio di buoi nel caso della figura) con l'altezza del mozzo delle ruote del



Cod. Leicester foglio 10 recto - La caldaia a vapore con coperchio mobile.

veicolo di diametri diversi. Ma ancor più sorprendente è il modo rigorosamente scientifico nel quale è impostata la questione dell'attrito, sia radente tra due porzioni di superficie piane a contatto, sia volvente sia di un qualche cosa che — forse — può farsi stare in mezzo tra i due cioè di quello che si produce su rulli o sfere o perni. Le figure con le quali Leonardo accompagna le sue elucubrazioni sono già quelle che ancor oggi si osservano in un moderno testo di Macchine nel capitolo riservato alle resistenze d'attrito. Le conclusioni poi alle quali Leonardo giunge sono già quelle che, ancor oggi, la teoria dell'attrito ci addita e possono come appresso esprimersi: La resistenza d'attrito dipende dalla natura dei materiali posti a contatto; dipende dal grado di polimento — Leonardo dice « lubricità » — delle superficie stesse; dipende dall'esistenza di una estranea materia interposta tra le due superficie e di qui tutta la gamma delle materie lubrificanti che agiscono come minutissime sferette o minutissimi cilindretti interposti; è indipendente dell'estensione

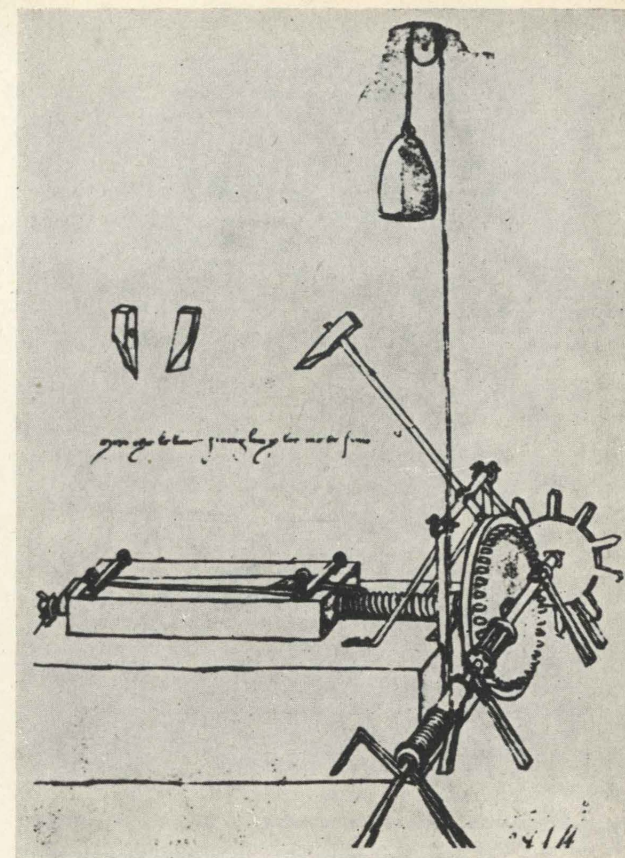
della superficie comune tra i due corpi a contatto. Ed è pur vero che quest'ultima legge, quantunque soltanto in parte confermata dall'esperienza, è completamente accettata in sede teorica anche oggi. È poi veramente interessante osservare di quale perspicacia fosse lo spirito speculativo di Leonardo rivelantesi in uno specialissimo se pur importantissimo caso particolare; difatti, al foglio 132 verso del Codicetto Förster, Leonardo parla della più vistosa « confregazione di un peso al principio del suo moto » il che ci permette di riconoscere come Leonardo abbia colto il fenomeno detto dell'attrito di primo distacco. Il coefficiente d'attrito, espresso dal rapporto tra la resistenza massima di attrito generata tra due superficie e lo sforzo perpendicolare alle medesime che causa l'attrito può, anche secondo Leonardo, mutare da caso a caso, ma egli ne considera un valore medio atto anche soltanto ad impostare una prima orientazione di eventuali calcoli; e questo valore medio è per lui circa 1/4.

La naturale esiguità dell'energia a disposizione ebbe per conseguenza di spingere Leonardo verso lo studio delle macchine operatrici ed è precisamente in questo campo che il genio suo ebbe modo di splendere di più vivida luce. È notissimo il grosso argano per sollevamento e trasporto di gravi pesi come artiglierie contenuto in uno dei codici di Windsor, un completo cavafanghi ove tanto l'apparecchio escavatore come le secchie sono minutamente disegnate, il castello progettato per trasportare l'imponente statua di Francesco Sforza; ahimè il povero Duca morì, il suo quarto successore perdetto il trono, la inclita schiatta Sforzesca andò in isfacelo, il castello per trasportare il monumento fu disegnato, ma il monumento non fu fuso. « Il duca perse lo stato, la roba e la libertà e nessuna cosa si fece per lui » commenta amaramente Leonardo riferendosi a Ludovico il Moro che gli aveva commesso il monumento; ma un poco colpevole di non aver fatto la « cosa » o, almeno, di non averla terminata fu anch'egli, Leonardo; fatto il modello, precisate le modalità di fondita, prescritto ogni particolare di realizzazione, il monumento aveva perso per lui quasi ogni interesse; era fatto così! La macchina per incidere lime nella quale ad un acuminato martello che cadeva sul pezzo da incidere ad intervalli regolari era affidato il movimento di lavoro, mentre ad un carrello porta-pezzi che si spostava ad ogni rialzamento del martello di « costante tratta » era affidato il movimento di alimentazione; torni di vari tipi tra i quali il modello di un tornietto da orologiaio con punta, contropunta regolabile, menabrida, volano e pedale sul tipo di quello degli artotini per imprimere il movimento rotatorio al pezzo da tornire e un modello di tornio per fabbricare viti ove l'utensile veniva trasportato da un carrello spostato per l'alimentazione da due grosse viti dello stesso passo di quella da creare e il moto di lavoro era conferito al pezzo con velocità angolare eguale a quella dei vitoni di comando del carrello; un tornio per tornire ovale o ellitticamente. Quest'ultimo tornio del quale non conosciamo bene

il funzionamento perchè la descrizione, annunciata, non ci è pervenuta, dovette essere di costruzione particolarmente delicata perchè egli la affidò ad uno dei suoi artefici da lui più vivamente apprezzato in lavori di precisione: un certo Giulio tedesco.

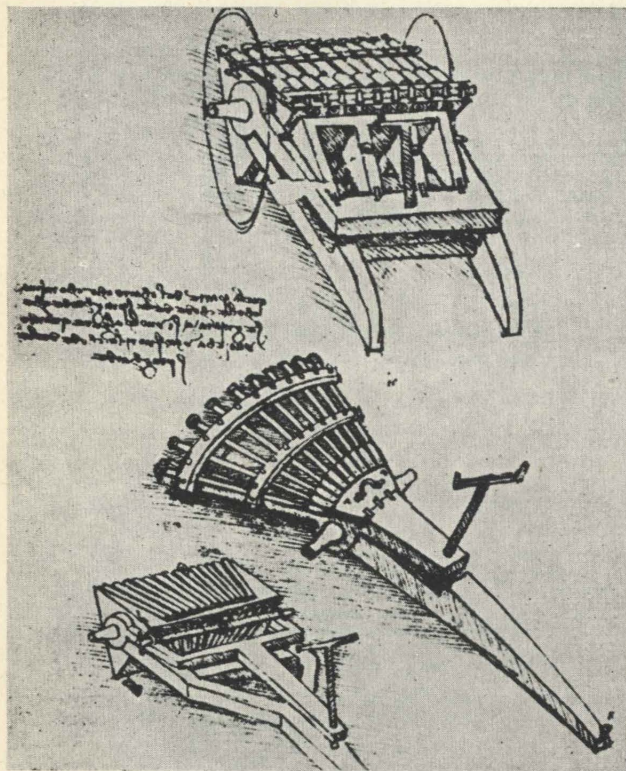
Era impossibile che Leonardo si disinteressasse dell'arte tessile; a quell'epoca, e specialmente nella sua Firenze eran chiamate nobilissime le arti della lana e della seta e le corporazioni relative erano state industrialmente e finanziariamente tanto potenti da assumere anche importanza politica eminente. Leonardo si afferma nell'arte tessile con due importanti innovazioni una nel campo della filatura, e l'altra in quello della tessitura e precisamente con l'incannaggio e con la cimatura. La prima operazione è quella indirizzata all'avvolgimento del filo su rocchetti a forma di cilindro, bombato o no, o a forma di un doppio cono con basi affacciate (C. A. 393 verso a); in questa operazione occorrono due moti: quello di avvolgimento, rapido, e quello alterno, lento, del guidafilo da sincronizzarsi col precedente nel senso che il secondo deve invertirsi dopo un determinato e fisso numero di giri nel primo. Di qui gli studi di Leonardo relativi alla conversione del moto circolare continuo in moto rettilineo alterno e viceversa. Leonardo disegna anche batterie di rocchetti (C. A. 2 verso a) che si differenziano dagli attuali « ring » soltanto per il motore. In un certo senso le batterie di Leonardo possono riguardarsi anche come le progenitrici, in parte, dei moderni filatoi automatici comunemente detti *self-acting* e dei « rings ». La cimatrice è una macchina di rifinito, ossia, come dicono molti tecnici dell'arte, di « finissaggio » con voce barbarissima, brutta ed indigeribile; e precisamente serve a rasare i tessuti facendo scorrere su di essi una tagliente lama. La cimatrice di Leonardo (C. A. 397 recto a) era in sostanza una macchina a quattro cilindri a due a due affacciati che prendevano tra loro il panno e lo obbligavano a passare sopra i coltelli che lo rasavano. Caratteristica fondamentale della macchina era la grande precisione del lavoro e il grande risparmio di mano d'opera: un operaio in luogo di quattro o cinque. Non risulta che la macchina di Leonardo sia stata diffusa allora. Come accadde per molte invenzioni di Leonardo, anche la cimatrice fu riscoperta in Inghilterra nella seconda metà del '700 e tanta era l'economia ch'essa permetteva di realizzare in fatto di mano d'opera che le maestranze videro in essa un pericolo e si abbandonarono a proteste violente giungendo perfino ad una organizzata sommossa. La cimatrice di Leonardo fu nuovamente scoperta in America verso la fine dell'800 con relativo scandalo degli operai e relativa sommossa. E chissà che ai tempi di Leonardo proprio questo stesso motivo sia stato quello di impedire il diffondersi, in una Società immatura, di un ritrovato proposto da una mente troppo avanti rispetto ai suoi tempi.

In un'epoca nella quale l'ambizione di coloro nelle mani dei quali stavano le sorti dell'Italia continuamente percorsa dal fremito della guerra,



Cod. Atl. foglio 6 retro b - Macchina per intagliare lime azionata da peso caduta.

era sempre alla ricerca di nuovi mezzi di distruzione, Leonardo non poteva non essere richiesto di indirizzare il suo genio alla creazione di nuovi e sempre più micidiali strumenti di guerra. Fondamentalmente Leonardo non era un uomo di guerra, bensì un uomo di pace; giudicava la guerra come una pazzia e scriveva: « E tu uomo, che consideri in questa mia fatica l'opere mirabili della natura, se giudicherai essere cosa nefanda il distruggerla, or pensa essere una nefandissima cosa il tôrre la vita all'uomo; se questa sua composizione » — cioè la vita del corpo — « ti pare di meraviglioso artificio, pensa questa essere nulla rispetto all'anima che in tal architettura abita » nel quale brano Leonardo presenta la vita dell'uomo, animata dall'anelito e nobilitata dalla simiglianza divini, come dono supremo da custodire e da proteggere. Nel progetto e nella costruzione delle armi, Leonardo ebbe lontani ed anche prossimi precursori. Tra questi ultimi è degno di particolare menzione il già ricordato Roberto Valturio da Rimini, vissuto alla fine del 1400 che era una specie di consigliere e Maestro delle armi, ossia una specie di Ministro della guerra in miniatura, di Sigismondo Pandolfo Malatesta signore di Rimini. Il nome di Roberto Valturio rimase acquisito alla Storia in causa dell'opera di lui « De re militari », opera voluminosa in 12 libri stampata per la prima volta a Verona nel 1484 e nella quale sono disegnate macchine, attrezzi, strumenti bellici e perfino un sommergibile; tutti questi disegni ebbero evidente



Cod. Atl. foglio 56 verso a - Mitragliatrice.

influenza su Leonardo perchè in certi particolari i disegni di lui a quelli evidentemente si richiama. Citeremo, tra le altre creazioni belliche di Leonardo, semplicemente i cannoncini disegnati nel C. A. al foglio 26 verso b, muniti di carrello e di dispositivi per imprimere alla bocca da fuoco la necessaria inclinazione in modo agevole e rapido, i modelli di bombarde disegnati sempre nel C. A. al foglio 1 verso a, il primo esempio di cannone a retrocarica con dispositivo d'accensione automatico a percussione ottenuto dallo scatto di una molla fortemente deformata disegnato nel C. A. foglio 1 verso b, il modello di un cannone che lancia un proiettile utilizzando la forza espansiva del vapor d'acqua disegnato nel Ms. B al foglio 33 recto, il modello di un cannone a molte canne disposte a raggiera e, occorrendo anche in diversi strati, disegnato nel C. A. al foglio 26 recto b, un apparecchio per insidia sottomarina disegnato al foglio 336 del C. A.

Sul proiettile lanciato dalla forza espansiva del vapore è interessante notare, a semplice titolo di curiosità, ch'esso è già citato in un'opera del Petrarca il quale non poteva aver avuto conoscenza nè dei ritrovati del Valturio nè di quelli di Leonardo perchè vissuto prima di loro. Nel cannone a canne multiple, denominato cannone ad organo, possiamo agevolmente ravvisare il progenitore della moderna mitragliatrice. Relativamente all'apparecchio che permetteva di lavorare sott'acqua così nel senso reale di « sotto alla superficie » come nel senso figurato di « nascostamente, insidiosamente », Leonardo comincia col dire che non vuole manifestarlo, tanto gravi dice essere i malanni ch'esso

può produrre a danno degli uomini, ma poi finisce col disegnarlo al foglio sopra indicato senza dimenticare però di aggiungere, accanto al disegno, due frasi che sono tutto un programma. Una è la seguente: « Guasterò il porto »; l'altra è gravida di minaccia: « Se infra quattro ore non vi renderete, n'andrete a fondo ». E il protagonista e la causa di tutte queste belle cose è una specie di scafandro.

Non possiamo dimenticare, dacchè parliamo di guerre, di aggressioni e di terribili mezzi apportatori di morte, di ricordare, quantunque abbia poca attinenza con le macchine, se non nei mezzi per realizzarla, ossia nei trabocchetti, che Leonardo può riguardarsi come uno dei pionieri nella micidiale tecnica dei gas asfissianti. Al foglio 69 verso del Ms. B scrive: « Sia gitato infra i navili nimichi con trabocchetti chalcina e orpimento sottile e verderame in polvere e tutti quelli che nello anelito piglieranno della polvere coll'anelito si tramortiranno; ma guarda tu avere il vento che non ti mandi la polvere incontro overamente avere al naso e la bocca una sottile peza bagnata acciò la polvere non passi ». E questa « peza bagnata » è naturalmente la prima maschera antigas.

Sono noti gli studi e le esperienze di Leonardo in fatto di volo; un codicetto speciale è dedicato a questa materia. Egli appare assai più figlio di Icaro che padre dei fratelli Giuseppe e Stefano Montgolfier fabbricanti di carta ad Annonay, difatti egli si è dedicato — si può dire esclusivamente — al volo ottenuto mediante la portanza delle ali, piuttosto che a quello permesso dalla prevalenza dell'aria calda o di un gas leggero.

Ma egli è ben lungi dall'accontentarsi, come Icaro, di copiare dalla natura le forme; egli ne indaga invece il segreto, carpando dei vari organi lo spirito e il contenuto funzionale. Non dunque le ali incollate con la cera come aveva fatto il povero Icaro, ma ben precise snodate rigorosamente disegnate ed appropriate tendinature. Egli annuncia così l'aeroplano: « Dal monte » — egli intende il monte Ceceri presso Fiesole sulle pendici del quale Leonardo, dopo il crollo della Casa Sforzesca, si era ridotto ad abitare — « che tiene il nome del grande uccello, piglierà il volo il famoso uccello ch'empierà il mondo di sua gran fama ».

L'inventore del paracadute è generalmente indicato in Fausto Veranzio nato nel 1551 a Sebenico e morto a Venezia nel 1617; era costui nipote di Antonio Veranzio diplomatico imperiale, fatto in seguito, in riconoscimento dei suoi meriti, arcivescovo di Strigonia e primate d'Ungheria e, infine alcuni giorni prima della sua morte, creato Cardinale. Per mezzo di questo potente protettore, il nipote Fausto potè dedicarsi in tranquillità ai suoi studi preferiti, cioè agli studi delle macchine pubblicando nel 1595 un trattato intitolato « Machinae novae » col quale si segnalò per anticiparvi alcune nozioni ed alcuni ritrovati relativi all'aeronautica; tutto ciò non gli impedì di fare anche una certa carriera ecclesiastica e venne difatti nominato Vescovo « in partibus ». Leonardo riprendendo scientemente o inscientemente la questione del

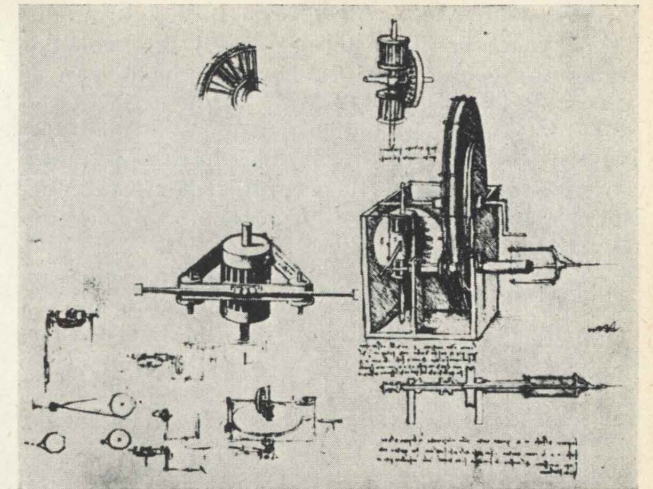
paracadute al foglio 381 verso a del C. A. scrive: « Se uno uomo à un padiglione di pannolino intasato che sia 12 braccia per faccia e alto 12, potrà gittarsi d'ogni grande altezza senza danno di sè ». Sapeva Leonardo che esistono in natura animali dotati di un vero e proprio paracadute come i così detti « pleurotteri » nei quali gli arti posteriori sono collegati alla coda da una membrana a forma di vela che l'animale può aprire stendendo ed allargando le zampe? È difficile dare risposta a questa domanda.

È invece assolutamente certa la priorità di Leonardo in fatto di elicotteri. Difatti al foglio 83 verso del Ms. B scrive: « Strumento a vite che voltato con prestezza si fa la femmina nell'aria e monterà nell'aria ». Io credo che nessuna definizione del comportamento dell'elicottero potrebbe essere più chiara e più suggestiva; possiamo dire che a Leonardo si riferiscono direttamente il La Cierva autore del così detto autogiro e Vittorio Isano l'autore dell'elicogiro che furono i progenitori dei moderni elicotteri.

I disegni di Leonardo conferiscono la loro impronta a tutta la progettazione meccanica uscita nei secoli XVI e XVII cui sono particolarmente legati i nomi di Agostino Ramelli, Fausto Zonca, Gerolamo Cardano e il già ricordato Fausto Veranzio.

Agostino Ramelli nato a Ponte Tresa nel 1531 e morto nel 1600 si trovò a militare sotto il re di Francia Carlo IX nelle guerre di religione ma, nel 1572 seguì Enrico, fratello di Carlo, in Polonia dove era stato eletto ed acclamato Re. Nel '74 seguì nuovamente Enrico in Francia dove questo principe dovette succedere al fratello brevissimo tempo sopravvissuto alla strage di S. Bartolomeo da lui stesso ordinata. Nel 1588 mise fuori un trattato intitolato « Diverse e artificiose macchine del Capitano Agostino Ramelli » ove descrisse un mulino idraulico, un mulino a vento, un carro da guerra anfibia, una teleferica con carrelli mobili su rotaie di legno, pompe di tipi vari a moto rotatorio e alternato. Nel 1560 si trova in Piemonte dove prende parte alle fazioni tra Francesi che occupavano ancora Torino, Chivasso, Chieri e Pinerolo, e Spagnoli che occupavano Asti e Santhià. Dalle valvole coniche disegnate da Leonardo nei manoscritti oggi conservati presso l'Istituto di Francia nascono le così dette « sopate » del Ramelli il cui termine francese (*soupape*) italianizzato altro non significava che valvola; dai « mantici senza corame » di Leonardo nascono le « ruote eccentriche dentro le sopracoperte » ossia i capsulismi delle pompe del Ramelli. Ancora dai medesimi mantici di Leonardo, dai suoi torni, dai suoi torchi, nascono le soffierie, le macchine utensili, le macchine da stampa dello Zonca; nel foglio 288 recto b del C. A. Leonardo disegna addirittura quel giunto o sospensione che poi si chiamerà cardanica; dalle sue macchine per incannare discendono direttamente quelle per la torcitura delle funi inventate dal Veranzio.

Ma se nell'opera di Leonardo dobbiamo riconoscere, com'è giusto, sviluppata o perfezionata qual-



Cod. Atl. foglio 393 - Particolare e sezione della macchina per filare ad aletta.

che idea di alcuni meccanici suoi predecessori, se in quelli che gli succedettero appare evidente e chiara l'influenza sua, è peraltro doveroso riconoscere che nei disegni di Leonardo è contenuta una certa qual impronta, un certo qual cachet, che rendono quei disegni caratteristici ed inconfondibili. E, quel che più conta, la maniera d'espressione tecnica leonardesca prelude all'odierno disegno d'officina.

Non vi è semplicemente rappresentata — anche chiaramente — la macchina nel suo complesso come si trova nei suoi immediati predecessori o contemporanei o immediati successori, il Kyeser, il Taccola, il Valturio, il Veranzio, il Ramelli, bensì la macchina scomposta in ciascuno dei suoi elementi con sezioni e prospetti spesso — nonostante il disordine naturale di Leonardo — messi in stretta e giusta relazione tra loro, accompagnati poi da una bella e rigorosa rappresentazione prospettica del tutto. Leonardo può dirsi essere il primo che considera la macchina come un appropriato complesso di elementi fondamentali, il che apre la via a nuove e quasi inaspettate aggregazioni, cioè a nuove macchine. Per tutti gli altri la macchina era ancora un qualche cosa di rigidamente compiuto che doveva uscire tutto dalle mani di uno stesso sia pur sperimentatissimo artefice; per Leonardo è una ben premeditata composizione di elementi particolari usciti, ciascuno, dalle mani di ben specializzati artefici, i quali possono perfino ignorare come e dove il prodotto delle loro mani andranno ad inserirsi con gli altri a formare un per loro ignoto ma certamente ben predisposto, animato organismo. È insomma già l'avvio verso quello che sarà il metodo di produzione moderna. Mentre per tutti gli altri la macchina era un complesso inescindibile di elementi come l'accordo musicale è un complesso statico più o meno gradevole di note che contemporaneamente vibrano, per Leonardo l'elemento di macchina è un qualche cosa già in se stesso transeunte, vivente, un qualche cosa che segue il suo destino nel giuoco degli accostamenti meccanici e che, ad ogni accostamento con

altri elementi, genera i più svariati organismi-macchina, come la nota, nel seguire il suo melodico cammino, genera, nei suoi accostamenti con le altre note che seguono il loro, la più varia successione di accordi. Insomma potrebbe ben dirsi che, mentre per tutti gli altri la meccanica applicata è un più o meno complesso accordo armonico di note, per Leonardo è una più o meno complessa ma disciplinata ed ordinata melodia di accordi.

A questo modo di concepire la Meccanica applicata alle macchine Leonardo poté giungere soltanto in quanto poté liberarsi dalle astruse, involute e spesso inutili polemiche tanto di moda ai suoi tempi nelle quali gli altri erano immersi ed invischiati; e ciò perchè egli fu essenzialmente un

autodidatta ossia soltanto discepolo di una grande Maestra, sola capace di insegnargli i valori generali ed eterni e non semplicemente quelli fugaci e caduchi di epoche determinate o di mode imperanti o imperversanti. Egli ebbe per Maestra la Natura sola ed ad essa poté avvicinarsi in piena libertà di ragionamento e di spirito senza gli impacci di più o meno impegnative eredità o di più o meno doverosi riguardi alle esigenze dei tempi. Per questo tutta la vita e tutta l'opera di Leonardo sono un anelito nuovo e puro, una melodia che trae dalla fonte eterna donde si sprigionò il dono divino della intramontabile giovinezza, dell'attualità perenne.

Giuseppe Maria Pugno

Ausilio dei modelli nello studio del comportamento statico e dinamico delle costruzioni (*)

GUIDO OBERTI, Direttore della I.S.M.E.S. di Bergamo e Professore nel Politecnico di Torino, ricordate le conclusioni del recente Congresso Internazionale di Venezia sui modelli nella tecnica, riassume alcune fondamentali nozioni sulla teoria dei modelli strutturali e l'evoluzione subita in Italia dai metodi sperimentali su modelli accennando — infine — ai più recenti sviluppi nel campo delle esperienze dinamiche.

1. - Lo scorso ottobre ebbe luogo a Venezia il « Convegno Internazionale sui Modelli nella Tecnica » organizzato dalla Accademia Nazionale dei Lincei in occasione del cinquantenario della fondazione della Società Adriatica di Elettricità.

Il Convegno risultò imponente sia per gli intervenuti, scienziati e tecnici di ogni parte del mondo, sia per le memorie presentate riguardanti tutti i settori dell'ingegneria: dall'idraulica all'aerodinamica, dall'acustica all'elettricità. Esso venne a costituire autorevole conferma della importanza assunta dai modelli per la risoluzione dei problemi più vari interessanti l'ingegneria moderna. E ben si può col Weber, che già l'aveva pronosticato 30 anni or sono, parlare oggi di una Modell-Wissenschaft (scienza dei modelli).

In particolare hanno avuto in tale Convegno il primo riconoscimento quei modelli strutturali che, fecondamente impiegati da più di 20 anni per lo studio del comportamento statico di impor-

tanti costruzioni, sono ancora poco diffusi anche in Italia pur essendo noi — sotto vari aspetti — all'avanguardia della loro tecnica. Ciò probabilmente perchè, come osservava Danusso nella sua relazione generale al Convegno, rimane agli studiosi delle costruzioni un dissenso sulla fusione di due termini che dovrebbero completarsi in vicendevole armonia: la visione sintetica dell'intuito che guarda il fenomeno nell'insieme della sua obiettività fisica, e la visione analitica della scienza che, entro i confini degli schemi ideali di cui dispone, controlla, precisa ed afferma. Ne segue che alcuni, legati per tradizione a questi schemi trovino nei calcoli il riposo della perfezione logica e vi si adagino diffidando dell'intuito, mentre altri lo tengono in prima linea come strumento di ispirazione, strumento che andrà però alimentato e controllato scientificamente con l'esperienza.

Orbene le memorie sui modelli strutturali presentate al Convegno hanno certificato l'importanza che, a tal fine, ha assunto la ricerca su modelli, ed effettivamente dalla loro lettura si ha la conferma che almeno nel caso di costruzioni di

particolare importanza (dighe, ponti, grattacieli) è doveroso esaminare il comportamento — statico e dinamico — con tutti i mezzi offerti dalla scienza e quindi non solo col calcolo ma anche con ricerche sperimentali: ricerche da svilupparsi in primo luogo in laboratorio, non soltanto sui materiali ma anche sui modelli, e successivamente sulla costruzione compiuta, ossia sul modello al vero, per trarne ammaestramento alle progettazioni future.

2. - La sperimentazione su modelli consente l'esame e la disciplina accurata delle variabili in gioco in quanto si sviluppa nell'ambiente tranquillo del laboratorio e rende la pur sempre delicata indagine sperimentale meno onerosa e meno difficile che sulla costruzione reale, sul « prototipo », che sarebbe invece — sotto altri aspetti — il modello ideale in quanto in vera grandezza.

L'idea di ricorrere ai modelli si presenta di speciale interesse quando non si conosca la soluzione matematica del problema o quando pur conoscendola essa non consente, per l'estrema laboriosità o per la difficoltà di dare ve-

ste matematica alle soluzioni al contorno che definiscono il problema, di giungere ai risultati numerici che soli interessano l'ingegnere.

La teoria dei modelli si fonda notoriamente sul principio di similitudine per cui due sistemi si dicono fisicamente simili quando, esistendo la corrispondenza geometrica tra i punti dei due sistemi, le grandezze della stessa natura fisica abbiano nei punti corrispondenti rapporto costante. Come si sa la completa similitudine fisica tra prototipo e modello è raggiunta quando siano rispettate tutte le relazioni fra le « scale » con cui il modello riproduce le grandezze fisiche (costanti o variabili) da cui dipende il problema che si persegue; ovvero (se si vuol seguire con tendenza moderna il « π theorem » di Riabucinski-Buckingham che è del tutto equivalente) quando i rapporti adimensionali che caratterizzano il nostro problema assumono nel modello l'identico valore numerico che presentano nel prototipo.

E precisamente è noto che se n sono le grandezze fisiche da cui dipende il problema e tra queste si scelgono le q grandezze fondamentali dimensionalmente indipendenti, che corrispondono in sostanza ai gradi di libertà dimensionali del problema (3 per i pro-

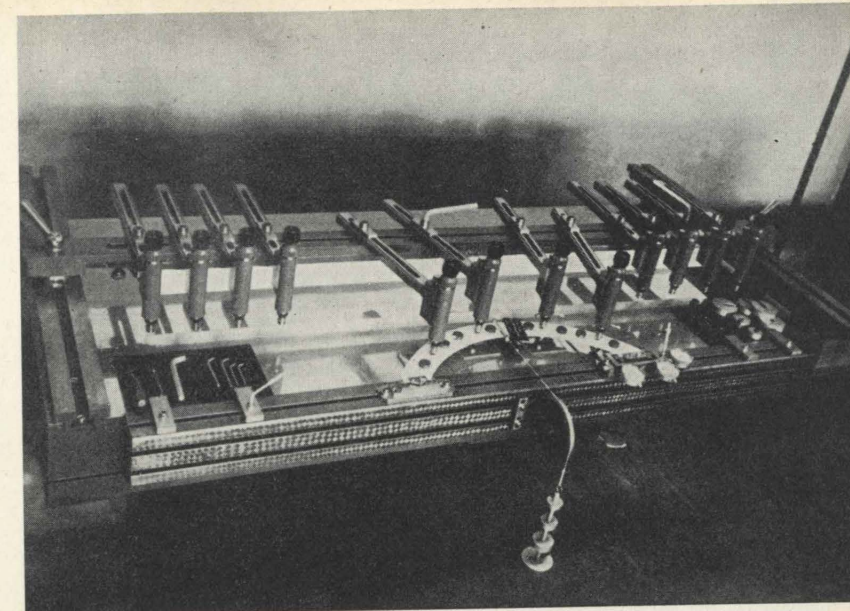


Fig. 1 - Influenzografo dell'Istituto di Costruzioni in ferro, legno e c. a., del Politecnico di Torino. Recentemente costruito è un perfezionamento dell'influenzografo Magnel.

blemi meccanici), si possono sempre formare $n - q = m$ rapporti adimensionali π_k , corrispondenti alle m grandezze « derivate », tra ciascuna di queste e le grandezze assunte come fondamentali. Scelto allora il rapporto adimensionale π_1 relativo alla grandezza che particolarmente interessa di conoscere, tale rapporto risulta funzione dei restanti $m - 1$ rapporti adimensionali $\pi_2 \dots \pi_m$. Il modello sarà appunto rigorosa-

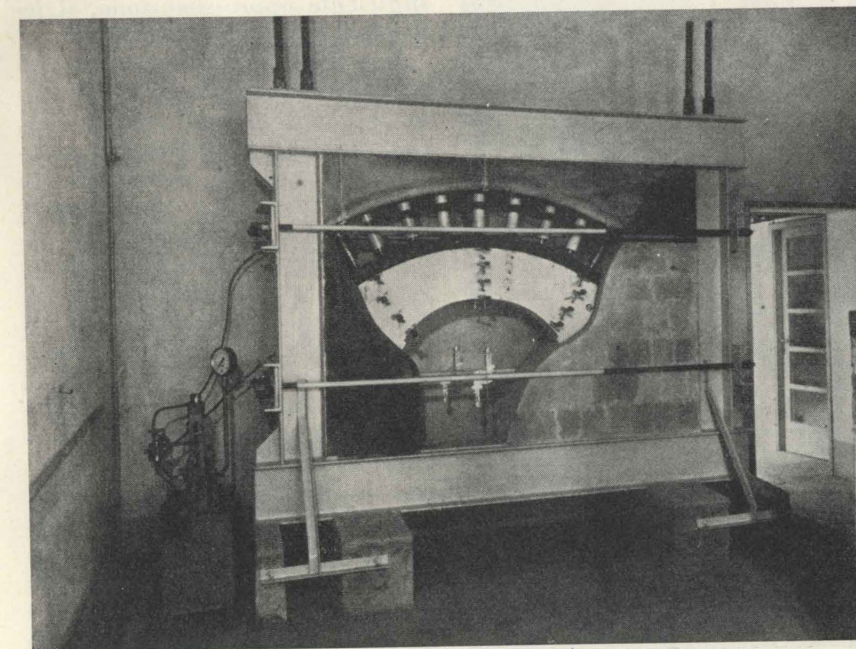
mente simile al prototipo se rimangono immutati i valori di tutti questi altri rapporti nel passaggio dal prototipo al modello. E sarà allora $(1) \pi_1 \pi_1' = 1$ relazione che consente, misurata la grandezza sul modello, di ottenere il ricercato valore sul prototipo.

Anche le caratteristiche grandezze fisiche, in se stesse adimensionali, dalle quali può dipendere il problema, dovranno conservarsi nel passaggio dal prototipo al modello; così ad esempio, il rapporto di Poisson, i coefficienti d'attrito tra i vari materiali e così via.

Giova tenere distinto il caso in cui si vogliono studiare col modello fenomeni di cui si possiede una teoria esauriente, da quelli in cui ciò non sia. Esempio classico del primo caso è offerto dallo studio del comportamento elastico di una qualunque struttura costituita di materiale omogeneo isotropo e vincolata in modo staticamente determinato, in quanto la matematica offre allora la soluzione teorica completa del problema, riconducendolo ad un sistema di note equazioni alle derivate parziali nelle incognite fondamentali (componenti del tensore degli sforzi). Anche se la soluzione numerica di tale sistema risulta, in via generale, estremamente laboriosa, co-

(1) Detto π_1 , il valore del rapporto fondamentale sul modello.

Fig. 2 - Modello arco (diga Beauregard) provato al carico idrostatico con fondazioni diversamente cedevoli: rapporto moduli 1:10.



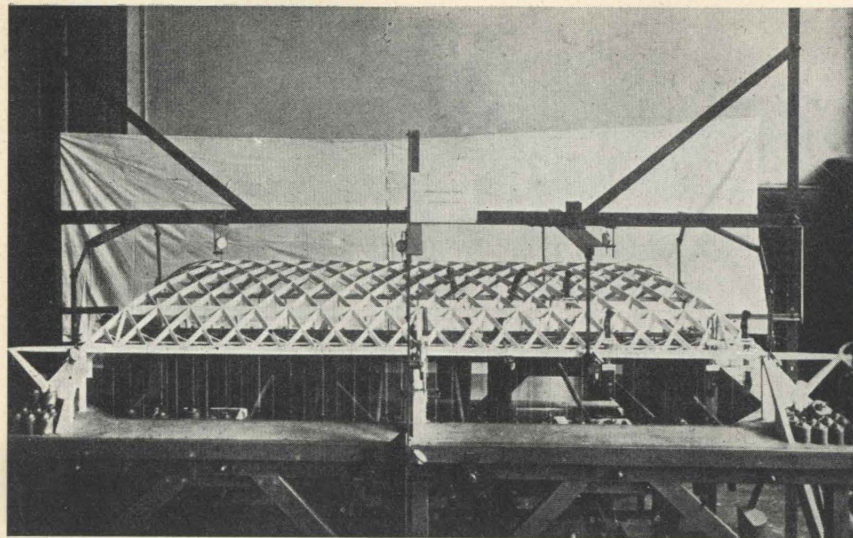
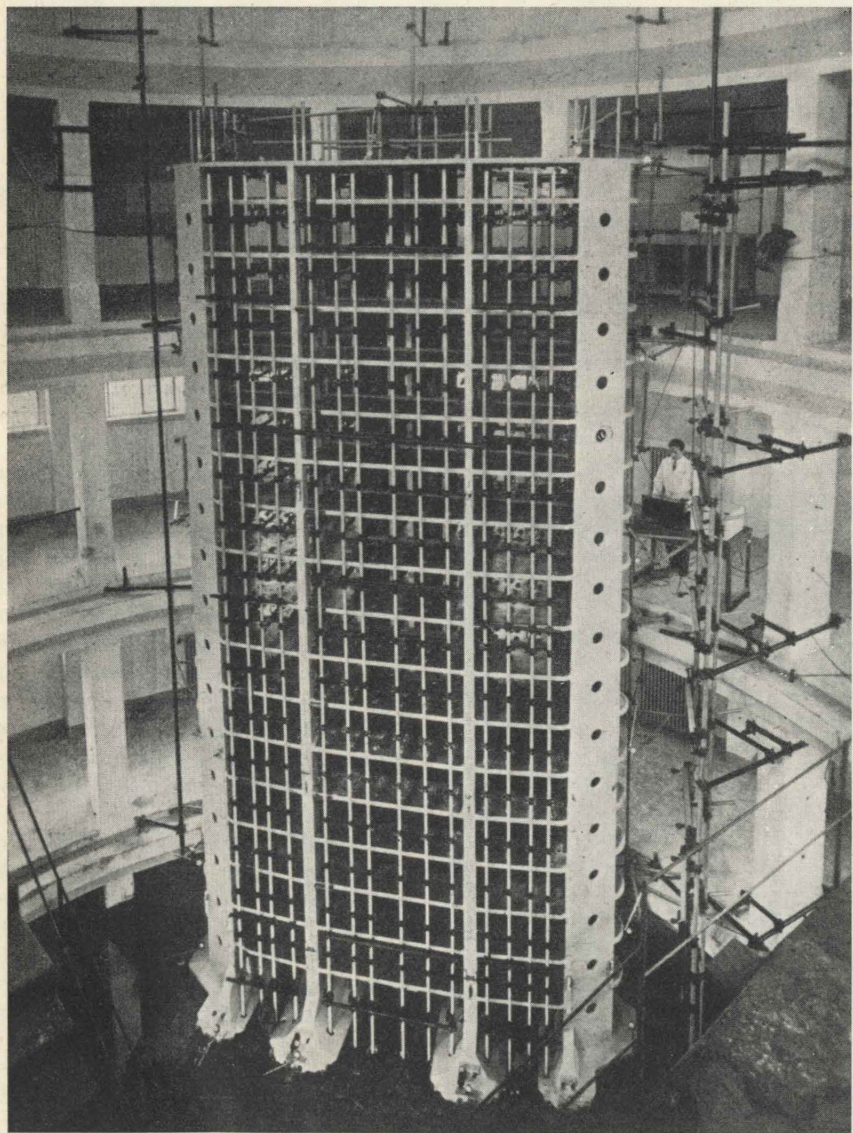


Fig. 3 - Modello in celluloido aviorimessa ing. P. L. Nervi (1936); è il primo grande modello che ha funzionato come « machina calcolatrice » degli sforzi. Al collaudo i risultati delle frecce misurate concordarono con quelle previste dalle esperienze su modello.

Fig. 4 - Modello (1:15) grattacielo Pirelli installato nella torre sperimentale in c. a. della ISMES. I piani sono riprodotti ogni 2 alterando opportunamente le rigidezze.



me ad esempio nei problemi spaziali più complessi, la conoscenza della teoria semplifica la realizzazione e l'utilizzazione del modello in quanto le equazioni della teoria stessa forniscono l'elenco preciso e completo di tutte e sole le grandezze che hanno influenza sul fenomeno in studio. In particolare ricordiamo che tali equazioni postulano l'indipendenza del tensore degli sforzi dalle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale (modulo elastico, carichi di snervamento, ecc.) ad eccezione del modulo di Poisson e consentono quindi di adoperare pel modello materiali anche diversi di quello del prototipo.

Senza una teoria e relative equazioni che inquadrino il problema fisico da studiare, è più difficile realizzare una similitudine completa, poichè naturalmente si possono non prendere in considerazione tutti quei rapporti adimensionali dai quali nella realtà il fenomeno che interessa studiare dipende. Comunque è proprio qui che, come preziosa risorsa, viene in ausilio l'analisi dimensionale, in quanto — una volta elencate le grandezze che si ritiene debbano intervenire nel fenomeno — essa ci fornisce i prodotti adimensionali indipendenti (π_2, \dots, π_M) costruibili con quelle grandezze e quindi ci avverte sulle necessità che occorre tenere presente per la realizzazione e l'uso del modello in modo da potere studiare, con sufficiente approssimazione, il fenomeno fisico che interessa.

Il modello potrà essere costruito e servire in modo rigoroso soltanto se il rapporto adimensionale π_1 che contiene la grandezza incognita in gioco (ad esempio il tensore degli sforzi) e che interessa quindi misurare sul modello, risulta funzione di uno solo o, come vedremo, con opportuni artifici anche di più altri rapporti adimensionali, i quali (per quanto detto) dovranno però assumere nel modello uguali valori che nel prototipo. Si capisce come ciò sia tanto meno semplice quanto più essi rapporti sono numerosi; è però altresì noto che — in tali casi — è sovente sufficiente rispettare la similitudine per quei soli prodotti adimensionali che abbiano effetto preponderante per ri-

spetto agli altri. O, altrimenti, si potrebbe pensare a realizzare modelli successivi in cui vengano via via rispettati solo alcuni dei vari prodotti adimensionali che entrano in gioco.

Considero opportuni questi accenni teorici per mettere in rilievo la difficoltà che la sperimentazione su modello può incontrare e che effettivamente ha incontrato, particolarmente nelle ricerche idrauliche, elettriche e aereodinamiche.

Nel più ristretto campo strutturale, anche al di fuori del ricordato problema elastico puro, direi che siamo sotto certi aspetti, in condizioni più favorevoli; intanto le grandezze fondamentali indipendenti che intervengono nei nostri problemi sono nel caso più generale tre: le classiche lunghezza, massa, tempo, ovvero tre altre grandezze che possono assumersi invece delle precedenti (purchè siano tra di loro dimensionalmente indipendenti come ricordato) che si riducono a due quando si esaminano il solo comportamento statico della struttura, in quanto manca la variabile tempo.

Detti allora rispettivamente, γ e λ i rapporti di similitudine delle lunghezze e delle forze, risulta — in primo luogo — che dovrà mantenersi invariato nel passaggio dal prototipo al modello il rapporto adimensionale fondamentale π_1 che lega queste due grandezze alla tensione. Ovvero che il rapporto di similitudine ζ tra i valori delle tensioni medesime risulti $\zeta = \lambda^2$. Eguale ad esso dovrà essere quello delle altre grandezze fisiche che possono intervenire nel problema aventi le stesse dimensioni di una tensione (moduli elastici, carichi di snervamento, carichi di rottura). A questo rapporto, che chiameremo « rapporto di efficienza » dovranno — in via generale — sottostare i materiali con cui verranno effettuati i modelli e le loro fondazioni. Soltanto nello studio dei problemi elastici, e nei limiti della teoria ricordata, tale soggezione potrà essere evitata: così la fotoelasticità, ad esempio, utilizza materiali per modelli assai differenti da quelli del prototipo.

Ma, se non sono trascurabili le forze di massa o di volume (come

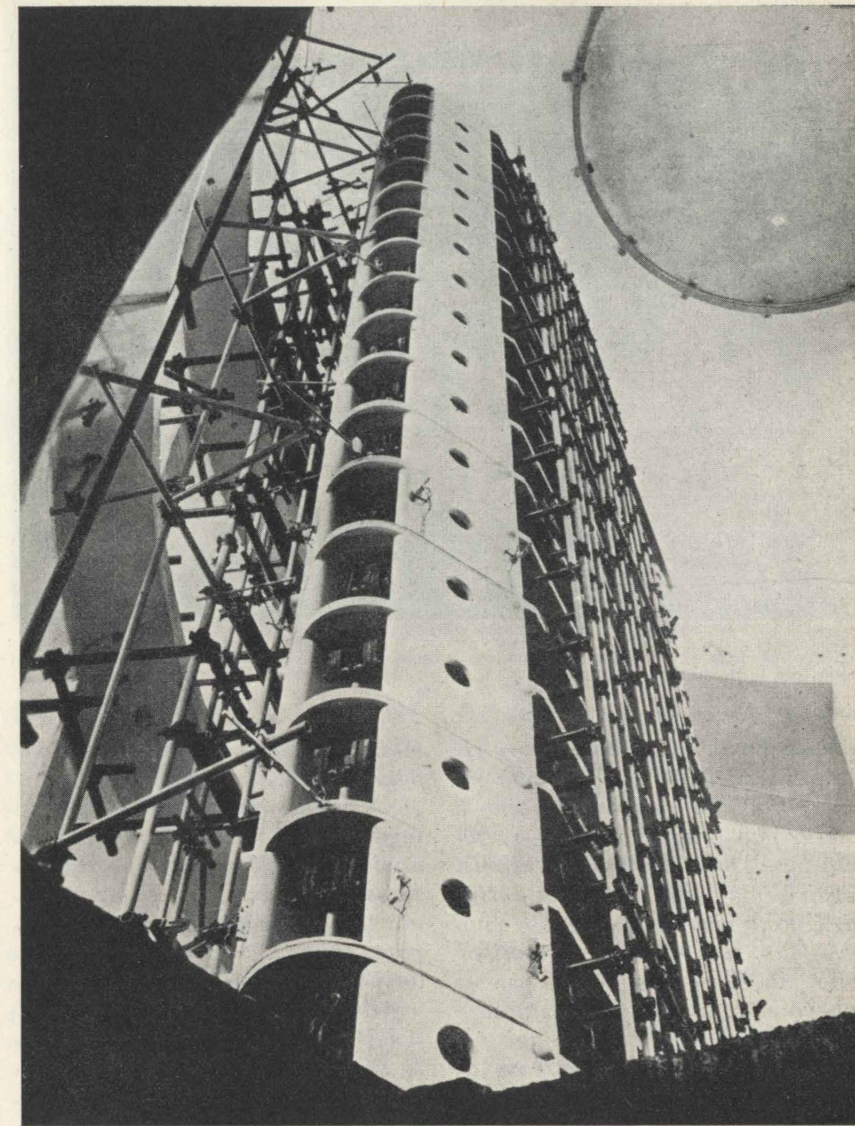


Fig. 5 - Lo stesso visto parzialmente di profilo; è chiaramente visibile l'attrezzatura per le prove statiche tipo « vento ».

il peso proprio) detto ρ il rapporto delle densità (e quindi anche dei pesi specifici apparenti ⁽²⁾) risulta $\lambda = \rho \lambda$ e quindi dovrà rispettarsi anche la relazione: $\zeta = \rho \lambda$ e, in tal caso, le difficoltà aumentano. Si giustifica allora l'opportunità dei modelli in grande scala, e la necessità di aumentare — con artifici sperimentali — la densità del materiale modello.

Nel caso particolare di sole forze superficiali, detto π il rapporto tra l'intensità dei carichi medesimi, risulta $\lambda = \pi \lambda^2$ e viene a coincidere π con ζ , quest'ultimo risulta allora indipendente dal rapporto di scala: $\pi = \zeta$ (1), le tensioni nel proto-

⁽²⁾ Se l'accelerazione di gravità è la medesima pel prototipo e pel modello.

tipo stanno a quelle del modello nel rapporto π .

Nel caso particolare in cui le forze agenti più importanti siano invece solo forze di volume — come ad esempio nel problema delle dighe — (peso proprio, carico idrostatico) — risultando: $\lambda = \rho \lambda^3$ le condizioni di similitudine si identificano nell'unica condizione caratteristica: $\zeta = \rho \lambda$ (2).

Quando si riescano a trovare materiali, per la confezione del modello e delle sue fondazioni, per cui siano rispettate le condizioni d'invarianza di ζ , in modo cioè che la « curva intrinseca » del materiale modello sia simile nel rapporto costante ζ a quello del prototipo, e i rapporti di scala e di carico ubbidiscano alle pre-

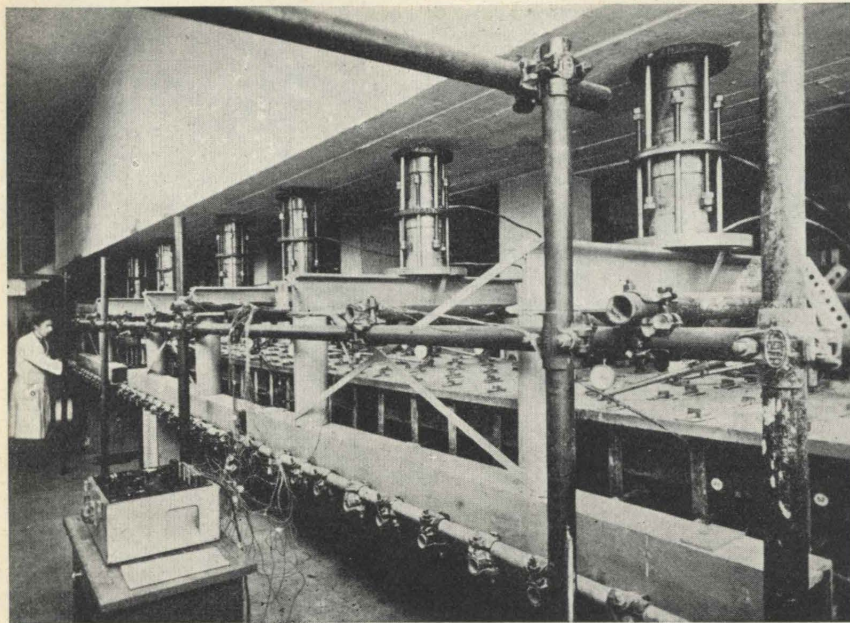


Fig. 6 - Modello (1:3) solaio continuo su 3 campate (grattacielo Pirelli) in cemento armato pronto per le prove statiche

cedenti [o nei casi particolari ricordati alle (1) o (2)], si può ritenere raggiunta la similitudine e questa può allora considerarsi valida non soltanto entro i limiti elastici, ma bensì sino alla rottura. Questo risultato, al quale sono pervenuto una ventina di anni or sono, ha consentito (con l'uso di convenienti materiali) di studiare su modelli, con « prove ad oltranza », il grado di sicurezza di importanti strutture e, in particolare, quello di quasi tutte le grandi dighe italiane progettate e costruite nell'ultimo decennio (3).

Nell'intraprendere esperienze di tale genere giova impostare la ricerca direttamente sulle deformazioni ε , assumendole come incognite fondamentali in luogo delle tensioni; essendo già di per sé adimensionali risulterà allora la similitudine completa quando esse saranno eguali in punti corrispondenti del prototipo e del modello; dovranno poi essere rispettati i rapporti adimensionali già considerati e quindi valgono tutte le precedenti considerazioni al riguardo.

Misurate allora le deformazioni unitarie sul modello, ciò che è attualmente possibile con elevata precisione, a mezzo degli estensi-

metri ad altissima amplificazione oggi esistenti, saranno ad esso uguali quelle del prototipo. Ne consegue che gli spostamenti e in particolare le inflessioni, che dimensionalmente valgono $s = \varepsilon \tau$, saranno allora proporzionali al rapporto di scala esistente fra prototipo e modello.

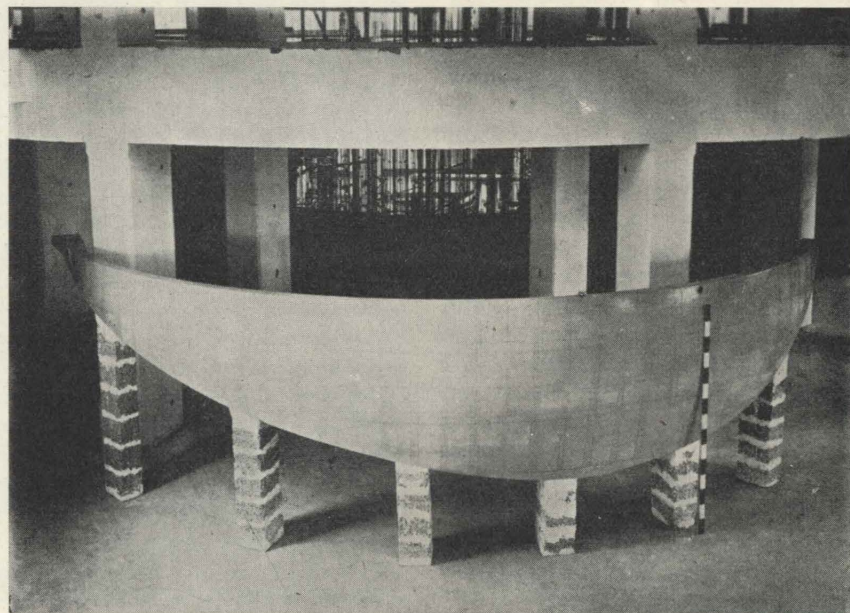
Attualmente (presso la ISMES) si lavora con materiali, calcestruzzi speciali a bassa resistenza notevolmente deformabili e con inerti pesanti, in modo da avere va-

lori di ζ alquanto elevati (sino a 50) e densità anche superiori del normale calcestruzzo, con rapporto ρ variabile cioè tra 1,5 e 0,5 circa. Si può allora soddisfare alla (2) anche con modelli relativamente piccoli e, effettuate le prove elastiche, passare a prove ad oltranza aumentando solo l'intensità dei carichi accidentali, di norma forze di superficie, come vuole la (1).

In quanto precede ci siamo limitati a considerare problemi statici, quindi deformazioni e sollecitazioni non influenzate dalla variabile « tempo ».

In realtà il collasso di una struttura può anche dipendere dalla durata di applicazione delle forze agenti, e quindi, dal tempo causa la viscosità di cui sono dotati, sia pure in grado diverso, tutti i materiali da costruzione. È noto che, in tali casi, la generica componente del tensore degli sforzi è linearmente legata alla corrispondente velocità di deformazione attraverso un coefficiente di viscosità le cui dimensioni risulteranno quindi: $(PL^{-2}T)$ e la cui grandezza è costante, ammessa l'omogeneità e l'isotropia del materiale. Occorre allora aggiungere nell'analisi dimensionale una nuova grandezza fondamentale, come il tempo, è dovrà il rapporto μ tra i coefficienti di viscosità eguagliare $\lambda \lambda^{-2} \tau$ essendo τ il rapporto dei tempi tra prototipo e modello.

Fig. 7 - Modello preliminare (1:70) diga arco gravità Pian Telesio.



(3) V. al riguardo « Atti e Rassegna Tecnica », n. 3, marzo 1955.

E in pieno entra ancora in gioco il « tempo » quando si debbano studiare i problemi vibratorii di una costruzione; di particolare interesse gli effetti sismici. In tali casi occorre tenere presente che tra le forze da considerare sono — sovente — in primo piano quelle gravitazionali e allora, non potendo ovviamente alterare il valore dell'accelerazione di gravità nel passaggio dal modello al prototipo, dovendo cioè assumere tale grandezza come una costante dimensionale fissa (di grandezza LT^{-2}), giova considerare l'accelerazione come terza grandezza fondamentale (in luogo del tempo) e il rapporto tra quelle in gioco tra prototipo e modello dovrà essere assunto uguale a 1. Il rapporto dei tempi τ dovrà ubbidire allora alla condizione:

$$\tau = \sqrt{\lambda} \quad (4)$$

quindi le frequenze delle vibrazioni si riprodurranno sul modello aumentate: nel rapporto $\lambda^{1/2}$; ad esempio su modello in scala 1:100 le frequenze saranno 10 volte superiori che nel prototipo (similitudine tipo Froude).

Giova rilevare che per poter soddisfare alla precedente non si può lavorare con modelli dello stesso materiale del prototipo o che abbiano comunque eguale

densità ($ML^{-3} = FT^{-2} L^{-4}$) poichè, detto in generale ρ il rapporto tra le densità dei materiali prototipo/modello, deve risultare in ogni caso $F = ma$, donde:

$$\tau = \lambda \rho^{1/2} \zeta^{-1/2} \quad (5)$$

e quindi se $\rho = 1$ e $\zeta = 1$ (per avere prototipo e modello le stesse caratteristiche elastiche) si otterrebbe $\tau = \lambda$ (similitudine tipo Cau-

chy) in contrasto con la precedente (4). Naturalmente vi sono problemi dinamici nei quali è lecito prescindere dagli effetti conseguenti alle forze gravitazionali (o di volume) e allora cade il vincolo della (4). Così per determinare le frequenze proprie di oscillazione del grattacielo Pirelli (figura 10) si è lavorato con modello avente:

$$\lambda = 15 \quad \zeta = 6 \quad \rho = 2,5/1,5 = 1,7$$

ne deriva, per la (5): $\tau = 7,9$.

3. - Le esperienze su modelli si sono progressivamente estese in questi ultimi anni e distinguerei, seguendo l'evoluzione cronologica, tre gruppi di metodi sostanzialmente distinti.

I metodi del primo gruppo affrontano problemi elastici piani; fra questi prevalenti quello fotoelastico e quello che adopera l'influenzografo. La fotoelasticità è un mezzo particolarmente suggestivo ed elegante che consente di ottenere le fotografie delle curve di livello del tensore tangenziale

(4) Nel caso del recente modello della diga Ambiesta si sono soddisfatte (4) e (5), ciò che equivale a imporre la condizione: $\rho \lambda = \zeta$, assumendo nel modello per questi rapporti fondamentali i valori:

$$\lambda = 75 \quad \zeta = 50 \quad \rho = 2/3.$$

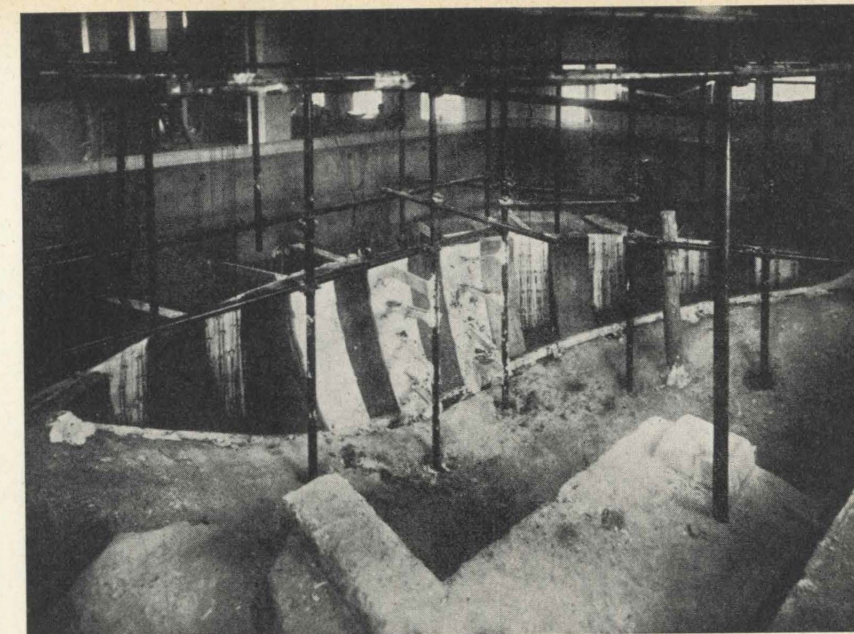
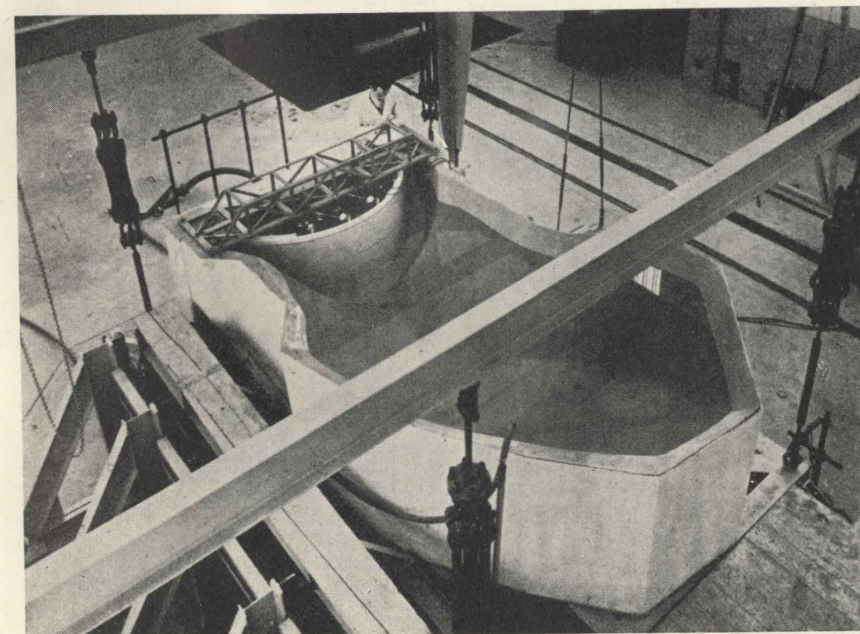
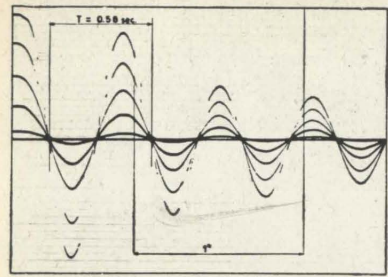


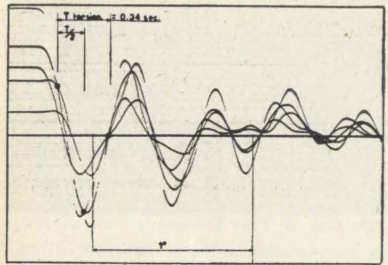
Fig. 8 - Il modello della diga di Pian Telesio in fase di getto.

Fig. 9 - Vista dall'alto della piattaforma vibrante, installata presso la ISMES; è in prova il modello (1:75) della diga a cupola dell'Ambiesta (S.A.D.E.).

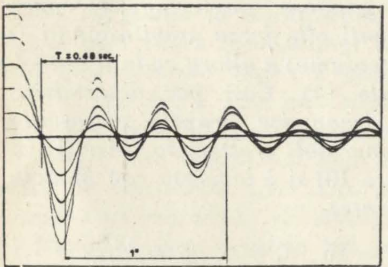




azione normale all'asse maggiore; carico sull'intera superficie (I Prova)



azione normale all'asse maggiore; carico su mezza superficie (II Prova)



azione normale all'asse minore (III Prova)

Fig. 10 - I periodi di oscillazione propria flessionali (I e III prova) e torsionale (II prova) rilevati sperimentalmente su modello del grattacielo Pirelli. A destra: Disposizione e numerazione flessografi.

degli sforzi e di desumere l'andamento delle isostatiche nel prototipo attraverso l'esame sperimentale delle curve isocline ottenute dal modello. Tale sistema di ricerca è ancor oggi indubbiamente il più diffuso nei laboratori che si occupano di strutture e il suo ausilio didattico e tecnico è di primo ordine.

L'influenzografo, perfezionato dai primi tipi di Beggs e di Magnel, è pure un'attrezzatura sperimentale assai efficace anche come mezzo didattico (fig. 1).

I metodi del secondo gruppo affrontano problemi strutturali tridimensionali con misure estensimetriche dirette, applicando cioè estensimetri: meccanici, ottici, elettrici al modello. Vennero così studiate numerose costruzioni adottando pei modelli materiali,

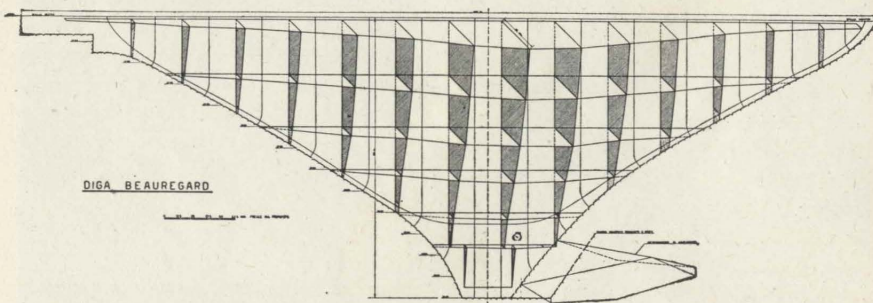
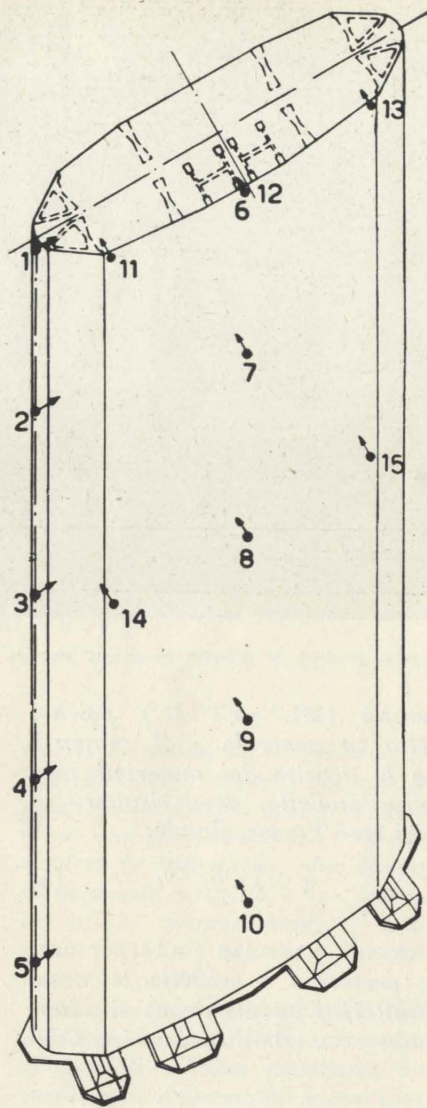


Fig. 11 - Inflessioni diga Beauregard dai risultati prove a carico normale su modello 1:50.

sce risultati che possono poi utilmente confrontarsi con quelli dei vari calcoli eseguiti per lo studio del comportamento elastico della struttura (cfr. fig. 3).

Il terzo gruppo infine, constatato che alcune strutture, in particolare quelle in calcestruzzo semplice od armato, non obbediscono ai postulati ammessi dalla teoria e che dalla disubbidienza traggono risultati talora migliori di quelli previsti, riunisce quei metodi di ricerca sperimentale con i quali si preferisce ricercare nei modelli la somiglianza col prototipo piuttosto che la conferma dei calcoli (con la conservazione delle proprietà elastiche dei materiali). È un passo deciso verso il rispetto della natura che caratterizza la notevole produzione modellistica della ISMES di Bergamo, rivolta essenzialmente a riprodurre da vicino non solo il comportamento dei materiali ma anche le modalità di forma e di esecuzione della struttura, delle sedi di appoggio e della deformazione dei vincoli.

Le prove che si vengono allora ad eseguire sul modello si possono suddividere in due serie distinte e successive. In una prima serie di prove che noi diciamo a « carico normale » si misurano le deformazioni per valori prossimi alle condizioni di similitudine che imporrebbe la uguaglianza delle deformazioni unitarie sul prototipo e sul modelli, nelle condizioni di carico corrispondenti a quelle della struttura in esercizio. È importante porre in rilievo che già alla messa in carico possono verificarsi assestamenti anelastici di vario tipo (cedimenti di fondazioni, adattamenti e parzializzazioni di giunti, plasticità locali), che conviene provocare mediante cicli di carico ripetuti per giungere ad

un funzionamento di regime del modello che risulta allora elastico, costante e atto alle misure di deformazione e agli eventuali controlli. Si può così risalire alle inflessioni, agli sforzi (nota la caratteristica sforzi-deformazioni del materiale) e al comportamento statico prevedibile nel prototipo in sede di normale esercizio (cfr. figg. 11 a 14).

È ovvio che il regime degli sforzi così osservato può non coincidere con quello deducibile (quando possibile) dal calcolo, perché non vi si tiene conto di quelli assestamenti, che generalmente hanno effetto benefico. Eseguite queste prove e le relative misure si passa gradualmente alle « prove ad oltranza ». Conviene allora assumere come coefficiente globale di sicurezza K_s della struttura il rapporto tra il valore del massimo carico sopportato effettivamente e quello considerato come normale in sede di esercizio e di progetto.

Nel caso particolare delle dighe, eseguite le esperienze ad oltranza su modello — spinte sino al collasso o alle prime lesioni interessanti il paramento di monte — il coefficiente di sicurezza risulterà semplicemente dal rapporto tra il valore finale massimo γ'_M del peso specifico del liquido fittizio o reale, agente sul modello e quello γ' competente al liquido in corrispondenza alle previste normali condizioni di cemento (che sul prototipo si hanno di norma quando il carico idrostatico raggiunge la quota di massimo invaso). E poichè: $\gamma' = \frac{\lambda}{\zeta} \gamma_0$ (detti ζ il rapporto di efficienza tra materiale della diga e del modello, λ il rapporto di scala, e $\gamma_0 = 1 \text{ T/mc}$ il peso specifico dell'acqua agente sul prototipo) risulterà in definitiva:

$$K_s = \frac{\gamma'_M \zeta}{\gamma_0 \lambda}$$

Nel caso di dighe a gravità o ad arco-gravità in cui l'effetto peso (altra forza di volume) ha una funzione stabilizzante essenziale bisogna provvedere ad aumentarlo per mantenerlo in giusta misura rispetto alla spinta idrostatica. E con questa precauzione si procede alla prova ad ol-

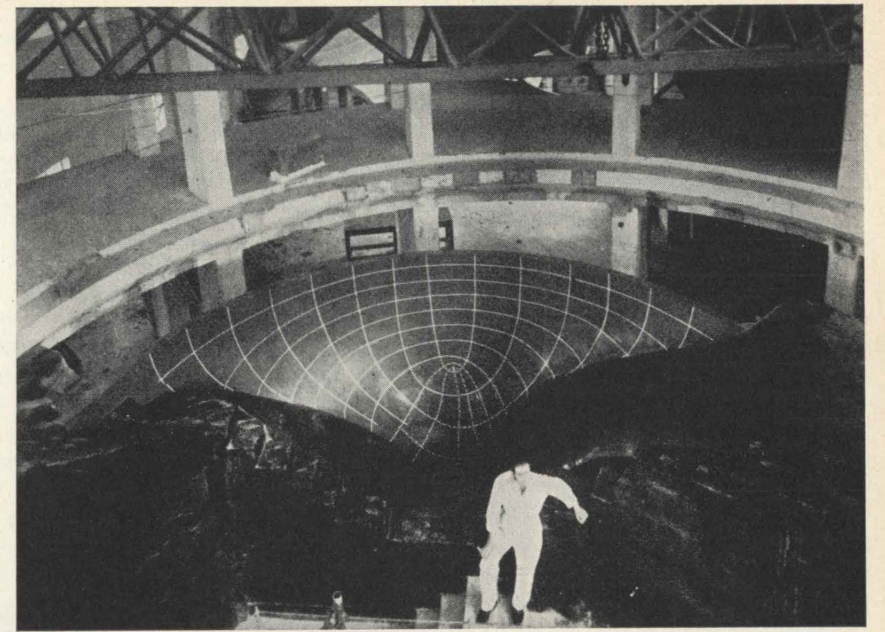
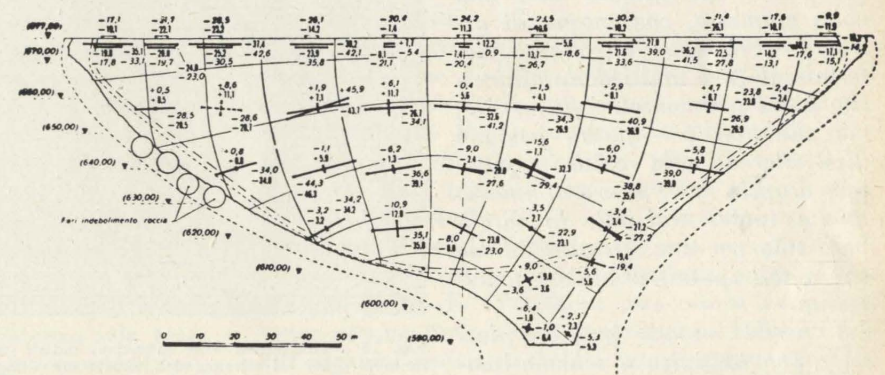


Fig. 12 - Isostatiche paramento di valle modello diga Beauregard dovute al carico idrostatico a pieno invaso.



tranza. Se in questa si raggiunge senza rottura un margine di sicurezza giudicato sufficiente in condizioni normali, può essere interessante procedere aumentando la sola spinta idrostatica e non il peso per segnalare la resistenza a spinte eccezionali (terremoti, ghiacci, offese belliche).

È quanto si è fatto nella sperimentazione delle dighe arco-gravità di Pian Telesio (A.E.T.), di Beauregard (S.I.P.), di Cancano (A.E.M.) e altre. Nella prima, ad esempio, si ebbe:

$$\lambda = 70 \quad \zeta = 4$$

quindi

$$\rho = \frac{\zeta}{\lambda} = \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\gamma_c}{\gamma'_c} = \frac{1}{17,4}$$

ossia nelle prove a carico normale risultava applicato sul modello

un liquido fittizio di carico con p.sp. = 17,4 T/mc. e il p.sp. apparente del materiale modello risultava $17,4 \times 2,4 = 38,2$ T/mc., avendo ammesso eguale a 2,4 T/mc. il p.sp. del calcestruzzo della diga.

Le prove in regime elastico vennero spinte sino a 2,2 volte il « carico normale ». Successivamente si aumentò solo la pressione idrostatica raggiungendo per γ'_M il valore di 120 T/mc. e quindi $K_s = 120/17,4 = 7$; valore in corrispondenza al quale si ebbe il cedimento improvviso per taglio della montagna-modello al piede della diga.

Riteniamo che i metodi sperimentali ora descritti, rappresentino un decisivo progresso rispetto ai precedenti ai quali nulla si vuol togliere della importanza che han-

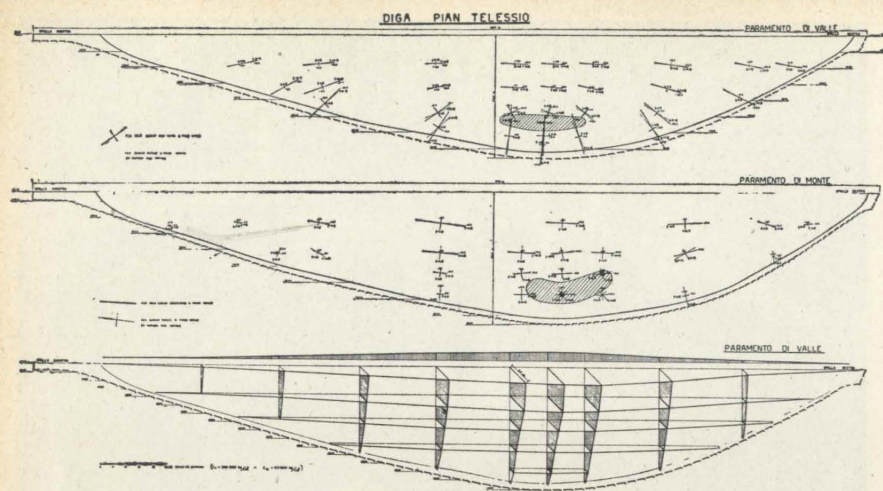


Fig. 14 - Tensioni principali e inflessioni diga Pian Telesio desunte dalle prove modello a carico normale.

l'influenza) si rispettano nel modello le condizioni di similitudine e si risolvono problemi che altrimenti sarebbero difficili o insuperabili.

Questa fase conclusiva delle esperienze, più comprensiva e più delicata delle precedenti, richiede un elevato spirito critico e una consumata abilità sperimentale, una paziente ricerca e preparazione dei materiali idonei alla confezione dei modelli e dei rivestimenti atti a preservarli da stati di coazione, specie conseguenti ai fenomeni di ritiro, e a proteggerli dalle influenze ambientali per tutta la durata delle prove. E, infine, adatti strumenti registratori. È

no, specie come mezzo di raffronto con i risultati della teoria. Infatti i metodi dei primi due gruppi sono impostati, come la teoria, su ipotesi determinate che, una volta ammesse, consentono di arrivare a risultati altrettanto determinati (nei limiti delle approssimazioni strumentali o di calcolo) ma che non per questo possono dirsi aderenti alla realtà in quanto, proprio per avere ammesso quelle ipotesi iniziali, lo sarebbero solo per una struttura ideale che a tali ipotesi ubbidisse fedelmente.

I nostri metodi invece, piuttosto che ubbidire a schematizzazioni preconcepite preferiscono avvicinare la realtà del caso singolo ricopiandone le caratteristiche peculiari, e così non esitiamo a introdurre nel modello materiali, fondazioni, vincoli, giunzioni e modalità esecutive in genere che, mentre allontanano dalla possibilità di un commento analitico e provocano una certa dispersione dei risultati nelle prove ripetute (specialmente intorno alle discontinuità), forniscono in compenso una visione sintetica del problema più realistica e quindi più aderente alle vere finalità della prova sperimentale. In sostanza questi metodi colgono i risultati da una statistica alla quale si chiede la risposta a due quesiti con essa compatibili: andamento generale degli sforzi col loro ordine di grandezza e coefficiente di sicurezza globale nel senso già definito, di rapporto fra carico di rottura e carico normale, anziché fra

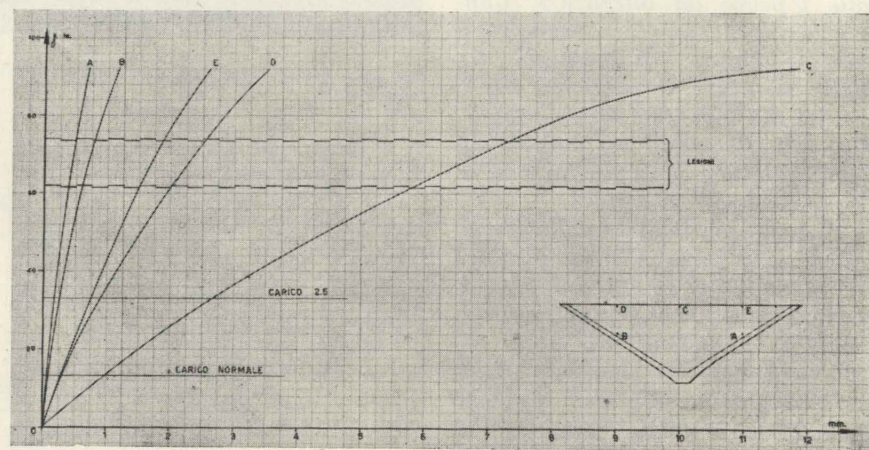


Fig. 15 - Diagrammi delle inflessioni radiali orizzontali in funzione del carico idrostatico, durante le prove ad oltranza del modello della diga arco gravità di Carcano 2°.

le corrispondenti tensioni « ideali » massime locali, come è d'uso coi metodi classici.

Questa visione consente e giustifica l'impiego di attrezzature e dispositivi di comodo in quanto le alterazioni locali al regime degli sforzi che esse possono produrre risultano trascurabili rispetto alle finalità cui mira la prova. Così ad esempio, il carico idrostatico sul paramento a monte dei modelli delle dighe può applicarsi con binde idrauliche munite di opportuni ripartitori anziché con liquidi più o meno pesanti; così ancora l'aggiunta correttiva al peso proprio può concentrarsi in un numero discreto di punti, anziché distribuirsi in modo continuo nel volume della struttura. Con simili espedienti pratici (di cui è possibile verificare sperimentalmente

quanto si è iniziato in questi ultimi anni e si continua a sviluppare presso la ISMES, con la progressiva collaborazione dei laboratori affini: Universitari e Privati.

4. - Confido che questa breve illustrazione delle esperienze su modelli, pur frammentaria e largamente incompleta, possa fornire l'idea dell'importanza da essi assunta per lo studio del comportamento statico e dinamico delle strutture e mi autorizzi a concludere con la saggia esortazione rammentata da Danusso nel citato Convegno, dal Vasari attribuita a Michelangelo:

« I più benedetti denari che si spendono a chi vuol fabbricare sono i modegli ».

Guido Oberti

I tessili di vetro nell'isolamento elettrico

FELICE GOFFI, constatata la tendenza della tecnica attuale ad elevare le tensioni di distribuzione dell'energia elettrica e le temperature massime di esercizio degli impianti, esamina vari stratificati rinforzati con vetro onde stabilire una graduatoria di comportamento tra le diverse resine e mettere in evidenza i pregi dei siliceni. Allegata è una dettagliata tabella delle caratteristiche tipiche per le resine fenoliche e melaminiche, per poliesteri, epossidiche, siliceni, teflon.

L'impiego delle fibre di vetro nell'isolamento elettrico fu tentato da noi in forma industriale durante la seconda guerra mondiale, quando la scarsa disponibilità del cotone suggeriva la ricerca di un tessile che lo sostituisse efficacemente; ma non dette buona prova e, non appena cessate le ostilità e ripresi gli scambi internazionali fu possibile avere i normali rifornimenti, venne abbandonato.

In quel tempo si apprese che la ricchissima America aveva impiegato i filati ed i tessuti di vetro nelle sue macchine elettriche più sollecitate ottenendo risultati notevolissimi, e gli osservatori più attenti rivelarono di aver notato, già durante le ostilità, che conduttori, magneti, motorini per i comandi degli aerei erano isolati con tessili di vetro, quasi sempre impregnati con siliceni. Questi nuovi prodotti, i siliceni, attrassero l'attenzione dei tecnici, i quali, tra l'altro, osservarono che, dovunque essi avessero bisogno di un sostegno, di un legamento come loro resistente al calore ed all'umidità, il filato tessile di vetro era praticamente il solo accettabile, superiore anche all'amianto per la sua purezza, per la composizione chimica costante, per il minor ingombro.

Sorse e si diffuse così l'idea che i tessili ed i tessuti di vetro fossero prodotti speciali da adoperarsi coi siliceni e si dimenticò che il vetro tessile era stato scelto come sostegno dei siliceni per certe sue qualità assai notevoli (alta resistenza alla trazione, alta resistenza al calore, buona conduttività termica, inerzia chimica, indifferenza all'umidità) di cui aveva già dato prove brillanti nell'isolamento elettrico fin dal 1936, molto prima quindi della scoperta dei siliceni.

Forse qualcuno, da noi, dove lo stato di guerra e la tensione internazionale degli anni precedenti avevano per molto tempo resa difficile la conoscenza dei progressi tecnici altrui, ritenne che i siliceni eliminassero gli inconvenienti lamentati nel comportamento della nostra fibra di vetro, e, tenendo conto del costo dei siliceni ed anche dei leggeri disturbi lamentati talora dagli operai nella manipolazione del nuovo tessile, classificò l'isolamento col vetro tra le applicazioni speciali da prendere in considerazione solo quando si dovessero fronteggiare esigenze eccezionali. Si aggiunga che nel fervore della prima ricostruzione era importante soprattutto fare, senza troppo ricercare il meglio, e che, mentre la produzione mondiale della fibra di vetro era nettamente inferiore alle richieste, l'industria nazionale non poteva offrire nulla in questo campo, perchè doveva prima ricostruire le fabbriche distrutte dalla guerra ed approntare i nuovi macchinari, poi formare le maestranze ed infine affrontare le esigenze e la diffidenza degli utilizzatori. Questo complesso di motivi spiega

perchè ancora oggi molti considerino con scetticismo e distacco l'impiego del filato tessile di vetro (chiamato da noi ed in qualche altro Paese « Vetrotex », in Francia « Silionne », nei Paesi di lingua inglese « Fiberglass » oppure « Fibreglass ») nell'isolamento elettrico.

La differenza fra il filato vetroso prodotto in Italia e quello fabbricato negli Stati Uniti d'America ed in qualche Paese europeo durante la guerra stava soprattutto nella diversa composizione chimica: il nostro era ricco di alcali, solubile in acqua e, per conseguenza, molto sensibile all'umidità, quello americano invece, quasi privo di alcali, era indifferente all'umidità, aveva una maggiore stabilità chimica, un minor coefficiente di dilatazione termica, migliori qualità elettriche, minor tendenza all'invecchiamento, e le altre buone caratteristiche già ricordate.

Questo nuovo vetro, che gli Americani hanno chiamato *Vetro E* (denominazione adottata ormai da tutti i Paesi che lo adoperano, compreso il nostro), nella sua forma fibrosa non può essere considerato un isolante elettrico più di quanto lo siano gli altri tessili finora ammessi ufficialmente anche negli isolamenti di classe B, ma mentre i tessili organici sono accettati solo come sopporti di altre sostanze, ed in quantità limitata, la fibra tessile del *Vetro E* (Vetrotex) può essere adoperata senza alcuna limitazione quantitativa. Infatti i tessili organici resistono male a temperature superiori ai 100° C, e sono igroscopici, vengono perciò danneggiati sia dai sovraccarichi anche temporanei, sia dai periodi di inattività in atmosfera relativamente umida, perciò è necessario fare in modo che la quantità di essi presente in un isolamento sia tale da non pregiudicare, o da pregiudicare il meno possibile, l'efficacia degli altri isolanti anche nel caso di loro decadimento; questa precauzione è invece completamente inutile quando si adoperano i filati ed i tessuti di *Vetro E*, che resistono bene anche alle massime temperature sopportate dai più moderni isolanti sintetici (siliceni, teflon) e sono del tutto indifferenti all'umidità. Per rendersi conto del comportamento del *Vetro E* alle alte temperature basta ricordare che la resistenza a trazione di fibre continue del diametro di 5 micron a temperatura ordinaria raggiunge, a seconda degli autori, 210 e perfino 280 kg. per mmq., incomincia a decrescere solo dopo i 200°C, ma a 315°C supera ancora il 90 % del suo valore a temperatura ordinaria; i primi sintomi di devitrificazione si notano verso i 380°-400°C, ma secondo qualche sperimentatore non si hanno deformazioni permanenti se non dopo i 700°C.

L'indifferenza all'umidità potrebbe essere dimostrata sperimentalmente sulle singole fibre, che

non assorbono acqua nè sono danneggiate dal suo contatto; in pratica si osserverà che, per il noto fenomeno di adsorbimento, lasciando esposti in atmosfera umida per un tempo sufficientemente lungo filati o tessuti di vetro, essi aumentano di peso in misura veramente molto piccola, ma basterà un leggero riscaldamento per riportarli al peso primitivo. Naturalmente questo fenomeno non si nota più nei manufatti impregnati o comunque trattati colle vernici isolanti.

Le eccellenti caratteristiche del vetro tessile hanno del resto avuto un riconoscimento ufficiale dal C.E.I. nell'ultima edizione delle *Norme per le macchine rotanti* che indicano il «vetro» senza precisarne la forma, tra gli isolanti di classe B, accanto all'amianto; e ne hanno uno pratico nell'impiego che continuamente se ne fa come sostegno dei siliconi e degli altri isolanti sintetici più pregiati, a preferenza dello stesso amianto che è igroscopico, spesso impuro, meccanicamente poco resistente, e più ingombrante.

Ma il vetro tessile non è un materiale così prezioso da doverne limitare l'impiego ai casi eccezionali, esso può rendere utilissimi servizi anche in isolamenti di classe meno elevata. Gli esempi di macchine isolate con fibra di vetro e vernici comunissime, che hanno funzionato per tempi molto lunghi a temperature ufficialmente assegnate alle Classi F ed H, o in presenza di forti umidità o di polveri, senza denunciare alcun danno sono ormai molto numerosi e vari, ma è difficile dedurre una dimostrazione di carattere generale anche e forse soprattutto per le differenze che esistono fra le vernici, i trattamenti, le modalità di esecuzione degli isolamenti, e tra le condizioni di funzionamento delle macchine; ed anche per la tendenza dei costruttori o dei riparatori a considerare i successi altrui come casi fortunati, ed il loro proprio lavoro come poco suscettibile di perfezionamenti.

Ma recentemente consultando la «Modern Plastics Encyclopedia» mi è parso di trovare alcuni dati interessanti. Tra le molte utili tabelle contenute in quel volume, quella dedicata agli «Stratificati»⁽¹⁾ — «Laminates Chart» — raccoglie le caratteristiche di molti stratificati, ordinati a seconda della resina fondamentale e del «rinforzo» a cui è associata. Per ogni tipo di resina si indicano a piè di pagina i nomi commerciali degli stratificati (se sono nomi depositati) e quelli dei fabbricanti; e, nelle caselle delle caratteristiche, non i valori medii, che non avrebbero significato poichè si considerano manufatti di provenienza diversa, ma i valori massimo e minimo ottenuti con prove eseguite secondo le norme dell'A.S.T.M. Per ogni tipo di resina sono considerati i rinforzi più usati, così, per esempio, per le resine fenoliche si considerano: carta - tela di cotone (cotton fabric e cotton web) - nylon - tessuto di vetro -

⁽¹⁾ Gli stratificati sono lastre di vario spessore, per lo più rigide, ottenute trattando sotto pressione, a caldo, un certo numero di fogli sovrapposti di carta o di tela impregnati con una vernice o resina fino alla sua completa polimerizzazione. Nello stesso modo si fabbricano pure tubi, bastoni e materiali vari.

tessuto d'amianto - cartone d'amianto - legno. Se, tenendo presente lo scopo di questa nota, consideriamo le resine più usate nell'industria elettrica, ed i rinforzi impiegati comunemente negli isolamenti e confrontiamo fra loro le caratteristiche dei vari stratificati avremo per lo meno un'idea dell'influenza che i rinforzi esercitano sul comportamento della resina. A questo scopo ho raccolto nella tabella unita (riducendoli quando era possibile in unità decimali a noi più famigliari) i numeri indicativi delle caratteristiche principali. Mi sono limitato a considerare le resine fenoliche, melaminiche e poliesteri tra quelle che ammettono parecchi tipi di rinforzi, ma ho riportato anche le caratteristiche delle epossidiche dei siliconi e del teflon per utile confronto.

I dati non sono completamente omogenei per le varie resine: così per le fenoliche e le melaminiche si sono presi in esame tre rinforzi fatti con tessuti: di cotone, di amianto e di vetro; ma per le resine poliesteri mancano le indicazioni riguardanti il cotone e l'amianto e si è tenuto conto in loro vece dei rinforzi di carta e di mat⁽²⁾ di vetro. In generale gli stratificati rinforzati con carta hanno caratteristiche meccaniche inferiori agli altri, presentano, alla temperatura ordinaria, una rigidità dielettrica molto alta, ma sono sempre assai sensibili all'umidità, e non resistono a temperature elevate; il mat invece conferisce agli stratificati caratteristiche elettriche non lontane da quelle del tessuto di vetro, ma qualità meccaniche nettamente inferiori, per queste ragioni ho ritenuto opportuno non considerare questi rinforzi per le altre resine, e citarli a proposito delle poliesteri anche per dare un'idea delle differenze suaccennate.

I numeri della tabella sono stati confrontati con i risultati di altre prove di cui ho avuto notizia e con altre pubblicazioni, essi corrispondono nei minimi e nei massimi a delle buone medie ma non rappresentano dei massimi assoluti.

Esaminando ora il gruppo degli stratificati fenolici è facile vedere che tutte le caratteristiche meccaniche ed elettriche migliorano grandemente quando si passi dal rinforzo di cotone a quello di vetro; l'assorbimento d'acqua si mantiene pressochè costante perchè dipende principalmente dalla resina, il coefficiente di dilatazione termica diminuisce e la massima temperatura di esercizio continuo passa da 120°C a 143°C. L'amianto migliora alcune caratteristiche meccaniche del cotone, ma non quelle elettriche, anzi abbassa la rigidità dielettrica e pur consentendo una temperatura di esercizio continuo superiore al cotone si dimostra nettamente inferiore al vetro. Notizie più recenti, ma di altra fonte, pongono alcuni stratificati fenolici rinforzati con vetro tra gli isolanti di classe F, capaci cioè di sopportare la temperatura di esercizio continuo di 155°C: è probabile che il miglio-

⁽²⁾ Il mat di vetro chiamato impropriamente da qualcuno feltro o tappeto, è uno strato uniforme, di spessore e peso variabile da tipo a tipo, formato da piccoli fasci di fibre di Vetrotex di lunghezza limitata, uniti disordinatamente e tenuti insieme per mezzo di un collante.

CARATTERISTICHE TIPICHE INDICATIVE DI ALCUNI STRATIFICATI

	RESINE	FENOLICHE			MELAMINICHE			POLIESTERI			EPOSSIDICHE	SILICONI	TEFLON
		Tessuto di Cotone 2	Tessuto di Amianto 3	Tessuto di Vetro 4	Tessuto di Cotone 5	Tessuto di Amianto 6	Tessuto di Vetro 7	Carta 8	Mat di Vetro 9	Tessuto di Vetro 10			
1	Peso specifico	1,30-1,36	1,55-1,80	1,40-1,80	1,33-1,55	1,75-1,85	1,82-1,98	1,2-1,5	1,5-1,8	1,5-2,1	1,7-1,9	1,6-1,9	2,2
2	Resistenza a Trazione	630	420	810	630	460	1760	430	1050	2810	2320	700	560
	» » »	1120	840	2810	910	840	3510	1000	1690	3510	3510	1760	840
3	» » »	2110	1260	2950	2320	1900	2110	1380	2110	2110	3510	2460	—
	» » »	3090	3160	4220	3230	3510	5980	1760	3510	4220	6330	3230	—
4	» » »	1120	700	1400	980	1200	1970	900	1400	3510	3160	700	770
	» » »	2110	2460	2810	1400	1690	3870	1650	2460	4430	5620	3090	910
5	» » »	810	840	1210	1160	—	1330	—	—	840	1190	1160	—
	» » »	1060	1130	1690	1260	—	2110	—	—	1260	1540	1260	—
6	Durezza Rockwell (M)	70-120	70-110	105-110	110-120	110-115	105-130	—	90-100	100-110	105-120	100	60
7	Resistenza d'isolamento ⁽¹⁾	10	—	25	—	5	30	—	5000	—	100.000	1	5000 x 16 ⁶
	» » »	5000	—	5000	—	—	1500	—	50.000	—	550.000	300.000	—
8	Rigidità dielett. normale agli strati ⁽²⁾	150-160	50-100	300-900	200-300	50-150	200-450	600-800	250-600	200-600	400-750	200-480	300-350
9	Costante dielettica a 10 ⁶ Hz	5,5-7,0	5,5-7,0	3,7-6,0	6,2-10,0	8,0-9,0	6,9-9,0	3,0-4,2	4,0-4,7	—	4,5-5,3	3,7-4,3	2,7
10	Fattore di potenza	0,05	0,10	0,01	0,031	0,12	0,011	0,03	0,007	—	0,015	0,0012	0,006
	» » »	0,10	0,15	0,03	0,1	0,22	0,025	0,025	0,02	—	0,025	0,0030	—
11	Assorbimento d'acqua 24h. s. = 1/8 %	1,0-2,0	0,3-2,5	0,3-2,3	1,0-2,0	1,0-5,0	1-2,5	1,5	0,3-1,0	0,3-0,9	0,05-0,25	0,15-0,65	0,02
12	Resistenza all'arco	—	—	—	120-135	—	175-190	28-75	80-180	80-120	15-130	150-250	160
13	Coeff. di dilataz. termica × 10 ⁻⁵ C°	1,8-3,2	1,7-2,5	1,5-2,5	0,7-2,5	—	0,7-1,2	3,1	—	—	—	0,5-1,0	—
14	Massima temp. d'eserc. continuo C°	107-120	135	143	100-127	107-118	150	104	150	150-204	150-180	204-260	250
15	Combustibilità	molto bassa	quasi nulla	nulla	quasi nulla	quasi nulla	nulla	moderata si spegne da sé	da lenta a nulla	da lenta a nulla	lenta	molto lenta	nulla

⁽¹⁾ 96h. C° 90% V.R.

⁽²⁾ Prova rapida - sono indicati i Volt per 0,001" - spessore del provino 1/8"

ramento dipenda da qualche perfezionamento apportato alle resine o al loro trattamento, ma è lecito ritenere che questo non avrebbe raggiunto tutta la sua efficacia senza il rinforzo di vetro.

Gli stratificati di resine melaminiche suggeriscono considerazioni non molto diverse, con la differenza tuttavia che il rinforzo di amianto migliora leggermente, rispetto al cotone, alcune qualità meccaniche, ma peggiora quelle elettriche, consente un più forte assorbimento d'acqua, ed una temperatura continua di esercizio inferiore; il miglioramento apportato dal vetro è invece molto evidente in tutte le proprietà considerate.

Le cifre che riguardano le poliestere sono molto interessanti perchè solo recentemente sono state apprezzate le loro caratteristiche dielettriche. Preparate ed adoperate per la fabbricazione di manufatti di resina rinforzata destinati ad usi di guerra furono considerate anche per il loro potere isolante, ma non si diede a questa proprietà grande importanza: si sa ora che esse o almeno alcuni tipi possono affrontare le esigenze delle classi di isolamento superiori, specialmente quando le loro proprietà sono esaltate dal rinforzo di vetro.

Sulle resine epossidiche, siliciche e sul teflon, si può osservare come le più brillanti ca-

ratteristiche elettriche del teflon non siano accompagnate da proprietà meccaniche ugualmente pregevoli.

Infine un confronto tra i vari stratificati rinforzati con vetro darà modo di stabilire una graduatoria di comportamento tra le diverse resine e di mettere in evidenza i pregi dei silicini.

Una spiegazione sicura e completa dell'influenza che la fibra di vetro ha sulle vernici e sulle resine isolanti non mi pare che sia stata data. Probabilmente essa sta almeno in parte nel fatto che il vetro non solo può sopportare temperature molto elevate senza sensibili cambiamenti dimensionali e senza alterazioni strutturali, ma, per la sua buona conduttività termica, impedisce che nel « punto più caldo » la temperatura raggiunga i massimi permessi dal cotone.

Qualunque sia il suo modo d'agire l'impiego del Vetro Tessile nell'isolamento elettrico offre alcuni notevoli vantaggi che, data la tendenza ad elevare le tensioni di distribuzione dell'energia elettrica e le temperature massime di esercizio degli impianti, debbono essere tenuti presenti per aumentare la sicurezza di funzionamento.

Felice Goffi

Compiti della « Sezione Programmazione » e dell'« Ufficio Metodi e Tempi » nell'industria siderurgica

L'Ing. GUIDO DANESE, richiamati sinteticamente alcuni degli aspetti principali dell'organizzazione tecnica degli stabilimenti siderurgici e premessi i concetti generali sui compiti della « Sezione Programmazione » e dell'« Ufficio Metodi e Tempi », analizza le funzioni di questi due servizi nel campo siderurgico, mettendole anche parzialmente in relazione con quelle del « Centro Controlli Qualitativi ». L'esposizione è integrata con un esempio di applicazione della programmazione ad un grande stabilimento siderurgico a ciclo integrale e con la citazione di alcuni esempi applicativi dei compiti dell'Ufficio Metodi e Tempi.

1. - PREMESSE

Rammentando uno dei principi fondamentali dell'organizzazione, secondo il quale ogni impresa industriale va organizzata in relazione alle funzioni che vi si devono svolgere, e, tenendo presenti le caratteristiche peculiari degli stabilimenti siderurgici, non può recare meraviglia che in questi si riscontrino schemi organizzativi anche notevolmente differenziati rispetto a quelli di altri tipi di stabilimenti. Le differenze, anche se attenuate, persistono nell'ambito stesso degli stabilimenti siderurgici, dipendendo dalle loro caratteristiche generali, anzianità di installazione, capacità produttiva, vedute dei dirigenti, ecc.

È quindi forse superfluo premettere che la presente illustrazione su alcuni dei compiti organizzativi degli stabilimenti siderurgici va intesa piuttosto come esemplificazione che non come generalizzazione. Analoga osservazione va fatta nei riguardi delle sezioni o uffici previsti nell'organogramma; non è raro infatti che una determinata mansione organizzativa sia attribuita a sezioni o

uffici che nei vari stabilimenti passano sotto denominazioni diverse.

Per quanto concerne in particolare l'« Ufficio Metodi e Tempi », è noto che i suoi compiti, nei vari stabilimenti, non sono sempre chiaramente definiti. Comunque, trattandosi di stabilimenti siderurgici, riteniamo opportuno di mettere fin d'ora in evidenza che tali compiti hanno una fisionomia diversa da quella che si presenta per le officine meccaniche. In queste, specie se a produzione di grande serie, è per esempio in molti casi conveniente la scomposizione spinta degli elementi di un'operazione manuale, arrivando anche all'analisi dettagliata dei micromovimenti mediante procedimenti cinematografici. In uno stabilimento siderurgico invece — a parte qualche reparto o macchinario ausiliario — la funzione del lavoro manuale è diversa, trattandosi per lo più di manovre e controlli anziché di operazioni. Per esempio nelle acciaierie americane, anche trattandosi di forni Martin della massima capacità, per la loro condotta sono previsti 3 uomini per forno o 5 uo-

mini per una coppia di forni; tuttavia, nonostante tale limitato impiego di personale, questo non appare occupato febbrilmente e al momento della colata le varie squadre dei forni si aiutano a vicenda. Diversa è invece la situazione per gli addetti alle grue e agli altri mezzi di trasporto, che sono utilizzati in pieno.

Tuttavia — a parte la diversa fisionomia e la vastità del campo di applicazione — le linee orientative generali seguite dall'Ufficio Metodi e Tempi di uno stabilimento siderurgico sono sostanzialmente comuni a quelle di altri tipi di industrie perchè, indipendentemente dalla qualità dei materiali da elaborare, comune ne è l'obiettivo essenziale di razionalizzare i procedimenti di lavoro.

Per la « Sezione Programmazione » ci si deve invece aspettare una netta differenziazione a seconda delle caratteristiche delle singole industrie ed è per questo motivo che si è ritenuto opportuno di illustrare con un esempio la pratica applicazione della programmazione ad un grande stabilimento siderurgico (v. paragrafo 3).

Le presenti note si riferiscono agli stabilimenti siderurgici a ciclo integrale — che comprendono l'impianto di altiforni, l'acciaieria e gli impianti di laminazione (*) — e così pure alle acciaierie non integrate con altiforni, mentre sono esclusi quegli stabilimenti, d'altronde rari, nei quali l'altoforno chiude il ciclo delle operazioni.

Non è questa la sede per illustrare organogrammi completi di stabilimenti siderurgici. Torna però opportuno notare che nell'industria siderurgica statunitense e così pure negli stabilimenti europei che seguono il modello dell'organizzazione tecnica americana, tipica è la netta separazione fra le mansioni esecutive (« line ») e quelle consultive, di progetto, controllo e amministrative (« staff »). Della « line » fanno parte i dirigenti dei vari centri o reparti produttivi — cocheria, altiforni, acciaierie, laminazione a caldo, laminazione a freddo, finimento (stagnatura, zincatura, ecc.) — come pure, in genere quelli dei servizi ausiliari (centrale termoelettrica, servizi idraulici, ecc.), servizio traffico e servizio manutenzione. Il servizio « staff » è svolto generalmente dai seguenti centri: Ufficio Tecnico, Centro Controlli Qualitativi, Ufficio Metodi e Tempi, Sezione Programmazione e Servizio Combustione.

L'Ufficio Tecnico provvede alla progettazione di nuovi impianti e attrezzature di stabilimento, a modifiche e rammodernamenti di impianti, ecc.

Il Centro Controlli Qualitativi ha per oggetto la determinazione dei procedimenti e cicli di lavorazione; il controllo qualitativo dei materiali impiegati; il controllo di qualità in corrispondenza alle singole fasi di elaborazione fino alla finitura; ricerche e controlli fisici e chimici, ecc. In un grande stabilimento siderurgico questo centro può comprendere:

(*) Anche altre lavorazioni, come per esempio quelle della fonderia d'acciaio e della fucinatura, possono completare direttamente il ciclo, ma in genere la parte preponderante dell'acciaio prodotto nel mondo viene passata alla laminazione.

a) *Un laboratorio chimico* che effettua le analisi di controllo dei saggi prelevati dai materiali grezzi in arrivo e di quelli prelevati durante la fusione ai forni, determinando la loro composizione chimica; eseguisce inoltre esami spettrografici, misure di temperature, ecc.

b) *Un laboratorio di ricerche* per il controllo della qualità dell'acciaio con impronte Baumann, esami macrografici e micrografici, prove magnetiche ed ultrasonore, ecc. Vi si studiano inoltre la composizione chimica dell'acciaio, le dimensioni del grano, i trattamenti termici e in genere tutti gli altri fattori necessari per soddisfare alle prescrizioni della clientela.

c) *Reparto prove*: eseguisce le prove correnti di trazione, piegamento, resilienza; prepara le sezioni per le impronte Baumann, per gli esami macrografici, ecc.

d) *Reparto di ispezione*: provvede alla revisione dei prodotti prima della loro spedizione.

e) *Servizio metallurgico*. A questo servizio competono compiti essenziali quali i seguenti: esami dei dati di colata e controllo qualitativo delle colate, per assicurarsi che esse soddisfino alle norme richieste per la ulteriore elaborazione dell'acciaio; vigilanza del colaggio dei lingotti e determinazione delle modalità di colaggio; vigilanza nei reparti di laminazione in rapporto al colaggio dei lingotti, ecc.

In base alla raccolta sistematica dei dati più caratteristici, il servizio metallurgico provvede a definire le prescrizioni (standard) di fabbricazione per tutte le fasi del ciclo produttivo, controllando indi l'attività produttiva dal punto di vista qualitativo.

2. - RICHIAMI SOMMARI SUI COMPITI DI UNA SEZIONE PROGRAMMAZIONE, AL DI FUORI DEL CAMPO SIDERURGICO.

Ad una Sezione Programmazione (o programmazione e avanzamento lavori) vengono generalmente attribuiti i seguenti compiti: programmazione razionale della produzione, organizzazione del rifornimento dei materiali necessari per l'attuazione dei programmi di lavoro, assegnazione del lavoro e controllo delle sue condizioni di avanzamento.

Lo svolgimento della programmazione viene generalmente distinto nelle tre fasi di preparazione, programmazione vera e propria e assegnazione del lavoro.

La preparazione (« routing ») consiste nello studio dettagliato dei metodi di lavorazione migliori e più economici per le condizioni esistenti; nella determinazione del fabbisogno di materiali e dei posti di lavoro per ogni operazione; infine nella determinazione dei tempi normali per le varie operazioni, senza però definire le epoche di attuazione.

Nella *programmazione vera e propria* (« scheduling ») tali epoche di attuazione vengono invece stabilite, assegnando e distribuendo nel tempo le varie operazioni alle unità produttive. La distribu-

zione va fatta avendo presenti le operazioni e gli impegni relativi alle altre commesse, in modo da evitare sovrapposizioni e interferenze in corrispondenza alle varie fasi del ciclo lavorativo. Per la distribuzione sono molto utili i diagrammi o tavole meccaniche di programmazione e controllo. Oltre alla programmazione delle operazioni è necessario provvedere all'assegnazione dettagliata del lavoro alle singole unità produttive; a tale scopo servono egregiamente i diagrammi di distribuzione del tipo Gantt o di tipo derivato da questi.

L'assegnazione o disposizione (« dispatching ») del lavoro consiste nell'impartire ai centri produttivi gli ordini per l'attuazione dei programmi elaborati e nel dirigere i movimenti, beninteso con la necessaria flessibilità di adattamento a quelle modifiche di programma di tanto in tanto inevitabili a causa di irregolarità impreviste, di riparazioni a qualche unità produttiva, ecc.

Il controllo dell'osservanza dei programmi e dell'avanzamento del lavoro viene agevolato dall'impiego di appositi « fogli di avanzamento delle operazioni » oppure dei diagrammi o tavole meccaniche di programmazione e controllo previsti per i vari centri produttivi.

Se in uno stabilimento è adottato il tipo di controllo centralizzato, la Sezione Programmazione provvede integralmente a tutti i compiti sopraelencati. Così, per l'assegnazione dei lavori, essa potrà ricorrere — per esempio nel caso di una officina meccanica — al noto sistema delle « cabine di disposizione ». In questo caso i singoli capireparto devono attendere solamente all'esecuzione del lavoro secondo gli ordini ricevuti.

All'estremo opposto è invece il controllo decentralizzato, col quale ogni caporeparto, ricevuti gli ordini di esecuzione, deve preoccuparsi della disponibilità dei materiali e delle scorte necessarie, della distribuzione del lavoro alle varie macchine e della programmazione del lavoro per ogni macchina.

Una via intermedia è costituita dal controllo misto. Questo sistema si presta ad innumerevoli soluzioni e consente maggior flessibilità nell'interno dei reparti. Una delle soluzioni consiste nell'attribuire alla Sezione Programmazione tutti i compiti di ricevimento, analisi, programmazione e assegnazione del lavoro, intendendo però che programmazione e assegnazione siano effettuate per ogni sezione o reparto produttivo e che spetti al caporeparto la programmazione dettagliata e il controllo del lavoro nel suo ambito, in modo da rispettare i tempi prestabiliti. In quanto al controllo dell'avanzamento del lavoro esso potrà essere compiuto in questo caso attraverso ai rapporti regolari trasmessi da ciascun caporeparto.

3. - COMPITI DELLA SEZIONE PROGRAMMAZIONE IN UNO STABILIMENTO SIDERURGICO.

Premettiamo anzitutto che, anche nel caso si tratti di uno stabilimento siderurgico a ciclo integrale, sarà qui presa in considerazione solo la programmazione per l'acciaieria e per gli impianti di

laminazione, programmazione questa che va molto curata a causa della complessità dei problemi connessi alle varie commesse.

Il problema per l'impianto degli altiforni e per i suoi reparti ausiliari è invece meno complicato perchè la produzione giornaliera di ghisa in uno stabilimento a ciclo integrale è praticamente costante e anche la qualità della ghisa richiesta non è in generale soggetta a variazioni. Si tratta essenzialmente di programmare un opportuno rifornimento delle materie prime, assicurandone le scorte necessarie; per quanto riguarda la ghisa prodotta, la maggior parte di essa procede all'acciaieria per la sua affinazione, mentre un'altra parte può essere trasferita alla macchina a colare per la solidificazione in pani e messa a magazzino. Anche se il volume di produzione di laminati subisce fluttuazioni, queste sono in media relativamente limitate e l'equilibrio rispetto alla produzione costante della ghisa può essere mantenuto attraverso ad opportune variazioni della percentuale di ghisa in carica nei forni Martin, a variazioni nella quota di ghisa inviata alla macchina a colare e alla messa a deposito della produzione eccedente di lingotti. Anche il trattamento della loppa e l'utilizzazione del gas d'altoforno, del gas di cocheria, ecc. costituiscono problemi da risolversi fin dall'inizio e che non richiedono generalmente ulteriori programmazioni, trattandosi di produzioni pressochè costanti.

La programmazione nel campo delle acciaierie e degli impianti di laminazione è in via di continuo sviluppo, ma si può affermare che anche negli Stati Uniti — che pur sono all'avanguardia in fatto di organizzazione — il controllo centralizzato con separazione totale dei compiti direttivi da quelli esecutivi dell'esercizio, pur costituendo un'ambita meta finale, è in atto solo parzialmente. Comunque, lo stato della preparazione e programmazione del lavoro negli stabilimenti siderurgici americani è generalmente molto più avanzato che non in Europa e viene a corrispondere ad un sistema di controllo misto. Le ragioni che militano a favore di uno sviluppo sempre più esteso della preparazione e programmazione sono soprattutto da ricercarsi nel desiderio di soddisfare in pieno le esigenze della clientela.

Riteniamo opportuno di illustrare con un esempio la pratica applicazione della programmazione riferendoci ad un grande stabilimento siderurgico americano a ciclo integrale (9), avente vari laminatoi per profilati, barre, nastro e lamiera.

I rapporti con la clientela vengono curati esclusivamente dalle filiali o agenzie del Reparto Vendite della Società e sono queste filiali o agenzie che passano le ordinazioni al Reparto Servizio Clientela della Sezione Programmazione (qui abbreviata con le iniziali S. P.).

Una volta al mese la S. P. si riunisce col delegato della Divisione Vendite per esaminare la situazione ed abbozzare la programmazione grossolana per il mese successivo. La Divisione Vendite, conoscendo la situazione, è così in grado di regolarsi nei riguardi dell'accettazione delle future commesse e delle relative date di consegna.

La produzione mensile programmata viene ripartita nei singoli prodotti in base alle ordinazioni ricevute, curando una sufficiente utilizzazione dei treni di laminazione e l'utile economico nelle singole commesse. Per questa ripartizione si assegna prudenzialmente solo una parte della produzione possibile, per esempio l'85 %, assicurando così sufficienti riserve in vista di possibili fermate o interruzioni (per esempio di un forno a spinta), di eventuali intercalazione di commesse particolarmente urgenti, ecc. Qui è da mettere in evidenza l'incertezza del mantenimento dei programmi e dei tempi di consegna da parte dell'acciaieria. In questa, mediamente, solo il 90 % delle colate sono rispondenti alla composizione e qualità prescritte, mentre il 10 % non entra in considerazione ai fini dell'impiego previsto nel programma. Tale stato di cose è anche dovuto al fatto che fra i grossi clienti molti tendono a modificare frequentemente le prescrizioni nei riguardi della qualità dell'acciaio.

Ciò premesso vediamo ora a larghe linee come si svolgono i compiti della Sezione Programmazione. Ricevute le commesse, la S. P. provvede a selezionarle, ripartendole in singole posizioni e per ciascuna posizione compila una scheda madre (fig. 1) riproducibile in molte copie. Questa scheda contiene i dati della commessa e del cliente, le caratteristiche del prodotto secondo il cifrario di stabilimento nonché le prescrizioni richieste o concordate col cliente in quanto a tipo, qualità, prelievo provini, collaudo e spedizione. Questa scheda madre procede poi al « Centro Controlli Qualitativi » il quale riporta sui registri le prescrizioni interne per la commessa in questione riguardanti qualità, dimensioni e collaudo. Da qui la scheda madre passa al Reparto Spedizioni che esamina le prescrizioni di spedizione, aggiungendo il mezzo più conveniente di spedizione qualora il commitente non lo abbia definito.

Ritornata alla S. P. insieme alle prescrizioni del Centro Controlli Qualitativi e del Reparto Spedizioni, la schema-madre viene completata e riprodotta in più copie. Ne risulta un altro stampato (fig. 2) che comprende — oltre ai dati dello stampato 1, ai dati del Centro Controlli Qualitativi e del Reparto Spedizioni — anche colonne libere per il rapporto di laminazione.

Sulla scorta dello stampato 2, la S. P. prepara la richiesta di acciaio secondo lo stampato 3 (fig. 3) che viene compilato da semplici scrivani in base ad apposite norme dello schedario dalle quali si rilevano, per ogni dimensionamento finale dei prodotti laminati, le necessarie dimensioni del lingotto e così via. La S. P. — Sezione acciaieria — raccoglie, sulla scorta di queste richieste di lingotti o di semiprodotti, le colate della stessa qualità nello stampato 4 (fig. 4) che serve come ordinativo per l'acciaieria e contiene i vari dati sul forno impiegato, sulla colata, colaggio, tipo delle lingottiere da impiegare, ecc.

Copie di questo stampato, in forma di fogli bianchi e verdi, procedono agli incaricati delle successive fasi di lavorazione ai laminatoi.

In base alle schede descritte la S. P. — Sezione acciaieria — compila indi un programma settimanale di produzione per l'acciaieria, che mette in evidenza l'occupazione dei forni, il numero delle colate, ecc. Nella stessa guisa procede la S. P. — Sezione laminatoi — compilando il programma settimanale per i treni. Subito dopo lo spillamento delle singole colate l'incaricato dell'acciaieria ne annota le caratteristiche sul suo foglio che egli passa quindi all'incaricato dei laminatoi. Portata a termine la commessa, detto foglio viene restituito al Servizio clientela della S. P., informandone contemporaneamente il Reparto Spedizioni per gli eventuali controlli e raffronti fra il materiale richiesto e quello effettivamente fornito.

Per il controllo del finimento viene riempito un programma giornaliero di esecuzione (fig. 5), registrandone i dati separatamente per ogni prodotto.

Il rapporto giornaliero sulle spedizioni viene compilato in due modi: uno come nello stampato 6 (fig. 6), suddiviso per prodotti, e l'altro come nello stampato 7 (fig. 7), suddiviso per commesse. Per informazione giornaliera della Direzione dello stabilimento in merito alle forniture dei clienti più importanti, viene inoltre compilato un rapporto su foglio non schedato che sintetizza le laminazioni compiute e le spedizioni già avvenute.

In base ai detti rapporti viene inoltre compilato un rapporto settimanale (fig. 8) il quale riassume i dati sui termini di consegna pattuiti che sono stati osservati e su quelli che non sono stati mantenuti, indicandone la motivazione.

Oltre alle tabelle numeriche ed agli schedari, per consentire una visualizzazione più rapida delle situazioni, viene anche preparato un quadro illustrativo delle spedizioni settimanali e annuali in relazione alle spedizioni normali programmate; da questo quadro si rileva per ciascun treno la proporzione fra i termini di consegna pattuiti e quelli mantenuti per la settimana trascorsa, come pure per l'intero periodo di tempo dall'inizio dell'anno.

Per garantire un lavoro rapido e scorrevole ed avere sempre la situazione sotto controllo, la S. P. si serve di ispettori, dislocati in ogni reparto, ai quali vengono affidati i compiti seguenti:

1) controllo dell'espletamento regolare e tempestivo delle commesse, entro ai termini pattuiti ed in conformità ai programmi;

2) rapporti sulla ultimata esecuzione delle commesse;

3) interventi in caso di ritardi e interruzioni e necessarie modifiche del programma d'acciaieria e di laminazione.

Viene dato il massimo valore alla buona collaborazione fra gli esperti della S. P. e i dirigenti dei reparti produttivi. Le comunicazioni hanno luogo per lo più a mezzo di telescriventi. Per esempio nell'acciaieria, presso ogni stazione di colata, trovasi un apparecchio telescrivente manuale, molto semplice. Dopo lo spillamento di ciascuna colata il fonditore ne comunica l'esecuzione alla S. P. scrivendo con uno stilo simile ad una matita; il numero del forno; il numero della colata; tempo

di colaggio; analisi dell'acciaio; numero e forma dei lingotti colati. Questo rapporto di esecuzione viene riportato sulla scheda di colata e ne viene informato l'incaricato della S. P. — Sezione laminatoi —. Questo incaricato informa a sua volta l'addetto della S. P. ai laminatoi che i lingotti si trovano nel forno a pozzo, pronti per la laminazione.

Degno di nota è il fatto che i reparti produttivi sono spesso quasi completamente liberati dai compiti non direttamente attinenti alla produzione ed al perfetto funzionamento degli impianti di esercizio. Per esempio il Capo acciaieria riceve dalla S. P. le prescrizioni per ogni colata, sia per quanto riguarda la sua composizione, che per i tempi approssimati d'inizio di caricamento e di quelli per lo spillamento, cosicché la sua attività principale si limita quasi esclusivamente alla condotta delle colate ed alla loro resa, alla sorveglianza dei forni e alla loro manutenzione e all'organizzazione della produzione per conseguire i minimi costi.

L'esempio qui riportato si riferisce ad un grande stabilimento americano, ma nelle sue linee fondamentali un analogo sistema organizzativo viene applicato anche agli stabilimenti di media potenzialità.

Nel più moderno stabilimento siderurgico a ciclo integrale italiano, la S. P. segue sostanzialmente le linee direttive sopra illustrate. Nella programmazione grossolana si assume quale unità di tempo la settimana e di regola sono previste sei settimane per portare a termine una commessa, comprendendo in questo periodo di tempo tutto quanto è connesso alla fornitura e cioè: preparazione del ciclo di produzione necessario; programmazione vera e propria nel tempo; assegnazione del lavoro relativo ai centri produttivi; rifornimento dei materiali necessari e infine esecuzione e controllo del lavoro fino alla spedizione del prodotto.

Anche in questo stabilimento si preparano fra l'altro rapporti settimanali analoghi a quello di fig. 8, dai quali risultano le differenze fra la produzione programmata e quella effettiva e in base ai quali, nel caso che il lavoro sia in arretrato, si prendono provvedimenti per il necessario ricupero durante le settimane successive.

4. - RICHIAMI GENERALI SUI COMPITI DI UN UFFICIO METODI E TEMPI.

I compiti di un Ufficio Metodi e Tempi — che corrispondono in sostanza a quella funzione nota sotto il nome di « methods engineering » e che da noi è tradotta in « tecnica dei metodi » (11) — assumono fisionomia diversa a seconda del tipo di stabilimento e dello stato di avanzamento della pratica applicazione di questa tecnica, ma, come già premesso, seguono linee orientative generali fondamentalmente comuni. Nei riguardi della pratica applicazione negli stabilimenti siderurgici, uno degli scopi essenziali dell'Ufficio Metodi e Tempi è quello della *razionalizzazione dei procedimenti di lavoro*. In senso lato la razionalizzazione si iden-

tifica con tutto quel complesso di perfezionamenti che mediante opportune misure organizzative possono essere eventualmente apportati ai cicli lavorativi o ausiliari nei confronti del procedimento seguito; degli impianti utilizzati; materiali impiegati, loro resa e trasporto; macchinari ed attrezzature e loro sfruttamento razionale; manodopera e sua equa utilizzazione e della continuità operativa. Obiettivo fondamentale di tali perfezionamenti è di rendere la produzione più rapida ed economica a parità di caratteristiche qualitative del prodotto.

Da questa definizione si vede come sia vasto ed eterogeneo il campo di applicazione dell'attività dell'Ufficio in oggetto.

Oltre agli studi e proposte di razionalizzazione dei procedimenti di lavoro, altri compiti generalmente affidati all'Ufficio Metodi e Tempi sono i seguenti:

- unificazione nei riguardi delle attrezzature, impianti, norme di accettazione per le materie prime impiegate, materiali di consumo e ausiliari, ecc.;
- valutazione dei posti di lavoro per i vari centri produttivi e loro classificazione nelle varie categorie;
- determinazione di cottimi e incentivi in base ai rendimenti.

S'intende che durante il periodo iniziale dell'esercizio di uno stabilimento, i vari cicli lavorativi vi si svolgono secondo una prima programmazione che non può essere perfetta ed è quindi suscettibile di miglioramenti talora anche notevoli. È appunto compito dell'Ufficio Metodi di affrontare lo studio dei miglioramenti più urgenti e di sviluppare gradatamente le sue mansioni, a tutto vantaggio dell'impresa. Talune di queste mansioni, come per esempio quelle di unificazione o di determinazione delle categorie del personale, sono effettuate una volta per sempre, salvo i necessari ritocchi o i completamenti derivanti da ampliamenti dello stabilimento o da modifiche nei cicli operativi.

In merito alla razionalizzazione di un determinato procedimento o ciclo lavorativo, riteniamo di poter riassumerne lo studio nelle seguenti fasi:

1) *Rilievo sistematico delle condizioni attuali* del procedimento lavorativo nei vari suoi aspetti già elencati riguardanti il diagramma seguito, i materiali, i macchinari e le attrezzature, la manodopera, ecc. A tal uopo gli appositi incaricati dell'Ufficio Metodi e Tempi sottopongono fra l'altro il ciclo a vari rilevamenti e analisi dei tempi con impiego di cronometristi, spesso anche fase per fase, mettendo in evidenza le eventuali deficienze ed anomalie. Ai fini del successivo esame critico, il procedimento attuale va assoggettato ad una scomposizione ordinata dei suoi elementi di dettaglio.

2) *Esame critico* del procedimento attuale sulla scorta della documentazione precedente, del-

le informazioni attinte sul posto e delle discussioni in merito. Ogni elemento di dettaglio viene qui assoggettato ad indagine (« tecnica delle domande ») per giudicare sul suo scopo e necessità, sul punto e sul momento più adatti alla sua inserzione, sul modo per semplificarlo o migliorarlo, ecc.

3) *Studio e determinazione del nuovo metodo* più razionale, badando, ove possibile, di eliminare elementi di dettaglio inutili, di semplificare le operazioni e di applicare in genere tutte le modifiche necessarie per apportare i miglioramenti desiderati. Il nuovo metodo potrà comportare eventualmente l'installazione di nuovi impianti o macchinari o attrezzature e, in ogni modo, nella sua determinazione sono tenuti presenti i tempi normali e l'obiettivo di saturare equamente le macchine, gli impianti e la manodopera.

4) *Applicazione del nuovo metodo*, cioè sua traduzione in norme e disposizioni esecutive atte a garantire che la nuova procedura trovi integrale ed efficace applicazione.

5) *Controllo dei risultati ottenuti*, cioè verifica delle previsioni, esame e studio delle mancate realizzazioni dei benefici sperati, studio delle eventuali ripercussioni sfavorevoli non previste, ecc.

Si potrebbe aggiungere un nuovo ciclo di studio per integrare il precedente, dato che in genere le previsioni non sono mai realizzate al 100 % e per il fatto che comunque l'esame dei risultati conseguiti dalla nuova procedura porta quasi sempre alla messa in evidenza di nuove perfettibilità. Ne deriva cioè una continuità di lavoro e di applicazione che giustifica l'ordinamento stabile al servizio in oggetto pur avendo esso in apparenza compiti saltuari.

5. - COMPITI DELL'UFFICIO METODI E TEMPI NEL CAMPO SIDERURGICO.

Anche nell'ambito degli stabilimenti siderurgici i compiti dell'Ufficio Metodi e Tempi corrispondono ai principi generali riassunti nel paragrafo precedente. Il campo di applicazione vi è vastissimo, ma non si può asserire che la letteratura tecnica abbondi di notizie al riguardo.

In vista delle numerose variabili che intervengono nei processi produttivi, ad esempio nella fabbricazione dell'acciaio al forno Martin, per lo studio del loro miglioramento acquistano importanza sempre maggiore i metodi statistici. Di questi metodi si deve occupare essenzialmente il Centro Controlli Qualitativi, sebbene la divisione dei compiti in questo campo non sempre sia chiara.

Attenendoci tuttavia all'argomento specifico, rileviamo la vastità del campo di lavoro dell'Ufficio Metodi e Tempi. Per convincersene basta pensare all'entità, vorremmo dire alla « pesantezza » del traffico che si svolge negli stabilimenti siderurgici. Considerando ad esempio uno stabilimento che produca 2000 t/giorno di acciaio greggio mediante

forni Martin caricati col 65 % di ghisa liquida e 35 % di rottami, e, supponendo che i minerali abbiano una resa in ghisa di ca. 50 %, possono essere mediamente previsti i seguenti quantitativi di materie prime fondamentali in entrata:

minerali	3300 t/giorno
rottami	800 »
calcare	900 »
carbone da coke . .	2000 »

Totale 7000 t/giorno

Il peso totale di queste materie prime è cioè 3,5 volte maggiore del peso di acciaio grezzo prodotto. Se si considera però il complesso del traffico in arrivo e in partenza e di quello interno — includendo cioè i vari movimenti di sollevamento, di traslazione e di convogliamento dei materiali, comprese tutte le prese e riprese, fino alle ultime operazioni di carico su binario o su autotreno di spedizione, nonché le tare dei vagoni, attrezzature e altri mezzi — si può arrivare ad un tonnellaggio trasportato 50 ÷ 70 volte maggiore del tonnellaggio di prodotti spediti. In questa ultima ipotesi per lo stabilimento in oggetto ci si può aspettare un tonnellaggio complessivo di materiali trasportati avente l'ordine di grandezza di ben 100.000 t/giorno. Non apparirà quindi esagerato che, in via molto grossolana, circa un terzo del costo complessivo dell'esercizio possa essere imputato ai trasporti e alle manipolazioni delle materie prime, dei semiprodotto e dei prodotti finiti. Questa forte incidenza di costo del traffico fa intendere l'importanza che va data all'organizzazione e alla razionalizzazione dei trasporti connessi agli stabilimenti siderurgici.

Altri settori di lavoro per l'Ufficio Metodi derivano dalla necessità di sincronizzare le operazioni di forni e impianti, di spingere i fattori di utilizzazione di macchine, normalizzare i diagrammi di carico, elevare le produttività e così via. Nel campo di interesse più generale ci limitiamo però qui solo ad accennare alla classificazione dei posti di lavoro ed a citare qualche esempio di applicazione nel campo della razionalizzazione e la bibliografia relativa, senza scendere in particolari, poiché una esauriente illustrazione di ciascuna applicazione sarebbe degna di pubblicazione a parte.

Durante i primi anni di esercizio di un grande stabilimento siderurgico a ciclo integrale, il relativo Ufficio Metodi e Tempi ha provveduto — attraverso numerosi ed esaurienti studi in posto e accurati rilevamenti ed in base alle varie esigenze di condotta dei macchinari ed apparecchi e dei servizi connessi — a determinare la classifica dei posti di lavoro e i corrispondenti organici. Tale determinazione è stata effettuata per ciascun centro o reparto produttivo e per ogni posto di lavoro, assicurando una ragionevole saturazione della manodopera. Ogni posto di lavoro è stato ben definito in base ai vari fattori di giudizio e pertanto non è possibile che il numero degli addetti a ciascun reparto subisca modifiche non motivate o che singoli posti di lavoro siano creati talvolta arbitra-

riamente dai capisquadra per favorire determinate persone.

Ai fini della *valutazione* dei posti di lavoro sono stati previsti 12 fattori di giudizio (capacità intellettuale richiesta, addestramento necessario, grado di responsabilità, spirito di iniziativa, ecc.) a ciascuno dei quali corrisponde un certo numero di gradi A, B, ... che tengono conto dell'importanza che va assegnata al fattore a seconda delle caratteristiche del lavoro e della sua finalità. Ad ogni fattore di giudizio di determinato grado corrisponde un certo numero di punti.

Il punteggio per la classificazione degli operai è stato raccolto in apposita tabella, analoga a quelle reperibili nei trattati (15), ed è in base a tale tabella che per ogni posto di lavoro è stato stabilito un numero finale cui corrisponde una determinata categoria della scala aziendale e quindi un determinato salario base. Il numero totale di categorie è risultato 24 ed i posti di lavoro esaminati sono stati all'incirca un migliaio.

Presso lo stesso stabilimento si è proceduto fra l'altro a razionalizzare le *operazioni di scarico* ai pontili di attracco delle navi. Lunghe ed accurate indagini hanno consentito di valutare i ritmi razionali di scarico nei vari casi, e cioè a seconda del tipo di nave, più o meno adatta per vuotarne rapidamente e senza difficoltà le stive, della materia prima e della sua pezzatura. Attraverso l'analisi del lavoro nelle stive per i vari turni è stata rilevata eccessiva inattività degli operai durante il primo e il secondo turno. Invece nel terzo turno, durante il quale lavorava un minor numero di operai, è stato riscontrato che il diagramma del numero di operai impegnati, in funzione delle ore del giorno, era quasi coincidente col diagramma di rendimento razionale studiato dall'Ufficio Metodi e Tempi. Queste constatazioni hanno giustificato la successiva riduzione del numero di posti di lavoro, con vantaggio sia dello stabilimento, che degli operai. La manodopera assegnata al pontile ha infatti beneficiato, in definitiva, di remunerazioni migliori, mentre quella eccedente è stata trasferita ad altri posti di lavoro dello stabilimento.

Come altri esempi di applicazione citiamo i seguenti:

— Miglioramento del traffico ferroviario negli stabilimenti siderurgici mediante impiego, oltre che dei parchi di ricevimento dei treni in arrivo, anche di parchi di sosta di opportuna capacità per i vagoni-deposito onde evitare congestionamenti in corrispondenza alle punte nel ritmo degli arrivi. Su questo argomento, come pure su quello delle analisi dei tempi nei riguardi del servizio delle locomotive, aventi lo scopo di aumentarne la disponibilità, esistono pregevoli studi (3) (4) (10).

— Distribuzione razionale dei vari materiali di carica nei silos degli altiforni e studio dei percorsi e delle sequenze di caricamento dei carribilico allo scopo di migliorare l'uniformità di caricamento o di aumentare la capacità di caricamento degli skip dei montacarichi.

— Razionalizzazione del rifornimento dei rottami ai forni Martin, evitandone le irregolarità e i ritardi mediante miglioramento nella preparazione dei rottami stessi; incremento del peso unitario per cassetta; miglioramento dei servizi di smistamento dei vagoni in arrivo al parco rottami, dei servizi di caricamento del rottame nelle cassette, dei sistemi di rifornimento delle cassette e del servizio delle caricatori (1) (5) (14).

— Razionalizzazione delle operazioni fra l'acciaiera e l'impianto di laminazione mediante opportuna scelta del « tempo di strippaggio » — (intervallo di tempo fra l'inizio del colaggio in lingottiera e l'inizio dello strippaggio) — e del tempo necessario per il riscaldamento e l'uniformizzazione dei lingotti nei forni a pozzo, evitando ritardi nel caricamento dei forni medesimi, col vantaggio finale di risparmiare fra l'altro in combustibile per il riscaldamento dei lingotti (2) (7) (8) (12) (13).

Vasto è poi il campo dell'*unificazione* che può riguardare i sistemi di lavorazione, le materie prime e gli altri materiali, le attrezzature, ecc. Quali esempi di unificazione citiamo qui quelli relativi ai sistemi di carica, condotta e velocità di colata dei forni; tipi e costituzione delle lingottiere; tipi e qualità dei materiali refrattari da impiegare nelle varie applicazioni.

Altre unificazioni — come quelle relative alla grandezza di varie macchine e di motori elettrici, delle tensioni delle reti elettriche, pressione del vapore, eventualmente della larghezza di carroponti, ecc. — dovrebbero essere già previste in sede di progettazione dello stabilimento.

Concludendo, già nelle premesse di queste note sintetiche è stato accennato alle differenze fra i compiti organizzativi nei vari stabilimenti, e altre differenze fra i compiti della Sezione Programmazione e dell'Ufficio Metodi e Tempi in generale e di quelli nel campo siderurgico risultano almeno in parte dal confronto dei paragrafi 2 e 4 con quelli 3 e 5.

I compiti della Sezione Programmazione negli stabilimenti siderurgici, quali risultano dall'illustrazione esemplificativa del paragrafo 3, sono bensì quelli generali di preparazione, programmazione, assegnazione lavori, controllo della loro esecuzione e, nel complesso, di coordinamento della produzione, ma una parte di queste mansioni è legata al Centro Controlli Qualitativi: è infatti il Servizio Metallurgico che determina, nella preparazione, i processi da seguire per ogni qualità d'acciaio, fornendo inoltre tutte le prescrizioni interne per ogni commessa per quanto riguarda qualità, dimensioni e collaudo.

Per quanto concerne poi l'Ufficio Metodi e Tempi, non sempre apparirà un confine netto fra le sue mansioni e quelle di un Servizio Metallurgico, specie nel campo della razionalizzazione dei procedimenti di lavoro. In casi del genere potrà essere messa in atto una fattiva collaborazione dell'Ufficio Metodi e Tempi col Servizio Metallurgico,

attribuendo al primo i compiti di migliorare i procedimenti dal punto di vista dei tempi e dei costi e al secondo quelli del perfezionamento sotto l'aspetto qualitativo. Giova ancora una volta sottolineare che i compiti di un Ufficio Metodi e Tempi trovano un vastissimo campo applicativo in qualunque settore dello stabilimento siderurgico in cui si ravvisi la possibilità di migliorare razionalmente i cicli produttivi o ausiliari.

Guido Danese

BIBLIOGRAFIA

1. W. W. BERGMANN, *Methods developed at Armco for decreasing scrap charging time*, Journal of metals, maggio 1955, pp. 608-611.
2. A. V. BRANCKER, J. STRINGER e L. H. W. SAVAGE, *Ingot heat conservation - Time Studies from casting to rolling*, J. Iron & Steel Inst., gennaio 1950, p. 67.
3. M. D. J. BRISBY, *Traffic congestion in iron and steel works - Causes and remedies*, Iron and Coal T. R., 5 novembre 1954, pp. 1103-1109.
4. M. D. J. BRISBY e R. T. EDDISON, *Train arrivals, handling costs and the holding and storage of raw materials*, J. of the Iron and Steel Institute, ottobre 1952, vol. 172, pp. 171-183.
5. M. D. J. BRISBY e W. O. PENDRAY, *The supply of scrap to open-hearth furnaces*, J. of the Iron and Steel Inst., marzo 1955, pp. 252-260.

6. W. B. CORNELL, *Organizzazione e direzione dell'impresa*, F.lli Bocca editori.
7. J. DUFLLOT e A. RICHARD, *Remarques sur la solidification et l'effervescence des lingots d'aciers Thomas pesant 4,6 t*, Revue de métallurgie, settembre 1954, p. 623.
8. R. T. FOWLER e L. H. W. SAVAGE, *Cooling or rimming steel ingots in a casting pit*, J. Iron & Steel Inst., luglio 1952, p. 277.
9. R. HILLINGMEIER, *Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung in amerikanischen Eisenhüttenwerken*, Stahl u. Eisen, 21 ottobre 1954, pp. 1413-1417.
10. H. H. MARDON e M. D. J. BRISBY, *The traffic of iron and steel works - A method of traffic analysis*, J. of the Iron and Steel Inst., dicembre 1953, Vol. 163, pp. 433-448.
11. W. RODGERS, *Methods engineering - Tecnica dei metodi*, Tecnica ed Organizzazione, settembre-ottobre 1953, pagine 45-47.
12. L. H. W. SAVAGE, *Progress review of casting bay and soaking pit practice*, Iron and Steel, febbraio 1955, p. 43 e marzo 1955, p. 98.
13. L. H. W. SAVAGE e R. T. FOWLER, *Ingot heat conservation - Cooling of 8 t ingots between teeming and stripping*, J. Iron & Steel Inst. febbraio 1953, p. 119.
14. F. W. TONNIUS, *Arbeitsablaufstudien im Schmelzbetrieb eines Siemens-Martin - Stahlwerkes*, Stahl u. Eisen, 30 luglio 1953, pp. 1042-1046.
15. V. ZIGNOLI, *La produttività e la nuova tecnica di produzione*, Hoepli 1955.

Rilevamento fotografico e cinematografico nel servizio metodi

GIORGIO DEANGELI esamina quali siano i limiti attuali di esistenza e di azione di un Servizio Metodi in funzione del rapido processo evolutivo delle imprese industriali e in particolare si riferisce al rilevamento fotografico e cinematografico, come uno dei mezzi più ovvii per raccogliere informazioni relative a un ente concreto.

Quali siano i limiti di esistenza e di azione di un Servizio Metodi è argomento che viene dibattuto in questa stessa sede e quindi vi insisterò.

Nel rapido processo evolutivo delle imprese industriali assistiamo da un lato al raggrupparsi di compiti in sempre più distinte funzioni, dall'altro al sorgere di organi destinati ad assolverle.

Una terminologia nascente offre ancora pretesto a confusioni e malintesi mentre le diversità nelle strutture di base e nei raggruppamenti di funzioni possono lasciare incertezze nell'accezione di espressioni come « Servizio metodi ». Nociolo comune è in ogni caso una intensa attività di raccolta di informazioni, di analisi e critica, di condensazione e di trasferimento a terze persone. Tutti i veicoli atti a questi scambi di informazioni possono venire utilizzati: si sono immaginati numerosi mezzi grafici, diagrammi, tabelle, questionari, ecc. in parte motivati da esigenze strettamente tecniche ed in parte da ragioni psicologiche. Uno dei mezzi più ovvii per raccogliere e trasferire informazioni relative ad un ente concreto è costituito dai procedimenti fotografici e soprattutto cinematografici.

Possiamo, per ora, ritenere subordinata la realizzazione pratica delle immagini (apparecchiature,

spazio, personale, costo) e studiare invece le occasioni in cui utilizzarle.

I rilevamenti fotografici nell'ambito di un servizio metodi hanno ragione di esistere solo in funzione di un programma di ricerca che funga da tessuto connettivo, per cui ogni ripresa sia effettuata in conseguenza di precise necessità.

I principali campi di applicazione sono i seguenti:

- 1) Indagini organizzative;
- 2) Indagini tecniche;
- 3) Formazione del personale;
- 4) Cronotecnica;
- 5) Prevenzione degli infortuni.

1. - Indagini organizzative.

Per semplicità mi limiterò a riferire un esempio da noi realizzato. Una lavorazione era stata trasferita in una nuova officina ed organizzata in una linea che, secondo gli studi fatti, avrebbe dovuto essere animata da 12 operai. In pratica per ottenere la produzione necessaria era stato necessario adibirne di più. Per comprendere le cause di questa divergenza vi erano evidentemente

molti metodi. Si è adottato quello cinematografico procedendo alla rapida esecuzione di un film in cui sono state incluse le operazioni della linea. Durante la ripresa l'operatore, che è un tecnico dei metodi, ha cercato di riprendere tutte quelle circostanze che avevano aspetti anomali. Per esempio ha ripreso gli ingorghi dei piani trasportatori a rulli, operai in posizioni inadatte, ecc. Il film è stato proiettato al tecnico che aveva studiato la disposizione della linea, il quale ha potuto rilevare — ed anche cronometrare — i singoli punti di divergenza ed ai responsabili della produzione che, senza alcun intervento di critica, hanno notato spontaneamente tutte le anomalie. Un grande vantaggio del film è difatti quello di focalizzare l'attenzione sia per merito del suo montaggio sia in conseguenza della « concentrazione » dell'immagine su un unico piano, messo tutto a fuoco contemporaneamente dall'occhio, in un angolo visuale più ristretto di quello della realtà e quindi meglio afferrabile. Contribuisce inoltre alla grande efficacia del film l'abolizione dei rumori d'officina e l'oscurità circostante che evita ogni distrazione. D'altro canto, in casi come quello citato, la coscienza dello spettatore che quell'anomalia è stata registrata e potrà essere vista da altre persone aguzza ulteriormente lo spontaneo desiderio di provvedere a rettificarla.

La medesima linea è stata filmata dopo la correzione di tutte le imperfezioni; i due film « prima » e « dopo » l'indagine potranno servire a fini didattici.

2. - Indagini tecniche.

Una delle applicazioni più facili da realizzare e più redditizie consiste nel filmare tutte le operazioni analoghe, per esempio tutte le operazioni al trapano, compiute in uno stabilimento. Successivamente si analizzano i films ottenuti e, confrontando la successione e la durata dei gesti effettivamente eseguiti dagli operai con quella prevista, misurando (mediante il contatore di immagini) i tempi impiegati nei vari elementi, valutando la deviazione rispetto al tempo medio, determinando la percentuale di cicli anomali e prestando attenzione alla pericolosità dei gesti compiuti, si possono raccogliere numerose informazioni utili da vari enti dell'azienda, quali i servizi di progettazione, di manutenzione attrezzi e macchine, di analisi dei tempi e di prevenzione degli infortuni.

Dalle esperienze fatte siamo convinti che il ricorrere alla ripresa cinematografica per compiere indagini di questo genere sia di grandissima utilità. Difatti soltanto col film si può organizzare il confronto immediatamente successivo di operazioni svolte in tempi e luoghi distanti, si possono eliminare quei cicli che per qualsiasi ragione non hanno interesse, si possono raggruppare tutti i cicli anomali dando così la possibilità di esaminare in pochi minuti quei fenomeni che nella realtà si producono a lunghi intervalli di tempo.

I suggerimenti tecnici che si possono raccogliere attraverso la discussione di questi films sono spesso preziosi sia perchè emanano da persone che non

sono direttamente connesse col lavoro e quindi non sono distratte dalla forza dell'abitudine, sia perchè il modo insolito di porre problemi può stimolare favorevolmente l'immaginazione.

Tutti sanno che variando la frequenza di ripresa è possibile ottenere una proiezione rallentata od accelerata, tuttavia l'esperienza concorde di molti tecnici dei metodi consiglia di conservare per quanto possibile la frequenza naturale. Difatti una scena rallentata può sì consentire di discernere più tranquillamente i dettagli, ma induce anche gravi errori nell'apprezzamento dell'importanza dei vari gesti e movimenti.

Uno strumento assolutamente indispensabile nel laboratorio cinematografico del servizio metodi è la cosiddetta « moviola » o « editor », specie di piccolo proiettore a manovella sul quale si può far scorrere la pellicola a qualunque frequenza desiderata ed anche esaminarla immagine per immagine.

Accennerò molto brevemente ad un tipo di indagine tecnica che esorbita alquanto dai compiti normali dell'ufficio metodi e precisamente ai procedimenti di grandissimo rallentamento con cui si possono studiare i fenomeni rapidi. Si trovano in commercio numerose macchine da presa che consentono di realizzare fino a 3000 immagini al secondo ed anche più, con estrema semplicità, in condizioni paragonabili a quelle di qualsiasi misura di officina, cioè senza la delicatezza e la complessità di apparecchiature di laboratorio. Alla proiezione i films risultano rallentati circa 200 volte ed in tal modo si rendono visibili fenomeni vibratorii, di urto, di deformazione e di rottura in organi meccanici anche quando, per la loro aperiodicità sarebbe impossibile ricorrere a procedimenti stroboscopici. Queste macchine sono generalmente munite di una lampadina pulsante, sincrona con la rete o con un apposito generatore, che lascia una serie di marche sul bordo della pellicola, onde è possibile misurare la durata di eventi brevissimi. Inserendo nel campo filmato dei regoli graduati si può rilevare con grande precisione la relazione spazio e tempo da cui si può ricavare graficamente quelle tra velocità, accelerazione, spazio e tempo e questo per movimenti la cui durata totale non supera magari il centesimo di secondo.

Da questi brevi accenni si rileva la grande flessibilità e la vastità di applicazione di cui sono suscettibili le apparecchiature per ripresa rapida, che si prestano tanto allo studio sperimentale di meccanismi meccanici ed elettrici, quanto a quello di prove distruttive ed irripetibili, magari su modelli ridotti, comportanti rotture ed esplosioni.

I lampeggiatori elettronici, ormai tanto diffusi presso i reporters, forniscono dei lampi di durata brevissima, dell'ordine del decimillesimo di secondo; consentono quindi di riprendere fotografie veramente istantanee che, in certi casi, danno i medesimi risultati che le macchine cinematografiche ultra-rapide. Quando il fenomeno è a sua volta breve non si ha nessuna difficoltà a sincronizzarlo con lo scatto dell'apparecchio lampeggiatore.

Se da un lato le fotografie hanno l'inconveniente di non mostrare i movimenti, ma solo le posizioni geometriche, dall'altro hanno il grandissimo vantaggio di poter essere stampate su carta e di poter essere esaminate senza bisogno di ricorrere a un apparecchio come è invece il proiettore.

3. - Formazione del personale.

È noto che una delle grandi difficoltà dell'insegnamento tecnico risiede nel modo di avvicinare gli allievi ai casi concreti. Il film consente di presentare loro qualsiasi officina o processo lavorativo, senza far perdere tempo nè agli allievi, nè agli esecutori e con l'assoluta certezza di riuscire a mostrare veramente ciò che si vuole, senza l'alea di anomalie e di interruzioni.

Si può procurarsi per gli scopi didattici films realizzati a cura di vari enti ed industrie; la nostra esperienza ci fa però affermare che sono straordinariamente più efficaci i films realizzati all'interno dell'azienda, per un complesso di ragioni abbastanza ovvie.

La riduzione dei costi e il miglioramento delle condizioni di lavoro sono due fondamentali obiettivi che vengono raggiunti oltre che dal lavoro di specialisti anche attraverso gli sforzi comuni di praticamente tutti gli addetti alla produzione.

Il film consente di costituire una documentazione di tutti i miglioramenti realizzati, documentazione che ha contemporaneamente la funzione didattica e quella di premio agli interessati, di cui portano a generale conoscenza i buoni risultati.

4. - Cronotecnica.

Certamente è nel campo della cronotecnica che si sente più facilmente l'opportunità di ricorrere alla cinematografia. Un primo tipo di impiego è quello documentativo del procedimento di esecuzione in atto al momento in cui si determina il tempo di esecuzione di una data operazione. Purchè si abbia cura di creare un efficiente sistema di archiviazione dei films realizzati a questo scopo, il sistema è efficacissimo, sia per poter ricostruire a distanza di tempo il posto di lavoro nelle medesime condizioni sia per dirimere in tutta obiettività le eventuali controversie.

Un secondo tipo di impiego è la documentazione permanente dei gesti tipici cui si riferiscono le tabelle di tempi stabilite all'interno dell'azienda.

Purtroppo queste applicazioni sono rese difficili dall'impossibilità di trovare in commercio macchine da presa, a frequenza normale di 16 o 24 immagini al secondo, che offrano garanzie di precisione nella frequenza. Sarebbe necessaria una precisione tale che gli scarti siano contenuti al massimo entro $\pm 2\%$ del valore nominale. Questo non avviene assolutamente coi motori a molla muniti di regolatori centrifughi a frenaggio nè coi motori elettrici a corrente continua delle normali cinecamere. Aggiungiamo che scarti di $\pm 10\%$ passano assolutamente inosservati nei films non tecnici, per cui sono fabbricate le cinecamere a formato ridotto.

Un particolare campo della cronotecnica che dà luogo ad interessanti applicazioni cinematografiche è costituito dalle tecniche di valutazione della velocità. Senza volere addentrarci in questo argomento molto complesso, ricordiamo semplicemente che queste tecniche sono basate sull'ipotesi che si possa soggettivamente riconoscere e confrontare fra loro ritmi operativi diversi, basandosi sulla conoscenza di qualche ritmo campione. Ne consegue quasi necessariamente che il miglior mezzo per insegnare questo ritmo consiste in un film in cui si veda un esecutore intento a lavorare al ritmo voluto. Sono famosi alcuni films realizzati a questo scopo dopo intenso lavoro di ricerca e di taratura, a cura di diversi enti. Nonostante che sia prematuro trarre oggi una conclusione sulla effettiva validità delle tecniche di valutazione di velocità, è indiscutibile che esse si connettono strettamente con un vasto lavoro di registrazione cinematografica.

Segnaliamo tuttavia una difficoltà connessa con queste applicazioni. Realizzando il film a 16 immagini al secondo i fotogrammi vengono esposti per circa $1/32$ di secondo, tempo relativamente lungo, per cui i gesti rapidi danno luogo ad immagini « mosse ». Questo fatto fisico si traduce per lo spettatore in una erronea sensazione di rapidità e, poichè in questo campo è proprio la sensazione soggettiva e istintiva che conta, la difficoltà è assai seria.

5. - Prevenzione degli infortuni.

La scelta di procedimenti sicuri di lavorazione e la caccia alle circostanze pericolose sono ovviamente due compiti connessi col servizio metodi.

Dai films-indagine, di cui abbiamo già dato qualche accenno, si possono trarre indicazioni utilissime. Per esempio, da un film sui nostri stampi di ritranciatura, è apparso che, quando un pezzo non viene espulso correttamente, l'operaia è involontaria ad introdurre un dito per toglierlo. Questo pericolosissimo gesto non era mai stato notato prima, sia perchè è rapido e poco visibile, sia perchè non c'era stato lo stimolo dell'indagine.

In un altro modo, molto utile, si possono utilizzare invece le fotografie. È noto che gli infortuni sono spesso legati a situazioni anormali e provvisorie, che, proprio per la loro provvisorietà, vengono trascurate da chi le attua. Su segnalazione degli addetti alla sicurezza di reparti, si può documentare le installazioni di questo tipo, si può discuterle nei comitati antinfortunistici e si può provvedere in casi analoghi, prima che si sia prodotto alcun infortunio. Per esempio, abbiamo visto fotografie realizzate con questi intenti di impalcature malsicure di demolizioni incaute, di carichi eccessivi, di posti di lavoro pericolosi, ecc.

Mezzi tecnici per le riprese fotocinematografiche.

Accenniamo molto brevemente agli aspetti concreti della realizzazione. Riteniamo che un'azienda di dimensioni medie o grandi abbia interesse ad attrezzarsi per compiere le riprese fotocinematografiche.

grafiche nel senso ora delineato. Gli apparecchi da acquistare non sono particolarmente costosi. Bisogna tuttavia evitare assolutamente che i risultati abbiano del dilettesco. Non dimentichiamo tra l'altro che la lunga consuetudine col cinema commerciale ha radicato una connessione tra cinematografo e divertimento; è tutt'altro che facile convincere gli interessati che il film può avere tutt'altra gamma di intendimenti. Viceversa anche il più brutto film commerciale è sempre realizzato con grandi mezzi tecnici (macchine da presa, dispositivi di travelling, illuminazione, ecc.), per cui tutti sono abituati ad immagini nitide, di qualità

professionale. Per tutti i films destinati ad essere esaminati da diverse persone al fine di convincerle (insegnamento, critica, analisi), bisogna che le immagini siano altrettanto buone, pena il totale annullamento della loro utilità, per ovvie ragioni psicologiche.

Il punto più delicato risiede nella formazione di uno o più operatori che associno alla perfetta padronanza delle tecniche cinematografiche una sufficiente comprensione dei fini del Servizio Metodi, e, in generale, della vita industriale.

Giorgio Deangeli

Le lampade a scarica in gas per l'illuminazione industriale

S. MONTEFORTE, soffermandosi sulla descrizione delle favorevoli caratteristiche delle lampade a scarica in gas rispetto alle lampade ad incandescenza, dà risalto alle ragioni di convenienza tecnica ed economica che inducono ad adottare, in specie nell'illuminazione industriale, le lampade tubolari fluorescenti a catodo caldo e le lampade a bulbo a vapore di mercurio.

Anche nelle industrie italiane si sta diffondendo l'impiego di lampade a scarica in gas per l'illuminazione. A riconoscimento delle lusinghiere vedute di alcuni nostri industriali e tecnici sarà però bene ricordare che già da molti anni alcune nostre industrie hanno sentito la necessità di elevare l'illuminamento a valori razionali, notevolmente superiori a quelli che tuttora si riscontrano in industrie dotate di vecchi impianti di illuminazione, e tale maggiore illuminamento era stato raggiunto con l'impiego di lampade a scarica di gas.

Queste lampade rispondono meglio di quelle ad incandescenza ai requisiti di una illuminazione industriale. La loro elevata efficienza luminosa permette di ottenere il lumen-ora ad un costo notevolmente inferiore a quello ottenuto con lampade ad incandescenza; si possono quindi raggiungere elevate emissioni di flusso luminoso con moderate spese di esercizio e con assorbimenti di potenza elettrica che, grosso modo, sono di solito un terzo di quelli che si avrebbero a parità di flusso luminoso emesso, impiegando lampade ad incandescenza.

La maggiore spesa dell'impianto, che un'installazione di lampade a scarica in gas comporta, dovrà essere scissa in due spese: una riguardante le apparecchiature di alimentazione che hanno una vita notevolmente lunga e l'altra riguardante le lampade, i cui ricambi dovranno essere paragonati a molti ricambi di lampade ad incandescenza; infatti, mentre queste ultime hanno una vita media di 1000 ore, le lampade fluorescenti a catodo caldo, ad esempio, hanno una vita media di 7.500 ore. Aggiungendo alle spese di esercizio le relative quote di ammortamento delle due spese dell'impianto si ha sempre un costo del lumen-

ora inferiore, nei casi comuni, a quello relativo alle lampade ad incandescenza.

A vantaggio delle lampade a scarica in gas vi è inoltre la mancanza dell'abbagliamento. In molte industrie non era conveniente installare lampade ad incandescenza di elevato flusso luminoso, appunto per il fenomeno dell'abbagliamento che è indubbiamente una caratteristica negativa. Infatti, mentre per una lampada ad incandescenza di potenza media la brillantezza è di circa 450 sb, per una lampada tubolare fluorescente da 40 W, che emette un flusso luminoso notevolmente superiore, la brillantezza è di solo 0,45 sb.

Dal punto di vista illuminotecnico le lampade a scarica in gas che interessano l'industria possono essere divise in quattro categorie: lampade tubolari fluorescenti, lampade fluorescenti a bulbo, lampade a vapore di mercurio e lampade a vapore di sodio.

Per quanto riguarda le lampade tubolari fluorescenti è da rilevare che giustamente in questi ultimi anni i tecnici si sono decisamente orientati verso il tipo a catodo caldo scartando, per le classiche installazioni industriali, il tipo a catodo freddo. Le giustificate ragioni di questa preferenza si possono riassumere nella maggiore efficienza luminosa delle prime, nel più rapido decadimento del flusso luminoso delle seconde, nel maggior costo di queste ultime e nelle maggiori precauzioni che nella installazione e nella manutenzione richiede l'impianto delle lampade a catodo freddo.

La caratteristica di queste ultime di avere una durata di vita indipendente dal numero delle accensioni e di avere l'accensione istantanea consiglia il loro impiego in determinati locali (cinematografi, teatri, ecc.), ma non certamente nelle

industrie dove il basso numero di accensioni in confronto alle ore di funzionamento permette alla lampada a catodo caldo una vita superiore a quella media, per la quale è stata prevista una accensione ogni tre ore di funzionamento.

È interessante notare che in una lampada tubolare fluorescente a catodo caldo da 100 W la scarica in gas emette 60 W di radiazioni ultraviolette e circa 2 W di radiazioni visibili. Nello strato di polvere fluorescente i 60 W di radiazioni ultraviolette vengono trasformati in 20 W di radiazioni visibili e 40 W in calore nella polvere fluorescente.

Alla parete della lampada si ha quindi emissione di 22 W di radiazioni visibili; i rimanenti 78 W sono dissipati in calore, ed esattamente la potenza delle radiazioni infrarosse che escono dalla lampada è di 30 W, mentre 48 W sono perduti per conduzioni e convezione termica.

In particolare sono stati stabiliti i rapporti: energia visibile prodotta dalla polvere fluorescente/energia incidente sulla polvere fluorescente = 0,44 energia uscente dallo strato di polvere fluorescente/energia visibile prodotta dalla polvere fluorescente = 0,75.

Essendo infine l'efficienza limite teorica di 680 lumen/watt, che si ottiene ammettendo il nuovo valore per la costante di Planck, possiamo dire che in buona approssimazione il flusso luminoso generale della suddetta lampada è di:

$$(2 + 60 \cdot 0,44 \cdot 0,75) 680 \cdot 0,4 = \sim 6000 \text{ lumen}$$

dove 0,4 rappresenta il fattore di visibilità relativa media dell'occhio, essendo, com'è noto, il fattore di visibilità relativa

$$V\lambda = \frac{K\lambda}{K_{\max}}$$

dove $K\lambda \frac{\phi}{W_0}$ è il coefficiente di visibilità per la lunghezza d'onda λ ed è il rapporto tra il flusso ϕ convogliato ed i watt W_0 convogliati. Da quanto sopra precisato si rileva che l'efficienza luminosa delle lampade fluorescenti a catodo caldo è di 60 lumen/watt; considerando le perdite al reattore l'efficienza luminosa del complesso lampada-reattore scende, per la luce bianca, ad un valore di circa 48 lumen-watt, che, in confronto ai 15 lumen/watt delle lampade ad incandescenza, dà subito l'esatta conferma di quanto abbiamo già indicato paragonando i due tipi di lampade.

Mentre le lampade tubolari fluorescenti si costruiscono in cinque tonalità di colore che permettono l'installazione di queste lampade anche in locali dove vi sia una certa esigenza nella distinzione dei colori, le lampade fluorescenti a bulbo sono di un'unica tonalità, quella bianco-fredda.

Queste ultime lampade sono a vapore di mercurio a super pressione; la scarica avviene in un tubicino di quarzo che permette l'uscita delle radiazioni ultraviolette destinate a sensibilizzare la polvere fluorescente che riveste internamente il bulbo esterno di vetro.

Le lampade a vapore di mercurio e di sodio sono invece lampade luminescenti; l'emissione di

radiazioni visibili non proviene da una polvere fluorescente bensì direttamente dalla scarica che avviene rispettivamente in vapore di mercurio ed in vapore di sodio. Le prime emettono una luce azzurro-verdastra che è composta da uno spettro a righe con prevalenza di radiazioni verdi, gialle ed azzurre e hanno una efficienza luminosa dai 30 ai 40 lumen/watt. Le seconde danno una luce monocromatica di colore giallo.

Tra le lampade a vapore di mercurio, le più indicate per illuminazioni di ampi capannoni con grandi altezze di sospensione sono quelle ad alta pressione. La scarica avviene nel tubo interno in vetro duro, ad un regime non molto spinto. Con l'impiego di queste lampade si dispone di considerevoli sorgenti luminose che possono essere installate con portalampade e riflettori già esistenti in commercio.

La luce gialla delle lampade a vapore di sodio ha la caratteristica, essendo monocromatica, di permettere una elevatissima visibilità, pur non consentendo la distinzione dei colori. È da notare che l'occhio umano presenta una elevatissima sensibilità per il giallo e che con una radiazione monocromatica si evitano i fenomeni di aberrazione cromatica per cui sulla retina si formano immagini a contorni netti e precisi. Con queste lampade si raggiunge l'efficienza luminosa di 78 lumen/watt; considerando le perdite al reattore si ha una efficienza luminosa, per le lampade di elevata potenza, di 67 lumen/watt.

All'accensione di una lampada a vapore di sodio la scarica si adesa in atmosfera di neon, quindi a luce rossa; in una decina di minuti circa tale luce vira al giallo non appena, per effetto del calore sviluppato dalla scarica, il sodio metallico contenuto nella lampada è passato allo stato di vapore. Una volta raggiunte le condizioni di regime, anche spegnendo la lampada per qualche istante, si ottiene la immediata riaccensione ancora nelle condizioni di regime.

Per ridurre le perdite di calore e quindi per accelerare la messa a regime della lampada, questa è contenuta in un vetro a vuoto, costituito da un tubo a doppia parete nella cui intercapedine è fatto il vuoto. Essendo il vetro a vuoto separato dalla lampada propriamente detta, esso può venire utilizzato quando la lampada risulta esaurita.

Le lampade al sodio sono soprattutto adatte per l'illuminazione di cortili e depositi industriali, di capannoni in genere e fonderie in particolare.

La durata di vita media di queste lampade è di 3.000 ore circa.

Anche le lampade al sodio, come tutte le lampade che abbiamo qui ricordato, richiedono per la stabilizzazione apposite apparecchiature di alimentazione, mentre non possono essere installate nei normali apparecchi di illuminazione. Comunque anche per quest'ultimo tipo di lampada sono stati messi a punto apparecchi di illuminazione di elevato rendimento ed aventi curve fotometriche molto larghe se riflettori e molto lunghe se proiettori.

S. Monteforte

Metodo di scelta di una nuova produzione industriale

VALERIO BOCHI insiste sulla fondamentale importanza — purtroppo sovente trascurata — della scelta dei parametri orientativi per una nuova produzione industriale, e per una graduale realizzazione produttiva su scala industriale.

1. - Scelta e critica della prima idea.

Se si facesse l'esame postumo dei criteri e dei metodi che hanno spinto talune aziende a dedicarsi a certe produzioni industriali nuove, si rimarrebbe stupiti della brevità e sommarietà dell'esame, della inesistenza di un vero metodo e della ingenuità di certi spunti che poi divennero motivo di azione e impegnarono le aziende per fior di milioni.

È impossibile trattarsi a lungo sulla storia di tali imperfette decisioni, perchè ciò equivarrebbe a voler codificare la materia in senso negativo e non basterebbe mai a circoscrivere un metodo giusto.

Ma l'ingenuità delle idee, su cui decisioni importanti furono fondate, fa pensare alla battuta di una antica commedia, in cui il protagonista confessava che « alle cose poco importanti ci pensava poco, ma a quelle davvero importanti non ci pensava affatto ».

Il più spesso, alle radici del programma per un nuovo prodotto, v'è uno spunto dovuto alla cultura generale, o ad una curiosità, o ad una felice intuizione di un capo; nei casi migliori si tratta di prime ispirazioni che non ebbero poi chiarimenti e aggiornamenti.

Talvolta il nuovo programma si ispirò all'analisi d'impiego del prodotto con altri precedentemente fabbricati dalla stessa azienda; ma l'analogia può non estendersi all'attrezzatura produttiva. Altra volta invece il prodotto è bensì fabbricato più o meno dalle stesse macchine, ma la clientela è completamente diversa e ciò richiede un lunghissimo sforzo di adeguamento dell'organizzazione commerciale (esempio tipico: l'apparecchio da proiezione cinematografica, che può essere da 35, da 16, da 8 mm di passo ed è destinato a compratori e a reti di vendita completamente diversi).

Ora la cultura generale e l'intuizione sono bensì generatrici di successi, ma sono anche capaci di giocare brutti tiri a chi sceglie prodotti appena conosciuti che potrebbero essere chiesti da clienti curiosi e non sono ancora maturi per la consegna a mastodontici meccanismi di produzione massiccia e di vendita.

Particolarmente pericolosi sono i desideri espressi dagli agenti venditori. Questa categoria è pur sempre la fonte più genuina a cui ispirarsi per i programmi dell'azienda, ma un esame critico dei loro giudizi è necessario, in quanto il venditore, allo scopo di vedersi facilitato il proprio compito, tende sempre ad avere disponibili assortimento e

varianti anche in numero non economico per chi deve produrre.

Finalmente vi sono i desideri dei compratori, o meglio dei compratori che non comprano, ma, nella loro indecisione, si limitano a sognare varianti.

Per ciò può essere cercata l'esistenza di un metodo che, pur rispettando i diritti della intuizione, del coraggio e della illusione che entrano sempre a far parte delle decisioni in esame, può condurre ad una limitazione di rischio nella scelta delle nuove produzioni da iniziare.

Va fatta, a tal uopo, una ponderata analisi delle suggestioni dei venditori più sensibili, più anziani del mestiere e più padroni del loro mercato. Non sempre sarà possibile di ottenere da costoro relazioni o carte scritte con persuasivo costruito e del resto non bisogna insistere nell'ottenere documenti che responsabilizzano persone a livelli modesti della scala gerarchica. Del resto non sarebbe nemmeno possibile, nè giusto, pagare i consigli di costoro in moneta di pesanti responsabilità, non appropriate alle loro funzioni.

Può, e, quasi sempre, deve essere fatto un accurato studio statistico idoneo almeno a segnare certi concetti limite. È raro che la statistica sia fonte sicura di decisioni, tuttavia molte scelte sbagliate avvenute in passato, presso certe aziende, rilevano enormi ingenuità che potevano essere evitate anche mediante una prima indagine statistica.

Molta importanza può avere la meditazione di quanto avviene in paesi vicini al nostro come tenore di vita, reddito, composizione sociale, distribuzione della popolazione fra campagna e città, distribuzione nelle professioni e così via, soprattutto di quei paesi che l'Italia segue o precede di poco sulla via del progresso civile e che sono essenzialmente quelli europei.

Esempi in tal senso possono essere trovati nella evoluzione del consumo dei radio ricevitori fissi e dei posti portatili, dello scooters, dei frigoriferi domestici, delle lavatrici meccaniche, del telefono, ecc.

Bisogna inoltre fare un'indagine diligente e sicura sulla concorrenza: chi saranno le ditte concorrenti e, se sono poche, loro nome e indirizzo, quanti operai hanno e quali risorse finanziarie hanno e quali reti commerciali e quali potenzialità finanziarie e se sono direttamente o indirettamente sostenute da potenti gruppi azionisti e quali saranno le reazioni prevedibili. In un'azienda che conosco, oltre all'immane vetrina-museo dei prodotti propri, c'è una batteria di vetrine più segrete, ma non meno spesso e meno pensosamente

osservate e sono le vetrine con campioni e prezzi dei prodotti concorrenti.

Va detta inoltre qualche parola sulla tendenza a sviluppare certe produzioni in senso verticale.

Vediamo spesso costruttori di apparecchi finiti, destinati al grosso mercato, farsi anche fabbricanti di materie prime o di complessivi, di solito approvvigionati all'esterno e ciò nella speranza di fagocitare l'utile del proprio fornitore.

Di solito suggestioni in tal senso sono incoraggiate dai responsabili della produzione che con ciò vogliono rimediare radicalmente alle « grane » dovute ai ritardi e alle irregolarità degli approvvigionamenti.

Spesse volte però questa direttiva porta a gravi delusioni anche perchè: a) o la materia grezza è prodotta per il solo fabbisogno proprio ed allora la dimensione dei reparti può essere poco economica; b) o deve essere venduta anche a terzi ed allora è estremamente difficile da sostenere una situazione commerciale che porta al tempo stesso a farsi fornitore dei propri concorrenti e concorrente dei propri fornitori.

Quasi lo stesso si può dire del produttore di materie prime che si fa anche produttore di finiti. Per esempio i cantieri navali vollero un tempo una loro siderurgia e costò molto rimediare gli effetti di tale impostazione; anche qui si può dire che questi diagrammi verticali, simili ad un albero, tanto suggestivi sulla carta, raramente hanno i rami in giusta proporzione fra loro e con il tronco e possono anche rimanere miseri sterpi.

Continuando a esaminare le fonti delle decisioni, vanno citate le interviste con i più importanti clienti o con virtuali nuovi clienti, compatibilmente con la segretezza in cui debbono maturare certi programmi, che impongono di non tradire le intenzioni prima del tempo.

È stato fatto uso anche in Italia di inchieste generali tipo Gallup, soprattutto per prodotti di diffuso consumo. I risultati di queste inchieste, oltre che in sintesi, guadagnano ad essere considerati anche in dettaglio, con grande larghezza e carità di intenzione perchè, pur espressi in modo apparentemente imperfetto, rivelano situazioni di cui è utile tenere conto. Ricordo, per esempio, che nel corso di un'inchiesta generale promossa da un gruppo di produttori di trattori, taluni interpellati risposero: « I trattori non fanno figli ». Questa rozza dichiarazione aveva un indubbio significato economico, quando si fosse voluto riflettere sulla necessità di certi fondi agrari di chiamare a concorso certi utili basati sulla riproduzione del bestiame da lavoro. Invece se ne volle ridere e si fece male.

Finalmente, è nota la tecnica della riunione collegiale fra i maggiori dirigenti: di produzione, di uffici tecnici e di uffici commerciali, per lo studio di nuovi programmi. Talvolta, alla riunione plenaria, è opportuno sostituire o aggiungere, magari con maggiore sciupio di tempo, delle conferenze personali tête-à-tête, fra capo e dirigente: forse è troppo chiedere al dirigente italiano o non italiano di esprimere il proprio dissenso in riunioni dove intervengono superiori.

Così si potrà arrivare a una decisione che sarà pur sempre un atto di fede, ma avrà oltretutto, un sostegno coscientemente maturato nell'animo nella maggiore quantità possibile di persone vicine al capo e dalle quali si sarà ottenuto quello che potevano dare della loro saggezza e della loro esperienza.

Ma fede e coraggio occorreranno sempre, tanto che chi scrive si domanda, ormai da molti anni, se la materia prima indispensabile dell'industria non sia davvero il coraggio e non questo o quel metallo o carbone od altro.

2. - Studio del prototipo.

Il titolo parla da sè e non è certo questa la sede per dare indicazioni tecnologiche.

In molte aziende la costruzione del prototipo viene giustamente assegnata ad una officina campioni, con personale scelto e che non abbia bisogno di cottimi per lavorare e che sia dotato di amor proprio e sia inoltre riservato. Il prototipo viene naturalmente fabbricato con un minimo di attrezzature, dato che trattasi di uno o pochi esemplari.

È necessario dire che bisognerebbe avere sotto occhio i tipi della concorrenza nazionale ed estera? È necessario dire che la scelta dei materiali deve essere oggetto della critica più illuminata, anche in funzione della possibilità di scegliere certi nuovi materiali (plastici, stampati o laminati) e nuovi metodi di lavorazione a caldo e a freddo? È necessario ricordare che il collaudo del prototipo deve essere lungo, minuzioso, ripetuto e magari, compatibilmente con la segretezza del prototipo stesso, affidato ad estranei alla progettazione?

L'esperienza fatta sulla pelle del cliente, per difetto di prove preliminari, finisce spesso per danneggiare in modo grave.

La copertura brevettistica va fatta subito e così pure va depositato il modello quante volte ciò sia opportuno.

L'accettazione del prototipo potrebbe essere effettuata per referendum collegiale fra dirigenti, agenti di vendita e clienti autorevoli e amici, come si è detto per le decisioni di cui al paragrafo precedente.

3. - Industrializzazione del prodotto - Preparazione della produzione e della vendita.

Una volta accettato il prototipo va effettuata la industrializzazione del nuovo prodotto.

Il progetto va riesaminato dal punto di vista dell'economia, della lavorazione, della scelta delle macchine, della progettazione delle attrezzature, del risparmio in qualità ed in quantità del materiale.

Va riesaminato inoltre ai fini della unificazione, per evitare di allargare troppo la gamma dei prodotti da approvvigionare con conseguenti giacenze di magazzino che pesano sulla finanza e sboccano alla fine in inevitabili sciupii.

Vanno risolte infine questioni apparentemente meno vitali, ma non meno importanti, come quelle delle finiture esterne, rivestimenti protettivi, vernici e scelta del colore, ed assortimenti eventuali di colori; chi non sa che, se i colori sono parecchi, possono verificarsi degli svantaggi che pesano anche finanziariamente?

Se il prodotto è venduto imballato, deve essere risolto anche il problema dell'imballaggio, che è vitale per la vendita. E poi occorre risolvere il problema dell'imballaggio primario: gabbie o casse per l'interno e per oltremare e così via.

Deve essere fissato un numero di pezzi che costituisca la prima serie o il primo lotto, definendo i tempi di lavoro e perciò il carico di ore di mano d'opera diretta ed il carico sulle macchine operatrici.

Potrà emergere così un fabbisogno di macchine o di impianti nuovi: qui va accennato subito all'opportunità di basare le prime fasi di fabbricazione della prima serie sul contributo di fornitori esterni — fonditori di ghisa e metalli, fucinatori, lavorazioni elementari alla macchina utensile, stampati e materie plastiche, ecc. — allo scopo di non allargare il rischio connesso con il successo del nuovo prodotto con il peso di immobilizzazioni evitabili. Ma chi dice che questo principio non valga spesso anche per tutte le altre serie, fino all'ultima? Andranno poi progettate modalità e disposizioni dei collaudi in sede di produzione. E qui si parlerà, a cura di altri autorevoli convenuti, sul controllo della qualità.

Parallelamente deve procedere la preparazione commerciale per il lancio del nuovo prodotto. Trattandosi di una prima serie, è da scegliere,

come è ovvio, come la prima serie debba essere venduta, in maniera che l'esperienza commerciale ne tragga insegnamenti per le successive.

Lo studio preparatorio commerciale deve comprendere: progetto di cataloghi, di listini di pubblicità, materiale o stampati da inviare ad eventuali clienti (occorre stabilire a cura di chi); progetto di presentazione in mostre o in saloni; progetto di pubblicità tecnico-scientifica su riviste adatte; progetti e piani strategici di *battage* pubblicitario; progetti di contratti diretti con clienti, con negozianti, con grossisti, e così via; esame della possibilità di effettuare corsi o almeno sedute di aggiornamento per agenti di vendita; ingaggio di agenti e piazzisti nuovi; progetto per un'azione di propaganda che potrà essere spinta fino alla formazione di un elenco dei clienti per categorie o addirittura nome per nome, se si tratta di pochi nomi, come per le vendite all'industria, in maniera di avere già in mente le direttive ed i nomi degli incaricati per l'azione commerciale successiva all'uscita della prima serie.

Il costo di questi ultimi lavori sarà talora ingente e dovrà essere considerato insieme al costo dell'avviamento del nuovo prodotto.

4. - Lavorazione della prima serie.

Con questa fase il nuovo prodotto entra nell'ambito della tecnica della produzione e qui abbiamo più autorevoli colleghi, che si diffonderanno sui successivi aspetti, fra cui anche la disposizione e l'economia dei collaudi, in relazione alle norme del controllo della qualità.

Valerio Bochi

I N F O R M A Z I O N I

Colorazione dei tessuti di dacron

La Victor Chemical Works ha annunciato un processo di tintura dei tessuti di dacron in un unico stadio, processo basato sull'uso del fosfato biammonico come agente rigenerante. Molti coloranti in forma di acetati usati in presenza di un trasportatore possono colorare il dacron. Il trasportatore che di solito è ortofenil-fenolo o para-fenil-fenolo funziona da agente rigonfiante del dacron e viene applicato in fase acquosa, dopo essere stato solubilizzato a mezzo del sale sodico. Per far sì che esso funzioni pure da agente bagnante il sale di sodio deve venir rigenerato sul trasportatore. Il fosfato biammonico fa precipitare il sale di sodio ad un pH compreso tra 8,9 e 9. Dopo riscaldamento nel bagno il pH viene diminuito di 7,6 per ottenere la colorazione del tessuto. I vantaggi di questo metodo consistono in un risparmio di tempo, (è richiesto un solo bagno), nell'eliminazione di macchie dovute al

trasportatore, nell'aumento della velocità di traspirazione e nell'aumento della resistenza alla sublimazione.

(Mc Graw-Hill, agosto 1954).

Mezzi di prevenzione per le malattie del tabacco

Mezzo secolo di ricerche hanno portato alla realizzazione di specie di tabacco resistenti a molte malattie. I patologi della Agricultural Research hanno potuto acquisire il controllo quasi perfetto di una serie di malattie, spruzzando le piante infette con una soluzione di 200 parti per milione di solfato di streptomina. Non si può ancora dire se l'antibiotico si dimostrerà di pratica utilità, ma l'immunità raggiunta in diverse varietà e la resistenza ad altre malattie rappresentano ormai una realtà.

E. Claiton ha potuto dimostrare che il tabacco commerciale deriva da una delle sessanta specie di tabacco più soggetta alle malattie, mentre delle specie

selvatiche, lontane parenti del tabacco commerciale, sono resistenti a sei delle sette malattie più importanti. Le malattie fanno sì che i piantatori devono seminare tabacco nella misura di due chilogrammi per ottenerne uno e mezzo perdendo in tal modo, nei soli Stati Uniti, circa 300 milioni di dollari all'anno. Una somma che è superata solamente nel raccolto del cotone. Mentre il controllo delle malattie del tabacco è l'obiettivo principale, la ricerca si estende più ampia anche nella selezione di piante che corrispondono ai diversi standard richiesti; resa in foglie e percentuale di queste usabili, grandezza, forma, colore e uniformità di maturazione delle foglie e contenuto in alcaloidi.

L'ottenimento di una varietà resistente alle malattie, di alta qualità e di alta resa è stato lo scopo di una schiera di ricercatori, coltivatori, patologi, fisiologi, chimici, agronomi, tecnici e produttori. Tutti questi stanno svolgendo un compito importante sotto la guida degli scienziati dell'Agricultural Research.

(Agricultural Research, ottobre 1954).

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

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

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO