

167

168

GIULIO NATTA

---

# **Orientamenti nel campo delle grandi sintesi orga- niche negli Stati Uniti**

=

**Estratto dalla Rivista  
"La Chimica e l'Industria,,**

**Anno XXX - Marzo 1948 - pag. 63**

**M I L A N O  
VIA S. PAOLO, 10**

## GIULIO NATTA: Orientamenti nel campo delle grandi sintesi organiche negli Stati Uniti. (\*)

*L'A. riferisce sul suo viaggio negli Stati Uniti d'America, effettuato nell'estate 1947, ed in particolare sulla industria americana della gomma sintetica e sulle sue prospettive per l'avvenire.*

*La gomma sintetica da butadiene e stirolo può oggi essere prodotta a prezzi minori della gomma naturale e, per mezzo dei nuovissimi procedimenti di polimerizzazione a bassa temperatura, potrà essere ottenuta con caratteristiche meccaniche superiori. Inoltre la gomma sintetica da isobutilene tende a sostituire quasi completamente quella naturale per la fabbricazione di tubi e camere d'aria per la sua minore permeabilità ai gas e minore lacerabilità.*

*L'A. confronta i differenti processi tecnologici di certe industrie chimiche, sviluppatesi indipendentemente in Europa ed in America, riferisce sugli orientamenti dell'industria organica sintetica ed in particolare di quella che impiega come materia prima il petrolio. Accenna alla nuova tecnica del catalizzatore fluido, che ha consentito enormi progressi ai processi di cracking ed a quelli di sintesi della benzina Fischer, riferisce su alcune novità nel campo dell'ingegneria chimica ed in particolare dei frazionamenti per via fisica. Dopo aver gettato uno sguardo all'industria delle resine termoplastiche, che è in continuo sviluppo, accenna all'organizzazione dei grandiosi laboratori di ricerca.*

Non senza una certa perplessità ho accettato l'invito di riferire in questa sede sulle cose viste nel mio recente viaggio negli Stati Uniti.

Già molti altri esperti nel campo dell'industria in genere ed

---

(\*) Conferenza tenuta in Milano il 4 febbraio 1948 alla Sezione Lombarda della Società Chimica Italiana ed il 12 marzo all'Istituto Chimico dell'Università di Roma.

in quello particolare dell'industria chimica hanno esposto in modo ampio le loro impressioni di industriali e di tecnici. Molte relazioni sono state fatte sull'industria americana, tanto che un noto dirigente milanese aveva un giorno detto con molto spirito che avrebbe desiderato fare una conferenza dal titolo: « Impressioni di uno che non è stato in America... ».

Ormai tutti conoscono l'impostazione generale dell'industria americana, i suoi criteri organizzativi, le sue grandiose realizzazioni, la grande automaticizzazione con enormi risparmi di mano d'opera, le produzioni in grandi serie, e non voglio annoiarvi col ripetervi cose già note. Questa mia relazione sarà perciò limitata all'esame di particolari campi della grande industria chimica sintetica, che ho potuto esaminare nei suoi dettagli, osservandola con la mentalità di un chimico europeo e da un punto di vista strettamente tecnico. Ho cercato di non lasciarmi abbagliare dalla spettacolosa mole di certe realizzazioni, ma di osservare quello che potrebbe essere istruttivo per noi, tenendo presente la situazione del nostro paese nel quale certi concetti basilari dell'industria americana non sono applicabili, o lo sono solo in parte, date le nostre condizioni europee, il nostro standard di vita.

Mi ero recato negli Stati Uniti con un compito preciso, quello di esaminare quanto era stato fatto in un determinato settore dell'industria chimica organica sintetica, quello della gomma, e per rendermi conto dei suoi prevedibili sviluppi nel futuro. Debbo riconoscere che ho trovato ovunque un'accoglienza ottima: ho potuto visitare alcune fabbriche accuratamente. Nulla mi è stato tenuto segreto. Se si considera le difficoltà e le reticenze che si incontravano nelle visite degli stabilimenti europei, c'era da restare meravigliati. Molte cose, che io non osavo chiedere, mi sono state descritte spontaneamente dai miei accompagnatori. E' da tener presente che avevamo chiesto di visitare gli stabilimenti al solo scopo di renderci conto della situazione americana nei riflessi dei possibili sviluppi europei, e che tutto quello che ci è stato mostrato o descritto è stato fatto a puro titolo di cortesia, senza che ci fossero nè accordi esistenti, nè trattative iniziate, che potessero giustificare tale larghezza di informazioni.

### **Confronto tra i processi chimici americani ed europei.**

Interessante è stato soprattutto il confronto tra certe lavorazioni chimiche, sviluppatesi quasi contemporaneamente e indipendentemente in Europa ed in America, che mi hanno consentito di rendermi conto del livello tecnico dei diversi paesi.

Note predominanti dei processi americani sono, come già detto: basso prezzo di costo, semplicità di lavorazione, auto-

maticità spinta all'estremo, mano d'opera ridotta a limiti da noi non immaginabili. Il consumo di combustibile e di materie prime entra solo come fattore economico, per cui non deve sorprendere se le rese in alcuni casi sono più basse o se certi recuperi sono trascurati, quando un miglioramento delle rese o certi recuperi richiedono un aumento di mano d'opera, o un costo di impianto, che non sarebbero giustificati per le speciali condizioni locali da un bilancio strettamente economico.

Prendo come esempio un caso particolare, tipico: la produzione dello stirolo, che rappresenta una delle più importanti recenti realizzazioni della industria organica sintetica. Tale produzione, che quasi non esisteva in America prima della guerra, ha raggiunto livelli dell'ordine di grandezza delle 250.000 t/anno, di cui quasi centomila verranno impiegate per la produzione dei polistiroli. La potenzialità delle singole fabbriche raggiunge 50.000 t/anno, dello stesso ordine di grandezza della maggiore fabbrica europea che arrivava alle 20.000.

Lo stirolo viene, sia in Europa che in America, prodotto dalle stesse materie prime: etilene e benzolo. L'alchilazione in America è semplificata e fatta con benzolo assolutamente anidro (1/milionesimo di  $H_2O$ ) attivato con cloruro di etile. In Germania si usa benzolo non assolutamente anidro, in modo che l'attivazione del cloruro di alluminio avviene per opera delle piccole quantità di umidità presenti, ma il sistema di lavorazione americano è più facilmente controllabile.

Nella rettifica dell'etilbenzolo in Germania si aveva una separazione accurata dei diversi polietilbenzoli, di cui solo alcuni venivano rimessi in ciclo. Negli Stati Uniti tale accurato frazionamento manca: i polietilbenzoli vengono cumulativamente rimessi in ciclo per la dealchilazione. La colonna di alchilazione è più alta, opera a temperatura più elevata, contiene una miscela più complessa, più ricca in prodotti altobollenti, ma ciò in fondo non crea inconvenienti, anzi forse dei vantaggi, poichè il monoetilbenzolo viene ottenuto allo stesso grado di purezza degli impianti tedeschi.

Ma quello che è più interessante è il confronto tra gli impianti di deidrogenazione dell'etilbenzolo a stirolo, perchè rappresenta un esempio tipico di un concetto applicato largamente per reazioni catalitiche endotermiche (come pure nella deidrogenazione del butilene a butadiene). Il forno della I. G. è un modello di perfezione tecnica; naturalmente complicato e costoso. Acciai ad altissimo tenore di cromo per poter trasmettere a 700°C il calore dai fumi riscaldanti ad un catalizzatore che promuove una reazione endotermica. Per ottenere un riscaldamento regolare dei forni di catalisi i tecnici della I. G. hanno persino adottato sezioni ellittiche per una parte dei tubi del reattore, per

meglio equilibrare la quantità di calore trasmesso per irraggiamento. Per ottenere una maggiore costanza di temperatura, ogni forno ha due bruciatori simmetrici, ha un complesso di scambiatori di calore, di ricuperatori, preriscaldatori, ecc. In America nulla di tutto questo. Il catalizzatore è contenuto in un reattore che non è scaldato, ma solo isolato termicamente. Il calore occorrente per la reazione endotermica viene fornito per miscela da un eccesso di vapor d'acqua, che agisce da diluente, introdotto a temperatura più alta. Il vapore è preriscaldato in un « pipestill » identico a quelli usati dall'industria petrolifera. La spesa di impianto, ricorrendo a costruzioni di serie, è ridotta al minimo, l'esercizio è semplificato. Un reparto che in Europa avrebbe richiesto parecchi operai per turno, è condotto da un solo operaio nell'impianto da me visitato, ma mi è stato detto che in altri impianti è condotto da una sola girl. Tutto ciò naturalmente a costo di un maggior consumo di vapore e di nafta per il surriscaldamento dell'eccesso di vapore.

Ma da un punto di vista strettamente economico, in un paese che non abbia limitazioni di nafta per riscaldamento ed abbia la mano d'opera cara, il processo americano è più economico. Nelle nostre condizioni, dato il costo delle calorie e della mano d'opera, anche escludendo ogni preconcetto autarchico ed ogni esigenza valutaria, è più conveniente il nostro procedimento. Questo denota che in certi campi specifici la tecnica europea e quella americana si equivalgono e che le diverse soluzioni sono dettate dai diversi presupposti economici.

La rettifica finale dello stirolo viene condotta in modo molto simile nei diversi paesi. In America si aggiunge come antipolimerizzante il 2% di zolfo, che abbassa di altrettanto la resa di stirolo, ma nel complesso le rese sono state quasi le stesse del processo I. G. e si riduce la spesa di manutenzione delle colonne.

Lo stirolo prodotto è egualmente puro in America e in Europa, sebbene negli Stati Uniti i primi prodotti, anteguerra, fossero molto inferiori come qualità. Ciò forse ha ritardato lo sviluppo delle resine stiroliche. Ma di tale ritardo non si risentono certo oggi le conseguenze, se si considera che le resine polistiroliche, con una produzione di circa 150 milioni di libbre/anno che si eleveranno a 200 milioni secondo certe previsioni, sono ora dopo le viniliche quasi alla testa delle resine termoplastiche. E tale successo delle resine stiroliche si deve prevalentemente ad un solo fattore: basso prezzo di vendita. Con 25 cents la libbra le resine stiroliche sono ora quelle a più buon mercato. Le altre caratteristiche favorevoli, trasparenza, facile colorabilità, basso angolo di perdita, non sarebbero certo sufficienti a giustificare da sole un così largo sviluppo dei polistiroli. Le resine stiroliche sono infatti meno elastiche e più

fragili dell'acetato di cellulosa. L'inconveniente della bassa temperatura di rammollimento (circa 80°), che ne limita le applicazioni elettrotecniche, si può eliminare con le resine clorostiroliche, ma queste, troppo care, non si sono per ora estese al di fuori dei laboratori di ricerca.

Se noi guardiamo anche l'evoluzione nel tempo di ogni singola lavorazione, si nota che le tappe nel progresso sono in America rappresentate dalle riduzioni ottenute nel prezzo di costo e quindi nel prezzo di vendita. Il concetto, che abbiamo sentito affermare nel campo dell'industria meccanica, del basso prezzo di vendita per aumentare i consumi e quindi ridurre i costi di produzione, sono anche applicati nell'industria chimica. Ne vediamo certe conseguenze nel campo del raion. Una produzione di raion ben organizzata consente di vendere il raion all'acetato allo stesso prezzo di quello alla viscosa, dato il minor costo di impianto e l'aumento di peso, che compensano il costo dei reattivi. Conseguenza: il raion all'acetato rappresenta negli Stati Uniti d'America oltre il 30% del raion totale, mentre in Italia, dove, a causa delle piccole produzioni e dell'impostazione della produzione e del ricupero degli intermedi, i prezzi sono più alti, meno del 4%.

L'effetto di una diversa mentalità nei concetti informativi si nota pure nel campo della gomma sintetica, indipendentemente dalle materie prime usate che, pur essendo diverse, portavano alla produzione di intermedi butadiene e stirolo egualmente puri.

Nella produzione di gomma sintetica i tedeschi hanno cercato di migliorare la resistenza all'usura (importante per i pneumatici), ma ciò a spese di reattivi ausiliari costosi per la polimerizzazione, ottenendo un prodotto che presenta maggiori difficoltà nelle successive lavorazioni della gomma. In America si è cercato di produrre una gomma sintetica che costi poco e che si lavori facilmente. Se è meno resistente si aumenta la sezione dei pneumatici. L'estate scorsa con il 60% di gomma sintetica, e non certo di qualità speciale, si producevano dei pneumatici che ad es. venivano messi in commercio dalla Goodrich asserendo che sopportano chilometraggi del 10-15% maggiori che anteguerra.

Gli impianti di polimerizzazione continua usati in Europa erano, dal punto di vista strettamente tecnico, più razionali di quelli discontinui americani, ed infatti ora anche in America si tende a trasformare questi ultimi in continui. Ma quello che è sorprendente, anzi per un europeo sbalorditivo, è l'automatizzazione realizzata in America anche nel processo discontinuo. Batterie di 36 autoclavi di polimerizzazione, che devono essere caricati discontinuamente, uno per uno, di butadiene, stirolo, ac-

qua, emulsionante, catalizzatore, regolatore, riscaldati e raffreddati secondo un dato diagramma di temperatura, scaricati dopo un determinato grado di polimerizzazione, sono condotte da due soli operai. Tale automaticizzazione e l'uso di reattivi più semplici per la produzione e la coagulazione delle emulsioni consente bassi costi di polimerizzazione.

La politica dei bassi prezzi ha un altro lato che da noi è oggi spesso trascurato: elimina la concorrenza. In America chi si afferma con una nuova produzione non approfitta degli alti margini di guadagno che un prodotto nuovo e migliore può consentire, si preoccupa solo di aumentarne il consumo in modo di giungere rapidamente ad alte produzioni e bassi prezzi di costo. Raggiunto tale livello, che consente una normale giusta retribuzione del capitale investito, non ha più da preoccuparsi delle possibili concorrenze, perchè ben difficilmente sorgerà un concorrente che si senta di affrontare notevoli spese di ricerca e di impianto, di organizzazione commerciale e sostenere una eventuale lotta sui mercati, quando il margine di guadagno è già piccolo in partenza. Il concorrente sorgerà se produrrà qualche cosa di diverso e di migliore. Di qui deriva il colossale sviluppo delle ricerche e di quei reparti che gli americani chiamano «development» e che praticamente non esistono in Europa. Essi sono costituiti da tecnici o da tecnico-commerciali che studiano i miglioramenti, le applicazioni e le innovazioni, soprattutto nell'impiego, e che fanno da consulenti dei clienti.

I criteri accentratori delle grosse industrie chimiche europee sono meno diffusi in America, dove una società non considera disonorevole acquistare certi prodotti, anche fondamentali, da un'altra società concorrente, se le conviene, e dove chi ha una situazione momentanea di monopolio, per un certo prodotto, non ne approfitta a danno delle altre industrie. Il consumatore è molto rispettato in America! Bisogna accontentarlo sempre ed in tutti i modi.

### **Orientamenti nel campo della gomma sintetica.**

Il grande sviluppo del *Butylrubber*, l'unica gomma sintetica la cui produzione è aumentata nel dopo guerra ed aumenterà ancora, si deve principalmente al fatto che le camere d'aria per pneumatici in butylrubber sono preferite dai consumatori. La gomma butile, copolimero dell'isobutilene ottenuto a 40° sotto zero con piccolissime percentuali (1-2%) di isoprene, ha presentato inizialmente difficoltà di lavorazione e costava in certi periodi negli Stati Uniti leggermente di più di quella naturale. Le camere d'aria con essa fabbricate presentano però il vantaggio di essere da 1/8 ad 1/10 meno permeabili ai gas di quelle fatte con gom-

ma naturale, di lacerarsi meno facilmente in caso di bucatura. L'automobilista naturalmente preferisce dover controllare la pressione nei pneumatici solo due volte in un anno piuttosto che ogni 15-20 giorni, e quindi i fabbricanti di camere d'aria hanno dovuto, volenti o nolenti, adottare il butylrubber, perchè è il consumatore che lo preferisce.

Si prevede negli S.U.A. che la produzione del butylrubber si eleverà a 100.000 t/anno coprendo interamente il fabbisogno di gomma per la fabbricazione di tubi e camere d'aria. Il bassissimo prezzo della materia prima, l'isobutilene (2-3 cents per libbra) consentirà con la ulteriore riduzione dei costi di lavorazione, che sono ancora alti per la necessità di ammortizzare i vecchi impianti affrettatamente costruiti e tecnicamente perfezionabili e semplificabili, di competere con tutta tranquillità con la gomma naturale.

Mi dilungo nel campo delle diverse gomme sintetiche, perchè è questo uno degli argomenti di cui più mi sono interessato negli S. U. Con una potenzialità che aveva raggiunto quasi 1 milione di t/anno essa rappresenta la massima industria chimica organica sintetica. Sarebbe solo inferiore come potenzialità a quella delle benzine di alchilazione e di polimerizzazione se quest'ultima venisse considerata come industria chimica, dato che la produzione di soli alchilati raggiungeva durante la guerra 4 milioni di t/anno.

Mi sono interessato in particolare della gomma sintetica perchè in Italia abbiamo un impianto per la produzione a Ferrara della potenzialità di 8.000 t/anno, che è rimasto pressochè intatto dalle devastazioni della guerra. Avevamo in costruzione un grandioso stabilimento a Terni, che è stato saccheggiato dai tedeschi prima della liberazione. Si è salvata però una parte importante del macchinario ed un'altra parte si sta recuperando ora in Germania.

In Italia alcuni industriali della gomma, che non sono degli industriali chimici nel senso stretto della parola, dimostrano una certa diffidenza per la gomma sintetica e pure molto diffidente è il pubblico italiano che nella parola sintetica intravede qualche cosa che ricorda i surrogati. Ma vediamo che negli Stati Uniti la produzione di gomma sintetica, dopo la fine della guerra nel 1945 e nel '46 è aumentata, invece di diminuire. Nel primo quadrimestre 1947 la produzione, pur essendosi contratta a causa del diminuito prezzo della gomma naturale, era ancora superiore all'importazione di naturale. Anche nel Canada la gomma sintetica è prodotta e venduta ad un prezzo inferiore di quella naturale. E' quindi logico domandarsi quali potranno essere le prospettive di un'industria italiana di gomma sintetica, se la gomma sintetica è da considerarsi da noi un superato pro-

dotto di guerra oppure se la storia della gomma non finirà per ripetere quella che è stata per i coloranti la storia dell'indaco e per i fertilizzanti azotati l'ammoniaca sintetica in confronto del nitro del Cile.

Molti di voi ricorderanno che alla fine dell'altra guerra erano dai più considerati dei visionari quelli che avevano fiducia nella ammoniaca sintetica. Appariva più semplice raccogliere quel nitro che Dominiddio aveva profuso nei deserti del Cile, piuttosto che fare impianti complicati e pericolosi per le alte temperature e pressioni, che ingoiavano enormi capitali negli impianti e quantità enormi di energia nell'esercizio.

Qualcosa di analogo si ripete forse ora nel campo della gomma, ma con alcune differenze. Il nitro del Cile poteva esaurirsi in un certo lasso di tempo, mentre la *Hevea brasiliensis*, che trapiantata nelle Indie olandesi ha trovato delle condizioni di vita migliori che nel paese di origine, è come un gregge di mucche che su di un fertile ed abbondante pascolo continuerà a dare il suo latte senza tema di esaurimento e che selezionato, rinnovato e curato, tenderà a darne sempre di più. Inoltre l'ione nitrato è perfettamente identico se proviene dai nitrati minerali o dall'azoto atmosferico, mentre gli alti polimeri contenuti nella gomma sintetica sono simili ma non identici a quelli della gomma naturale. La gomma sintetica, ed intendo qui parlare della Buna S tedesca, di quella prodotta in Italia che ne era molto simile e della G.R.S. americana (e tralascio per il momento le gomme speciali quali il Butylrubber, la Buna N che hanno usi speciali) è ancora inferiore in certe proprietà, se usata da sola, alla gomma che ci forniscono le piantagioni.

Solo recentemente ci è giunta notizia di una nuova gomma sintetica, prodotta anch'essa dal butadiene, ma a  $-10^{\circ}$  ed usando come catalizzatore idroperossido di cumene e come modificatori diazocomposti, che sarebbe superiore nella massima parte delle proprietà a quella naturale e presenterebbe formidabili resistenze meccaniche.

La sorte della gomma sintetica in Europa (e non delle gomme sintetiche speciali che hanno i loro speciali e limitati campi di applicazione e che non sono sostituibili) dipende dai tre fattori:

1) Si potrà produrre in Europa gomma sintetica ad un costo inferiore di quello della gomma naturale, come in America?

2) La gomma sintetica potrà venire migliorata, senza aumento di costo, sino ad eguagliare od a superare come qualità quella naturale?

3) Ammesso che vengano superati i primi due problemi, il limitato mercato e le condizioni dell'industria italiana giustificano che si produca in avvenire gomma sintetica in Italia?

Conoscendo quello che si era fatto in Germania e non potendo andare a vedere quello che si fa nella Russia, che è stata un pioniere nel campo della gomma sintetica, non restava che vedere quello che si fa e si pensa negli S. U. che, pur essendo venuti per ultimi, hanno cionondimeno costruito in pochi anni degli impianti di una potenzialità di poco inferiore al consumo mondiale di gomma e conservano tuttora una importante produzione sintetica.

La situazione americana è forse, almeno per ora, più simile alla nostra di quella russa. Dove c'è un governo totalitario i problemi economici vengono esaminati sotto una luce diversa dai paesi a regime non totalitario e non sono sempre i fattori strettamente economici quelli che prevalgono nell'industria. Sapevamo che la gomma sintetica americana costa meno di quella tedesca ed italiana, che quella canadese costa ancora meno, ma sapevamo anche che gli impianti americani sono proprietà dello stato, e volevamo sapere come veniva stabilito il prezzo di costo e quello di vendita, se era il cittadino americano, che, attraverso le tasse, sovvenzionava l'industria, oppure se lo stato nell'esercire gli impianti si comportava come una industria privata. Perché proprio nel paese dove si ha il culto della libera iniziativa e dove a parlare di nazionalizzazione c'è da essere linciati, lo stato esercisce delle industrie colossali e non soltanto in conseguenza della guerra.

Quando il compito è tanto grande che non può giungervi la iniziativa privata, interviene lo stato. Ad esempio i colossali impianti idroelettrici e di bonifica del Tennessee e del Columbia River (nello Stato di Washington), che attualmente producono decine di miliardi di chilovattora all'anno, sono impianti statali e forniscono energia a prezzi inferiori dell'industria privata. Questi bassi prezzi sono stati fomite di interminabili contrasti tra industrie private e lo stato, ma lo stato ha dimostrato che gli impianti costruiti con il suo denaro (e quindi con quello dei cittadini americani che lo hanno fornito con le tasse) vendono l'energia a prezzi tali da consentire una ammortizzazione normale degli impianti e dare un equo interesse al capitale e quindi al cittadino americano. Lo stato si è sostituito all'impresa privata dove questa non poteva arrivarci, ma esercisce gli impianti con gli stessi criteri dell'industria privata. Naturalmente l'industria statale è favorita perchè non paga le tasse dell'industria privata. Gli stessi concetti segue il « Rubber Reserve », che è l'organismo governativo che possiede gli impianti di gomma sintetica. D'altra parte lo stato, che non ci tiene a fare l'industriale, è disposto a cedere gli impianti di gomma a privati sulla base di un prezzo che ritiene equo, ossia di quello di costo diminuito degli ammortamenti già maturati.

Come abbiamo potuto controllare nell'esame accurato dei prezzi di costo, l'attuale prezzo di vendita della gomma sintetica è in realtà tale da consentire un normale ammortamento degli impianti, un equo interesse al capitale fornito dallo stato, una quota rilevante per i laboratori di ricerca. Di fronte ad un prezzo di puro costo di fabbrica di 13 cents il prezzo di vendita era di 18,5 cents per libbra. Quando il prezzo della gomma naturale era 22 cents il prezzo di 18,5 cents della G.R.S. era ben accetto, ma quando per un certo periodo del dopo guerra il costo della gomma naturale era sceso a 15 cents lo stato ha dovuto obbligare le industrie utilizzatrici della gomma ad impiegare il 60% di gomma sintetica. I gommai, che come tutti gli americani, hanno un grande rispetto per la libertà, tanto più quando la sua applicazione coincide coi propri interessi, non gradirono questa imposizione, e, mentre gli industriali idroelettrici si lamentano dei prezzi troppo bassi dell'energia prodotta dalle industrie statali, quelli consumatori della gomma si lamentavano dei prezzi troppo alti della gomma sintetica... Dal punto di vista tecnico non trovavano nessun inconveniente nell'uso di una certa percentuale di gomma sintetica, anzi utilizzando per certe parti dei pneumatici mescole a base di gomma sintetica riscontravano in alcuni casi dei vantaggi.

Lo stato permane nei suoi criteri; il capitale, che il cittadino ha pagato con le tasse e che lo stato ha investito nell'industria, è sacrosanto e deve essere equamente retribuito. Ma qui appare evidente il contrasto degli interessi del cittadino, che si identifica nello stato, come produttore di gomma e quelli del cittadino come consumatore di pneumatici. Ed il gommaio diceva: è più che giusto che il paese conservi in efficienza gli impianti di gomma sintetica, che hanno un'importanza per la difesa nazionale, lo stato li deve però considerare alla stessa stregua delle corazzate e dell'esercito, che costano e non rendono.

Tale problema è ora superato perchè il prezzo della gomma naturale è recentemente risalito a 22,5 cents, superando quello della sintetica. Comunque la differenza tra i costi della gomma sintetica prodotta negli S. U. e di quella di piantagione è stata, nel momento più sfavorevole, di soli 3-4 cents (inferiore quindi alla quota per interessi ed ammortamenti degli impianti di G.R.S.) ed in tale periodo il prezzo di 15 cents della gomma naturale era considerato insufficiente a remunerare il capitale impiegato nelle piantagioni. Non bisogna dimenticare che la produzione sintetica ha una funzione di calmiera sulla seconda e che se non ci fosse la produzione sintetica oggi il prezzo di vendita di quella di piantagione sarebbe certamente molto più alto dell'attuale. Quindi il cittadino americano anche come consumatore ne ha risentito i suoi vantaggi.

Viene ora naturale un'altra domanda. Il prezzo della gomma sintetica è suscettibile di essere diminuito? Le condizioni dell'industria americana sorta affrettatamente durante la guerra sono effettivamente quelle tecnicamente più favorevoli? Il costo e la qualità della gomma sintetica prodotta dallo stato non potranno migliorare se questa industria passa in mani private?

Io non voglio entrare nei problemi che hanno un carattere politico, ma soltanto discutere il problema tecnico. Il primo grosso inconveniente (non dico errore, perchè era giustificato dalla necessità della guerra) è stato quello di suddividere gli impianti in parti che distano tra di loro come dista l'Italia dalla Finlandia. Il butadiene è prodotto nella Luisiana od in California, e quindi sulla costa del Golfo del Messico e del Pacifico, lo stirolo in parte nel Michigan e quindi presso i confini del Canada, e la polimerizzazione viene fatta in parte nella Virginia o nel Ohio. I costi di trasporto incidono notevolmente. Ne risulta quindi, che un'industria che possa disporre della materia prima alle stesse condizioni, ma concentri la produzione in una unica località, si troverebbe in condizioni migliori.

E quale è la materia prima in America? Il petrolio. E' indubbio che la gomma prodotta dall'alcole o dal carburo costerà più della gomma prodotta dal petrolio. E siccome le disponibilità americane di petrolio cominciano a scarseggiare ed il petrolio del Medio Oriente attraversa il Mediterraneo per essere trasportato negli Stati Uniti, c'è da domandarsi se la materia prima non potrebbe costare in Italia lo stesso prezzo se non meno di quella americana. Noi possediamo già gli impianti per la produzione di stirolo e per la polimerizzazione e quindi il capitale necessario per produrre il butadiene da altra materia prima non rappresenterebbe che una parte di quello che occorrerebbe per chi dovesse creare l'industria ab ovo. E disponiamo di un altro fattore di importanza non trascurabile: dei tecnici che sanno fare la gomma sintetica, che altrimenti non sarebbe facile di preparare rapidamente.

### **Il petrolio come materia prima dell'industria organica sintetica.**

La gomma sintetica mi ha portato ad esaminare un altro campo straordinariamente interessante a cui essa è legata in America: il petrolio come materia prima dell'industria chimica.

Negli S. U. il petrolio ha ormai sorpassato il carbone come fonte di materie prime e di intermedi per l'industria organica sintetica, e ciò è dovuto all'enorme sviluppo dell'industria petrolifera, che produce 250 milioni di tonnellate di olii all'anno e dispone di enormi quantità di sottoprodotti. Essa ha note-

volmente contribuito allo sviluppo dell'industria chimica alifatica, che ha raggiunto nel 1945 una produzione di 4 milioni di tonnellate (il 65% di quella totale di prodotti organici), il doppio di quella dei derivati aromatici. I prodotti *sintetici* ne rappresentano una parte predominante.

La produzione complessiva di prodotti organici sintetici finiti (inclusi certi intermedi) raggiungeva 5.600.000 t, la vendita (con esclusione quindi degli intermedi consumati dagli stessi produttori) 3.700.000 t per un valore di 1,7 miliardi di dollari. La produzione di intermedi *dal catrame di carbone* raggiungeva 1.000.000 di tonnellate, la vendita circa 600.000 t per un valore di 143.000.000 di dollari. La produzione di prodotti chimici dal petrolio e dai gas naturali raggiungeva nel 1945 1.500.000 t, la vendita 1.280.000 t per un valore di 214 milioni di dollari. Nel 1946, secondo EGLOFF, ha raggiunto 1.600.000 t (il 28% di tutti i prodotti chimici organici) pur non comprendendo in tale cifra gli aromatici prodotti dal petrolio.

Queste cifre non solo danno l'idea dell'importanza che ha assunto l'industria organica sintetica, ma dimostrano anche che il petrolio ha superato come importanza il carbone come fonte di materie prime per l'industria chimica. La stessa produzione di benzolo, che la contratta produzione di catrame dal carbone metteva in stato di crisi, è ora risolta con i processi di aromatizzazione dell'esano. Quella di toluolo dalle frazioni ricche in metilcicloesano ha raggiunto durante la II guerra mondiale 860.000 t. L'attuale produzione di benzolo, toluolo, xiloli dal petrolio supera le 80.000 t/anno, quella del cresolo 5000 t. Il primo impianto di anidride ftalica dall'ortoxilene costruito in California produce 4000 t/anno.

In Europa eravamo abituati a considerare il petrolio come una materia prima inesistente o proibita. L'industria chimica sintetica era sorta in Europa come industria derivante dal carbone e dai suoi derivati. Per l'Italia, che manca sia di carbone che di petrolio, non dobbiamo avere preconcetti, ma esaminare il problema da un punto di vista strettamente economico: se conviene di più usare il carbone od il petrolio.

Per certe industrie sintetiche, basate sull'utilizzazione dell'idrogeno e di miscele di idrogeno e di ossido di carbonio, quali ammoniacca sintetica, metanolo, ecc. il raffronto è facile. Può essere basato sul costo delle calorie: se il metano od il gas naturale costano meno per caloria del carbone e del petrolio, la materia prima più conveniente è il metano; se il petrolio greggio costa meno del carbone (a parità di calorie) è più conveniente usare il petrolio invece del carbone. Certi processi di combustione parziale con ossigeno a 1300°C del metano e della nafta, forniscono miscele di  $CO$  e  $H_2$  con un bilancio termico

complessivo che, malgrado l'alta temperatura di esercizio, non è peggiore di quello che si ha nella gasificazione del carbone e quindi a parità di costo in calorie sono interessanti. Soltanto l'idrogeno ottenuto per frazionamento del gas di cokeria, valutando quest'ultimo ad un costo per caloria eguale a quello del fossile di partenza, risulta ora più conveniente anche se il costo della nafta, espresso in calorie, venisse posto eguale a quello del fossile. Il basso prezzo del metanolo (24 cents al gallone) in America è dovuto non solo al basso costo delle materie prime, ma al fatto che in America, come in tutti gli altri paesi del mondo, non è sottoposto a gravami fiscali ed alla tassa di fabbricazione, che sussiste in Italia. Sebbene le rese dei nostri migliori processi di sintesi siano state giudicate ottime da tecnici americani, il costo del metanolo in Italia risulterà elevato, sino a che verrà mantenuto l'attuale regime fiscale, influenzando sui costi di una larga serie di derivati (formaldeide, solventi, resine) che interessano vasti rami della industria tessile, chimica, elettrica.

Più importante è l'utilizzazione del petrolio per l'industria chimica organica sintetica. Le olefine sottoprodotte dal cracking e le olefine e diolefine, prodotte con cracking speciali, rappresentano i prodotti intermedi fondamentali di innumerevoli sintesi, sulle quali non mi dilungo, essendo già stato questo argomento oggetto di interessanti conferenze dell'ing. KAFTAL. Accennerò solo che la produzione di alcole etilico dall'etilene ha raggiunto nel 1946 i 2.600.000 ettanidri, quella dell'alcole isopropilico dal propilene 200.000 t. Il 50% dell'alcole etilico e 75% dell'acetone sono prodotti dalle olefine. La produzione di detersivi sintetici, alchilbenzoli solfonati, si aggira ora sulle 100.000 t/anno. Si avvicina pure alle 100.000 t la produzione di glicole etilenico. Si deve però tener presente che con i nuovi processi di cracking per la produzione di benzine, il tenore di olefine è notevolmente diminuito.

I nuovi cracking catalitici con catalizzatore fluido, sviluppati in America durante la guerra per produrre benzina di aviazione, rappresentano certo una delle più brillanti affermazioni dell'industria chimica americana. Il rendimento è talmente alto che da 100 barili di gasolio crackizzato si ottengono 105 barili di prodotti liquidi. L'aumento del volume, che può sorprendere a prima vista, è dovuto alla minore densità del prodotto di cracking. Il calore necessario pel cracking è fornito da quel 2% di carbone che si separa sul catalizzatore e che viene bruciato nella rigenerazione continua del catalizzatore stesso. I più grossi impianti trattano sino a 40.000 barili al giorno, ed occupano per il cracking propriamente detto un'area di solo 20 X 30 metri. Contengono 750 t

di catalizzatore in ciclo. In questi impianti si produce benzina anche per aviazione, con un numero di ottano superiore a 90, elevabile a 100 con piombo-tetraetile. Essi riuniscono in un'unica operazione il cracking propriamente detto con produzione di olefine e la produzione di idrocarburi di polimerizzazione fortemente ramificati. Ma come conseguenza si riducono le olefine nei gas di cracking. La chimica delle olefine non può quindi contare sul cracking catalitico come importante fonte diretta di materia prima. Questo spiega come siano ora presi in considerazione, anche al di fuori dell'America, i cracking speciali non catalitici come fonte di etilene.

Per noi chimici i nuovi processi catalitici di cracking presentano un lato interessante. Vediamo in essi applicato su grande scala il concetto dell'impiego del catalizzatore fluido. I grandi vantaggi di tale tipo di catalizzatore si osservano anche nella sintesi della benzina dal gas d'acqua. Secondo la tecnica tedesca ogni apparecchio di catalisi del processo Fischer-Tropsch, avente una produzione di non più di 2 t, era costituito da un fascio tubiero contenente oltre mille tubi a doppia parete, nella cui intercapedine dello spessore di pochi millimetri era contenuto il catalizzatore. All'interno ed all'esterno della doppia parete dei tubi, circolava acqua sotto pressione che asportava l'elevato calore di reazione (circa 45.000 calorie per ogni molecola di CO trasformata in benzina). Gli americani stanno ora realizzando dei grandiosi impianti per la sintesi Fischer con catalizzatore fluido, ma riuscendo a realizzare uno scambio di calore circa 200 volte maggiore a parità di superficie raffreddante ottengono in due apparecchi di catalisi la stessa produzione che, con il Fischer originario, si sarebbe ottenuta con centinaia.

La riduzione del costo di impianto e la semplificazione dell'esercizio, l'impiego di gas naturali come materia prima per la produzione di miscela di CO e H<sub>2</sub> consentono di prevedere un costo della benzina sintetica di 8 e ½ cents per gallone. Tale prezzo era leggermente superiore a quello della benzina dal petrolio, quando sono stati decisi gli impianti, ma nel frattempo il costo della benzina ha superato i 9 cents per gallone in raffineria (il prezzo di vendita al minuto, che comprende le tasse, è di circa 20-25 cents) e quindi, se le previsioni si manterranno, la benzina sintetica dovrebbe costare negli S. U. meno di quella dal petrolio.

L'impiego del catalizzatore fluido rappresenta una delle più importanti novità nel campo della tecnica catalitica. In questo caso, come in molti altri campi, gli americani hanno avuto il merito di applicare su larga scala dei concetti già previsti da altri, ma che altri non aveva potuto o saputo realizzare in pratica, e di perfezionarli portandoli, soprattutto dal punto di vista

tecnologico, ad una notevole perfezione. Il concetto dell'impiego del catalizzatore fluido si basa nel mantenere in sospensione con una corrente di gas o vapori un catalizzatore in polvere, costituito da granelli il più possibile uniformi delle dimensioni di circa 200 micron. Il vantaggio del processo consiste non tanto nell'intimo contatto tra gas reagente e catalizzatore, quanto nella aumentata trasmissione di calore tra gas reagenti e pareti e nella possibilità di rigenerare il catalizzatore in modo continuo.

Una delle difficoltà principali che si incontrano nella realizzazione delle reazioni catalitiche fortemente esotermiche, che devono essere condotte a temperatura il più possibile costante, è data dalla bassa trasmissione di calore che si ha normalmente tra gas reagenti e pareti, quando è presente un catalizzatore poroso a scarsa conduttività termica. Il coefficiente di trasmissione gas parete si abbassa a circa 5-8 calorie per m<sup>2</sup> per ora e per grado, ossia ad un terzo di quello che si ha normalmente tra gas e pareti in assenza di catalizzatore. Ma con il catalizzatore fisso si hanno anche surriscaldamenti locali, cosicché se ci si riferisce al salto termico tra le parti più calde del catalizzatore e la parete il coefficiente di trasmissione risulta ancora più basso. Per dare un'idea delle difficoltà che bisogna superare in questi casi, usando catalizzatore fisso, basti pensare alla speciale complicata costruzione adottata dalla RUHR-CHEMIE degli apparecchi di catalisi della benzina col processo Fischer.

Mentre il costo della benzina sintetica in Germania prima della guerra risultava per oltre il 50% superiore a quello della benzina naturale (esente da tasse) malgrado i trasporti, negli S. U. si prevede, come abbiamo già accennato, un costo minore di quella naturale. Tale differenza non è dovuta soltanto ai perfezionamenti ottenuti in America con l'impiego del catalizzatore fluido, ma soprattutto al basso costo della materia prima impiegata (gas naturali). Il processo americano differisce sensibilmente da quello tedesco, perchè opera a temperatura e pressioni leggermente più alte. In tali condizioni si ottiene una produzione notevole di composti ossigenati e precisamente circa il 10% rispetto alla benzina. I due impianti Fischer-Tropsch attualmente in costruzione dovrebbero fornire 70.000 t/anno di prodotti organici ossigenati (di cui 28.000 t di alcole etilico, 6.000 di propilico, 11.000 di acido acetico, 5.000 di acetone, 4.000 di acetaldeide). Nei preventivi di esercizio il loro valore è stato supposto nullo, in quanto si vuole basare il bilancio di esercizio sulla sola produzione di benzina. E' prevedibile inoltre che la separazione dei diversi prodotti ossigenati e l'ottenimento di prodotti puri debba incontrare certe difficoltà. Se però la produzione di benzina sintetica dovesse svilupparsi notevolmente, come alcuni prevedono, si verrà a disporre di

quantità elevatissime di prodotti ossigenati (alcoli, chetoni ecc.), tali da avere un peso notevole sul mercato di questi prodotti.

Io ho visto l'impianto pilota di Bay-Way in funzionamento. Due grossi impianti sono in costruzione, uno a Brownsville nel Texas, l'altro a Hugaton Field nel Kansas, ed un terzo è in progetto. L'impianto di Brownsville produrrà 7000 barili al giorno di gasolina ed altri idrocarburi liquidi dal metano naturale e richiederà 1.800.000 m<sup>3</sup>/giorno di gas naturali ed 1.270.000 m<sup>3</sup> di ossigeno all'85% al giorno. Per la produzione di ossigeno verranno installate due unità da 42 t/ora cadauna.

Le riserve di gas naturali erano valutate nel 1945 in 4 triloni di metri cubi (mentre nel 1940 erano valutate 2,8 triloni). E' rimarchevole questo aumento nella potenzialità delle riserve di gas individuate, mentre quelle di petrolio sono rimaste quasi immutate, poichè le nuove scoperte non riescono ormai più a compensare i quantitativi estratti. Se le riserve nordamericane di gas naturali venissero interamente trasformate in benzina con le rese del processo Fischer, ciò consentirebbe di raddoppiare le riserve di combustibili liquidi americani. In pratica ciò non sarà possibile perchè solo il 40% delle riserve di gas naturali sono riunite nei cinque campi metaniferi più importanti ed è soltanto a questi che si prevede si debba estendere il processo Fischer.

Per me, che ho costruito già nel 1928 i primi gasogeni in Italia ad ossigeno, è stata una soddisfazione vedere come i sistemi di gasificazione ad ossigeno si siano sviluppati. La conversione non catalitica del metano in idrogeno e CO per ossidazione con difetto di ossigeno che avevo studiata teoricamente nel 1936 (*La Chimica e l'Ind.* 19, 177, 1937) è ora applicata in America in grande scala ed operando nelle condizioni che avevo allora previste. Mediante un preriscaldamento dei gas si riesce a ridurre il consumo di ossigeno, che corrisponde a 0,6 m<sup>3</sup> per m<sup>3</sup> di metano, secondo i dati comunicatimi dai costruttori degli impianti.

Noi poi, che consideravamo già come impianti colossali quelli costruiti in Europa dalla LINDE, col sistema Fränkel Linde e dell'AIR-LIQUIDE con produzioni di alcune migliaia di m<sup>3</sup> di ossigeno all'ora, abbiamo appreso non senza stupore la costruzione di impianti in America della potenzialità di 30.000 m<sup>3</sup>/ora. Nei nuovi impianti di sintesi Fischer la produzione di ossigeno viene fatta in due unità da 1000 t/giorno cadauna di ossigeno. L'aria occorrente (3.500.000 di m<sup>3</sup> normali) viene compressa con turbocompressori azionati col vapore sottoprodotto della stessa sintesi Fischer, cosicchè il costo dell'ossigeno risulta veramente esiguo.

Il costo di impianto di tali unità di produzione di ossigeno

è previsto in 3.400.000 dollari, ed il costo dell'ossigeno, considerando coi criteri americani un interesse del 3%, un ammortamento del 10%, tasse ed assicurazioni per il 1½% sul capitale, risulta di 2,75 dollari/t. Attualmente sono già in funzione delle unità di potenzialità minore che producono 400 t/giorno di ossigeno al 95% e sono costate due milioni di dollari. Il costo dell'ossigeno risulta 3,5 dollari/t. Un'unità di 350 t/giorno occupa uno spazio di 20×30 metri: consuma 25 t di vapore all'ora a 25 atm per i turbocompressori dell'aria e recupera energia dalle macchine ad espansione dell'aria in quantità più che sufficiente a coprire tutti gli altri consumi della fabbrica. Usando energia elettrica invece di vapore il consumo è di circa 0,5 kWh/m³ che corrisponde a quello dei grossi impianti europei.

Ritengo interessante riportare i costi della produzione di ossigeno al 95% secondo C. R. DOWAS.

Capacità t/giorno	120	240	480	1000
Costo impianto in dollari:	900.000	1.300.000	2.000.000	3.400.000
Costo di produzione per t:				
energia e consumi	1,20	1,17	1,22	1,20
mano d'opera	0,68	0,30	0,17	0,08
manutenzione	0,50	0,39	0,30	0,25
spese fisse compreso ammortamento e generali	2,70	1,95	1,50	1,22
	5,21	3,95	3,19	2,75

Siccome la produzione di benzina ed altri idrocarburi liquidi è di circa 1 litro per 1,7 m³ di metano, occorre 1 m³ di ossigeno per litro di prodotto ottenuto. L'incidenza del costo dell'ossigeno sulla benzina risulta, espressa in lire, di L. 2,50 per litro.

Malgrado le buone prospettive, almeno per una ventina di anni, della sintesi delle benzine da gas naturali, il BUREAU OF MINE ed anche industrie private, quali la PITTSBURGH CONSOLIDATION COAL COMP. (che spenderà 120 milioni di dollari per ricerche sulla gasificazione del carbone) stanno studiando l'impiego del gas d'acqua prodotto dal carbone per la sintesi Fischer.

La STANDARD OIL prevede che le riserve accertate di olii minerali negli S. U. resteranno quasi costanti ancora per una ventina d'anni, ma i costi di estrazione e di ricerca continueranno ad aumentare, perchè si affronta via via la coltivazione di giacimenti più profondi e di estrazione più costosa.

La parità di costo tra benzina di sintesi e quella ottenuta col processo Fischer per gasificazione del carbone si calcola per un costo del carbone di 2-3 dollari per tonnellata. Infatti con

il carbone a 2 dollari alla tonnellata il costo della benzina è previsto di 3,50 dollari il barile, che io porterei prudenzialmente a 4 dollari (8,9 cents/gallone). Il prezzo della benzina in raffineria è di 9 cents/gallone (L. 15 al litro). Attualmente il carbone costa 7 dollari la tonnellata nella costa dell'Est, ma 4 dollari in miniera. Si è quindi molto vicini alla parità economica tra benzina di sintesi dal carbone e quella dal petrolio. Basterebbe un ulteriore aumento sul prezzo della benzina dell'ordine di grandezza di quello avvenuto nel dopo guerra, o la risoluzione del problema della gasificazione dei minuti poveri presso la miniera, perchè tale parità possa venire raggiunta. Questo spiega come si stiano facendo dei seri tentativi di gasificazione con ossigeno delle polveri. I nuovi orientamenti tecnici che mi sono stati illustrati e che differiscono notevolmente da quelli del sistema Winkler adottati in Germania mi sembrano interessanti e suscettibili di successo, malgrado certe difficoltà di ordine tecnologico. L'interesse dello stato e dell'industria americana per la gasificazione del carbone è giustificato dal fatto che le riserve vengono valutate a 318 trilioni di tonnellate bastanti a sopperire il consumo attuale per 5000 anni.

Per le condizioni italiane solo il carbone Sulcis potrebbe essere preso in considerazione, ma, anche supposta risolta la gasificazione integrale delle polveri con ossigeno e la desolforazione dei gas, gli attuali costi di estrazione non consentirebbero di ottenere la benzina (estendendo il sistema Fischer americano con le relative quote di interessi e ammortamento) che ad un prezzo di 20 cents per gallone (30 L al litro), che può sembrare basso, considerando l'attuale prezzo di vendita interno, ma che è notevolmente superiore a quello della produzione americana.

L'ossigeno sembra destinato ad ulteriori vasti impieghi nell'industria chimica. Sono già stati installati negli S. U. (e pare anche in Russia) forni per pirite ad ossigeno. Usando aria al 40% di ossigeno si quadruplica la produzione del forno. Mentre si considera che piriti con meno del 25% di zolfo non possano essere bruciate con aria senza apporto di calore per altra via, impiegando invece ossigeno si possono arrostitire piriti con il 10% di zolfo. L'arrostitimento con aria arricchita di minerali di rame è stato già provato con successo in impianti pilota.

Si sa che da tempo in Russia si usa aria arricchita in ossigeno nella gasificazione sotterranea e negli alti forni ed anche negli Stati Uniti si tende a sviluppare in tali campi lo impiego dell'ossigeno. La gasificazione sotterranea negli S. U. è ancora in fase sperimentale mentre in Russia i programmi per il 1950 prevedono una produzione di circa un miliardo di m<sup>3</sup> di gas all'anno.

L'ossidazione di sostanze organiche con difetto di ossigeno,

sotto alte pressioni, è stata tentata industrialmente negli S. U., malgrado i pericoli di esplosione e sembra possa permettere di ottenere alcoli, chetoni, formaldeide a prezzi di concorrenza con gli altri sistemi.

### **Materie plastiche.**

Chi viaggia negli S. U. non può non restare colpito dalle vaste applicazioni delle materie plastiche.

Il loro consumo è più che decuplicato in 10 anni e da 32.000 t nel 1935 è salito a 345.000 t nel 1945. Certi settori, soprattutto nel campo delle resine termoplastiche sono aumentati ulteriormente nel '46 e nel '47. Ad es. le resine stiroliche sono quadruplicate dal 1945 al 1947, mentre il totale delle resine è aumentato del 16% raggiungendo nel 1947 circa 400.000 t.

Il lettore europeo delle riviste tecniche americane però resta per lo più disorientato di fronte al pullulare di nuovi prodotti, che portano nomi che spesso non hanno relazione con la loro costituzione chimica, e non può farsi un'idea chiara della situazione e degli sviluppi dei plastici in America. Ho creduto perciò interessante sentire le opinioni dei tecnici dei diversi settori della produzione e dell'impiego.

Subito dopo la fine della guerra si era parlato molto dell'avvenire delle materie plastiche e l'americano con il suo tipico entusiasmo giovanile si è lanciato nel campo senza esitazione. L'ottimismo americano ha spesso sopravvalutato certi prodotti e la loro possibilità di impiego. I fabbricanti di macchine per stampaggio ed iniezione si sono subito attrezzati per aumentare la loro produzione e gli stampatori hanno acquistato tali macchine senza economia. Oggi molte di esse sono ferme ed i fabbricanti di macchinario sentono la crisi, dovuta solo ad una eccessiva sopravvalutazione anticipata delle possibilità del mercato.

L'enorme sviluppo delle resine stiroliche a cui abbiamo già accennato, e delle viniliche, ha contratto quello delle resine fenoliche e cellulosiche.

Certi prodotti, come i *siliconi*, pur essendo interessantissimi, sono stati a mio parere sopravvalutati, poichè, pur avendo ottima resistenza alle alte temperature, difettano nelle caratteristiche meccaniche. Anche le loro proprietà isolanti crollano dopo alcune migliaia di ore di lavoro a 250°. Io ho visto dei motori isolati con siliconi, che erano in esercizio ininterrotto da alcuni mesi a 250°, ma le prove ufficiali, perchè ne venga ammesso l'uso a tali temperature, non sono state sinora sufficienti. Ne è concesso infatti l'impiego solo sino a 160°C. Senza giungere al pessimismo di certi tecnici svizzeri, che non vogliono più sentire parlare di siliconi, bisogna riconoscere che si tratta

di prodotti molto interessanti, che sono stati solo danneggiati dall'eccessiva sopravvalutazione che se ne è fatta all'inizio.

Si aspettano anche i risultati pratici del *teflon* e delle altre resine fluorurate resistenti ad alta temperatura, le cui caratteristiche e campi di impiego sembrano però diverse da quelle dei siliceni. Tra i nuovi tessili è interessante il prodotto di condensazione dell'acido paraftalico e glicoli.

Per chi si interessa delle possibili produzioni dei nuovissimi tipi di plastici in Italia è interessante esaminare le statistiche della produzione americana. Se si tien conto che il rapporto medio tra il consumo nord-americano e quello italiano dei principali prodotti chimici si aggira tra 1:20 ed 1:40, risulta che per molti prodotti speciali, la cui produzione è di poche migliaia di tonnellate, non può esistere un mercato interno in Italia sufficiente perchè possa sorgere da noi una industria sana. E' il basso prezzo di vendita che determina il successo di certi prodotti e non è possibile ottenere bassi prezzi di costo se non affrontando produzioni superiori ad un certo minimo.

Da un punto di vista statistico la produzione di resine sintetiche, in America, che si aggira sulle 400.000 t nel '47 di cui oltre la metà è rappresentata da resine sintetiche termoplastiche, viene così ripartita:

Fenoliche	35,6 %
Viniliche	22,2 %
Polistiroli	9,6 %
Ureiche e melaminiche	8,0 %
Acetato di cellulosa	11,5 %
Nitrocellulosiche	1,9 %
Altre resine cellulosiche	0,6 %
Varie	10,6 %

Il prezzo medio è sui 35 cents per libbra. Mentre la produzione di resine fenoliche e cellulosiche è pressochè stazionaria negli ultimi anni, i massimi aumenti si sono avuti nelle resine stiroliche e viniliche (rispettivamente quadruplicate e raddoppiate negli ultimi due anni).

La ripartizione delle resine sintetiche secondo i diversi usi corrisponde a quasi il 50% per stampaggio, iniezione ed estrusione, a circa 10% per film e fogli sottili, a 10% per adesivi, il resto per laminati, tubi, rivestimenti, lacche ecc.

L'impiego di film e fogli sottili per rivestimento ed imballaggio ha in America applicazioni larghissime più di quanto può apparire dalle statistiche in peso. Infatti si possono ottenere centinaia di m<sup>2</sup> di film per kg di resina. La maggior parte dei prodotti alimentari, pane, verdura, frutta, è confezionata in imballaggi di resine sintetiche. L'acetato di cellulosa, permea-

bile ai gas, consente la respirazione, ma impedisce l'essiccamento della verdura ed il suo impiego riduce gli enormi cali (sino al 30%) che si avevano nel trasporto ed immagazzinaggio. Vengono anche evitate certe alterazioni dovute soprattutto ad essiccamento che si ha nei frigoriferi. Il latte è confezionato pure da per tutto in imballaggi di carta impermeabilizzata con cloruro di vinile.

L'abbinamento di resine sintetiche alle fibre tessili è pure in largo sviluppo e viene anche effettuato sul filato, ottenendo effetti estetici oltre che aumento di resistenza all'umidità ed agli agenti chimici.

Tra le resine viniliche occupa il primo posto il cloruro di vinile, che viene in parte prodotto da etilene e non come in Europa tutto da acetilene. Esso deve il suo successo al prezzo basso, che è sceso a 35 cents la libbra ed inoltre alle migliori qualità dei prodotti. In questo campo i progressi applicativi dell'industria americana sono veramente notevoli. La grande potenzialità delle produzioni ha consentito di produrre prodotti di particolari caratteristiche per i diversi usi, dalle lastre trasparenti e rigide che sostituiscono il plexiglas, alle lastre plastificate e film per rivestimenti ed imballaggi, a materiali isolanti ottimi per usi elettrici che sostituiscono con vantaggio la gomma, ai copolimeri filabili (*Saran*) di alta resistenza meccanica ed inattaccabilità chimica agli acidi ed agli alcali. I tessuti prodotti con questi ultimi interessano molto l'industria chimica per l'impiego come tele per filtri. E' in sviluppo l'impiego per rivestimenti di metalli, calcestruzzo, ecc. I fautori del cloruro di vinile preconizzano ulteriori aumenti di produzione sino alle 100-150.000 t/anno.

Grande sviluppo ha avuto negli ultimi anni la produzione di laminati con resine per la possibilità di ottenere oggetti di grandi dimensioni. I maggiori progressi si sono avuti con l'impiego di polimeri di poliesteri di acidi non saturi (da glicoli ed acido maleico ad es.) o di alcoli non saturi (ftalati di allile) o da acidi ed alcoli entrambi non saturi. Si ottengono così delle resine viscoso o termoplastiche sino a che, per aggiunta di un catalizzatore (perossido di benzoile) senza riscaldamento o con un riscaldamento blandissimo, si trasformano in prodotti durissimi e resistentissimi. In quest'ultima fase non occorre pressione o una pressione debolissima, quale si può ottenere, nel caso di formazione di oggetti cavi, con un pallone di gomma gonfiato con gas. Tali resine vengono spesso associate con carta di alta resistenza o con fibra di vetro, e si ottengono resistenze alla flessione di 800-1000 kg/cm<sup>2</sup> che si elevano sino a 3500 kg/cm<sup>2</sup> per laminati ottenuti con fibre di vetro. E' sorta così una nuova tecnica dello stampaggio senza pressione, di oggetti di grandi dimensioni e di

forme svariate. Larghe parti di aeroplani, chiglie di imbarcazioni, serramenti, ecc. vengono ottenuti per questa via.

Tra i prodotti di più recente introduzione si prevede un certo sviluppo per il *politene*, prodotto interessantissimo, perchè, malgrado le alte pressioni richieste per la sua produzione, dell'ordine di grandezza di migliaia di atmosfere, il basso costo della materia prima (3 cents per libbra) consente, con perfezionamento della tecnica produttiva, di migliorare continuamente il prezzo di costo. Si vende ora a 46 cents la libbra (circa 600 L/kg), ma tutti ritengono che il prezzo possa discendere ancora. Pur non fornendo prodotti trasparenti, come il polistirolo e l'acetato di cellulosa, il politene, prodotto traslucido incolore, facilmente colorabile, termoplastico, potrà sostituire in molti usi anche certe resine termoindurenti, ad esempio le ureiche, per la maggiore inalterabilità, elasticità e resistenza all'urto. Dal punto di vista chimico è una paraffina lineare di peso molecolare che raggiunge anche 30.000; a differenza della paraffina ha una consistenza cornea ed è elastica. Il bassissimo angolo di perdita lo rende soprattutto interessante per applicazioni elettriche nel campo delle alte frequenze in particolare per il radar.

Mentre in Europa le resine acriliche avevano già incontrato molto favore, in America invece sono relativamente poco usate per il loro alto prezzo. Le metacriliche hanno buone applicazioni, ma sono anch'esse ritenute troppo care.

E' interessante l'orientamento dell'industria americana ad utilizzare per la produzione di materie plastiche i sottoprodotti dell'industria petrolifera. Le olefine non vengono soltanto usate nell'industria chimica per la produzione di alcoli secondari e di chetoni (in particolare acetone da propilene e metilchetone da butilene) e come reattivi per l'alchilazione (butilfenolo, butilnaftalina, etilbenzolo, ecc.), ma anche come materia prima per la produzione dei monomeri necessari per la produzione di resine termoplastiche. L'etilene è la materia prima delle resine stiroliche e dei politeni, e viene ora usato per la produzione di resine viniliche dalla Dow, che, attraverso la deidroalogenazione catalitica del dicloroetano, ottiene acido cloridrico e cloruro di vinile. L'acido cloridrico può essere utilizzato per produrre altro cloruro di vinile da acetilene. A parità di produzione complessiva di cloruro di vinile si riduce a metà il consumo di acetilene (sostituendolo in parte con etilene) e si sostituisce come materia prima l'acido cloridrico con il cloro. Pure il cloruro di vinilidene ed i suoi polimeri (*Saran*) vengono preparati dall'etilene, che è pure usato per la produzione di cloruro di etile intermedio per la etilcellulosa, per il nitrile acrilico, per i siliconi. La produzione di glicerina dal propilene raggiungerà nel 1948 le 11.000 t/anno.

Dalla chimica dell'acetilene non ci si aspetta negli S. U. i

grandi sviluppi della chimica delle olefine. L'acetilene è considerato una materia prima cara, ed i tentativi di produrlo dal metano non potranno spostare sensibilmente la situazione. E' in costruzione un piccolo impianto industriale a Houston, dal quale ci si aspetta, in base ai risultati di un impianto pilota, un costo di produzione del 20% inferiore di quelli dell'impianto di Huls in Germania con eguale spesa di investimento. Per 1 m<sup>3</sup> di acetilene occorrono 7,5 m<sup>3</sup> di metano e 11-12 kWh. I gas residui sono appena sufficienti per la produzione dell'energia occorrente. Il prezzo previsto dell'acetilene (4,5 cents/libbra) circa 60 L/kg mi sembra però ottimista, a meno di non considerare nullo il costo del metano. Infatti la spesa di investimento, oggi valutata a 0,35 dollari per kg/anno di acetilene, dovrebbe già incidere per interesse ed ammortamento per oltre la metà del costo previsto.

Non bisogna quindi farsi delle illusioni sulla applicabilità di tale processo in Italia. Il consumo di energia risulta circa pari a quello della produzione dal carburo con la differenza che si consuma 7,5 m<sup>3</sup> di metano invece di 2,5 kg di coke. Ed il prezzo del metano in Italia è ancora ben lungi dal raggiungere i prezzi americani. Bisogna poi tener presente che l'industria americana valuta, nella determinazione dei costi di produzione, dei tassi di interesse ed ammortamento molto minori di quelli in uso da noi. Nessuno investirebbe dei capitali in Italia in una impresa che prometta un interesse del 3-3½ %.

Non è prevedibile comunque che l'acetilene possa essere prodotto in America a prezzi notevolmente più bassi di quelli europei. In Italia c'è una grande industria del carburo e vi sono i presupposti per sviluppare la chimica dell'acetilene senza grandi pericoli di concorrenze straniere.

Pareri discordi ho notato negli S. U. sulla chimica di REPPE. A parte la DU PONT, tutti si sono dimostrati scettici sulle sintesi organiche con impiego di nichel carbonile o di ossido di carbonio in ambiente acido. Anche la sintesi di acido acetico, da metanolo ed ossido di carbonio, che la DU PONT aveva studiato prima di REPPE, non ha ancora avuto applicazioni importanti.

A Niagara Falls è in costruzione il primo impianto di nylon dal furfurolo nel quale l'acido adipico verrà prodotto dal tetraidrofurano, ma pare con un processo diverso da quello di REPPE. Si prevede un prezzo di costo dell'acido adipico minore di quello prodotto dal fenolo.

La crisi del fenolo, che non è limitata agli S. U., sta per essere risolta con i nuovi impianti costruiti o in costruzione. Il processo Raschig di ossidazione catalitica diretta del benzolo a fenolo in presenza di cloro ed aria, sembra che risulti eco-

nomico, rispetto ai vecchi processi, solo per grandissime produzioni. Gli impianti, di alto costo, pare presentino poca elasticità. D'altra parte il processo classico di solfonazione del benzolo e fusione alcalina ha subito notevoli semplificazioni, perchè si tende ad operare con soluzioni di soda (e non con soda fusa). L'aromatizzazione dell'esano e dell'eptano ha risolto la crisi del benzolo e del toluolo.

Interessanti sono i processi americani di produzione della formaldeide, che differiscono da quelli della I. G. perchè il metanolo non viene diluito con vapor acqueo, ed ottengono in un solo passaggio sul catalizzatore la completa trasformazione del metanolo con rese del 90-91% sul teorico. Aggiungerò che va diffondendosi l'uso del trimero della formaldeide, il triossano, prodotto solubile in acqua che fonde a 61° e bolle a 115°C, che riduce le spese di trasporto delle soluzioni acquose di formaldeide e che può sostituirla nelle reazioni di condensazione.

### **Un accenno ai laboratori di ricerca.**

Si può dire che ognuna delle medie industrie chimiche americane dispone almeno di un grande laboratorio di ricerca. Questi grandi laboratori dispongono in molti casi dai 400 ai 600 chimici. I 100 chimici della I. G. che lavoravano nel laboratorio di Reppe, ed i 30 che si occupavano delle ricerche sul nylon rappresentano delle cifre che ci sbalordivano alcuni anni or sono, ma che impallidiscono di fronte al numero dei ricercatori delle industrie americane. Si può comprendere l'interesse con il quale ho visitato questi grandi laboratori di ricerche.

Nella mia vita di modesto ricercatore, che ha avuto alle sue dipendenze una diecina al massimo di chimici nei momenti più fortunati, e che considerava un lavoro immane doverli seguire tutti, mi domandavo come può il direttore di un laboratorio di ricerca seguire ed indirizzare il lavoro di 500 o 600 sperimentatori. Visitando i laboratori ho però visto che la loro impostazione è ben diversa da quelli europei. Anche nei laboratori di ricerca prevale, come ovunque, la specializzazione. In particolare nel campo delle misure chimico fisiche. Ogni laboratorio di ricerca industriale, che si rispetti, ha diversi microscopi elettronici, uno spettrografo di massa, oltre a tutti i più perfetti apparecchi di spettrofotometria nel visibile, nell'ultravioletto, nell'infrarosso, nel Raman, spettrografi per raggi X con registrazione automatica con contatori di Geiger. Altri reparti si occupano di misure di carattere meccanico, di resistenza chimica, alla luce, ecc. Altri ancora si occupano delle applicazioni tecniche dei nuovi prodotti o di nuove applicazioni o dei miglioramenti dei vecchi. Ne risulta che sono pochi i chimici

che fanno il lavoro da chimico secondo i vecchi concetti europei.

Una cosa che mi ha sorpreso è la quasi completa mancanza di assistenti o di operai in molti laboratori di ricerca.

Tutti i problemi vengono affrontati con notevole larghezza di mezzi e con apparecchiature perfette. Nei laboratori analitici è molto usato il riscaldamento con radiazioni infrarosse. Ho visto quasi ovunque colonnine di distillazione e rettificazione da laboratorio munite di apparecchi automatici per la regolazione del riflusso. Gli impianti pilota, muniti di apparecchi di controllo e di misura perfetti, costano in molti casi più di certi nostri impianti industriali.

Le spese, assegnate alle ricerche, variano a seconda delle industrie chimiche dall'1-2% (KOPPERS, CELANESE) al 5% (AM. CYANAMIDE) dell'importo delle vendite, superando per quest'ultima Società la cifra, espressa in lire, di 5 miliardi all'anno.

Dal punto di vista strettamente chimico il progresso americano, per quanto formidabile, può apparire all'esaminatore superficiale non proporzionato al numero dei ricercatori ed ai mezzi a disposizione, ma la cosa è giustificata, perchè si deve tener conto che in molte industrie il numero dei chimici aventi una istruzione universitaria addetti ai laboratori di ricerca supera quello degli addetti alla produzione. Tra gli ingegneri chimici, di cui un notevole numero è addetto alla progettazione e costruzione, ben il 30% si dedica alle ricerche ed agli sviluppi. Noi siamo abituati a considerare il ricercatore dei laboratori di ricerca come un individuo che debba disporre di doti eccezionali di cultura scientifica, di preparazione tecnica, di originalità di iniziativa. Naturalmente non si può pretendere che oltre il 30% di tutti i laureati disponga di tali doti. Quindi le mansioni dei ricercatori devono venire necessariamente limitate alle loro attitudini ed alla loro specializzazione. Anche un individuo mediocre, se ben specializzato, può essere utilizzato nei laboratori di ricerca, in alcuni casi, con più frutto dell'individuo di maggiore genialità ma impreparato.

### **Orientamenti dell'ingegneria chimica.**

Quello che più colpisce dell'industria chimica americana, è la razionalizzazione e la perfezione di tutto quanto riguarda l'ingegneria chimica. Se certi paesi europei potevano superare gli americani (almeno in passato) nelle conquiste della chimica pura, non vi è dubbio che gli americani sono più rapidi nel campo realizzativo.

Un vecchio slogan europeo, anzi più precisamente inglese, diceva che un'impresa industriale non aveva probabilità di successo nell'occuparsi di una nuova produzione se non dopo il secondo fallimento di tale iniziativa. Infatti in via normale le difficoltà

insite nel passaggio dal laboratorio alla produzione industriale risultavano tali, che, solo dopo un congruo numero di tentativi, e spesso di insuccessi, si poteva giungere ad una fase redditizia della produzione. Gli americani hanno dimostrato come sia possibile passare rapidamente dal laboratorio, e non sempre attraverso l'impianto pilota, alla grande produzione.

In un impianto a Baton Rouge per la produzione del butadiene dal butilene per deidrogenazione, ho visto dei forni di catalisi di alcuni metri di diametro che erano stati costruiti in base alle esperienze di un forno di laboratorio del diametro di due pollici. Ma debbo anche aggiungere che, in un impianto di polimerizzazione dell'isobutilene per la produzione di butylrubber, un tecnico mi ha detto che se si dovesse rifare oggi l'impianto esso costerebbe la metà. Non sempre quindi queste rapide realizzazioni consentono di raggiungere la perfezione.

Il vantaggio, in cui si trova l'industria americana, è quello di poter disporre di costruttori specializzati di notevole capacità ed esperienza.

Tra le principali industrie chimiche soltanto la DU PONT dispone di un proprio ufficio tecnico e progetta essa stessa i propri impianti. Ma i sistemi della DU PONT rappresentano una eccezione in America. Tutte le altre industrie ricorrono ad importanti società specializzate e non solo per la progettazione e costruzione degli impianti industriali, ma anche spesso degli impianti pilota. Se ciò può rappresentare un inconveniente per la segretezza dei metodi di lavorazione (che si ritengono sufficientemente coperti dai brevetti) presenta però il vantaggio di valersi di organismi tecnici aventi un'esperienza più vasta e multiforme di quella di cui potrebbe disporre un singolo ufficio tecnico interno. Ogni industria viene così indirettamente a disporre, dal punto di vista costruttivo, di tutta l'esperienza tecnica di tutta l'industria chimica americana.

Nel campo dei processi chimici di frazionamento vi sono diverse novità interessanti. E' da tener presente che uno dei maggiori fattori del progresso della grande industria chimica si deve alla tendenza della soppressione di reattivi chimici costosi nella separazione e nella purificazione di miscele, con sostituzione di metodi fisici di frazionamento. I processi di rettifica non rappresentano grandi novità costruttive rispetto alle più moderne grandi realizzazioni europee. Ad es. i grandissimi impianti di rettifica dell'aria per la produzione di ossigeno non presentano ulteriori progressi, come consumo di energia rispetto ai migliori processi europei, malgrado la loro enorme potenzialità.

L'impiego di alti vuoti ed il riscaldamento con Dowterm,

oggi molto diffuso, ha consentito di separare per rettifica i singoli componenti a diverso numero di atomi di carbonio nella distillazione degli acidi grassi. Si separa così l'acido palmitico dallo stearico, o l'acido oleico dal palmitico. La separazione dello stearico dall'oleico non avviene che in modo molto imperfetto per rettifica e viene ottenuta con solventi selettivi.

I processi di distillazione estrattiva, che avevo già studiato dal 1938 e che da noi erano stati applicati prima che in America, e precisamente per la separazione del butilene dal butadiene a Ferrara, vengono ora molto usati negli S. U. e non solo a tale scopo, ma anche per separare gli altri componenti della frazione  $C_4$  del cracking (butano, butilene, isobutilene) per estrarre componenti puri dalle frazioni  $C_5$  e  $C_6$  non frazionabili per semplice rettifica.

Interessantissimi sono i nuovi processi continui di frazionamento per iperadsorbimento con carbone attivo, basati su di un principio che associa i concetti della rettifica con quelli dell'adsorbimento. Il materiale adsorbente, muovente verso il basso, alimenta dall'alto una colonna nella quale ad una certa altezza entra la miscela da frazionare e dal basso rientra un riflusso del prodotto estratto. E' possibile così ottenere, dai gas più leggeri del cracking, etilene ad una sufficiente purezza (circa 90%), dai gas naturali l'etano, senza ricorrere alla liquefazione. La velocità dei gas è circa  $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$  di quella normalmente usata nelle colonne di frazionamento per rettifica. I consumi di vapore per la desorbizione sono veramente esigui.

I processi continui di frazionamento con solventi hanno raggiunto una notevole perfezione con l'impiego di batterie costituite da numerosi estrattori in contro corrente. Tutti conoscono le realizzazioni nel campo dell'industria petrolifera, ad es. per la separazione di aromatici dalle benzine o per la produzione di lubrificanti. Sono interessanti le nuove applicazioni per l'ottenimento di composti puri, ad esempio nella separazione del butadiene dal butilene, dove l'impiego di un riflusso del componente estratto consente di ottenere un prodotto avente una purezza del 99%. In questo caso particolare, come in tutti quelli in cui si trattano miscele di componenti molto volatili, la distillazione estrattiva sembra però preferibile alla estrazione con solventi.

Per quanto riguarda il macchinario generale dell'industria chimica già conoscete i concetti basilari dell'industria americana. Macchinario spesso più pesante, ma più robusto, costruito in serie, che presenta alta tranquillità di esercizio. Pompe, compressori e turbocompressori per forti portate di gas sono azionati spesso con vapore, per la maggiore elasticità e sicurezza di esercizio e per la più facile regolabilità.

Mi ha colpito l'assenza completa di gasometri nelle grandi in-

dustrie. I gas facilmente liquefacibili, anche se hanno una temperatura critica inferiore a quella ambiente, come l'etilene, vengono conservati liquefatti a pressione, e se occorre, in serbatoi raffreddati a bassa temperatura. I gas non facilmente liquefacibili si buttano in aria o si bruciano quando sono in eccesso. Ciò si verifica spesso per gas sottoprodotti, ad es. per quelli di cracking. Un europeo che visiti le industrie petrolifere, o quelle che utilizzano gas naturali, resta colpito dalle alte fiammate che ondeggiavano sopra alti tubi di scarico delle fabbriche. In generale però, nel caso di gas ritenuti più pregiati, gli apparecchi di controllo consentono di regolare l'alimentazione negli impianti che li consumano, esattamente in base alla fornitura degli impianti che li producono, evitando così l'impiego di gasometri che facciano da polmone.

Nel campo speciale del macchinario per la lavorazione di resine sintetiche, la grande produzione consente impieghi di macchinari non applicabili nelle condizioni europee. Ho visto ad es. unità per la produzione di lastre rigide trasparenti di cloruro di vinile della potenzialità di circa 10 t/giorno cadauna.

Nel campo delle macchine per iniezione e per resine termoplastiche si giunge a stampare oggetti del peso di 50 libbre. La produzione di ogni singola macchina è altissima, sebbene il tempo richiesto per la produzione di un singolo oggetto stampato, che è di una decina di secondi per pezzi di piccole dimensioni, salga all'ordine di grandezza di 1-2 minuti primi per pezzi del peso di decine di kg.

L'industria delle resine termoindurenti, che si trova in svantaggio a causa del basso costo delle nuove resine termoplastiche (come le stiroliche) e della maggiore velocità di produzione delle macchine ad iniezione, tende, coll'impiego del riscaldamento dielettrico, ad impiegare essa pure le macchine ad iniezione per lo stampaggio. Fabbricanti di tali macchine ne forniscono dei tipi adatti a lavorare, a piacere, sia con resine termoplastiche che con resine termoindurenti, ottenendo anche con quest'ultime bassi tempi di produzione.

### **Conclusioni.**

Di fronte alle grandiose realizzazioni americane ed alla entità delle loro produzioni, c'è da domandarsi quali prospettive può presentare l'industria chimica italiana, che già si era affermata in passato con una sana impostazione e rappresenta un fattore importante della nostra economia. Perciò può forse interessare quale è stata la conclusione delle mie impressioni, riguardo alle prospettive dell'industria chimica italiana, ammesso un regime di libera concorrenza con quella americana.

Per quanto riguarda i prodotti di massa, se potremo disporre

della libera importazione delle materie prime, principalmente carbone, petrolio, cellulosa, ecc. noi possiamo sviluppare i nostri programmi senza troppe preoccupazioni, perchè la incidenza dei trasporti dei prodotti finiti da una parte, il minor costo della mano d'opera dall'altra, consentono di produrre in impianti bene organizzati a condizioni non peggiori di quelle americane. Per molte lavorazioni chimiche continue, che richiedono poca mano d'opera, il costo unitario di produzione, quando la produzione già raggiunge un valore sufficientemente alto, non diminuisce sensibilmente con un ulteriore aumento della potenzialità. Anche il costo di un impianto, che si ritiene in generale funzione della radice quadrata della potenzialità, oltre un certo limite di questa tende a diventare quasi proporzionale.

Il campo dei prodotti speciali è più complesso perchè il grande mercato interno americano consente spesso produzioni su grande scala, da noi non realizzabili, che permettono bassi costi di produzione. In tali campi però incidono maggiormente i costi di ammortamento delle ricerche o i diritti di brevetto. I costi di ricerca sono in America veramente formidabili. Dato il continuo sviluppo dell'industria chimica ed il grande valore che può assumere l'apporto individuale di un ricercatore originale, io ritengo che in Italia si debba intensificare le ricerche, poichè esse richiedono soprattutto genialità e lavoro.

Ed il lavoro è l'unica materia prima di cui in Italia non si difetta.

**Giulio NATTA**