

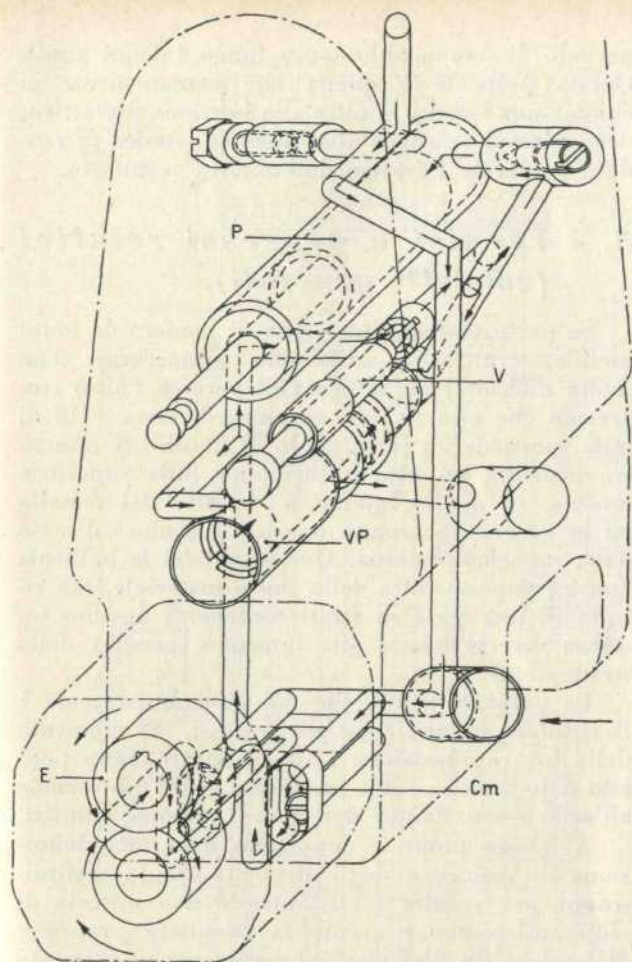


Fig. 37.

Fig. 36. — Regolatore tipo Fiat per tutti i regimi. è del tipo ad azione indiretta con cilindro servomotore a semplice effetto.

Adatto ad essere montato sul lato destro o sinistro del motore ed a funzionare con rotazione destra o sinistra dell'albero di comando, mediante la commutazione in Cm dei condotti d'uscita e d'entrata della pompa ad ingranaggi E. Il circuito è secondo lo schema di fig. 22.

La struttura è semplificata rispetto al tipo precedente.

Fig. 37. — Schema idraulico del regolatore a semplice effetto di fig. 36.

Regolatori misti.

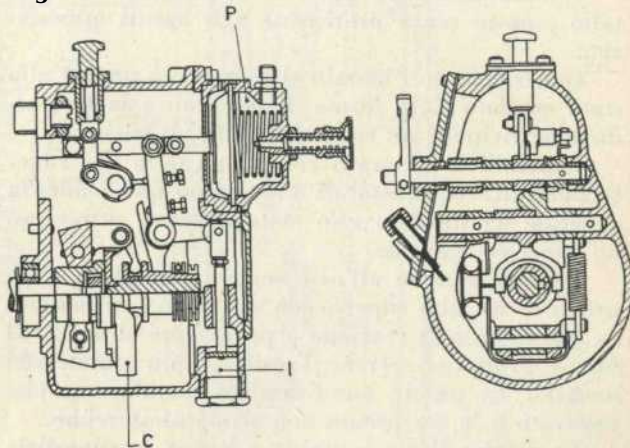


Fig. 38. — Regolatore a tutti i regimi ad azione centrifuga e pneumatica stabilizzata da ammortizzatore idraulico. è costituito da un gruppo regolatore centrifugo C, la cui azione è integrata da un gruppo regolatore pneumatico P e stabilizzata da un ammortizzatore idraulico I. è di impiego particolare.

Osvaldo Gorrini

Finitura e protezione delle lamiere metalliche nelle carrozzerie di serie

La vita di un'autovettura non è misurata semplicemente da quella dei suoi organi meccanici. è perciò che, nella odierna produzione di grande serie, anche i problemi connessi con la verniciatura delle carrozzerie hanno assunto una enorme importanza. Essi sono tuttavia generalmente poco conosciuti. Nel presente articolo vengono ricordati agli ingegneri i principi scientifici su cui si basa la verniciatura; viene fatto il punto sui materiali e i metodi più moderni usati nella grande industria e in particolare viene descritta una grande realizzazione in questo campo, cioè l'impianto di verniciatura della FIAT Sezione Auto.

1. - Introduzione.

In attesa che le materie plastiche, attraversata la fase sperimentale attuale, si dimostrino atte a sostituire i materiali metallici, per alcuni anni, secondo il parere degli esperti, la carrozzeria dell'automobile di serie, generalizzatasi sul tipo portante, sarà ancora in prevalenza costituita da lamiere metalliche stampate alla pressa e saldate. Il materiale che unisce la resistenza alla facilità di stampaggio e di saldatura e al basso costo è la lamiera di acciaio dolce per stampaggio profondo. L'alluminio legato e bonificato potrebbe presentare dei vantaggi per il peso ma è di costo troppo elevato.

La lamiera di acciaio dolce non possiede nè può arrivare a possedere uno stato superficiale esteticamente accettabile e non è stabile nel tempo perchè sotto l'azione degli agenti atmosferici si ossida.

Si potrebbe pensare all'acciaio inossidabile e ciò

è già stato fatto per i vagoni ferroviari (Budd) ma per la carrozzeria il suo costo è ancora troppo elevato e obbligherebbe all'impiego di grandi quantità di materiali strategici (Nichel e Cromo).

La lamiera di acciaio deve essere perciò trattata in modo da presentare una finitura esteticamente gradevole e tale da consentire una estesa gamma di colori e di aspetti per accontentare tutti i gusti. Inoltre deve essere protetta contro l'azione degli agenti atmosferici per un periodo di tempo sufficientemente lungo (praticamente alcuni anni). La soluzione di queste due esigenze è data dalla protezione del metallo a mezzo della vernice, cioè di una pellicola di sostanza organica che può venire applicata in moltissimi modi ed essere costituita da un estesissimo numero di sostanze.

Qui ci soffermeremo in particolare sul ciclo di verniciatura a base sintetica a forno.

Le vernici sintetiche infatti si sono dimostrate

le più resistenti agli agenti atmosferici. Inoltre la loro applicazione si presta più di ogni altro tipo ad essere fatta con sistemi automatici che, pur richiedendo costosi e imponenti impianti, permettono celerità di produzione, il che, nelle grandi serie, costituisce un notevole vantaggio economico.

2. - La corrosione atmosferica dei metalli.

Esaminiamo dapprima che cosa avviene del metallo esposto senza protezioni agli agenti atmosferici.

Generalmente i metalli si trovano in natura allo stato ossidato sotto forma di minerali e la loro riduzione richiede un certo dispendio di energia.

I metalli così estratti (eccezione fatta per i metalli nobili) sono instabili e mostrano una tendenza generale a ritornare allo stato ossidato attraverso un processo naturale.

Esposti dunque all'aria secca i metalli si ricoprono di un film superficiale di ossido sottilissimo. In questo caso la reazione è puramente chimica. Il film è protettivo perchè l'ossido è più stabile del metallo. In queste condizioni il metallo sarebbe passivato e la corrosione non si manifesterebbe.

In pratica l'aria è umida e bagna la superficie metallica e allora subentra un altro tipo di reazione cioè la reazione elettrochimica. L'elettrolita nel nostro caso è l'acqua. Il metallo si ossida in una zona (catodo) e la riduzione avviene in un'altra zona (anodo). Anodo e catodo fanno parte di un circuito elettrico chiuso e il sistema costituisce una « cella elettrolitica ».

L'acqua contiene ioni idrogeno positivi e ossidrili negativi formatisi in seguito alla dissociazione delle molecole d'acqua. Questa dissociazione è favorita dal fatto che l'acqua che si deposita sul metallo non è mai pura ma contiene dei prodotti acidi dovuti all'inquinamento dell'atmosfera per fumi, e in riva al mare contiene cloruri.

La cella stessa è sorgente di energia elettrica, stabilendosi una differenza di potenziale fra anodo e catodo in seguito alla loro immersione nell'elettrolita. In altre parole essa è una vera e propria pila. Le differenze di potenziale che creano la corrente possono essere dovute alla struttura eterogenea del materiale costituente la lamiera che contiene più di una fase (ferrite, perlite ecc.) o alla presenza di impurità o di scaglie di ossido o anche all'esistenza di tensioni. Il metallo deformato infatti tende ad essere anodico rispetto alla parte non deformata.

La reazione elettrochimica è molto più pericolosa di quella chimica perchè i composti che si generano nella reazione sono solubili nell'elettrolita. Il metallo resta così continuamente scoperto e si verifica la corrosione propriamente detta.

Per evitare la corrosione ne consegue che occorre preparare il metallo in modo che non presenti alcuna traccia di ossido e, in un tempo estremamente breve, fissarlo con una pellicola di una sostanza impermeabile all'acqua e perfettamente aderente al metallo che deve mantenersi tale per un

3. - Vernici e processi relativi (concetti generali).

Se noi prendiamo un pezzo di lamiera da automobile verniciata e riusciamo a staccarne (con molta difficoltà) la pellicola di vernice (film) troveremo che essa ha uno spessore di circa 1/10 di mm., possiede un certo grado di flessibilità e mentre presenta un aspetto brillante sulla superficie esterna, su quella interna a contatto del metallo ha in genere un aspetto opaco e di colore diverso dalla superficie esterna. Questo perchè la pellicola non è composta tutta dello stesso materiale, ma risulta di una serie di strati contenenti ognuno sostanze diverse adatte alla funzione specifica dello strato stesso.

La pellicola solida che noi abbiamo staccata è il risultato di una serie di processi. Al momento della loro applicazione i singoli strati erano però allo stato liquido e solo in seguito, con l'esposizione all'aria e con l'aiuto del calore, si sono induriti.

A questo punto è opportuno dare una definizione di vernice e degli elementi che la costituiscono: per vernice ⁽¹⁾ si intende una miscela di differenti sostanze avente la peculiare proprietà di formare un film elastico e aderente al supporto su cui sono state applicate.

Schematicamente essa consta dei seguenti elementi costitutivi:

- Un veicolo, costituito da resine naturali o sintetiche e da plastificanti cioè da sostanze capaci di conferire elasticità e resistenza all'urto alle resine che, sole, sarebbero dure e fragili.
- Pigmenti o cariche — sono sostanze sotto forma di finissima dispersione che hanno il compito di colorante ed opacizzante e riempitivo cioè in ultima analisi di rendere coprente la pittura.
- Solventi e diluenti — sono sostanze volatili che hanno solo la funzione transitoria di ridurre la viscosità del complesso per renderlo applicabile, e abbandonano in un tempo relativamente breve la vernice.

Ciò premesso, la composizione delle vernici sovrapposte si sceglie in base alla funzione di ciascuna di esse.

Così, le vernici a contatto dei metalli sono caricate con pigmenti capaci di esplicare azione anticorrosiva. Ciò per evitare focolai di corrosione dovuti alle celle elettrolitiche che possono formarsi nel caso che la vernice risulti porosa o venga parzialmente asportata in seguito a rigature od urti.

⁽¹⁾ A tal proposito la nomenclatura è varia e purtroppo imprecisa. Per vernice si intende una sostanza trasparente, quindi non coprente. Con pittura si designa invece un complesso coprente colorato contenente pigmenti opachi in finissima dispersione. Noi useremo in questo articolo l'uno o l'altro dei termini senza distinzione.

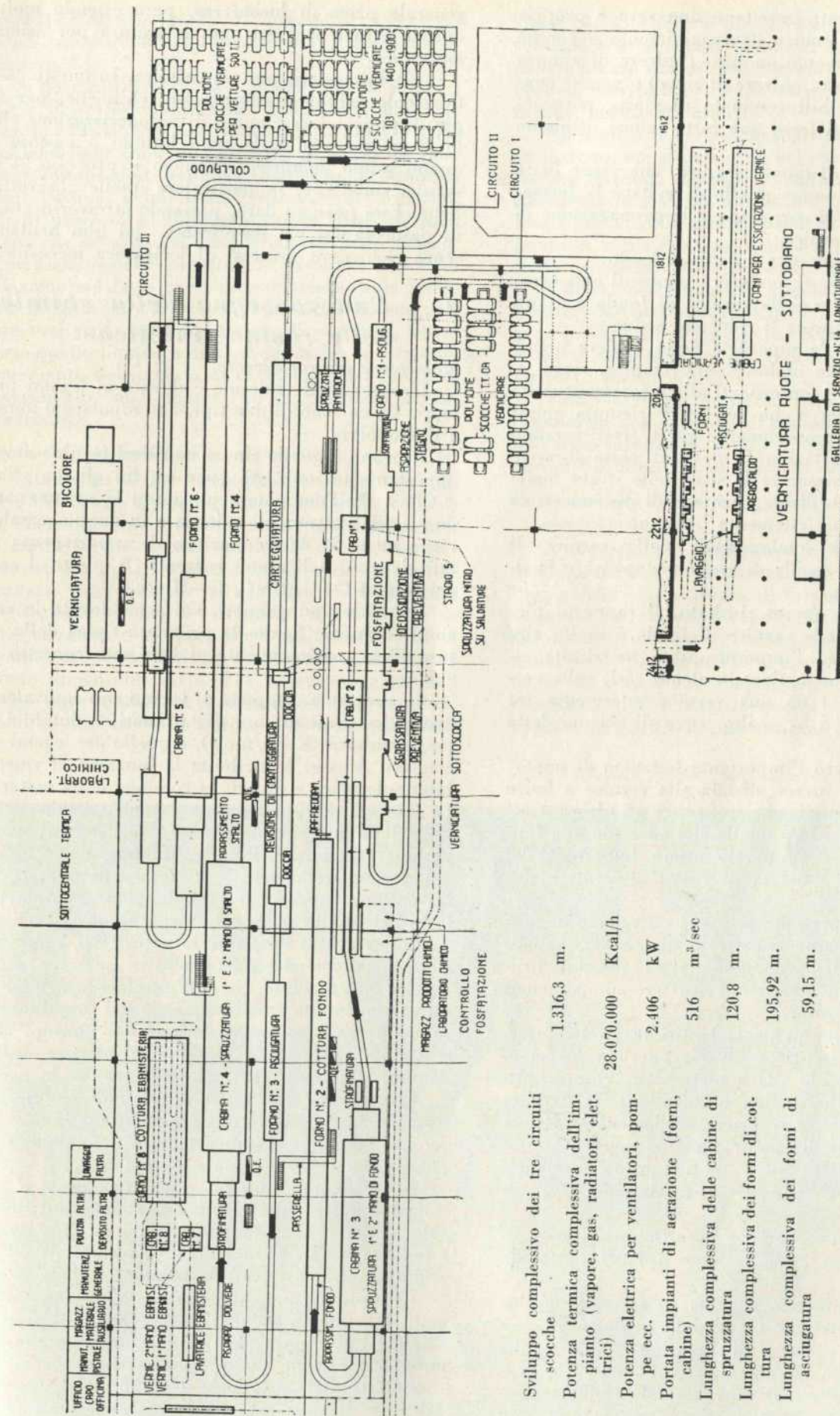


Fig. 1 - Schema dell'impianto di verniciatura dello Stabilimento Fiat Mirafiori.

Questi pigmenti esercitano una vera e propria azione inibitrice contro l'arrugginimento o perchè hanno comportamento anodico (polvere di alluminio, ossido di zinco, polvere di zinco) o perchè contengono sali solubili (cromato di zinco, potassio) che esercitano sul ferro una forte azione ossidante e passivante.

La funzione di questa vernice, che viene detta antiruggine, è dunque quella di evitare la formazione di focolai di corrosione e la propagazione di questa sotto la vernice.

La vernice successiva è detta di fondo.

In alcuni processi moderni i pigmenti anticorrosivi si incorporano nella vernice di fondo e allora le vernici sovrapposte si riducono a due.

Come è noto la superficie della lamiera non è liscia ma presenta ondulazioni, rigature, segni di utensile, limature conseguenti alla lavorazione della carrozzeria. Occorre che la vernice riempia questi avvallamenti. Successivamente questi strati saranno livellati con asportazione a mezzo di carte abrasive e levigati per preparare la sede dello strato finale che, per essere brillante, richiede di distendersi su una superficie perfettamente levigata.

La proprietà fondamentale della vernice di fondo è dunque quella di essere riempitiva e facilmente levigabile.

Per ottenere questo risultato, il rapporto pigmento-veicolo della vernice di fondo è molto alto e di conseguenza l'impermeabilità ne risulta ridotta. Per questo motivo, in alcuni casi, sulla vernice di fondo si dà una vernice intermedia fra quella di fondo e lo smalto, ricca di veicolo detta « Sealer ».

In genere però l'importante funzione di impermeabilità viene invece affidata alla vernice a finire o smalto che è quella che costituisce gli ultimi strati esterni. Essa inoltre è quella che adempie alla funzione estetica. Deve perciò essere impermeabile, brillante, dura e dotata di colori attraenti e durevoli.

Lo smalto dovrà perciò avere un veicolo in rapporto predominante rispetto al pigmento e capace di una forte distensione onde avere la massima brillantezza senza possibilmente ricorrere ad operazioni manuali di levigatura.

Perchè questa pellicola costituita da tre strati di vernici di proprietà diverse aderisca in modo perfetto e durevole alla lamiera sottostante è indispensabile preparare accuratamente il metallo. Come si è detto la proprietà fondamentale di una vernice è quella di fornire, quando applicata sotto forma di uno strato sottile, un film duro e resistente.

Si distinguono due fondamentali processi di filmazione:

1) filmazione per via fisica. Essa è dovuta all'allontanamento delle sostanze volatili contenute nella vernice.

In questo processo nessuna trasformazione chimica è subita dai costituenti del veicolo.

Seguono il processo di filmazione 1), le vernici contenenti come veicolo esteri cellulosici (in particolare nitrocellulosa) e in generale resine termoplastiche. Il film ottenuto da queste vernici è in

generale privo di lucentezza, però essendo molto duro è atto a ricevere una levigatura per azione meccanica.

2) Filmazione per via chimica. In questo caso il veicolo subisce trasformazioni chimiche, per lo più di policondensazione o di polimerizzazione che lo fanno passare dallo stato liquido o pastoso a quello solido definitivo. Seguono il processo 2) le vernici sintetiche, in particolare quelle gliceroftaliche. Esse possono dare, passando attraverso gradi di pastosità via via decrescente, dei film brillanti senza richiedere processi di levigatura meccanica.

4. - Una rassegna della chimica delle resine sintetiche.

Molecole e macromolecole.

L'esistenza di molecole è dovuta ai legami primari. Ve ne sono di due tipi, l'eteropolare o ionico e l'omopolare.

Il primo è quello che si stabilisce fra due atomi oppostamente ionizzati (per es. fra gli ioni Na^+ e Cl^-). Nell'omopolare gli atomi si accomunano due o più elettroni di valenza e in questo scambio viene meno la determinazione di appartenenza di tali elettroni agli atomi reagenti: è questo il caso dei legami $\text{C}-\text{C}$, $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{H}$ ecc.

Questi legami primari, cui sono dovute le reazioni chimiche, hanno la proprietà tipica della saturabilità, corrispondente al ben noto concetto di valenza.

Una seconda categoria di legami con equivalente energetico assai minore dei primari (valutabile in poche unità di K cal/mole), è quello dei legami secondari. Ad essi è attribuita la funzione di vincolo intermolecolare e quindi la coesione della materia. La loro entità rispetto a quella dell'agitazione termica delle molecole determina i vari stati di aggregazione (aeriforme, liquido, solido).

I legami secondari si estrinsecano nei liquidi con la tensione superficiale. Questa è in generale più forte nei liquidi polari che negli apolari.

Collegati con l'entità e la natura dei legami secondari sono anche i fenomeni di adesione di un liquido su un solido. Se nell'interfaccia le forze di attrazione mutua fra le molecole del liquido e del solido prevalgono sulla coesione del liquido, quest'ultimo « bagna » il solido e vi aderisce distendendosi. Nel caso contrario si raccoglie in gocce.

Esistono sostanze costituite da molecole giganti, formate da un grande numero di atomi (fino a parecchie migliaia) quindi a elevato peso molecolare (fino a parecchie centinaia di migliaia).

Generalmente queste « macromolecole » che sono costituite dalla ripetizione di elementi molecolari relativamente semplici (monomeri) si dicono « polimeri ». La natura ci offre esempi di siffatta « macromolecole », così la gomma, la balata, ecc.

Le resine sintetiche sono delle sostanze artificiali costituite da polimeri. È perciò che il processo di sintesi che porta alla formazione di queste macromolecole vien detto « polimerizzazione ». Secondo Carothers si intende per polimerizzazione un processo di concatenamenti intermolecolari che è

potenzialmente in grado di progredire indefinitamente, conducendo alla formazione di molecole illimitate.

Si deve distinguere fra « polimerizzazione vera » che è il processo puramente additivo di molecole semplici (monomeri) nel senso di Carothers e policondensazione che è una reazione da cui si liberano come sottoprodotti sostanze relativamente semplici come l'acqua. È importante osservare ai nostri fini che il processo di polimerizzazione provoca, man mano che progredisce, una variazione dello stato di aggregazione delle sostanze di partenza. Ciò è in relazione col fatto che l'accrescimento della molecola ne ostacola sempre più la mobilità. Si può passare così dallo stato aeriforme di partenza, attraverso quello liquido a uno solido finale con continuo incremento del modulo di elasticità e del limite di scorrimento, man mano che la polimerizzazione progredisce.

Resine termoplastiche e termoindurenti.

Una resina si dice termoplastica quando per effetto del calore si rammollisce e indurisce col raffreddamento e questo può ripetersi indefinitamente. Si ammette che le macromolecole che le costituiscono siano lineari e legate fra loro da legami secondari, cosicchè per effetto del riscaldamento, l'agitazione termica è sufficiente a sovrastare le forze attrattive e ha luogo il rammollimento. Non vi è punto di fusione definito perchè le macromolecole hanno dimensioni varie. Per la stessa ragione tali resine sono solubili in opportuni solventi e quindi esse possono essere plastificate. Questa plastifica-

zione per soluzione è dovuta sostanzialmente a un solvente a bassissima tensione di vapore che, interponendosi fra una macromolecola e l'altra, ne favorisce lo scorrimento reciproco in seguito a sollecitazione meccanica esterna.

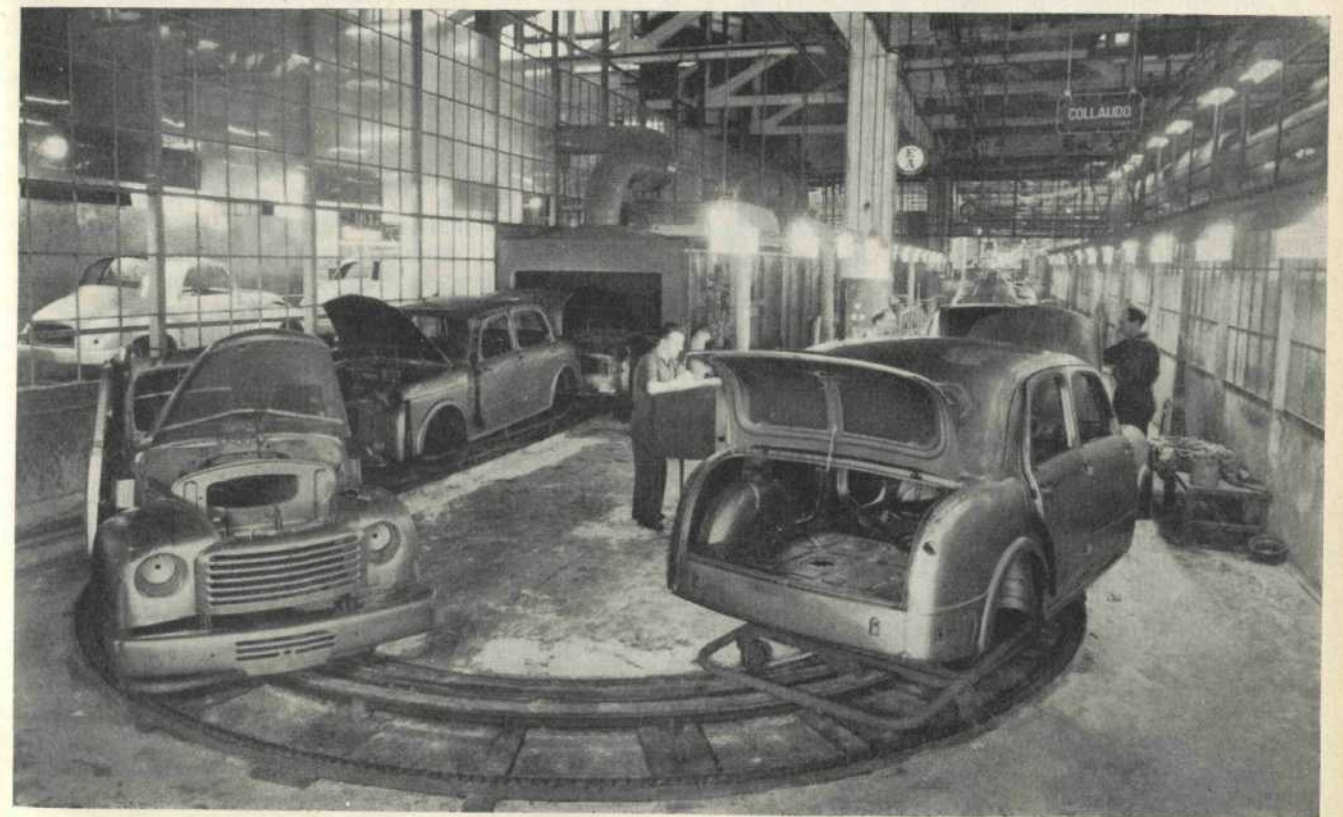
Per contro le termoindurenti dapprima si rammolliscono, ma al persistere del riscaldamento induriscono in modo definitivo, trasformandosi irreversibilmente in sostanze infusibili e insolubili. Queste resine hanno nella prima fase della loro formazione (stato A o resolo) una struttura macromolecolare simile a quella delle termoplastiche. Sulla superficie delle macromolecole esistono però posizioni reattive, in corrispondenza delle quali si creano legami primari fra le singole macromolecole, che pertanto si collegano in un reticolo tridimensionale (stato C, resite) infusibile.

Tutte le resine di questo tipo, sono poste in commercio nello stato A di completa fusibilità o in uno stato intermedio (stato B, resitolo) in cui vi è ancora fusibilità ma incompleta solubilità.

Funzionalità ed esempi di resinificazione per policondensazione.

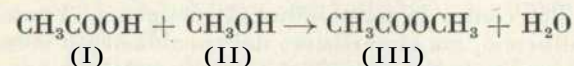
Il concetto più importante nella chimica delle resine sintetiche è certamente quello di funzionalità, poichè la possibilità di formazione di macromolecole da reazioni fra molecole semplici dipende dal numero dei gruppi funzionali presenti nelle molecole di partenza. Per gruppo funzionale si intende un gruppo che è reattivo nelle condizioni di esperimento. Per chiarire questa asserzione e dare insieme un quadro del meccanismo di accrescimento

Fig. 2 - Circuito I. - Ingresso nella galleria di fosfatazione a spruzzo.



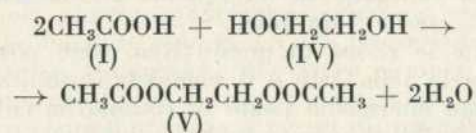
molecolare, esamineremo un complesso di reazioni fra un acido organico e un alcool.

L'acido acetico (I) reagisce con alcool metilico (II) producendo acetato di metile (III) ed eliminando acqua:



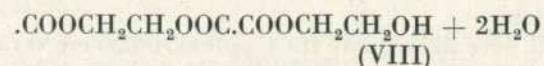
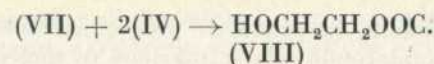
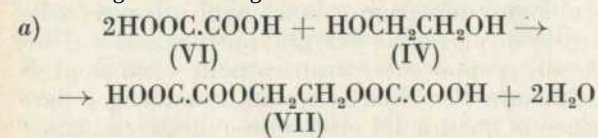
I gruppi funzionali sono il carbossile ($-\text{COOH}$) e l'ossidrile ($-\text{OH}$). Il prodotto della reazione (III) non ne possiede nessuno e la reazione si interrompe.

Acido acetico (I) e un alcool biossidrilico, il glicol etilenico (IV), reagiscono in due tempi: prima si forma il glicol monoacetato il quale contenendo ancora un ossidrile reagisce ulteriormente con (I), dando glicol diacetato (V). Si ha perciò:



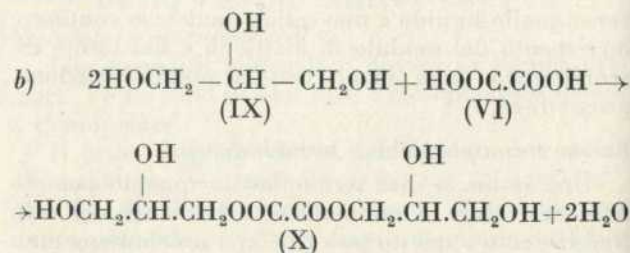
Anche in questo caso la reazione si arresta per esaurimento di gruppi funzionali.

Se invece si considera la reazione fra acido ossalico (VI) e glicol etilenico (IV), entrambi bivalenti, il primo prodotto di reazione (VII) contiene due gruppi funzionali (carbossili) e pertanto può ancora reagire con il glicol etilenico.



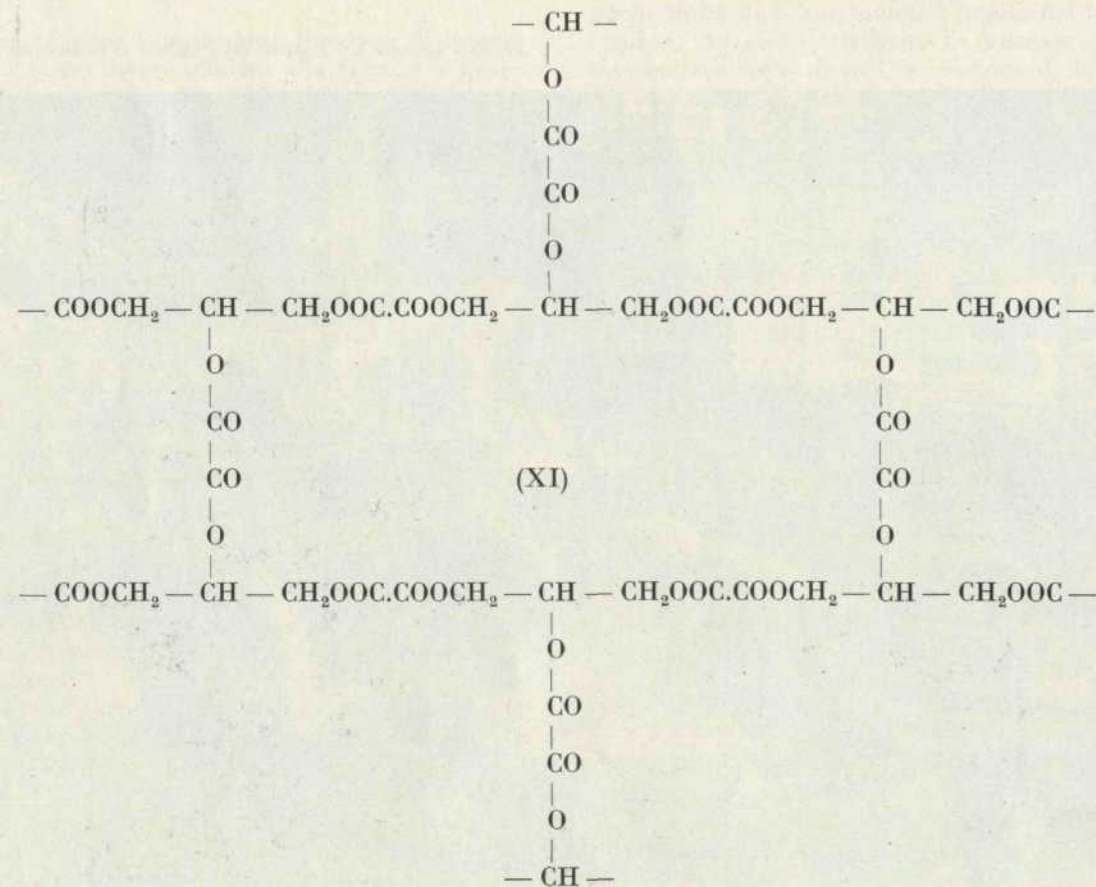
Per la molecola (VIII) si ripresenta la stessa situazione che per la (VII) e pertanto la reazione può, almeno potenzialmente, proseguire all'infinito. Si ha così formazione di una macromolecola lineare e la resina risultante è una termoplastica.

Considerando in ultimo la reazione fra acido ossalico (VI) e un alcool triossidrilico, la glicerina (IX), il primo prodotto di reazione (X) presenta quattro gruppi funzionali, due dei quali laterali:



La molecola (X) può quindi accrescersi ancora in più di due direzioni. La sostanza risultante, come si è detto al paragrafo precedente, è perciò una resina termoindurente, e la macromolecola (XI) rappresenta il prodotto finale della reazione (stato termoindurito, o stato C).

Il proseguimento delle reazioni a) e b) dà due esempi di resinificazione per policondensazione.

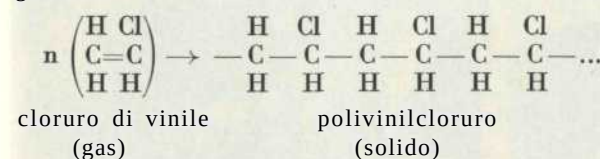


La conclusione che si può trarre dallo schema di reazioni esaminato e che costituisce uno dei postulati di Kienle è che « per ottenere macromolecole, le molecole di partenza devono contenere ciascuna almeno due gruppi funzionali ».

Con due gruppi funzionali per ciascuna molecola, si forma una resina termoplastica (come dal proseguimento della reazione a) mentre se almeno una delle molecole di partenza ne ha più di due si forma una resina termoindurente (proseguimento della reazione b).

Un esempio di polimerizzazione vera.

Un tipico caso di polimerizzazione vera è il seguente:



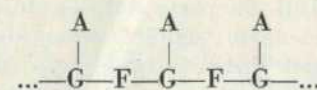
Si ha formazione di una macromolecola lineare (quindi di una resina termoplastica) per rottura del doppio legame $\text{C}=\text{C}$, in accordo col postulato di Kienle, poichè le molecole del cloruro di vinile sono bireattive nella reazione indicata.

Resine gliceroftaliche modificate.

È stato dettagliatamente esaminato il meccanismo di resinificazione per policondensazione alchidica, cioè fra acidi organici ed alcoli polivalenti, (acido ossalico e glicol etilenico, e acido ossalico e glicerina). La scelta di questi esempi, oltre che allo scopo dimostrativo che ci proponevamo, è interessante ai nostri fini perchè un caso particolare, quello della reazione fra acido ftalico, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ e glicerina è di somma importanza per le moderne vernici « sintetiche ». Questa importanza (comune del resto a tutte le altre alchidiche) sta nel fatto che è possibile « modificare » le resine che ne nascono, legandole chimicamente in fase formazione con altre molecole, per es. di oli siccativi.

Questa modificazione, che dà origine a una illimitata gamma di prodotti, in dipendenza della varietà degli agenti modificanti impiegabili, della loro percentuale rispetto ai reagenti base, e delle modalità di reazione, elimina le proprietà non desiderate delle resine pure, conferendo loro plasticità e resistenza all'urto. Si tratta di una plastificazione « interna » o chimica, di genere diverso da quella fisica.

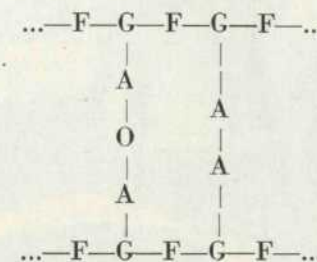
Schematicamente la reazione fra un acido grasso insaturo A, glicerina G, e acido ftalico F porta nella prima fase (in assenza di ossigeno) a una sostanza molle e appiccicosa avente una molecola del tipo



(dove con $-\text{A}-$ e $-\text{F}-$, sono indicati i radicali degli acidi, cioè quello che rimane togliendo dai carbossili i gruppi $-\text{OH}$, e con $-\text{G}-$ il radicale glicerico, cioè quello che rimane togliendo $-\text{H}$ dagli ossidrili).

Questo schema raffrontato con la molecola (X) mostra che i punti reattivi laterali della glicerina sono stati saturati dall'acido grasso.

Nella fase finale, per effetto di riscaldamento in presenza di ossigeno si giunge al reticolo:



I gruppi $-\text{A}-\text{O}-\text{A}-$ e $-\text{A}-\text{A}-$ che fanno da ponte fra le macromolecole gliceroftaliche rappresentano rispettivamente l'ossidazione e la polimerizzazione dell'acido grasso insaturo. Questi ponti sono meno rigidi di quelli che legano le macromolecole (XI).

L'esempio portato è quello di una resina modificata del tipo gliceroftalico costituente il veicolo delle vernici « sintetiche ».

In particolare illustra i principi chimici sui quali si basa la filmazione per via chimica.

5. - Elementi costitutivi delle vernici.

A) Il veicolo. — Schematicamente comprende un elemento rigido (resina) e un elemento plastificante. La proprietà filmogena può appartenere all'uno o all'altro elemento.

Il processo evolutivo con cui dalle vecchie vernici oleoresinose si è giunti alle vernici moderne ci consente di valutare l'enorme contributo dato dalla chimica al campo della protezione organica dei metalli.

I veicoli a base oleoresinosa si valevano di prodotti naturali: oli siccativi e resine. L'olio siccativo aveva funzione plastificante e filmogena. La resina conferiva alla pellicola dell'olio maggiore lucentezza, durezza, resistenza ed adesione.

Le proprietà della vernice così formulata risentivano della incostanza dei prodotti naturali impiegati.

A questo stato di indeterminazione si pose rimedio usando, in luogo delle resine naturali, altre resine ottenute dalla modificazione chimica di quelle naturali.

Ma anche con ciò rimaneva il fatto sostanziale che il veicolo continuava ad essere una miscela fisica di due componenti, ciascuno dei quali manteneva in seno alla miscela la propria individualità, conferendole i propri pregi ma anche le proprie lacune caratteristiche. La resistenza all'invecchiamento della vernice continuava a identificarsi con quella del componente meno resistente ed era piuttosto bassa. Inoltre l'essiccazione era troppo lenta per le moderne industrie.

Una prima soluzione fu rappresentata dai veicoli a base di esteri cellulosici (in particolare nitrocellulosa) associati a resine naturali e plastificanti.

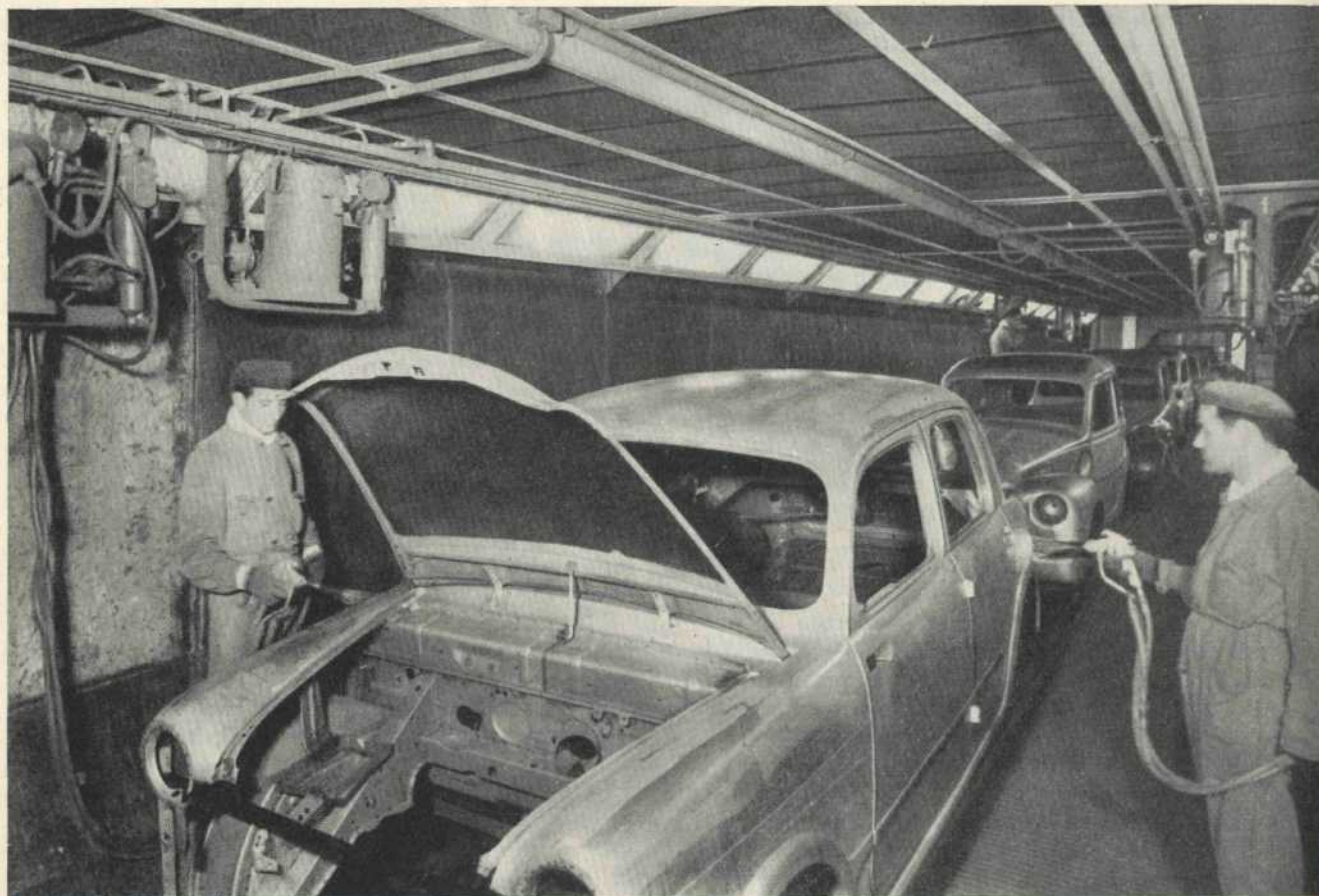


Fig. 3 - Circuito I. - Cabina n. 3; spruzzatura della vernice di fondo, lato ingresso.

Una seconda soluzione in ordine di tempo si ebbe con l'introduzione delle resine gliceroftaliche modificate.

È in certo modo ripreso il concetto del binomio olio siccativo-resina, ma non si tratta più di una miscela fisica ma di un veicolo complesso ottenuto da una reazione ternaria di cui si è esaminato schematicamente l'andamento.

Il processo di filmazione è sostanzialmente la continuazione e il completamento del processo di policondensazione che è alla base della fabbricazione della vernice stessa.

Le vernici di questo tipo praticamente completano il processo di filmazione con la loro cottura a differenza di quelle oleo-resinose in cui esso continua per lungo tempo. Dopo cottura esse sono insolubili, chimicamente inerti e più stabili della nitro che, per azione dell'ossigeno atmosferico, subisce gravi alterazioni.

Ricordiamo che in un veicolo le resine gliceroftaliche modificate sono solo la base della formulazione. Questa è diversa secondo le diverse case produttrici in quanto le resine gliceroftaliche sono state modificate con piccole quantità di altre resine, ureiche, melaminiche, fenoliche ecc. che apportano particolari vantaggi come aumento della durezza, della brillantezza, accelerazione del tempo di cottura ecc.

B) *Pigmenti e cariche.* — Una vernice senza

pigmento è trasparente e non ha perciò potere coprente. Quando è pigmentata si dice più propriamente pittura.

La pigmentazione delle vernici si fa per tre scopi:

- 1) per incrementare l'efficacia protettiva propria della vernice;
- 2) per conferire alla vernice potere coprente (Hiding power);
- 3) a scopo colorante.

Nelle vernici antiruggine predomina lo scopo 1). In quelle di fondo lo scopo 2) e nelle vernici a finire gli scopi 2) e 3). La pigmentazione influenza anche le proprietà meccaniche del film. Dal punto di vista fisico le proprietà dei pigmenti più interessanti sono: dimensioni, peso specifico, forma dei granuli, umettabilità da parte del veicolo.

Le dimensioni determinano il potere coprente; più fine è la macinazione e maggiore è il potere coprente.

L'umettabilità da parte del veicolo è responsabile del fenomeno di agglomerazione del pigmento (caso di umettazione incompleta); insieme alla forma dei granuli determina la quantità di legante necessaria per la dispersione di tutto il pigmento.

Dal punto di vista chimico importano soprattutto il carattere acido o basico del pigmento per la dannosa possibilità di interferenza chimica con veicoli di reattività opposta.

Importante pure la stabilità chimica alla luce, al calore, all'azione dell'acqua e dei gas presenti nell'atmosfera.

Circa i rapporti di scambio con il supporto cioè il contributo anticorrosivo che può dare il pigmento si è già detto in altra parte.

I pigmenti impiegati, rispetto alla loro natura chimica comprendono:

- 1) pigmenti minerali (ossidi, carbonati, solfuri, silicati, ecc);
- 2) pigmenti metallici (Cu, Zn, Sn, Al);
- 3) pigmenti organici.

C) *Solventi e diluenti.* — Rappresentano la parte volatile della vernice. Il solvente vero e proprio è quello a cui è dovuta la dispersione del veicolo. Il diluente è un liquido che, pur non avendo capacità solvente, può essere aggiunto alla soluzione senza che si verifichi precipitazione. Taluni liquidi sono solventi per un veicolo e per un altro possono fungere solo da diluenti e viceversa.

Dei solventi puri sono interessanti soprattutto il potere solvente, il peso specifico, la temperatura di ebollizione, la tensione di vapore, il calore di vaporizzazione, e quello specifico.

Passando su un terreno pratico diremo che il « solvente » non è mai una sostanza pura, ma una miscela di solventi e diluenti. La scelta dei componenti puri va fatta con cura e generalmente deve realizzare un compromesso fra esigenze contrastanti (potere solvente, velocità di evaporazione, prezzo).

Tecnicamente la caratteristica più importante di questa miscela è la sua curva di distillazione.

La velocità di allontanamento deve essere la più rapida possibile, ma non tale che il raffreddamento provocato dall'evaporazione conduca alla conden-

sazione di un velo di umidità sulla pellicola in formazione. Ciò vale principalmente per le vernici a filmazione fisica. Il solvente per le vernici che devono subire una cottura in forno non deve giungere all'ebollizione durante il riscaldamento, perché ciò provocherebbe crateri nel film in formazione.

Una caratteristica degna di considerazione per un solvente è la capacità di umettare il supporto perché ciò è in stretta connessione con l'aderenza finale della vernice. La maggior parte dei solventi bagna completamente i metalli puliti, ma solo parzialmente se le superfici sono grasse o comunque sporche. Di qui la necessità di sgrassare i metalli prima della verniciatura.

Le vernici quando arrivano all'applicatore contengono già una parte di solvente, quella che è servita a disciogliere il veicolo e strettamente necessaria a evitare la gelificazione della vernice. L'ultima parte è aggiunta prima dell'applicazione sia per raggiungere il giusto valore di viscosità, sia per correggere certi difetti.

6. - I processi industriali di verniciatura.

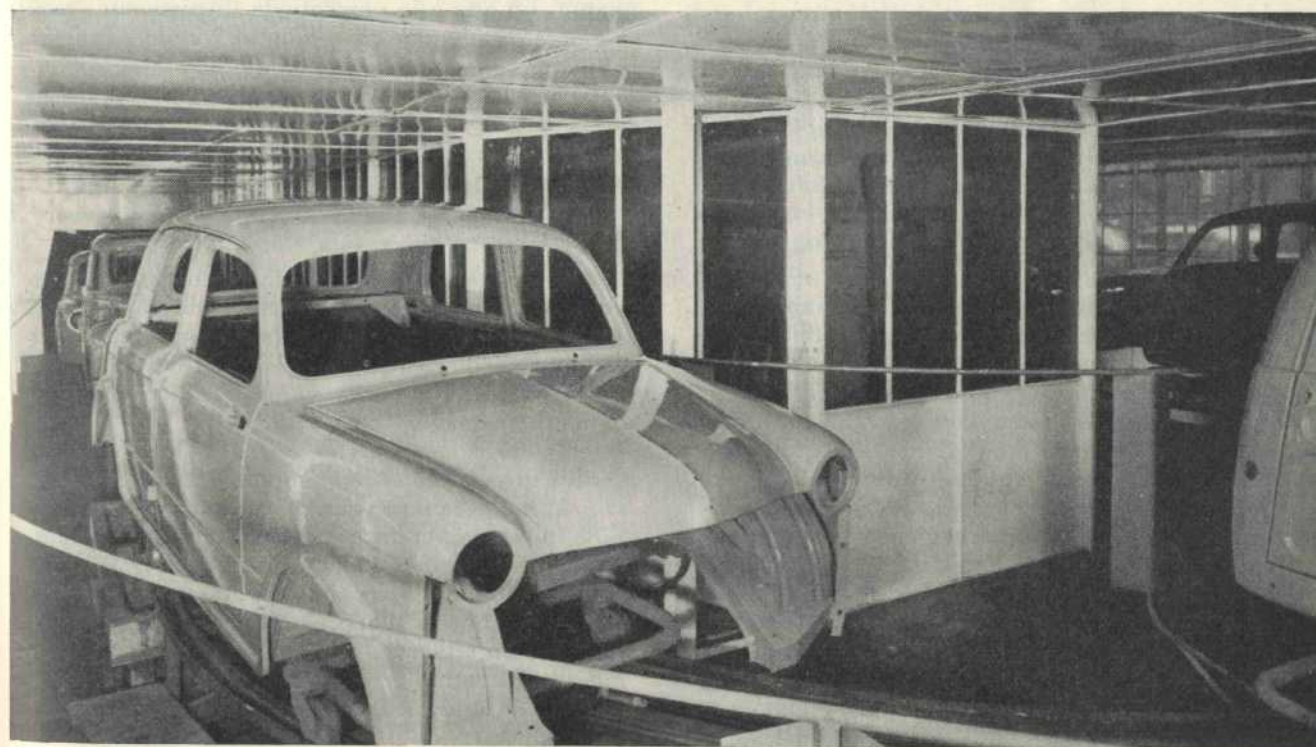
Come è già stato accennato, affinché la pellicola di vernice abbia una azione protettiva, è assolutamente indispensabile che essa aderisca fortemente al metallo.

Per avere la massima aderenza, il metallo deve essere completamente privo di grassi ed ossidi.

Trattamenti preliminari della lamiera.

Il trattamento preliminare della lamiera riveste dunque carattere di primaria importanza per la

Fig. 4 - Circuito I. - Camera di appassimento della vernice di fondo.



buona riuscita della verniciatura. è ovvio che non si può verniciare su superfici oleate ed ossidate, ed è altrettanto facilmente intuibile che delle lamiere che hanno subito lo stampaggio e sono passate lungo una linea di assemblaggio che comprende vari tipi di saldature (a punti, a stagno, ecc.) arrivino alla verniciatura in condizioni tali da richiedere un accurato lavoro di sgrassatura e deossidazione.

Il processo classico di preparazione della lamiera era, sino a pochi anni fa la sgrassatura con benzina seguita dall'applicazione di una soluzione al 15-20% di acido fosforico in una miscela idroalcolica, lavaggio con acqua calda ed asciugatura finale. Questo procedimento eseguito manualmente era buono agli effetti adesione della vernice, ma molto costoso per la mano d'opera che richiedeva, e lo spreco di materiali ad alto prezzo come la benzina. Inoltre, dato che le operazioni non erano automatiche, la garanzia che il lavoro fosse ben eseguito era molto aleatoria specie in una produzione di grande serie.

Attualmente, tutte le fabbriche d'automobili usano processi di fosfatazione e passivazione previa sgrassatura con soluzioni a caldo (60-70°) a base di detersivi alcalini, emulsioni schiumogene ecc. Questi trattamenti a base di fosfati di zinco i quali possono essere a caldo o a freddo hanno una duplice funzione: trasformano tutto l'ossido in fosfato e quindi sono disossidanti; inoltre lasciano sulla superficie un velo di sali fosfatici che ha azione passivante del ferro. Nei punti dove la vernice può venire intaccata per scalfittura o rigature o dove non ricopre sufficientemente il metallo sottostante, questo velo passivante impedisce alla corrosione di propagarsi sotto lo strato di vernice.

La nostra pratica ha dimostrato che occorre saper scegliere soluzioni adatte e controllare accuratamente la formazione di questi strati fosfatici perchè, appena lo spessore di essi supera un valore che deve essere molto piccolo, l'adesione della vernice viene compromessa.

A questo scopo occorre controllare accuratamente, oltre alla concentrazione dei bagni, il grado d'acidità, le temperature, i tempi di permanenza dei diversi bagni ecc.

Vernice di fondo: caratteristiche e processo di applicazione.

Lo scocca, dopo il trattamento preliminare, è pronta a ricevere la mano di vernice di fondo.

Trattandosi qui solo del tipo di verniciatura a forno con prodotti a base di resine gliceroftaliche modificate, non parleremo dell'applicazione della prima mano di vernice antiruggine la cui funzione come già detto a suo tempo è esplicita dalla stessa vernice di fondo che viene a possedere le due proprietà richieste: potere antiruggine e potere riempitivo.

L'applicazione di questa vernice dipende molto dallo stato superficiale della lamiera. Infatti le righe prodotte dai dischi abrasivi o le eventuali ondulazioni determinano lo spessore di vernice che occorre dare affinchè risultino completamente coperte.

Occorre operare in modo che la vernice di fondo soddisfi alle seguenti caratteristiche:

- Presentare buon potere riempitivo,
- Avere la massima distensione,
- Evitare colature o raggrinzamenti,
- Essicare in profondità,
- Non assorbire lo smalto che verrà applicato successivamente,
- Essere facile da carteggiare,
- Mantenere una buona elasticità.

Per ottenere questo complesso di proprietà occorre una strettissima collaborazione fra i Tecnici addetti al controllo dei materiali, i Capi responsabili della lavorazione ed i Tecnici addetti al controllo ed al buon funzionamento degli impianti.

Esaminiamo uno ad uno i fattori che influiscono sulla buona riuscita del processo. Essi sono:

Prodotto.

La vernice di fondo, come già accennato, va opportunamente studiata perchè i rapporti fra il veicolo, il solvente ed il pigmento siano tali da facilitare l'applicazione.

Un fondo troppo povero di resina, assorbe lo smalto e mette in evidenza le rigature prodotte dalla carteggiatura; troppo ricco richiede maggior tempo nella cottura, ed è troppo duro da carteggiare. Il solvente a basso punto d'ebollizione (100°) favorisce l'applicazione perchè non lascia colare la vernice e permette quindi di applicarne uno strato più spesso; ma produce dei fumi che non vengono assorbiti dalla vernice e producono la così detta « buccia d'arancio ».

Per contro il solvente ad alto punto d'ebollizione (180°-190°) favorisce la distensione ma anche le colature.

Una vernice di fondo è tanto più riempitiva, quanto più alta è la percentuale di pigmento, però se si eccede si avrà un prodotto fragile ed assorbente.

La viscosità della vernice va pure accuratamente controllata perchè influisce notevolmente sugli spessori che si vogliono ottenere e sulla distensione finale del prodotto.

Spruzzatura.

La spruzzatura della vernice è soggetta a delle prescrizioni, che, se non vengono rigorosamente osservate, compromettono la buona riuscita della verniciatura anche se i prodotti sono ottimi.

Un controllo accurato va anche effettuato sugli impianti in quanto occorre garantire:

- 1) l'aria deve arrivare « secca ». Tracce di umidità provocano delle « forature »;
- 2) nella cabina occorre garantire il più possibile una temperatura ed una umidità costante (25°-27° di temp. e 40-50% di umidità); se l'ambiente è troppo « secco » la vernice forma più facilmente la buccia d'arancio, se è troppo umido e freddo si ha tendenza alle colature.

La spruzzatura a caldo delle vernici ha preso sviluppo in questi ultimi anni sia in America che in Germania.

Tutti però hanno limitato l'applicazione agli smalti a base nitro in cui il vantaggio è evidente dato il basso contenuto in solidi di questi tipi di vernici, rispetto alle vernici sintetiche, in quanto è noto che la spruzzatura a caldo sfrutta la temperatura per abbassare la viscosità della vernice riducendo così la quantità di solvente.

La FIAT dopo opportuni esperimenti ha adottato questo tipo di spruzzatura per l'applicazione delle vernici di fondo a base gliceroftalica.

Riassumiamo in breve le considerazioni che hanno portato a queste determinazioni.

Come abbiamo accennato precedentemente, nella vernice di fondo, a parità di residuo a secco, più forte è la percentuale di pigmenti e più elevato è lo spessore finale che si ottiene; però anche l'assorbimento dello smalto è tanto più notevole quanto più poroso è il fondo sul quale viene applicato.

Infatti molte fabbriche di automobili, sia americane che tedesche, ricorrono ad una mano di « Sealer » applicata fra il fondo e lo smalto. Questa spruzzatura ha lo scopo di rendere il fondo più impermeabile.

Volendo evitare questa mano intermedia che richiede ulteriore mano d'opera, cabina e forno di cottura e carteggiatura, i tecnici della FIAT hanno voluto riassumere nella vernice di fondo le caratteristiche che si hanno coll'applicazione del binomio « Fondo + Sealer ».

Si è dovuto quindi innanzi tutto, variare la formulazione della vernice di fondo aumentando la percentuale di veicolo; riportiamo come esempio i dati di massima a titolo informativo di due prodotti usati:

Caratteristiche	Vernice di fondo N. 1 antemodificata pronta all'uso	Vernice di fondo N. 2 modificata pronta all'uso
Pigmento . . .	33	20
Veicolo	16	33
Solvente . . .	51	47
Viscosità a 20° .	30" coppa Ford 4	100" coppa Ford 4

Con la vernice di fondo N. 2 applicata a 65-70° si sono ottenuti con una sola mano incrociata 0,05-0,07 mm. di residuo solido sulla lamiera senza provocare colature.

In pratica si è poi anche constatato che, variando opportunamente i solventi, con l'applicazione a caldo si riesce ad ottenere una distensione notevolmente migliore.

Questo fattore è importante nella vernice di fondo in quanto facilita notevolmente l'operazione di carteggiatura.

Cottura.

L'aumento della resina nella vernice di fondo richiede, come logico, maggior tempo nella cottura; si è riusciti ad evitare di allungare il forno di cottura introducendo nella prima parte del forno ad aria calda una batteria di piastre a raggi infrarossi.



Fig. 5 - Circuito II. - Carteggiatura meccanica.

Carteggiatura.

L'importanza della carteggiatura è notevole per la buona riuscita del processo di verniciatura. Essa serve a livellare bene il fondo in modo che le rigature della lamiera non siano più visibili; livella la « buccia d'arancio » in modo che non si sovrapponga a quella che si forma con l'applicazione dello smalto di finitura; ed infine favorisce l'ancoraggio dello smalto.

La scelta della carta abrasiva è pure importante; è logico che usando carte con abrasivi a grana grossa (220-240) si accelera la lavorazione, ma si producono rigature troppo profonde. Carte a grana fine (400-600) danno una ottima finitura ma richiedono un tempo troppo elevato.

La pratica ha dimostrato che buoni risultati si ottengono con le grane 320-360, e questi tipi sono di uso generale per la carteggiatura delle vernici di fondo.

L'industria moderna usa per la carteggiatura delle grandi superfici, macchine a vibrazione con comando pneumatico.

Smalto di finitura: caratteristiche e applicazione.

Il sistema di verniciatura con smalti sintetici cotti al forno richiede che questa applicazione venga fatta colla massima cura. Gli smalti a base nitrocellulosa vengono ancora carteggiati e lucidati con pasta e polish; lo smalto sintetico, no.

Ogni anomalia: scarsa distensione, formazione di fori, colature, « punte di spillo » dovute a polvere, che possono essere tollerate nelle verniciature alla nitro, nel nostro caso provocano lo scarto. Queste scocche vanno nuovamente carteggiate e spruzzate. è quindi facilmente comprensibile come

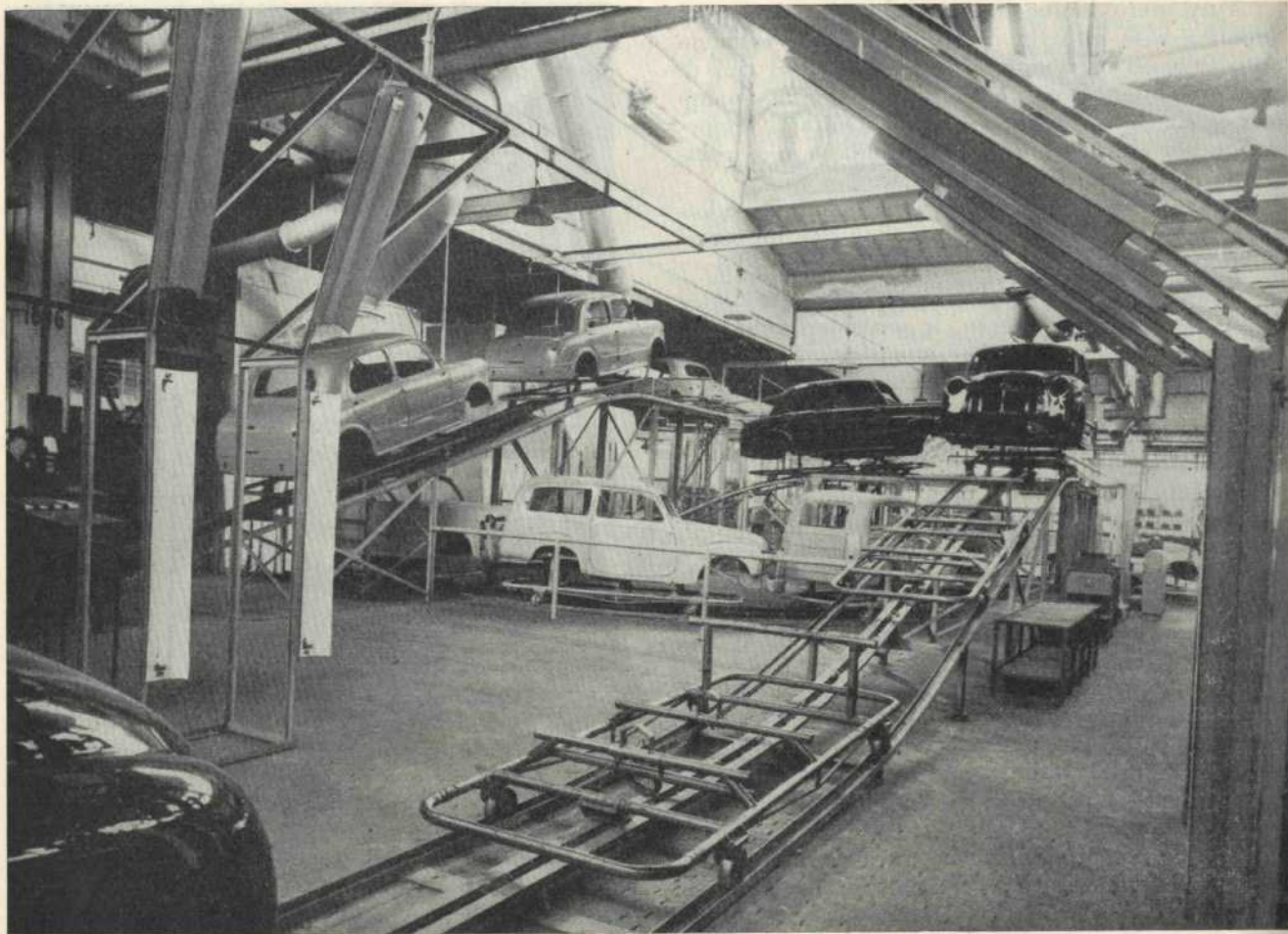


Fig. 6 - Circuito II e III. - Incroci sopraelevati sul lato di testa e stazione di collaudo.

gli accorgimenti richiesti nella verniciatura del fondo, nell'applicazione dello smalto vadano moltiplicati.

Pulizia, temperatura, grado igrometrico della cabina, assenza d'umidità nell'aria di atomizzazione; quantità di vernice, pressione dell'aria, tempo che intercorre fra la prima e la seconda mano, e fra la seconda mano e l'entrata nei forni, abilità degli operai; scelta delle vernici e dei solventi più adatti, con relative viscosità, andamento della temperatura nei forni, velocità d'evaporazione dei solventi, aspirazione dei vapori nei forni di cottura sono tutti elementi che bisogna conoscere e dominare se si vogliono evitare scarti.

Buoni risultati si sono ottenuti interponendo fra la cabina di spruzzo ed il forno di cottura una camera di « appassimento ». Questa camera, mantenuta ad una temperatura di 30-35°, è provvista di camini d'aspirazione a tiraggio naturale.

Le scocche che permangono in questa camera per 5' perdono la parte più leggera del solvente; questo fa sì che entrando nel forno di cottura gli smalti non formino una « crosta » dura superficialmente col pericolo della formazione di « crateri » dovuti al solvente più pesante che rimane imprigionato sotto lo strato superficiale già precedentemente semi-indurito.

Inoltre, siccome i vapori di solvente nei forni

d'essiccazione vanno aspirati, tanto minore è la quantità di solvente che entra nel forno tanto maggiore è la sicurezza di ottenere buoni risultati.

Cottura dello smalto.

I forni di cottura dello smalto sono ad aria calda; non si sono ancora introdotte piastre a raggi infrarossi in quanto, in un ciclo a catena è impossibile avere una distanza uniforme delle piastre da tutte le varie superfici della scocca. Di conseguenza si avrebbero zone cotte con temperature variabili e questo non facilita l'uniformità dello strato di smalto agli effetti distensione, brillante e uniformità di tinta.

L'andamento delle temperature nei forni di cottura deve essere attentamente studiato in rapporto alla qualità delle resine impiegate e specialmente ai tipi di solvente usati ed allo spessore del film. Si è constatato che partendo da una temperatura di 90° ed arrivando gradualmente, in circa 5' a 130° si ottengono i migliori risultati.

Una essiccazione troppo rapida può provocare fori dovuti a scoppio; una polimerizzazione insufficiente come tempo o temperatura, che interessi solo lo strato superficiale senza agire in profondità, provoca, col tempo, la formazione di fessure superficiali più o meno profonde a seconda dello spessore del film.

Verniciatura ebanisteria e ruote.

Questi particolari della carrozzeria automobile vengono verniciati con cicli produttivi semplificati. Nell'ebanisteria, che non è esposta agli agenti atmosferici e in cui predomina perciò il problema estetico, viene eliminata la vernice di fondo. La preparazione della lamiera invece subisce il ciclo delle scocche. La spruzzatura può venire fatta in alcuni casi con processi elettrostatici consistenti nel creare un forte campo elettrostatico fra l'atomizzatore e l'oggetto da verniciare messo a terra. La forza di questo campo trasforma la vernice in uno spruzzo di finissime particelle caricate e crea una attrazione che spinge le goccioline a depositarsi in modo perfetto sull'oggetto da verniciare.

Nelle ruote, dove il problema estetico è meno importante, si fa a meno della vernice di fondo.

Per questi accessori di dimensioni ridotte rispetto alle scocche ha grande importanza la meccanizzazione del trasporto.

Diluizione centralizzata dei prodotti.

Ancora oggi nelle piccole industrie è radicato il sistema che il verniciatore si diluisce il prodotto come preferisce. Questo è un retaggio della applicazione a pennello in cui si richiede all'operaio una maggiore specializzazione e perciò la diluizione della vernice avviene a seconda delle abitudini e capacità personali. È ovvio che questo non è possibile negli stabilimenti dove si lavora in serie; in questo caso è indispensabile avere una sala di preparazione in cui vengano rigorosamente eseguite le diluizioni dei prodotti in modo uniforme e facilmente controllabile dai tecnici addetti ai processi di verniciatura.

La FIAT dispone di una centrale vernici con 18 gruppi di mescolatori.

Ogni gruppo è formato da due vasche in cui la vernice viene diluita alla viscosità voluta; la presenza di 2 mescolatori per ogni gruppo è indispensabile perché, mentre viene spruzzata la vernice contenuta in uno di essi, l'operaio prepara il secondo. Detti mescolatori sono collegati fra di loro per cui non si hanno interruzioni.

La vernice pronta all'uso viene automaticamente filtrata e pompata direttamente nelle cabine di spruzzatura mediante tubazioni in rame di andata e ritorno.

7. - L'impianto di verniciatura dello Stabilimento Fiat Mirafiori.

L'impianto di verniciatura della FIAT Sezione Auto è stato costruito nell'anno 1950 ed ha una potenzialità di circa 640 scocche in 15 ore.

Tranne che sul lato di testa, dove avviene lo smistamento delle scocche, l'impianto è circondato da pareti vetrate. Ciò ha lo scopo di ridurre al massimo gli scambi coll'esterno (ingresso di polvere dagli impianti attigui).

Nella pianta di fig. 1, si notano anzitutto i 3 circuiti di verniciatura delle scocche. Al I circuito convergono dal polmone, le scocche nude che, dopo

alcune fasi preparatorie, entrano nella grande galleria dove avviene il processo di fosfatazione a spruzzo (fig. 2). Seguono: il forno 1 di asciugatura, la cabina N. 1 dove le saldature a stagno di riempimento fra le lamiere vengono sigillate con vernici speciali, la cabina N. 2 nella quale si vernicia il fondo della scocca. Si hanno poi la cabina N. 3, dove viene spruzzata a caldo la vernice di fondo (in fig. 3 che mostra la cabina dal lato ingresso, sono ben visibili in alto a sinistra gli apparecchi Bede per il riscaldamento della vernice), la camera di « appassimento » (fig. 4) e il forno N. 2 per la cottura della vernice di fondo. Il percorso su questo primo circuito termina con un primo collaudo per la ricerca e la riparazione di eventuali piccoli difetti della lamiera che solo a questo punto, dato lo stato già relativamente lucido conferito dalla vernice di fondo, possono essere rivelati.

Le scocche vengono quindi immesse sul secondo circuito, che inizia con la carteggiatura della vernice di fondo (fig. 5) eseguita con levigatrici meccaniche in presenza d'acqua. Segue una carteggiatura di revisione a mano, quindi il lavaggio, l'asciugatura (forno N. 3) e la strofinatura, pure eseguita manualmente. Si ha poi l'applicazione della vernice a finire (smalto), nella cabina N. 4, l'« appassimento » e quindi la cottura dello smalto nel forno N. 4. Il circuito termina con le operazioni di collaudo (fig. 6) e con esso il ciclo di verniciatura. Le scocche vengono quindi portate nel polmone di raccolta.

Il terzo circuito è integrativo del secondo, di cui ha potenzialità minore, ed è adibito soprattutto alle scocche più grandi.

Fig. 7 - Sottopiano - Centrale preparazione vernici.

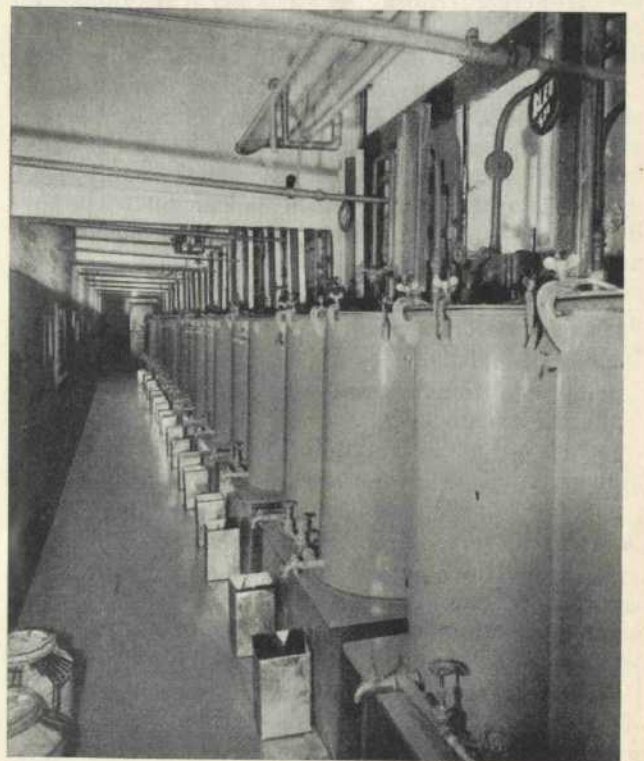




Fig. 8 - Laboratorio chimico.

Analogamente al circuito II, vi si eseguono sostanzialmente la carteggiatura meccanica e una revisione manuale, l'applicazione dello smalto nella cabina N. 5 e la cottura di esso nel forno N. 6.

Oltre ai 3 circuiti per le scocche, vi è un circuito a trasportatori monorotaia per la verniciatura dell'ebanisteria e una linea per la verniciatura bicolore.

Nel sottopiano vi è l'impianto per la verniciatura delle ruote. Qui, oltre ai complessi servizi richiesti per il funzionamento di un così vasto impianto, vi è pure la centrale di preparazione delle vernici (fig. 7) (diluizione ed eventuali correzioni) e di pompaggio alle cabine.

L'impianto di verniciatura è dotato di un piccolo laboratorio per la determinazione di alcune caratteristiche delle vernici (potere coprente, diluibilità, capacità di distensione ecc.) (fig. 8).

L'energia termica necessaria per il riscaldamento degli stadi di fosfatazione, dei forni di cottura delle vernici, dei forni di asciugatura e delle cabine di spruzzatura proviene sotto forma di vapore a 200° dalla centrale termoelettrica. La sottocentrale termica annessa all'impianto di verniciatura ha funzione di smistamento e riduzione del vapore. Essa possiede tuttavia anche due caldaie elettriche per produzione di vapore nei casi di emergenza.

Una parte di questa energia proviene anche da gas illuminante e una piccola parte da energia elettrica (radiatori a piastre).

Una notevole massa d'aria è messa in movimento per il condizionamento delle cabine di spruzzatura, lo smaltimento dei vapori di solventi dai forni di cottura e il necessario apporto di aria per la cottura stessa.

L'aria per le cabine di spruzzatura, dopo essere stata prelevata dall'esterno e prefiltrata, passa negli scambiatori per il condizionamento della temperatura, quindi viene convogliata da soffiatori, entro la cabina attraverso il soffitto costituito da una seconda serie di filtri (fig. 3).

La corrente d'aria avvolge le scocche dall'alto al basso, quindi attraverso la griglia del pavimento, sotto cui subisce un lavaggio in corrente d'acqua,

e l'intercapedine delle pareti laterali viene aspirata da pompe tipo « Buffalo » ed eliminata (fig. 9).

Nel complesso le cabine sono in pressione, perché la potenza dei soffiatori predomina su quella degli aspiratori.

A dare un'idea della grandiosità dell'impianto oltre alle figure valgono le cifre riportate in calce a fig. 1.

8. - Le prove di Laboratorio.

Da quanto è stato scritto nei precedenti capitoli, risulta in tutta la sua imponenza il problema del controllo dei materiali e dei processi usati nella verniciatura.

Solo prove significative e riproducibili, metodicamente ripetute, possono assicurare la costanza dei risultati in una serie di processi così complessi come quelli testè descritti. In questa materia non sono a disposizione delle prove rigorose e normalizzate come nel campo dei metalli, ma le prove sono necessariamente empiriche: fortunatamente invece in questo campo c'è una buona rispondenza fra i risultati sul provino e quelli in vera scala sull'intera carrozzeria. Il successo produttivo si basa dunque unicamente sulla felice scelta di metodi di prova che siano in buona correlazione con il comportamento pratico.

Dal punto di vista dell'utilizzatole vi sono due generi di prove:

a) prove sui prodotti vernicianti prima dell'applicazione;

b) prove sui materiali dopo l'applicazione.

Le prove a) comprendono sostanzialmente l'analisi chimica.

La separazione dei pigmenti dalla vernice è fatta normalmente per centrifugazione. I solventi si separano invece per distillazione. Per l'analisi del veicolo valgono i consueti metodi della chimica organica integrati da metodi fisici.

Fra questi metodi fisici un posto particolare merita l'analisi per mezzo di spettrografia all'infrarosso. Dal dominio della ricerca pura, questo metodo è entrato solo di recente nel campo pratico. Ogni sostanza organica ha un suo caratteristico spettro di assorbimento nell'infrarosso ed esistono all'uopo degli atlanti che raccolgono questi spettri per un grande numero di sostanze pure.

Fra le prove b) un gruppo tende a stabilire le caratteristiche applicative della vernice. Fra esse ricordiamo:

— Prova di diluibilità: serve a stabilire quale tenore di sostanze volatili richiede la vernice per avere la giusta viscosità di applicazione. La misura di viscosità cinematica viene praticamente eseguita con un viscosimetro a efflusso (coppa Ford).

— Capacità di distensione: per le vernici a spruzzo non richiedenti levigatura finale come le gliceroftaliche, è dannosa agli effetti estetici la for-

mazione di « buccia d'arancio ». La FIAT valuta la tendenza alla formazione di essa, preparando in condizioni di spruzzatura ben controllata (pressione d'aria, viscosità, distanza della pistola, numero di passate) un provino su supporto di vetro piano. Per l'applicazione si usa un apparecchio che fa muovere il provino davanti alla pistola a velocità uniforme. La valutazione della buccia di arancio è fatta per confronto, ma si tende a sostituirla con una misura assoluta.

— Tempo di cottura: viene determinato per le vernici a forno, controllando l'andamento durezza-tempo (a parità di temperatura) o durezza-temperatura (a parità di tempo).

— Caratteristiche di carteggiatura (per i fondi): si valuta con il peso di materiale asportato da una carta abrasiva di caratteristiche note e sotto modalità di abrasione determinante. Inversamente, con una vernice di definite caratteristiche, si può valutare l'attività di una carta abrasiva.

— Potere coprente: la prova è eseguita stendendo la vernice, generalmente con un applicatore a coltello, su una apposita superficie contrastata a zone bianche e nere. Il potere coprente è valutato sulla riduzione di contrasto conseguita tra zone bianche e nere.

Un altro gruppo di prove tende a stabilire le caratteristiche della vernice dopo applicazione. Queste prove si eseguono su provini che sono stati preparati esattamente col ciclo seguito in produzione, sia per il supporto che per i vari strati di vernice, spessore e modalità di cottura.

Fra esse si ricorda:

— Durezza: esistono metodi sclerometrici e metodi basati sullo smorzamento di un pendolo (derivato dall'Herbert, usato un tempo per i metalli). Un altro metodo, empirico, ma assai utile perché rende possibile la valutazione di durezza in loco, su carrozzerie verniciate, comporta l'uso di una serie di matite di tutte le durezza. Il gruppo di matite rappresenta una serie di Mohs.

La durezza si esprime con la sigla della mina più dura che non scalfisce il film. La serie da B a 3H (14÷28 Vickers) copre completamente il campo di durezza delle vernici.

— Elasticità e aderenza al supporto: non è facile separare la misura di queste grandezze.

Per la valutazione esistono un metodo dinamico e metodi statici.

Il primo consiste in una prova di urto mediante un peso cadente da altezza nota. Fra i secondi ricordiamo la prova di imbutitura secondo Erichsen. Più idoneo è però il metodo di avvolgere su un mandrino conico il provino con la vernice all'esterno (Arlt).

Poiché la vernice viene in tal modo stirata in misura diversa da punto a punto e calcolabile dallo spessore del supporto e dal diametro di avvolgi-

mento, si può stabilire quale è lo stiramento massimo che la vernice può subire sul rapporto senza rompersi.

Nell'apparecchio Arlt la vernice subisce da un'estremità all'altra del mandrino conico uno stiramento compreso fra 2 e 20% (con uno spessore di supporto di 0,8 mm.).

Siccome nel piegamento vi è anche una flessione, una insufficiente aderenza della vernice conduce a un distacco o a sfaldamento e pertanto la prova dà pure un indice dell'adesione.

La misura dell'adesione pura è generalmente difficile. I metodi quantitativi sono assai complicati e poco pratici.

Due metodi basati sul distacco, il primo per vibrazioni a frequenza ultrasonica e il secondo per centrifugazione su una sfera posta in rapida rotazione (diametro sfera circa 6 mm., velocità 2 milioni di giri al minuto) per mezzo di un campo magnetico rotante, hanno più interesse scientifico che pratico.

— Brillantezza: esistono sia metodi soggettivi basati sulla nitidezza di una immagine riflessa dalla superficie verniciata, sia metodi oggettivi. Il reflattometro a cellula fotoelettrica è fra i metodi oggettivi il mezzo più comodo e sicuro; la misura è fatta valutando la percentuale di luce regolarmente riflessa dalla superficie.

Generalmente l'angolo di incidenza è di 60°. Si esprime il risultato come percentuale della luce riflessa dal provino rispetto a quella riflessa nelle stesse condizioni da un vetro nero a superficie otticamente lavorata, di cui è calcolabile esattamente il potere riflettente colla legge di Fresnel.

Le prove descritte sono la misura di altrettante proprietà del film. Siccome queste proprietà sono soggette a degradazione in seguito all'invecchiamento esse sono ripetute anche dopo la prova di invecchiamento.

In tema di controllo ricordiamo quello dello strato fosfatico sulle lamiere di ferro. Per renderne possibile l'osservazione microscopica se ne fa una riproduzione in materia plastica trasparente (replica). Una goccia di una soluzione di acetato di cellulosa viene posta sulla lamiera fosfatizzata e una pellicola pure di acetato viene posata sopra la goccia e premuta. Dopo essiccazione essa può agevolmente staccarsi e consente l'osservazione col microscopio a contrasto di fase.

Prove accelerate di invecchiamento artificiale.

Gli agenti distruttivi naturali tipici sono: la luce del sole, la pioggia, gli sbalzi di temperatura, l'umidità, i gas dell'aria, ossigeno in particolare.

Non sono esclusi altri agenti solo sporadicamente presenti nell'atmosfera o a carattere locale, sia naturali (ozono durante i temporali, salsedine presso il mare) che artificiali (per es. fumi in zone industriali).

Questi agenti hanno ciascuno una propria attività distruttiva, ma la loro combinazione non agisce

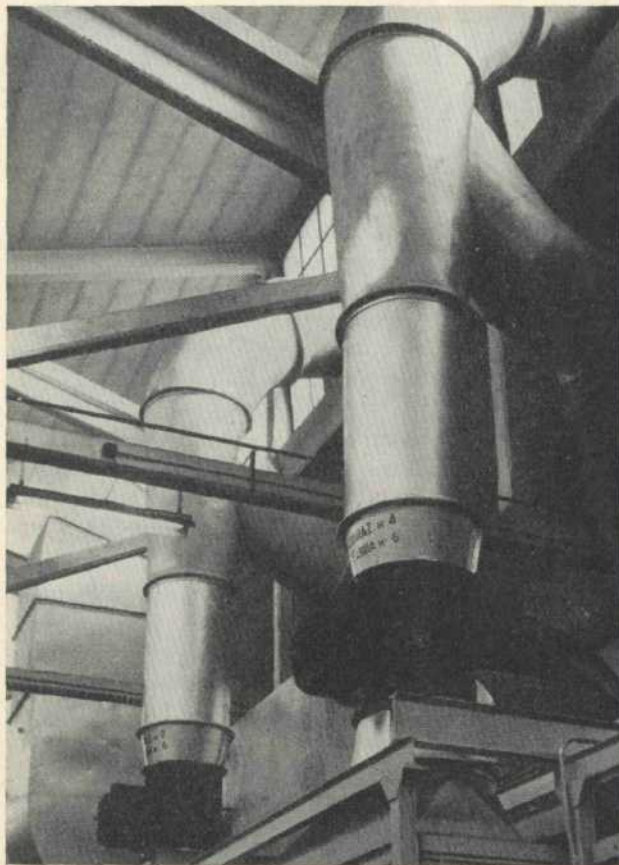


Fig. 9 - Condotto di aerazione di una cabina di spruzzatura.

secondo leggi semplicemente additive, in più la distruzione di una vernice è un fatto fisico-chimico assai complesso e legato in modo tuttora poco chiaro alla formulazione della vernice stessa e al modo con cui è stata applicata.

Un giudizio di durezza non sembra perciò possibile a priori se non con una prova diretta di esposizione agli agenti atmosferici.

Purtroppo tale prova difetta di una definizione precisa: oltre al motivo intrinseco, comune del resto a tutte le prove, di non poter rappresentare con esattezza le reali condizioni di servizio, non è definito un ambiente-tipo. Il clima risente infatti di variazioni stagionali, annuali, locali. Solo entro la fascia tropicale sul mare l'effetto stagionale è poco marcato, inoltre tale ambiente è più deleterio di quello delle nostre latitudini; è per questi motivi che i tecnici americani fanno le loro prove di esposizione naturale sulla costa della Florida.

Queste prove richiedono un tempo eccessivamente lungo, incompatibile con le esigenze della moderna grande industria. Di qui la necessità di metodi accelerati artificiali in Laboratorio i quali consistono essenzialmente nel sottoporre il campione di vernice all'azione combinata di luce, acqua, calore, cioè nel creare un ambiente artificiale che comprenda, simulati, i più importanti fattori distruttivi naturali.

Il parametro più importante relativo all'invecchiamento artificiale è il suo *fattore di accelerazione* rispetto a quello naturale, definito dal rapporto fra

il numero di ore di esposizione naturale necessario per ottenere una certa alterazione e quello di esposizione artificiale che produce la stessa alterazione. Questo rapporto varia a seconda della classe di prodotto verniciante e della alterazione che si desidera riprodurre ed è estremamente sensibile al « programma » scelto per l'invecchiamento accelerato, cioè alla combinazione luce-acqua-calore.

Circa la possibilità teorica di una prova accelerata è importante notare come, almeno nei riguardi del fattore luce, che è quello di più chiaro meccanismo d'azione, l'accelerazione è possibile senza superare l'intensità di irradiazione dovuto al sole. In altre parole l'accelerazione si basa soltanto sulla maggiore continuità di azione dell'ambiente artificiale rispetto a quello naturale.

Infatti nei giorni equinoziali, all'Equatore il valore medio di irradiazione ad opera del sole nelle 24 ore, di un provino orizzontale, con cielo completamente sereno (durante le 12 ore diurne), è

$$E_m = E_0/\pi = 0,318 E_0$$

in cui E_0 è l'irradiazione a mezzogiorno ⁽²⁾. Se si considera anche la nuvolosità (per es. a Singapore, 1° 18' lat. N, in Marzo e Settembre la media giornaliera di sole brillante è di 5 ÷ 6 ore) l'irradiazione medio con questa correzione è $E_m = E_0 \times 6/12 \pi = 0,15 E_0$.

Ulteriore correzione sarebbe richiesta dal fatto che grandi angoli di incidenza (mattino e pomeriggio) corrispondono a maggiore assorbimento da parte dell'atmosfera.

Pertanto, se nell'ambiente artificiale il provino riceve sempre normalmente la luce e l'irradiazione uguaglia quello solare (circa 2 cal/cmq. minuto), l'energia luminosa incidente sul provino è almeno 1/0,15 = 6,6 volte quella, a parità di tempo, ricevuta dal sole nelle condizioni su riportate.

Siffatte considerazioni non possono ripetersi per gli altri agenti distruttivi per mancanza di definizione energetica e per l'oscurità del loro meccanismo d'azione.

Da tutte queste difficoltà appare necessaria una schematizzazione dell'ambiente distruttivo artificiale ed è perciò che i fattori generalmente considerati sono pochi: luce, acqua, temperatura e sbalzi di temperatura.

Qualche sperimentatore include anche il freddo.

Le alterazioni che ci si limita a considerare sono: cambiamento di tinta, perdita di brillantezza (chalking), formazione di screpolature (checking), perdita di aderenza, possibilità di corrosione.

⁽²⁾ La formula è dedotta dalla legge del coseno, considerando la rotazione terrestre, cioè:

$$E_m = \frac{1}{2\pi} E_0 \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \cos \theta \cdot d\theta = E_0/\pi$$

L'irradiazione è massima a mezzogiorno perché il sole è al perpendicolo su pannelli orizzontali.

Sorgenti di luce usate nell'invecchiamento artificiale.

La luce di per sé, al di fuori cioè del riscaldamento prodotto, ha azione chimica sia sui pigmenti che sulle resine costituenti la vernice.

Alla base della fotochimica sta il concetto dell'assorbimento atomico e molecolare. Ha azione fotochimica solo la radiazione assorbita, indipendentemente dalla sua energia interna (in senso quantitativo). Così l'ultravioletto è più attivo sulle vernici dei raggi X pur avendo minore contenuto energetico perché a maggiore lunghezza d'onda ⁽³⁾. L'ultravioletto è infatti fortemente assorbito, mentre i raggi X sono quasi totalmente trasmessi.

L'ultravioletto è effettivamente nella fotochimica delle vernici la parte più attiva dello spettro.

La luce del sole ha uno spettro continuo, come si compete a emissione termica, interrotto nelle righe di Fraunhofer, corrispondenti a radiazioni assorbite dallo strato di inversione solare. Il suo ultravioletto si estende sulla superficie terrestre fino a circa 2900 Å, ma l'ammontare dipende dallo spessore di atmosfera terrestre attraversata, quindi in particolare dall'altitudine sul mare, a causa dell'assorbimento dell'aria.

Le sorgenti più comunemente usate nell'invecchiamento accelerato sono:

1) Lampada ad arco di carbone. Il suo spettro è continuo e, usando carboni bucati e riempiti di sostanze opportune, si può approssimare, con l'aiuto di filtri speciali lo spettro del sole.

Vi sono due tipi di lampade: ad arco libero nell'aria e ad arco in atmosfera inerte (arco racchiuso in un bulbo di quarzo entro il quale penetra solo una piccola quantità d'aria). Il secondo tipo ha un consumo dei carboni più lento e regolare di quello ad arco libero, però l'emissione è meno costante per l'annebbiamento della parete interna del bulbo.

2) Lampada ad arco di mercurio. Ha uno spettro discontinuo.

L'energia è tutta concentrata su poche righe la cui larghezza dipende dalla pressione del vapore di mercurio. Si ha una forte emissione sul verde (5300 Å), sul blu e violetto, oltre alla intensa luce di Wood, ultravioletta, nel tripletto 3663, 3655, 3650 Å.

La distribuzione della luce dell'arco di mercurio è perciò completamente diversa da quella del sole. L'uso di queste lampade è perciò tuttora discusso, perché se è vero che l'ultravioletto da esse fortemente emesso è assai distruttivo, è anche vero che esso può provocare alterazioni che il sole non è in grado di dare.

L'uso di lampade ad arco di carbone sembra più conveniente per la loro capacità di approssimare lo spettro solare. Si ritiene tuttavia che la luce di lampade a vapori Hg, opportunamente dosata possa servire a correggere la luce delle lampade ad arco

⁽³⁾ Si ricorda che dal punto di vista quantistico vi è fra energia w della radiazione e lunghezza d'onda λ la relazione $w = hc/\lambda$ (dove h è la costante di PLANCK e c la velocità della luce).

di C, colmandone le lacune (per es. nel verde e nel blu).

Nella Tab. n. 1 sono raffrontate le distribuzioni spettrali delle due sorgenti artificiali con quella del sole.

Tabella 1.

Distribuzione spettrale di 3 sorgenti (% della radiazione totale fra 2.790 e 14.000 Å)

Campo spettrale	Arco di Hg ad alta pressione	Arco di carboni in globo di Pyrex	Luce del sole
2.790 - 2.900 Å	0,3	0,1	0,0
2.900 - 3.200 »	0,8	9,3	2,5
3.200 - 3.600 »	0,5	12,7	3,6
3.600 - 4.800 »	50,8	30,6	16,2
4.800 - 6.000 »	47,2	16,9	28,0
6.000 - 14.000 »	0,4	30,4	49,7

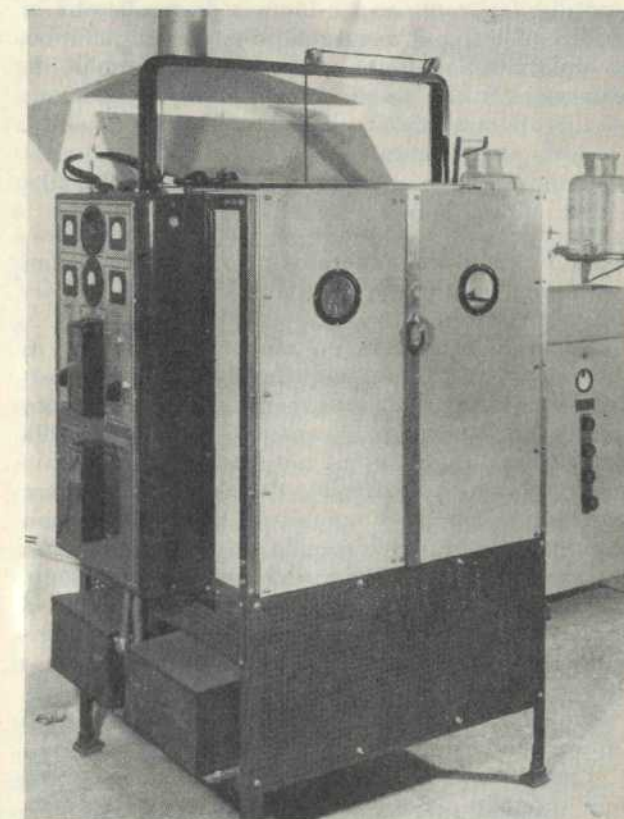
Scelta del tipo di acqua.

L'acqua con cui si bagnano i provini durante l'esposizione accelerata per simulare la pioggia deve essere distillata, per evitare accumulo di sali insolubili sulla superficie dei provini.

Questo deposito costituisce un'indesiderabile protezione per il provino, la cui alterazione viene pertanto rallentata.

I moderni demineralizzatori a resine scambiano rappresentano la soluzione tecnicamente ed economicamente più conveniente per l'addolcimento dell'acqua destinata allo scopo.

Fig. 10 - Dispositivo per invecchiamento artificiale (« Weatherometer » ATLAS). Esterno.



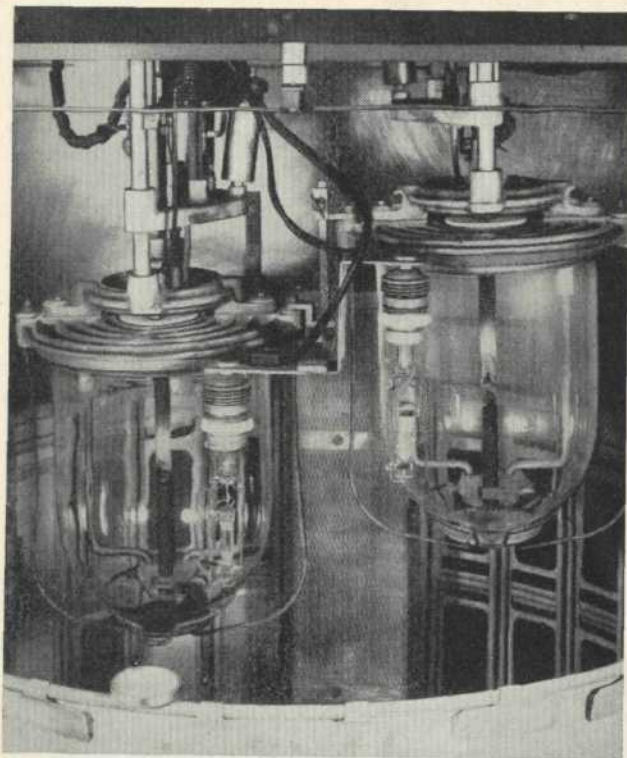


Fig. 11 - Dispositivo per invecchiamento artificiale (n Weatherometer ATLAS). Interno.

Temperatura.

è dovuta all'assorbimento della luce da parte della vernice e perciò è variabile a seconda del colore.

Una temperatura di prova di 70° su pannello nero di riferimento non è lontana da quella che in condizioni estive è dovuta al sole. La temperatura ha un notevole effetto distruttivo accelerando le reazioni chimiche e i processi fisici di degradazione (es.: evaporazione dei plastificanti).

Dispositivi pratici per l'invecchiamento artificiale.

Devono essere in grado di trattare simultaneamente un notevole numero di provini in condizioni di assoluta parità rispetto alla posizione da essi occupata nel dispositivo.

è perciò necessario un movimento relativo di questo rispetto alle sorgenti degli elementi distruttivi. Oltre alla costanza nel tempo dell'irradiazione dei provini, è richiesto il controllo automatico della temperatura. Infine, « last not least » l'apparecchio di invecchiamento artificiale deve poter funzionare senza sorveglianza per lunghissimi periodi di tempo (centinaia di ore) richiedendo un limitato numero di semplici operazioni di pulizia e di manutenzione.

I dispositivi automatici studiati sono molti: ci limiteremo a descriverne uno di produzione americana cioè il « Weatherometer » Atlas (figg. 10 e 11) che ha ricevuto recentemente una accoglienza favorevole nell'industria e che è usato dai Laboratori Centrali della FIAT.

I provini (50 x 70 mm²) in numero massimo di 60 sono sistemati in apposite mascherine sulla faccia

interna di un tamburo di alluminio ad asse verticale ruotante a 1 giro al minuto.

La luce proviene da 2 lampade ad arco di carboni racchiuse da bulbi di quarzo e funzionanti a 145 V, 13 ÷ 15 A c. a., con una autonomia di 24 ore. L'irradiazione sui provini è circa uguale a quello solare.

La termoregolazione automatica è assicurata entro ± 2 °C da uno spruzzo continuo d'acqua sulla faccia esterna del tamburo porta-provini e da un elettroventilatore comandato dal termostato.

Il campo di impostazione della temperatura (data come temperatura di un provino nero immerso nell'apparecchio) si estende da circa 40 a 100° C.

Un dispositivo automatico consente di spruzzare acqua sui provini secondo un programma orario determinabile a piacere.

L'impostazione del programma è fatta ponendo nel dispositivo a orologeria sul quadro comandi l'opportuno selettore a ruota dentata. Gli spruzzi d'acqua provengono da 4 ugelli e sono diretti contro una generatrice del tamburo, cosicché, dato che questa ruota, i provini ricevono gli spruzzi ad ogni giro.

Correlazione del Weatherometer con i risultati di invecchiamento.

è chiaro che non basta disporre di un dispositivo adatto ma che occorre istituire delle prove pratiche di correlazione con la realtà se si vogliono trarre tutti i vantaggi da questo dispositivo artificiale agli effetti della predizione che esso è capace di dare sul comportamento delle lamiere verniciate all'esposizione atmosferica.

Occorre cioè predisporre una serie numerosa di provini scelti con cura come significativi campioni di prodotti e di processi, sottoporli a prove di esposizione naturale e confrontarli con campioni identici sottoposti a diversi programmi di esposizione artificiale.

Questi programmi si ottengono variando le combinazioni luce-acqua-calore permesse dal « Weatherometer ». La correlazione si potrà dire raggiunta quando l'esposizione artificiale avrà riprodotto con buona approssimazione gli effetti distruttivi di quella naturale, con un buon fattore di accelerazione.

Come si vede, il problema è irto di difficoltà e richiede una scelta felice dei campioni e dei programmi di prove. La prima difficoltà consiste nella scelta del programma di esposizione agli agenti naturali.

Infiniti sono i modi con cui l'utente espone la propria automobile agli agenti esterni perchè dipendono dall'impiego della vettura, dal clima, dall'ubicazione, dalla situazione meteorologica. Occorre perciò semplificare il programma di esposizione pur senza alterarne il valore significativo. è chiaro che se esponiamo una automobile al nostro clima troveremo risultati estremamente variabili secondo il mese, la stagione, la località e l'andamento meteorologico. Per avere risultati che tengano conto di

tutte le variazioni stagionali e quelle variabili da un anno all'altro occorrerebbe esporre un certo numero di vetture per almeno tre anni e in climi diversi. Per accorciare questo periodo di tempo è conveniente scegliere per le prove di esposizione una regione dotata di clima costante e particolarmente severo. Come già detto i climi tropicali ben si prestano a questo scopo. La Fiat ha scelto per le sue prove Singapore anche perchè è la località dove si ha il maggior numero di reclami per deterioramento della vernice.

Diamo qui di seguito alcuni dati climatici di questa località, estratti dai bollettini del Malayan Meteorological Service (1950).

Tabella 2

Mese	Temperatura media, °C	Pluviosità totale, mm	Umidità rel. media, %
Gennaio . . .	26,2	160	74
Febbraio . . .	26,6	150	65
Marzo	26,6	150	65
Aprile	27,0	400	74
Maggio	27,3	170	74
Giugno	27,8	70	70
Luglio	27,5	170	70
Agosto	27,0	280	75
Settembre . .	27,3	130	70
Ottobre	26,4	260	72
Novembre . . .	26,4	320	69
Dicembre . . .	26,2	180	72

Come si vede, le escursioni di temperatura e di umidità fra un mese e l'altro sono molto piccole, come se si trattasse di un termostato naturale; l'alta umidità e l'avvicendamento di sole e di acquazzoni si presentano circa costanti in tutte le stagioni. Tutto ciò e la vicinanza del mare costituiscono un ambiente particolarmente severo.

Sei mesi di esposizione in questo clima sono risultati più che sufficienti a rivelare i punti deboli della verniciatura. Tutti i mesi dell'anno sono buoni per la prova e ciò permette una rapidità di giudizio e di azione.

è chiaro che una vernice che resiste a questo clima micidiale resisterà tanto meglio ai climi europei.

La prova di correlazione ha avuto luogo esponendo a Singapore, con pannelli inclinati di 45° volti verso Sud, 18 tipi di vernice per periodi di 2, 4, 6, 8 mesi e contemporaneamente nel Weatherometer con programmi diversi per periodi da 250 a 500 ore, fino a che i risultati di deterioramento hanno presentato un aspetto simile. Per il giudizio si è usato il metodo statistico.

Il risultato finale è stato il seguente:

Combinazione luce acqua: ogni intervallo di 80 minuti è così diviso: per 64 minuti luce sola; per i restanti 16 minuti luce e spruzzi d'acqua. (Durezza dell'acqua 2 gr. francesi). Ciò si ripete periodicamente fino a raggiungere 500 ore; temperatura, misurata su un pannello nero: 70 ± 2 °.

Fattore di accelerazione: si è trovato che il fat-

tore di accelerazione rispetto all'esposizione a Singapore è di 8,4 e che il limite di attendibilità, valutato con « l'indice dei ranghi » di Spearman è minore dell'1%.

Ciò significa che un invecchiamento artificiale di 500 ore nelle condizioni descritte produce in media la stessa distruzione di 6 mesi di esposizione naturale a Singapore e che come prova di previsione del comportamento agli agenti atmosferici, l'invecchiamento artificiale può fallire al massimo nell'1% dei casi.

A coronamento di questi studi la FIAT ha introdotto la prova di invecchiamento artificiale come norma di collaudo per tutte indistintamente le partite di vernici prima dell'ingresso in produzione.

Come si è detto la prova dura 500 h. I provini sono preventivamente assoggettati alle prove già citate di durezza, aderenza, brillantezza che vengono ripetute a prova di invecchiamento eseguita. Il decadimento di queste qualità deve essere contenuto nei limiti stabiliti dell'esperienza.

Una conferma dell'utilità e della convenienza di questa prova si è avuta, a posteriori, dal ridotto numero di segnalazioni di difetti su vetture in servizio.

In generale si può affermare che, raggiunta una correlazione soddisfacente con il clima tropicale, questa prova diventa un mezzo prezioso sia nelle mani del produttore di vernici come dell'applicatore.

Il primo l'userà durante la messa a punto della formulazione chimica della vernice fin quando avrà trovato il risultato che gli è stato prescritto dall'applicatore.

L'applicatore ripeterà la prova per controllare se le diverse partite riproducono le condizioni della partita presentata per l'omologazione. Inoltre se ne servirà per controllare le diverse fasi del processo applicativo di produzione e cioè il grado di completamento della filmazione e lo stato di preparazione della lamiera. Questo si fa attraverso la resistenza alla propagazione della corrosione che potrà iniziarsi nel fondo di due scalfitture a X praticate sul provino.

9. - Conclusioni.

1) Una prima conclusione che il lettore può trarre da quest'esposizione forzosamente lunga è indubbiamente quella della constatazione, non priva di sorpresa, della grandiosità degli impianti e della complessità di questi processi. è per questo motivo che abbiamo voluto parlarne diffusamente in questa rivista dedicata agli ingegneri affinché i colleghi sappiano che i metodi, una volta lasciati all'empirismo dell'artigiano si sono trasformati, nell'industria moderna, in processi nei quali larga parte hanno le scienze della Chimica e dell'Ingegneria.

2) La seconda conclusione a cui si può giungere, è il vantaggio o meglio la vera e propria necessità di una stretta collaborazione tra produttori di vernici e industrie automobilistiche e fra il personale applicatore e i Laboratori di Controllo.

3) Il successo, cioè la costanza dell'aspetto e dell'efficacia protettiva della verniciatura, si basa sulla scelta giudiziosa dei metodi di prova e sull'estensione di questi a tutte le partite di prodotti vernicianti.

4) Su tutte le prove sovrasta per l'importanza agli effetti della durata, la prova di invecchiamento artificiale. I dispositivi di Laboratorio creati recentemente dall'industria americana di apparecchi scientifici, se giudiziosamente correlate con prove

significative di esposizione atmosferica, permettono di fare delle previsioni molto vicine alla realtà sul comportamento delle carrozzerie verniciate.

C. F. Bona

L'autore desidera qui esprimere la sua riconoscenza ai suoi diretti collaboratori Sigg. Italo Ferraro e Dr. Claudio Noris per l'assistenza datagli nella compilazione di questo articolo: il primo ha curato il capitolo sui processi applicativi, il secondo la rassegna della chimica delle resine sintetiche e il capitolo sulle prove di Laboratorio.

Perfezionamento nel calcolo delle vibrazioni torsionali dei motori termici

Si espone un metodo per il calcolo delle curve di vibrazione forzata dei sistemi anche complessi, quali si incontrano nei calcoli pratici.

Premessa.

Nelle note che seguono non si intende di introdurre concetti nuovi per il calcolo delle vibrazioni torsionali, ma bensì di informare sulla messa a punto di un sistema di calcolo che permette di ottenere abbastanza rapidamente la risposta di un sistema torsionale anche complesso soggetto ad una serie estesa di coppie eccitatrici, in tutto il campo di variazione di frequenza di queste ultime. (Come è noto in pratica questo schema corrisponde ad un motore termico a stantuffi).

Nell'appendice è riportato il risultato di un calcolo eseguito con il sistema proposto.

Note generali.

Le difficoltà pratiche incontrate nella calcolazione delle ampiezze di oscillazione di sistemi complessi in vibrazione forzata hanno portato sia nel campo di impostazione del progetto, sia nel campo sperimentale, a ricorrere a metodi più sbrigativi ben noti il cui schema è normalmente il seguente:

1) riduzione del sistema oscillante reale ad uno schema costituito da barre di torsione colleganti volani di data inerzia;

2) calcolo delle frequenze proprie del sistema così ottenuto con uno dei soliti metodi (normalmente il metodo dei resti) e determinazione delle deformate elastiche per i particolari valori delle pulsazioni delle frequenze proprie;

3) determinazione delle armoniche critiche di risonanza nel campo di impiego del motore;

4) definizione delle caratteristiche delle coppie eccitatrici e delle coppie smorzanti del sistema e relativo calcolo delle ampiezze di oscillazione per le andature di risonanza, scrivendo il bilancio tra energie introdotte ed energie dissipate;

5) deduzione delle sollecitazioni di torsione nelle condizioni di risonanza.

Nel campo sperimentale conoscendo l'andamento delle ampiezze di vibrazione forzata si estende il calcolo delle sollecitazioni fuori dei regimi di risonanza ammettendo che la deformata rimanga

simile a quella di risonanza, e che quindi le sollecitazioni siano proporzionali all'ampiezza.

Questo sistema di calcolo presenta i seguenti inconvenienti principali:

1) Qualora occorra determinare almeno due frequenze proprie si devono calcolare molte deformate elastiche per vari valori della pulsazione per poter avere la possibilità di tracciare la curva dei resti con sufficiente approssimazione (quindi calcolo abbastanza laborioso con deduzione di molte deformate non più utilizzato nei calcoli successivi);

2) Quando la frequenza propria è abbastanza alta (caso di motori veloci) nel campo di impiego del motore i regimi critici pericolosi si seguono a brevi intervalli di giri e quindi l'ampiezza in vibrazione forzata dovuta ad una data armonica è ancora forte in corrispondenza del regime critico successivo. In sede di progetto non conoscendo l'ampiezza della vibrazione forzata si può essere portati a valutare sollecitazioni totali notevolmente inferiori alla realtà;

3) In sede sperimentale, nei casi indicati nella voce precedente il calcolo della sollecitazione residua ammettendo che la deformata elastica resti simile porta a risultati errati anche notevoli in quanto le deformate mutano assai rapidamente al variare della pulsazione eccitatrice;

4) Per il computo delle sollecitazioni totali occorre eseguire un ulteriore lavoro di calcolo per aggiungere alla coppia d'inerzia le coppie dei gas e dello smorzamento.

Impostazione del calcolo.

Poiché indicazioni diffuse sull'impostazione di un calcolo che permetta di ricavare le curve di vibrazione forzata di un sistema elastico complesso sotto l'azione di un numero determinato di coppie eccitatrici non sono facilmente reperibili riteniamo opportuno segnalare un sistema che è stato ormai applicato in molti casi in sede teorica con successivi controlli sperimentali con risultati assai soddisfacenti.