

G. NATTA, F. SEVERINI, E. BEATI, M. PEGORARO, G. PIZZOTTI

Reazione di innesto di acrilato di metile su polipropilene perossidato

Viene studiata la reazione di omopolimerizzazione e di innesto dell'acrilato di metile sul polipropilene isotattico perossidato, effettuando poi la separazione dell'omopolimero dal copolimero ad innesto e vengono determinate la quantità percentuale di monomero polimerizzato e quella del polimero innestato rispetto a quella dell'omopolimero.

In nostri precedenti lavori (^{1,2,3}) abbiamo descritto la preparazione di copolimeri ad innesto di monomeri vinilici per polimerizzazione di tali monomeri su polimeri o copolimeri delle α -olefine debolmente perossidati che agiscono da iniziatori radicalici. Questo metodo differisce da quelli descritti in letteratura che usano iniziatori perossidici non legati alle catene idrocarburiche ma che operano usando perossidi a basso peso molecolare oppure radiazioni ad alta energia (⁴). Il metodo da noi usato dovrebbe, in confronto ad alcuni dei metodi sopradescritti, fornire una minore proporzione di omopolimero del monomero vinilico rispetto al copolimero.

Riferiamo in questa Nota i risultati ottenuti studiando la reazione di innesto dell'acrilato di metile su polipropilene isotattico perossidato.

L'acrilato di metile in presenza di polipropilene perossidato polimerizza a temperature maggiori di 50°C, formando miscele di reazione costituite prevalentemente da un copolimero a innesto di poliacrilato su polipropilene, da poliacrilato di metile omopolimero, da polipropilene perossidato che non ha partecipato alla reazione di innesto, ed eventualmente da polipropilene sfuggito alla reazione di perossidazione che ha luogo in modo casuale.

La reazione di polimerizzazione è iniziata per effetto dei radicali liberi provenienti dalla dissociazione omolitica dei gruppi perossidici contenuti nel

polipropilene perossidato. Infatti esperienze eseguite in condizioni analoghe a quelle da noi usate per l'innesto ma riscaldando l'acrilato di metile puro o in soluzione, in presenza di polipropilene non perossidato, non rivelano alcuna formazione apprezzabile di omopolimero o di polimero innestato. Si devono perciò ritenere i risultati delle nostre esperienze indipendenti dalla polimerizzazione termica dell'acrilato di metile che in effetti si verifica in modo apprezzabile soltanto per tempi di reazione molto più lunghi di quelli da noi adottati nelle esperienze per l'innesto ed alle temperature considerate.

Perossidazione del polipropilene.

La perossidazione del polipropilene isotattico era già stata effettuata secondo le modalità descritte in un nostro precedente lavoro (⁵), facendo passare attraverso il polimero solido in polvere, tenuto a 90°C, una corrente d'aria, contenente allo stato di vapore piccole quantità di *t*.butil-idroperossido come iniziatore radicalico per il tempo (7-9 h) necessario per fissare la quantità di ossigeno totale (perossidi + idroperossidi) che si desidera fissare. L'ossigeno totale fissato al polipropilene è stato determinato per via iodometrica (⁶) ed è qui espresso come contenuto percentuale in peso di gruppi —O—O—.

Tutte le esperienze di innesto sono state eseguite impiegando polipropilene isotattico debolmente pe-

rossidato contenente percentuali di ossigeno comprese fra 0,19 e 0,31%. I valori della viscosità intrinseca dei prodotti perossidati ottenuti dal polimero isotattico impiegato sono riportati nella fig. 1, che dà la variazione della viscosità intrinseca in funzione della percentuale di ossigeno totale (perossidico + idroperossidico) determinato per via iodometrica.

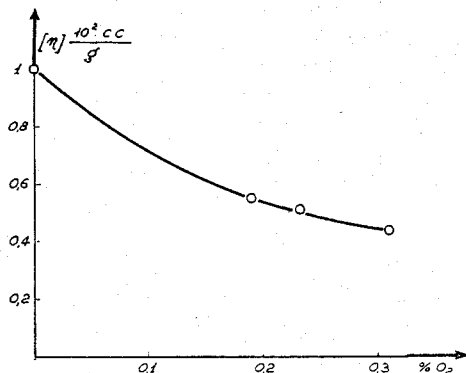


Fig. 1 - Degradazione del polipropilene durante la sua perossidazione (variazione della viscosità intrinseca in funzione dell'ossigeno totale fissato) (perossidico + idroperossidico).

Tale metodo di determinazione complessiva dei perossidi e degli idroperossidi era stato verificato⁽⁶⁾ usando perossidi ed idroperossidi a basso peso molecolare o loro miscele in soluzioni idrocarburi-liche. Non è stato controllato in modo diretto su polipropilene perossidato a titolo noto di gruppi perossidici; perciò sebbene i risultati siano riproducibili, non conosciamo i limiti dell'errore sperimentale del metodo impiegato in questo caso particolare.

I dati che riportiamo hanno perciò un valore relativo tenuto conto degli errori possibili del metodo, che possono risultare più sensibili per i prodotti contenenti soltanto piccole quantità di ossigeno.

Per tali ragioni abbiamo preso in considerazione in modo preferenziale i prodotti contenenti più dello 0,19% di ossigeno totale, determinato col metodo sopraindicato.

La maggior parte delle esperienze sono state eseguite in assenza di solventi del monomero e del suo omopolimero. Si osserva che operando in presenza di acetone (buon solvente dell'acrilato di metile e del polimero corrispondente), la formazione del polimero a innesto appare meno favorita rispetto alla reazione di omopolimerizzazione (vedi tabella 1 e 2).

Per studiare il meccanismo dell'innesto si è operato in condizioni particolari, anche se presentano minore interesse pratico, corrispondenti ad un rapporto tra monomero vinilico e polimero idrocarburi-lico superiore a 10. Infatti operando con rapporti minori si osserva una maggiore proporzione di reazioni secondarie tra catene polipropileniche presenti e polimero vinilico in accrescimento. Tali reazioni secondarie, di natura radicalica, portano alla formazione di legami a ponte e conseguentemente alla formazione di geli. Operando con altissimi rapporti tra monomero vinilico e polimero idrocarburi-lico si ottengono prodotti innestati non reticolati che sono facilmente separabili dagli omopolimeri eventualmente presenti per estrazione con solventi.

PARTE SPERIMENTALE

Materiali usati.

a) *Polipropilene isotattico* sotto forma di polvere proveniente dal residuo all'estrazione con eptano bollente di un grezzo ottenuto per polimerizzazione anionica coordinata del propilene con catalizzatori a base di triclورو di titanio violetto e di alluminio-alchili⁽⁷⁾ avente le seguenti caratteristiche:

Cristallinità determinata ai raggi X = 75%
 Viscosità intrinseca determinata in tetralina a 135 °C = 0,99 cm³/g · 10³

b) *Acrilato di metile* commerciale « Alcrea », ridistillato di fresco, avente un titolo superiore al 99%.

c) *Acetone* « Carlo Erba » RP.

d) *Idroperossido di t.butile* ottenuto per rettifica del prodotto commerciale *Trigonox A 75* della « Noury & van der Lande », che è una miscela di perossido 25% ed idroperossido di t.butile 75%.

Reazione di perossidazione.

La reazione di perossidazione, che è stata effettuata sul polimero in polvere per azione dell'aria contenente piccole quantità di idroperossido di t.butile dell'ordine di $5,5 \times 10^{-3}$ g/l come agente iniziatore e le determinazioni dell'ossigeno attivo totale nei prodotti ottenuti, sono state eseguite secondo le modalità descritte in nostri precedenti lavori^(2,3).

Reazione di innesto.

Le esperienze di innesto sono state eseguite in fiale di vetro in atmosfera di azoto puro, immerse in bagno a scosse tenuto a una temperatura scelta tra 70 e 75 °C, con tempi di reazione compresi fra due e nove ore. Una quantità nota di polipropilene perossidato viene posta nella fiala di vetro con un volume esattamente misurato di acrilato di metile. Quindi si salda la fiala sotto leggera pressione di azoto.

La fiala così preparata viene posta in un apparecchio a scosse che lavora in un bagno termostatico di olio di vaselina. Trascorso il tempo desiderato, si toglie la fiala dal bagno e, dopo raffreddamento fino alla temperatura di circa 10 °C, si procede all'apertura della fiala ed all'esame della miscela di reazione. La temperatura di 75 °C si è rivelata la più adatta per consentire un adeguato controllo della reazione; a temperature più basse di 70 °C la reazione è troppo lenta (a 50 °C dopo 9 ore sia la omopolimerizzazione che la formazione di polimero innestato è quasi nulla) mentre a temperature superiori a 75 °C la velocità di polimerizzazione è così alta da non consentire un controllo della reazione stessa (a 90 °C dopo 2-3 ore la massa di reazione gelifica ed in alcuni casi si è avuta formazione di « popcorn » e talvolta esplosione della fiala).

Ogni serie di prove è stata effettuata a temperatura costante ed impiegando, per ogni tenore di ossigeno attivo dei campioni di 1 g provenienti dalla stessa partita di polipropilene perossidato, e in presenza della quantità di acrilato di metile indicata nelle tabelle. In ogni caso il rapporto in peso di acrilato di metile e polipropilene perossidato non è stato inferiore a 10.

Separazione del poli-acrilato di metile omopolimero dal polipropilene innestato.

Il contenuto della fiala si presenta generalmente come un fluido viscoso ed è costituito da polipropilene sul quale si è innestato il poli-acrilato di metile, dagli omopolimeri e dal monomero non convertito, la cui separazione viene eseguita per semplice filtrazione della mas-

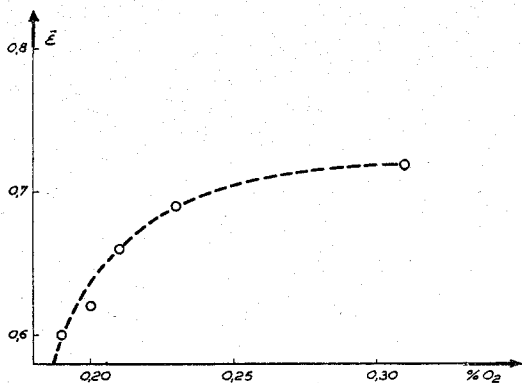


Fig. 2 - Variazione della efficienza media di innesto $\bar{\epsilon}$ in funzione del contenuto di ossigeno perossidico totale.

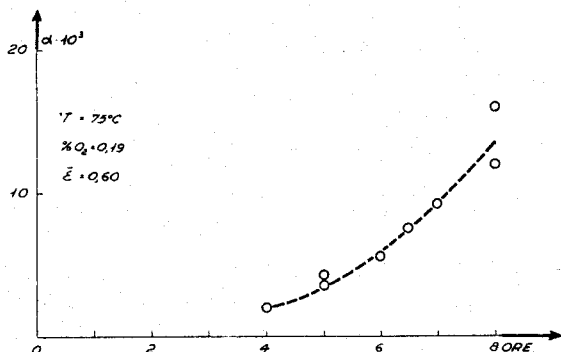


Fig. 3a - Valori globali della conversione del monomero (in omopolimero ed in polimero innestato) in funzione del tempo di reazione per un contenuto in ossigeno perossidico iniziale di 0,19%.

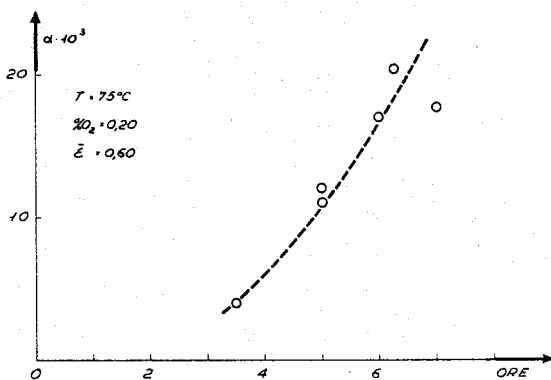


Fig. 3b - Valori globali della conversione del monomero (in omopolimero e polimero innestato) in funzione del tempo di reazione per un contenuto in ossigeno perossidico iniziale di 0,20%.

sa seguita da abbondante lavaggio con acetone che è un ottimo solvente dell'acrilato di metile e del suo omopolimero, mentre nelle nostre condizioni non si sciolgono praticamente né il polipropilene omopolimero, né quello innestato. Infatti per saponificazione dell'estratto acetone e titolazione dei gruppi acidi risultanti, è risultato che il polimero estratto è costituito per oltre il 99% di unità monomeriche acriliche.

Il residuo, costituito da polipropilene innestato e da piccole quantità di polipropilene non innestato eventualmente presenti, viene seccato fino a peso costante.

L'aumento di peso rispetto al polipropilene perossidato originario rappresenta la quantità di acrilato di metile che si è polimerizzata innestandosi sul polipropilene. Una conferma di questo dato viene ottenuta saponificando, come descritto più avanti, una porzione

di tale residuo per determinare la percentuale di acrilato in essa esistente. I risultati ottenuti con i due metodi sono sufficientemente concordanti.

Il filtrato, costituito da una soluzione di poliacrilato di metile nella miscela di monomero e di acetone, viene trattato con acqua, che si è rivelata il precipitante più adatto dell'omopolimero fra tutti quelli sperimentati (etere di petrolio, eptano, metanolo, etanolo). Il precipitato è costituito da una massa molto viscosa facilmente agglomerabile e separabile dalla fase liquida presente.

Analisi del polipropilene innestato.

La determinazione analitica del poliacrilato di metile innestato sul polipropilene perossidato viene eseguita per saponificazione operando come segue: 0,5 g circa del prodotto innestato avente un contenuto in poliacrilato compreso fra il 2 e il 50% in peso, vengono

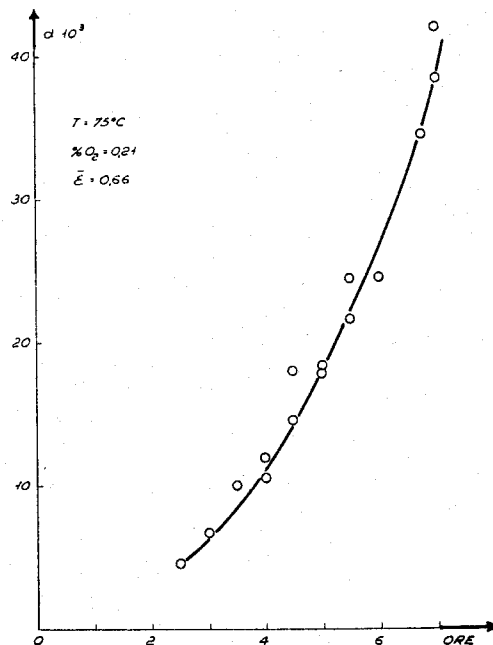


Fig. 3c - Valori globali della conversione del monomero (in omopolimero e polimero innestato) in funzione del tempo di reazione per un contenuto in ossigeno perossidico iniziale di 0,21%.

posti in un palloncino di 100 cm³ con 30 cm³ di tetralina e 10 cm³ di KOH alcolica N/2. Si scalda lentamente, alla temperatura di ebollizione per circa 1 ora, tempo più che sufficiente per una completa saponificazione del poliacrilato presente. Si lascia raffreddare e si titola la potassa che non ha reagito con HCl N/10 usando indicatore blu di timolo.

Discussioni dei risultati.

I dati ottenuti ci hanno permesso di calcolare per ogni serie di esperienze il valore α della conversione totale del monomero in omopolimero e in polimero innestato e quello dell'efficienza di innesto definita come il rapporto in peso fra la quantità di poliacrilato di metile innestato e la quantità totale di monomero polimerizzato.

Abbiamo constatato che per ogni polimerizzazione effettuata nelle nostre condizioni l'efficienza dello innesto rimane praticamente costante durante il tempo di polimerizzazione ed oscilla in modo statistico intorno ad un valore da noi chiamato efficienza me-

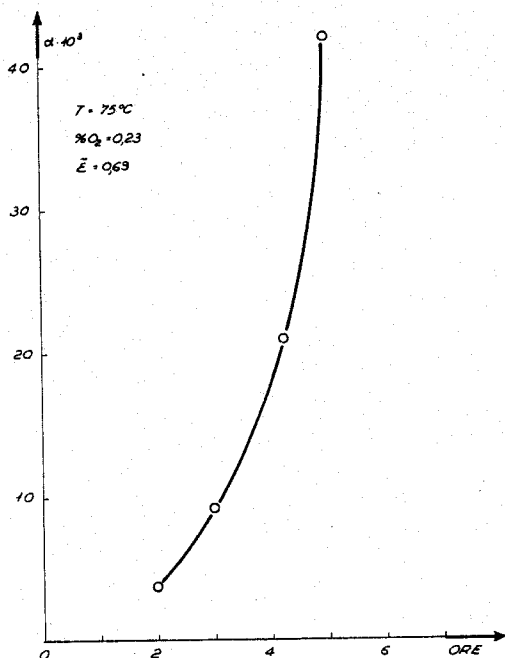


Fig. 3d - Valori globali della conversione del monomero (in omopolimero e polimero innestato) in funzione del tempo di reazione per un contenuto di ossigeno perossidico iniziale di 0,23%.

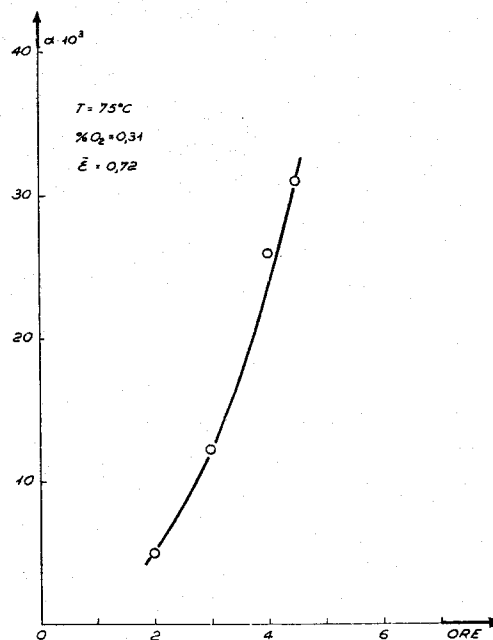


Fig. 3e - Valori globali della conversione del monomero (in omopolimero e polimero innestato) in funzione del tempo di reazione per un contenuto di ossigeno perossidico iniziale di 0,31%.

dia che risulta dipendente dalla percentuale dell'ossigeno attivo fissato sul polipropilene di partenza (fig. 2) e rimane alta (60-70%), malgrado che si operi con un elevato rapporto fra il monomero e la poliolefina.

L'andamento sperimentale del valore medio dell'efficienza di innesto in funzione della percentuale di ossigeno attivo contenuto nel polipropilene, è messo in evidenza dalla figura 2.

Si nota che il contenuto di ossigeno attivo totale ha notevole influenza sul valore dell'efficienza di innesto per valori dell'ossigeno compresi fra 0,19 e 0,25% determinati col metodo iodometrico e tenuto conto delle limitazioni indicate nell'introduzione. Oltre lo 0,25% tale influenza si riscontra in misura più limitata.

Resa di conversione del monomero.

Il valore dell'efficienza di innesto risulta praticamente costante o solo leggermente decrescente con l'aumentare del tempo di reazione (tabella 1), nelle nostre condizioni sperimentali. E' così sufficiente esaminare le curve di conversione totale del monomero per conoscere praticamente anche la sua ripartizione tra le due reazioni di innesto e di omopolimerizzazione.

L'andamento cinetico della conversione è messo in evidenza dalle figure 3a, 3b, 3c, 3d e 3e che riassumono i risultati ottenuti e si riferiscono a serie di esperienze eseguite a 75°C impiegando polipropileni perossidati aventi diverso contenuto di ossigeno attivo totale (perossidico + idroperossidico).

Per ogni grafico, e quindi per ogni serie di esperienze, è messo in evidenza il valore medio dell'efficienza di innesto, in modo che è possibile immediatamente risalire al valore della quantità di polimero innestato. Nella figura 4 sono riportate le stesse curve delle figure 3 per poterle meglio con-

frontare. Si nota l'influenza della percentuale di ossigeno sul valore della conversione.

Questa influenza è ulteriormente illustrata dalla figura 5 ottenuta facendo sezioni isocrone della figura 4 e riportando in ascissa la percentuale di ossigeno del polipropilene iniziale e sulle ordinate il grado di conversione totale in funzione del contenuto iniziale di ossigeno nel polipropilene isotattico per diversi valori del tempo di reazione alla temperatura di 75°C.

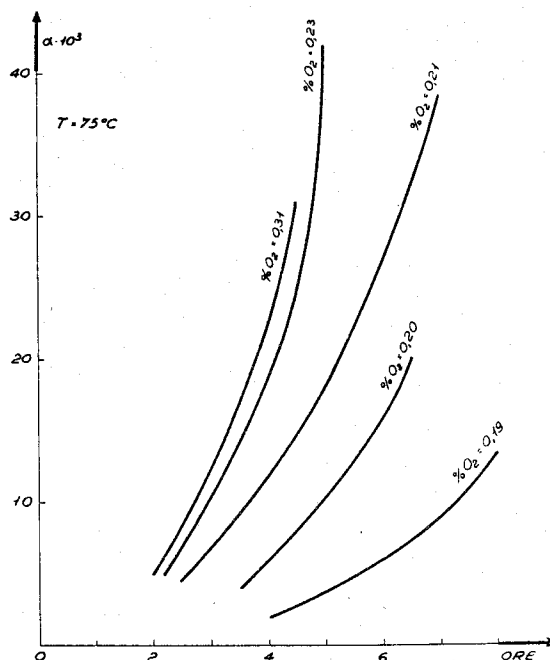


Fig. 4 - Valori globali della conversione del monomero (in omopolimero ed in polimero innestato) per valori diversi della concentrazione di ossigeno perossidico del polipropilene perossidato.

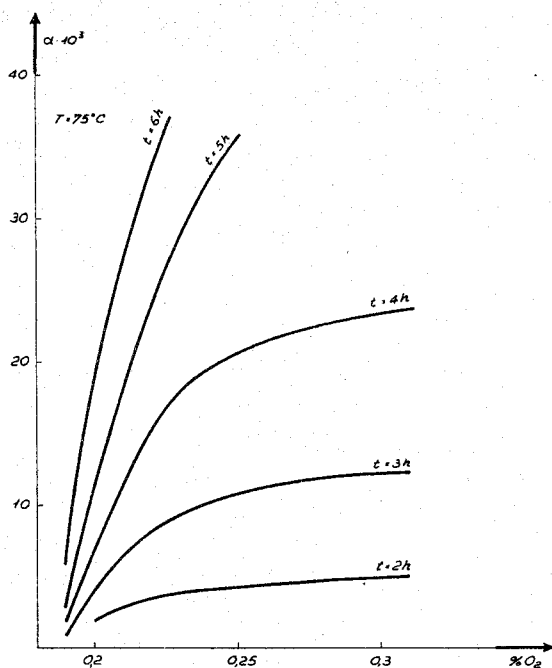


Fig. 5 - Valori della conversione del monomero in polimero globale in funzione dell'ossigeno perossidico iniziale: le curve si riferiscono a valori particolari del tempo di reazione.

Appare evidente, almeno per bassi tempi, l'esistenza di un limite asintotico del grado di conversione isocrono in funzione della percentuale di ossigeno del polipropilene.

L'esame della figura 5 mette in evidenza che se il tempo di reazione è limitato, aumentando il grado di perossidazione del polipropilene oltre un certo valore non si ottiene più praticamente un ulteriore incremento apprezzabile del grado di conversione.

Potendo invece aumentare il tempo di reazione, non solo il grado di conversione aumenta, ma nasce altresì la possibilità di un ulteriore incremento di conversione usando un polipropilene avente un maggior contenuto iniziale di ossigeno attivo (migliorando in questo modo anche l'efficienza di innesto) (vedi fig. 2). Per quanto riguarda l'influenza del tenore di ossigeno perossidico nella resa di polimerizzazione in mancanza di un controllo diretto del metodo analitico usato per la determinazione dei perossidi, le conclusioni a cui si può giungere presentano un valore relativo più qualitativo che quantitativo.

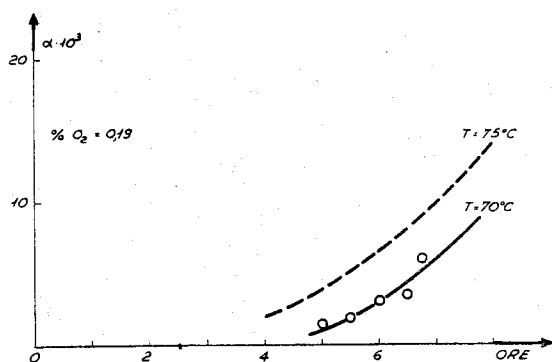


Fig. 6 - Conversione globale del monomero in polimero in funzione del tempo di reazione a due diverse temperature.

Secondo la figura 5 sembra esistere un valore minimo della percentuale di ossigeno al di sotto del quale, alla temperatura da noi scelta non avviene praticamente una apprezzabile polimerizzazione del monomero. Non si osserva formazione di copolimeri ad innesto quando il tenore apparente di ossigeno attivo del polipropilene da noi usato è inferiore a 0,18 - 0,19%.

Infine la figura 6 mostra l'influenza della temperatura sul grado di conversione totale del monomero

Questa figura mostra che, a parità di tempo di reazione, alla temperatura di 75°C si hanno valori del grado di conversione totale più elevati che a 70°C. Si è però osservato un migliore rendimento in polimero innestato a 70°C (vedi tabelle 1 e 3).

Influenza dell'acetone come solvente.

La tabella 2 illustra i risultati di alcune esperienze condotte in presenza di acetone che, come già detto, è un ottimo solvente del poli-acrilato di metile e del monomero mentre non scioglie il polipropilene innestato.

La presenza di acetone non favorisce la reazione di innesto, infatti dalla tabella 2 risulta che il valore dell'efficienza è molto più piccolo dei corrispondenti valori in assenza di solventi (tabella 1) (0,42 invece di 0,66) e non è costante nel tempo ma diminuisce man mano che aumenta la conversione, così che per alte conversioni si ha formazione di notevoli quantità di omopolimero.

Cinetica dell'innesto.

Nelle numerose prove di polimerizzazione a innesto dell'acrilato di metile su polipropilene perossidato si è osservato che la reazione inizia con bassa velocità ma che tale velocità aumenta col tempo in modo particolarmente notevole che non corrisponde all'andamento normale delle polimerizzazioni radicaliche omogenee.

Ciò risulta per es. dai dati riportati nella tabella 4 in cui sono indicati la conversione α del monomero col tempo e l'incremento di α in ogni ora successiva di reazione.

Si osserva infatti che mentre nelle prime due ore è stato consumato soltanto il 3,4% del monomero presente, nei tempi successivi si hanno valori superiori della conversione per ora che salgono al 3,6% nella terza ora fino a raggiungere l'11,6% per la quantità polimerizzata fra la sesta e la settima ora.

Poiché la polimerizzazione è di tipo radicalico ed è iniziata dai radicali liberi provenienti dalla decomposizione dei gruppi perossidici presenti sulla catena della poli- α -olefina, tali risultati dovrebbero indicare che il numero di radicali liberi aumenta col tempo ed in modo inusitato per le comuni polimerizzazioni radicaliche per le quali in genere si può ammettere la stazionarietà della concentrazione dei radicali liberi.

E' da tener presente che in realtà il numero dei gruppi perossidici presenti dovrebbe diminuire col tempo. Una spiegazione dell'aumento dei radicali liberi attivi per la polimerizzazione può essere attribuita, secondo il nostro parere, alla eterogeneità del

TABELLA 1

Valori di $\epsilon = \frac{\text{poliacrilato di metile innestato}}{\text{poliacrilato totale}}$ misurati dopo tempi diversi in esperienze eseguite con poli-
meri perossidati aventi diverso contenuto in ossigeno totale.

% O ₂ attivo totale nel polipropilene	Tempo, ore												
	2	2½	3	3½	4	4½	4¾	5	5½	6	6½	7	8
0,19	—	—	—	—	0,72	—	—	0,64	—	0,6	—	0,63	0,6
0,20	—	—	—	0,63	—	—	0,63	—	0,63	0,63	0,64	0,59	—
0,21	—	0,78	0,63	0,65	0,71	0,66	0,54	0,66	0,66	0,56	0,62	0,65	—
0,23	0,72	—	0,70	—	—	0,64	—	0,71	—	—	—	—	—
0,31	0,77	—	0,70	—	0,74	0,70	—	—	—	—	—	—	—

Temperatura 75°C; polipropilene perossidato 1 g, acrilato di metile 14,2 g.

sistema ed alla scarsa penetrabilità del monomero nell'interno dei granuli del polimero idrocarburico cristallino perossidato. Si può ritenere che l'inizio della polimerizzazione del monomero acrilico abbia luogo per opera di radicali liberi provenienti dai gruppi perossidici situati sulla superficie esterna dei granuli.

Poiché la polimerizzazione è accompagnata dall'innesto, quest'ultimo provoca un rigonfiamento del po-

TABELLA 2

Valori di ϵ dopo tempi diversi a 75°C impiegando polipropilene perossidato avente un contenuto di ossigeno totale di 0,21%, operando in presenza di acetone come diluente.

Tempo, h	ϵ
3½	0,59
4½	0,56
5	0,51
7	0,40

Polipropilene perossidato 1 g; 6,7 g di acrilato di metile; 5,6 g di acetone.

TABELLA 3

Valori di ϵ misurati dopo tempi diversi a 70°C impiegando polipropilene perossidato avente un contenuto di ossigeno totale di 0,19%.

Tempo, h	ϵ
5	0,86
6	0,77
6½	0,70
6¾	0,73

Polipropilene perossidato 1 g; acrilato di metile 14,2 g.

TABELLA 4

Valori di $\alpha \times 10^3$ e del suo incremento per ogni ora successiva ricavati dal diagramma 3c.

Tempo, h	$\alpha \times 10^3$	$\Delta \alpha \times 10^3$
2	3,4	—
3	7,0	3,6
4	11,0	4
5	18,0	7,0
6	27,0	9,0
7	38,6	11,6

limero idrocarburico ed un allontanamento relativo delle catene poliidrocarburiche, cosicché i gruppi perossidici situati nell'interno del polimero idrocarburico diventano via via accessibili ed agiscono da iniziatori di polimerizzazione. Il processo tende così a progredire nel tempo giustificando il notevole aumento della velocità di polimerizzazione ad innesto del monomero acrilico nel tempo.

Istituto di Chimica industriale del Politecnico, Milano.

G. NATTA, F. SEVERINI, E. BEATI,
M. PEGORARO, G. PIZZOTTI

BIBLIOGRAFIA

- (1) G. NATTA, E. BEATI, F. SEVERINI, *J. Polymer Sci.* 34, 685 (1959).
- (2) E. BEATI, F. SEVERINI, S. TOFFANO, *J. Polymer Sci.* 51, 455 (1961).
- (3) E. BEATI, S. TOFFANO, F. SEVERINI, *Chimica e Industria* 45, 690 (1963).
- (4) D. S. BALLANTINE, A. GLINES, G. ADLER, D. J. METZ, *J. Polymer Sci.* 34, 419 (1959).
- (5) G. NATTA, *Chimica e Industria* 37, 888 (1955).
- (6) E. BEATI, F. SEVERINI, G. CLERICI, *Makromol. Chem.* 61, 104 (1963).

Ricevuto il 13 novembre 1964.

Reazione di innesto di acrilato di metile su polipropilene perossidato

Viene studiata la reazione di omopolimerizzazione e di innesto dell'acrilato di metile sul polipropilene isotattico perossidato, effettuando poi la separazione dell'omopolimero dal copolimero ad innesto e vengono determinate la quantità percentuale di monomero polimerizzato e quella del polimero innestato rispetto a quella dell'omopolimero.

G. Natta, F. Severini, E. Beati, M. Pegoraro, G. Pizzotti

Chimica Industria 47, 14 (1965)

Réaction de greffage de l'acrylate de méthyle sur le polypropylène peroxydé

On étudie la réaction d'homopolymérisation et de greffage de l'acrylate de méthyle sur le polypropylène isotactique peroxydé, en effectuant ensuite la séparation de l'homopolymère du copolymère à greffage. On détermine aussi le pourcentage de monomère polymérisé et la quantité du polymère greffé par rapport à celle de l'homopolymère.

G. Natta, F. Severini, E. Beati, M. Pegoraro, G. Pizzotti

Chimica Industria 47, 14 (1965)

Methyl Acrylate Grafting on Peroxidized Polypropylene

This paper describes the homopolymerization and grafting reaction of methyl acrylate on peroxidized isotactic polypropylene, followed by separation of the homopolymer from the grafted copolymer.

The percent amounts of polymerized monomer and grafted polymer with respect to that of the homopolymer are determined.

G. Natta, F. Severini, E. Beati, M. Pegoraro, G. Pizzotti

Chimica Industria 47, 14 (1965)

Pfropfreaktion von Methylacrylat auf peroxydiertem Polypropylen

Die Homopolymerisation von Methylacrylat und seine Pfropfung auf isotaktischem peroxydiertem Polypropylen, mit anschließender Abtrennung des Homopolymeres vom Pfropfpolymer werden untersucht. Die Anteile an polymerisiertem Monomerem und an Pfropfpolymeren werden mit denen des Homopolymeres verglichen.

G. Natta, F. Severini, E. Beati, M. Pegoraro, G. Pizzotti