



La scuola di polimeri nella Facoltà di Chimica Industriale dell'Università di Bologna

The school of polymers in the Faculty of Industrial Chemistry of Bologna University

LUIGI ANGIOLINI

Summary

The Nobel prize for Chemistry awarded to Giulio Natta in 1963 and the subsequent development of the industrial production of plastics and fibers that derived from his discoveries on the stereospecific synthesis of polypropylene, aroused a remarkable revival of interest in polymer science, both at the national and international level. Many collaborators and scholars of Natta at the Polytechnic of Milan were engaged by several Italian universities in order to begin, or to strengthen, teaching and research activities concerning the chemistry of synthetic polymers. Among them, the Faculty of Industrial Chemistry of the University of Bologna, which appointed as a full professor at the end of the Seventies Paolo Ferruti, formerly Natta's assistant, with the aim to introduce the polymer science as a new research line in the Faculty. Ferruti founded a research group that Carlo Carlini developed in the following years so as to achieve a well established position among the academic activities in the field.

Key words

Scuola di polimeri; Università di Bologna; Facoltà di Chimica Industriale; Paolo Ferruti; Carlo Carlini; Nobel Giulio Natta

Riassunto

Il conferimento del premio Nobel per la chimica a Giulio Natta nel 1963 e lo sviluppo della produzione industriale di materie plastiche e di fibre, che derivò dalle sue scoperte sulla sintesi stereospecifica del polipropilene, dettero origine ad un grande risveglio di interesse verso la scienza dei polimeri a livello nazionale e internazionale. Molti collaboratori ed allievi di Natta al Politecnico di Milano furono chiamati in varie Università italiane allo scopo di dare inizio o di rafforzare attività didattiche e di ricerca riguardanti lo studio di polimeri sintetici. Tra queste, la Facoltà di Chimica Industriale dell'Università di Bologna, che alla fine degli anni Settanta chiamò come docente Paolo Ferruti, ex assistente di Natta, per introdurre la scienza dei polimeri tra le linee di ricerca in corso. Con lui, e successivamente con Carlo Carlini, si ebbe la nascita e lo sviluppo di un gruppo che si è rafforzato negli anni e che ha ottenuto una collocazione affermata nel panorama delle attività accademiche in questo campo.

Gli inizi

Alla fine degli anni '70, il 16 Ottobre 1979, preside Carlo Zauli, la Facoltà di Chimica Industriale dell'Ateneo di Bologna metteva in pratica la scelta di assumere come docente un esperto di chimica dei polimeri deliberando la chiamata per trasferimento del prof. Paolo Ferruti (Fig. 1) presso l'Istituto di Chimica degli Intermedi. Paolo Ferruti, dopo essersi laureato a Pavia, era stato chiamato da Giulio Natta all'Istituto di Chimica Industriale della Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Milano, dove era divenuto assistente di Chimica Industriale nel 1965 e poi libero docente e professore incaricato di Chimica Macromolecolare. Nel 1975 aveva ottenuto la cattedra di Chimica Industriale nella Facoltà di Scienze dell'Università di Napoli, nella quale si trovava prima del trasferimento a Bologna.

Con la venuta di Ferruti, la Facoltà confermava una strategia orientata verso il rafforzamento delle attività di ricerca attinenti al settore della Chimica Industriale, che già si era espressa tre anni prima, nel 1976, con la chiamata dall'Università della Calabria di Ferruccio Trifirò presso l'Istituto di Tecnologie Chimiche Speciali. Trifirò, coetaneo di

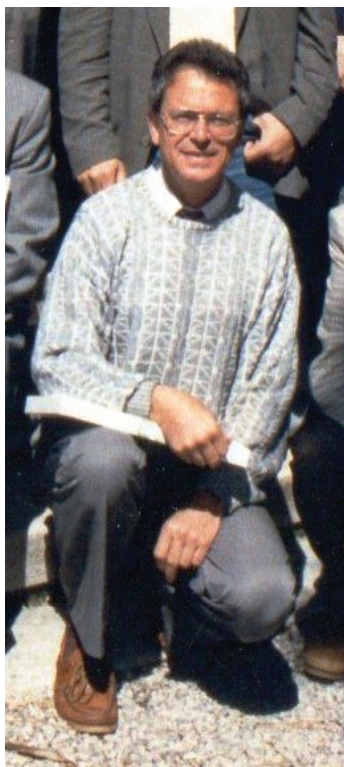


Figura 1. Paolo Ferruti.

Ferruti, si era laureato in Ingegneria Chimica al Politecnico di Milano nel 1963 ed era stato anch'egli borsista e poi assistente nell'Istituto di Chimica Industriale del Politecnico di Milano fino al 1975, quando divenne professore ordinario di Chimica Industriale all'Università della Calabria. Trifirò, che a Milano aveva inizialmente lavorato con Natta sulla polimerizzazione di olefine [11], si era dedicato poi allo studio della catalisi delle reazioni organiche, che sarebbe stato il suo principale filone di ricerca negli anni successivi. Per sua testimonianza diretta, egli ebbe certamente un ruolo positivo nella chiamata di Ferruti da parte della Facoltà nel 1979, tre anni dopo il suo arrivo nell'Università di Bologna.

Alla fine degli anni Settanta, a Bologna esistevano già gruppi che si occupavano di scienza dei polimeri o di scienza delle macromolecole: nella Facoltà di Ingegneria Piero Manaresi faceva ricerche sui polieste-

ri con Franco Sandrolini, Corrado Berti, Francesco Pilati, mentre al CNR (Centro di Studio per la Fisica delle Macromolecole, nel laboratorio situato nell'Istituto di Chimica G. Ciamician) Giovanni Pezzin effettuava studi su proteine (elastina) con Maria Pizzoli e Giuseppina Ceccorulli, poi su biopolimeri e polimeri sintetici biodegradabili con Mariastella Scandola. Tuttavia, a differenza dei casi sopra citati, con la chiamata di Ferruti a Chimica Industriale si veniva a costituire un'entità di ricerca di carattere pluridisciplinare che riuniva competenze diverse nel settore della catalisi e della scienza dei polimeri e che dal punto di vista organizzativo si avvicinava in qualche misura al modello rappresentato dalla scuola di Giulio Natta a Milano.

Gli anni di Ferruti

Ferruti possedeva specifiche competenze sulla chimica dei polimeri in quanto, sin dagli inizi della sua attività milanese, nella seconda metà degli anni Sessanta, aveva lavorato con Ferdinando Danusso su una nuova classe di polimeri sintetici, le poliammidoammine, che si ottengono per poliaddizione di Michael di ammine primarie o secondarie a sistemi insaturi attivati da gruppi elettron attrattori, quali ad es. bis-ammidi insature. Da allora, il suo interesse verso questi derivati ha segnato tutta la sua carriera accademica ed è tutt'oggi ancora vivo [7].

D'altro canto, all'arrivo di Ferruti le ricerche prevalenti nell'Istituto di Chimica degli Intermedi di Bologna riguardavano la chimica delle basi di Mannich (in particolare beta-amminochetoni), composti organici interessanti per la loro reattività chimica e per le loro applicazioni, principalmente in campo farmaceutico. Di conseguenza, la via più logica per orientare le ricerche in corso verso la scienza dei polimeri fu quella di sfruttare la reattività delle basi di Mannich, ben conosciuta dai ricercatori dell'Istituto, per ottenere derivati polimerici adottando una procedura di sintesi con caratteristiche abbastanza simili a quella delle poliammidoammine di cui era esperto Ferruti. Ciò poteva essere ottenuto mediante reazioni di policondensazione a partire da basi di Mannich di struttura opportuna, coinvolgendo così nella nuova attività le competenze presenti. Perciò, la caratteristica fondamentale delle prime attività nel settore della scienza dei polimeri consistette

nella loro forte connotazione di sintesi chimica. E la prima tesi di laurea di cui fu relatore Ferruti, quella di Elisabetta Salatelli [9], futura docente della Facoltà, riguardava proprio l'argomento sopra ricordato. Significativamente, correlatore della tesi fu Maurilio Tramontini (1933–2012), il maggiore esperto [10] di basi di Mannich dell'Istituto, che fu coinvolto pienamente nella ricerca appena iniziata. A dimostrazione della larga partecipazione alle attività promosse da Ferruti, uno dei primi lavori pubblicati riportava infatti la firma di pressoché tutti i docenti-ricercatori dell'Istituto di Chimica degli Intermedi [1]. Va dunque attribuita a Ferruti una considerevole capacità di coinvolgimento dei colleghi, nel rispetto delle loro competenze e dei loro interessi, in aggiunta alla disponibilità, dimostrata in varie occasioni, verso ogni forma di collaborazione scientifica che gli permettesse di contribuire adeguatamente con le sue competenze professionali. Ferruti assunse anche impegni istituzionali, ricoprendo la funzione di direttore dell'Istituto nel triennio 1980–1983.

Ferruti operò a Bologna fino al 1984, per trasferirsi successivamente all'Università di Brescia fino al 1995, quando tornò definitivamente a Milano presso il Dipartimento di Chimica dell'Università, dove tuttora si trova, continuando i suoi studi sulle poliammidoammine e sulle loro applicazioni biomediche, come matrici per il rilascio controllato di farmaci, come materiali antitrombogenici ecc. A Bologna produsse con il gruppo di Chimica degli Intermedi circa 25 lavori e brevetti pubblicati dal 1981 al 1986.

Dopo il trasferimento di Ferruti dall'Istituto di Chimica degli Intermedi il gruppo continuò le sue attività nell'ambito della chimica dei polimeri, ampliando e diversificando le linee di ricerca: in particolare, alcuni (Carlo Della Casa, Franco Andreani, Paolo Costa Bizzarri) iniziarono ad occuparsi di un altro argomento, di grande attrattiva dal punto di vista delle applicazioni pratiche, cioè della sintesi e della caratterizzazione di politiofeni come materiali elettroconduttori organici, una linea di ricerca che sarebbe rimasta attiva fino a tutt'oggi, coltivata da Elisabetta Salatelli e Massimiliano Lanzi. Annino Sante Angeloni si dedicò invece allo studio di polimeri liquido cristallini, con Michele Laus e poi con Daniele Caretti, in collaborazione con Emo Chiellini e Giancarlo Galli, dell'Università di Pisa, affrontando un'altra tematica di notevole prospettiva per le sue implicazioni tecnologiche.

Gli anni di Carlini

Un paio di anni dopo la partenza di Ferruti da Bologna, il Consiglio di Facoltà del 18 Luglio 1986, preside Paolo Edgardo Todesco, chiamava Carlo Carlini (Fig. 2) a coprire la cattedra di Chimica Industriale. Con questa chiamata, oltre a ribadire la strategia orientata allo sviluppo delle ricerche nel settore della scienza dei polimeri, si mettevano ancora in luce evidenti connessioni con la scuola di Natta, poichè Carlini proveniva da Pisa, un centro di ricerca importante, con legami diretti con il Politecnico di Milano. Infatti a Pisa aveva operato Piero Pino (1921–1989), uno dei principali collaboratori di Natta fin dai primi anni Cinquanta, come docente di Chimica Organica Industriale dalla metà degli anni '50 fino ad oltre la metà dei '60, quando si trasferì al Politecnico Federale di Zurigo. Pino aveva svolto studi fondamentali riguardanti il carattere chirale dei siti attivi della catalisi Ziegler–Natta e la relazione tra stereoregolarità e attività ottica delle macromolecole [6], costituendo un gruppo di ricerca al quale collaborava, tra gli altri, Francesco Ciardelli, laureato a Pisa nel 1960, poi assistente e dal 1975 professore ordinario nell'Università di Pisa, di ampi e vari interessi scientifici, tra cui la polimerizzazione di olefine catalizzata da metalli di transizione e la chimica dei polimeri funzionali. Di questo gruppo aveva fatto parte anche Carlini, che si era laureato anch'egli a Pisa con Pino nel 1965, lavorando su argomenti riguardanti l'attività ottica di poliolefine stereoregolari [5].



Figura 2. Carlo Carlini (1941–2007).

Accantonando in parte le sue precedenti esperienze relative alla polimerizzazione catalitica di alfa-olefine, Carlini introdusse a Bologna nuovi argomenti di ricerca, che si giovavano in maniera ottimale delle competenze di chimica sintetica esistenti, rivolgendo l'interesse verso la sintesi di monomeri polimerizzabili con un meccanismo di tipo radicalico, al fine di ottenere derivati polimerici dotati di particolari caratteristiche funzionali, come ad es. fotoiniziatori polimerici radicalici utilizzabili nel settore delle vernici [2], polimeri fotocromici, liquido-cristallini, otticamente attivi, organometallici ecc., con un orientamento delle attività nella direzione delle applicazioni di carattere tecnologicamente avanzato. Fu promotore di numerose collaborazioni con altri gruppi di ricerca, anche a livello internazionale, e contribuì in maniera decisiva al consolidamento e all'affermazione del gruppo.

Carlini ricoprì anche incarichi istituzionali, tra cui negli anni Novanta quello di direttore del Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali, succedendo a Trifirò, che ne era stato il primo direttore nel 1986, quando il Dipartimento fu fondato, in seguito alla fusione dell'Istituto di Chimica degli Intermedi con l'Istituto di Tecnologie Chimiche Speciali.

Alla fine del 1995 Carlini fece ritorno per trasferimento a Pisa, dove riprese le sue tradizionali linee di ricerca sulla catalisi organometallica della polimerizzazione, con la sintesi di nuovi catalizzatori eterogeneizzati su matrici polimeriche funzionalizzate, dedicandosi anche all'ottimizzazione catalitica di processo industriale, studiando molte reazioni quali l'oligomerizzazione di olefine, la condensazione di Guerbet degli alcoli, la conversione catalitica di carboidrati a fine chemicals, e continuando anche le collaborazioni con Bologna, che portarono complessivamente alla pubblicazione di circa 50 lavori scientifici nell'ambito della scienza dei polimeri, editi dal 1989 al 2000.

Carlini scomparve prematuramente nel 2007, dopo una malattia combattuta con tenace determinazione, come era nel suo carattere, continuando a lavorare fino all'ultimo. Nel febbraio dello stesso anno aveva ricevuto l'Ordine del Cherubino, il simbolo dell'Ateneo di Pisa, un'onorificenza accademica che viene tradizionalmente conferita ogni anno, nella ricorrenza del mese di nascita di Galileo, dal Rettore dell'Università, su delibera del Senato accademico, ai docenti dell'Ateneo pisano che abbiano contribuito ad accrescerne il prestigio per partico-

lari meriti scientifici o che abbiano contribuito in modo rilevante alla vita e al funzionamento dell'Ateneo [8].

Gli anni recenti

Negli anni 2000 e fino ai giorni nostri, il gruppo di polimeri della Facoltà di Chimica Industriale (che nel frattempo è cessata nel 2012 per confluire nella Scuola di Scienze) ha proseguito le proprie attività orientate principalmente allo studio di polimeri sintetici funzionali — avendo questa volta un responsabile *home made* nella persona dell'autore del presente contributo, laureato in Chimica Industriale a Bologna nel 1966, successore nella cattedra di Carlini come vincitore di concorso a professore ordinario nel 2000 e poi direttore del Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali dal 2001 al 2007 — con l'intento di conservare e possibilmente incrementare l'elevato livello scientifico raggiunto grazie ai propri fondatori. In generale, è proseguito lo studio del rapporto tra struttura chimica e applicazioni, che era stato il principale obiettivo perseguito negli anni precedenti, ma con una maggiore attenzione agli aspetti applicativi e tecnologici, diversificando conseguentemente gli argomenti di studio. Le linee di ricerca che nel tempo si sono sviluppate, pur avendo tutte in comune la sintesi chimica di nuovi derivati polimerici, hanno infatti riguardato svariate tematiche, e principalmente lo studio di polimeri fotocromici, chirali, utilizzabili in ottica non lineare, optical storage e in dispositivi chiroottici [4], ma anche di materiali multifunzionali dotati di proprietà di fotoconduzione, di matrici polimeriche solide come supporto di catalizzatori eterogenei attivi in reazioni di transesterificazione [3], di derivati polimerici organometallici utilizzabili come materiali per la rivelazione elettrochimica di anioni in soluzione acquosa, di derivati politiofenici, applicabili nel campo della sensoristica, del fotovoltaico e della modulazione e generazione di luce mono e policromatica, di derivati polimerici funzionali utilizzabili nel settore dei materiali adesivi per applicazioni specifiche ecc. I risultati di questo lavoro si sono concretizzati in circa 150 articoli pubblicati a partire dal 2000 su riviste scientifiche di livello internazionale, a testimonianza dell'attività svolta da un gruppo pur non particolarmente numeroso, essendo costituito mediamente da soli 6 docenti-ricercatori di ruolo.

Un'altra significativa affermazione della scuola di polimeri di Chimica Industriale è consistita nell'introduzione di insegnamenti di scienza dei polimeri e di polimeri industriali, con relativi laboratori didattici obbligatori per tutti gli studenti, in tutti i nuovi corsi di studio attivati dalla Facoltà di Chimica Industriale nel 2001 (tre corsi di laurea triennale nelle sedi di Bologna, Faenza e Rimini, e una laurea specialistica, ora magistrale, a Bologna), attualmente inseriti nella Scuola di Scienze. Pertanto, la scienza dei polimeri costituisce ormai una importante componente del patrimonio professionale degli studenti, rappresentando non solo un allargamento e una significativa attualizzazione delle loro conoscenze sul piano culturale, ma anche un sostegno concreto alle loro possibilità di occupazione lavorativa dopo la laurea.

Conclusioni

A cinquanta anni di distanza dal conferimento del premio Nobel, i frutti dell'opera di Natta sono rappresentati in buona misura anche dal grande sviluppo della scienza dei polimeri e della catalisi che ne derivò negli anni successivi, a livello nazionale e internazionale. Esso costituisce la testimonianza di una stagione straordinaria, forse irripetibile, della chimica italiana, quando un'industria lungimirante e un gruppo accademico di alto livello seppero creare le condizioni ottimali per una scoperta che avrebbe prodotto un progresso di grande rilievo, sia sul piano scientifico che su quello tecnologico. Di questi frutti si è giovata anche l'Università di Bologna, grazie alle scelte meritorie effettuate nella seconda metà degli anni Settanta da una Facoltà che seppe mantenersi al passo con la storica evoluzione della chimica che si verificò in quegli anni.

Bibliografia

- [1] ANDREANI F., A.S. ANGELONI, L. ANGIOLINI, P. COSTA BIZZARRI, C. DELLA CASA, A. FINI, P. FERRUTI, N. GHEDINI, M. TRAMONTINI, 1981. *Poly(β -aminoketone)s by polycondensation of bis(β -dialkylaminoketone)s with bisamines*. Journal of Polymer Science: Polymer Letters Edition, 19, 443–450.

- [2] ANGIOLINI L., C. CARLINI, 1990. *Polymeric photoinitiators bearing side-chain benzoin or acyl-oxime moieties for UV curable coatings*. *La Chimica e l'Industria*, 72, 124–130.
- [3] ANGIOLINI L., D. CARETTI, E. SALATELLI, L. MAZZOCCHETTI, R. WILLEM, M. BIESEMANS, 2008. *Synthesis and characterization of new functional polystyrenes containing tributyltin carboxylate moieties linked to the aromatic ring by a trimethylene spacer*. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymeric Materials*, 18, 236–245.
- [4] ANGIOLINI L., T. BENELLI, L. GIORGINI, A. GOLEMME, E. SALATELLI, R. TERMINE, 2011. *Side-Chain Multifunctional Photoresponsive Polymeric Materials*, in *Optoelectronics — Materials and Techniques*, Padmanabhan Predeep (Ed.), Chapt. 7, pp. 187–210, ISBN: 978–953–307–276–0.
- [5] CARLINI C., F. CIARDELLI, P. PINO, 1968. *Optical activity and conformation in solution of stereoregular copolymers of (S)-4-methyl-1-hexene with 4-methyl-1-pentene*. *Die Makromolekulare Chemie*, 119, 244–248.
- [6] CIARDELLI F., 1995. *Piero Pino*. *Macromolecular Symposia*, 98, 1219.
- [7] FERRUTI P., 2013. *Poly(amido amine)s: Past, Present, and Perspectives*. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 51, 2319–2353.
- [8] RASPOLLI GALLETTI A. M., D. CARETTI, 2007. *In ricordo di amici e colleghi recentemente scomparsi*. *AIM Magazine*, numero 2–3, Maggio — Dicembre, pag. 66.
- [9] SALATELLI E., 1980. *Sintesi di nuovi polimeri per policondensazione di basi di Mannich bifunzionali con bis-tioli e con ammine secondarie*. Relatore Paolo Ferruti, Correlatore Maurilio Tramontini. Tesi di Laurea, Università di Bologna, Bologna.
- [10] TRAMONTINI M., 1973. *Advances in the chemistry of Mannich bases*. *Synthesis*, (12), 703–75.
- [11] TRIFIRÒ F., 1963. *Studio della cinetica di polimerizzazione delle alfa olefine a polimeri isotattici*. Relatore Giulio Natta, Correlatore Italo Pasquon. Tesi di Laurea, Politecnico di Milano, Milano.

Luigi Angiolini

Dipartimento di Chimica Industriale Toso Montanari
 Università di Bologna
 luigi.angiolini@unibo.it