



IL FUTURO DELL'INGEGNERIA CHIMICA

L'interpretazione e la modellazione dei fenomeni che si realizzano a livello molecolare e microscopico risultano sempre più di fondamentale importanza per una migliore definizione delle caratteristiche e dei criteri di progettazione delle unità di produzione

L'ingegneria chimica, che costituisce una disciplina organicamente inserita nel complesso dell'ingegneria industriale, opera tradizionalmente su procedimenti di produzione e di trasformazione della materia per l'ottenimento di prodotti di base, di prodotti specifici e di manufatti. I settori industriali nei quali l'ingegneria chimica è coinvolta sono i più svariati e vanno dal petrolchimico, al farmaceutico, all'energetico, al tessile, all'alimentare, all'elettronica, solo per citarne alcuni. In tutti questi ambiti di attività, l'adempimento delle richieste del mercato deve avvenire nell'ottemperanza dei vincoli di natura ambientale e sociale che condizionano le soluzioni tecnologiche adottabili e determinano la competitività

di un processo produttivo di scala industriale. Risulta abbastanza evidente che i tecnici del settore (ingegneri chimici di processo) debbano necessariamente avere acquisito una solida conoscenza di base dei fenomeni fisici e chimici con un adeguato approfondimento dei meccanismi e dei modelli matematici impiegati per la loro descrizione e interpretazione. Inoltre, è indispensabile che abbiano maturato una pratica conoscenza sia delle tecnologie impiantistiche e industriali sia delle problematiche inerenti alla realizzazione e alla gestione degli stessi.

Non disgiunte dalle competenze puramente tecniche, agli ingegneri di processo è indispensabile una familiarità con gli strumenti idonei alla valutazione

degli aspetti economici del processo produttivo e dei margini di concorrenzialità che, oltre a essere di ausilio per l'accertamento delle possibilità di sviluppo, rappresentano un supporto per l'ottimizzazione.

I 'ferri del mestiere'

Lo sviluppo di nuovi processi è oggi giorno estensivamente basato sulla modellazione matematica e la simulazione di processo. Fin dagli stadi iniziali del progetto vengono infatti tracciati schemi di flusso e bilanci di materia e di energia, nonché un preliminare dimensionamento delle apparecchiature. In questa fase, le valutazioni di processo indirizzano l'attività sperimentale verso gli aspetti tecnici ed economici più critici per il

processo. Viene instaurato, quindi, un dialogo continuo tra l'attività di laboratorio e l'ingegneria di processo per l'aggiornamento dei dati impiegati nelle simulazioni, per la risposta ai quesiti scaturiti dalle prime analisi e per l'individuazione di eventuali nuove aree di sperimentazione. I fenomeni chimico-fisici che si realizzano in ogni unità del processo (cinetiche, trasporto di massa ed energia, equilibri di fase, fluidodinamica) devono essere descritti e interpretati mediante un'attività sperimentale su apparecchiature di laboratorio opportunamente progettate e realizzate. La fluidodinamica, talvolta particolarmente complicata, viene anch'essa sempre di più studiata mediante complessi codici di calcolo sviluppati nell'ambito della

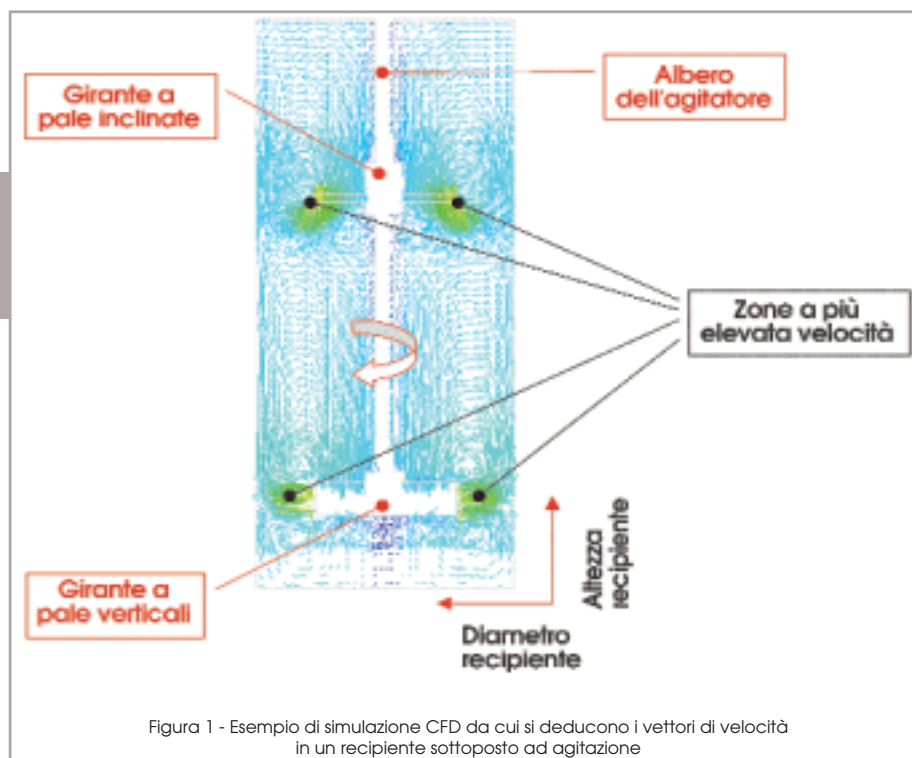
cosiddetta Computational Fluid Dynamics (CFD). Questi si rivelano utilissimi, per esempio, per la simulazione della fluidodinamica dei reattori multifase e per la valutazione dei processi di miscelazione in caso di geometrie complesse: in figura 1 è rappresentato un esempio di simulazione CFD per un recipiente con agitatore. Tali strumenti non sostituiscono un'ideale sperimentazione, tuttavia riducono il numero di configurazioni da testare e offrono un valido contributo nella definizione delle caratteristiche dimensionali e delle peculiarità del dispositivo di prova in vista di un eventuale successivo passaggio di scala.

Verso nuove direzioni

In un contesto internazionale in cui le parole chiave sono globalizzazione, tecnologia, innovazione e partnership, ci si interroga su quali prodotti e processi saranno competitivi nell'immedia-

to futuro. La sfida che l'industria chimica moderna si trova a fronteggiare consiste nell'ideazione di nuove reazioni e di innovativi processi al fine di rendere disponibili, nel più breve tempo possibile, i prodotti richiesti dal mercato, ottemperando nello stesso tempo ai vincoli, sempre più stringenti, imposti dalle normative e dalle regolamentazioni in materia ambientale e di sicurezza. Oltre che su logiche legate esclusivamente al profitto economico garantito, l'analisi di un processo chimico deve quindi essere incentrata sulla selettività

difetti. In aggiunta, un aspetto fortemente condizionante è rappresentato dalla drastica riduzione del tempo di sviluppo del prodotto, passato da dieci anni negli anni Settanta agli attuali due-tre anni, a cui consegue, necessariamente, un ciclo di messa a punto del processo di produzione molto intenso. I nuovi obiettivi di mercato, focalizzati sempre di più sulla qualità e sulle proprietà del prodotto finito, tenderanno probabilmente a orientare l'industria chimica verso nuove specialties e nuovi materiali, determineranno altresì un



nei prodotti finali desiderati, sul valore e l'entità delle materie prime, sull'impiego di tecnologie non inquinanti, sulla riciclabilità dei prodotti e dei sottoprodotti, nonché sul contenimento dei consumi energetici. Il committente, anche se trattasi di un Paese in via di sviluppo, sarà sempre più orientato positivamente verso processi a ridotto impatto ambientale, sicuri e privi di

miglioramento graduale anche dei processi di conversione di cariche petrolifere in prodotti e del gas di sintesi in idrocarburi liquidi e ossigenati. A questo proposito si possono portare come esempio gli sforzi che le grandi compagnie petrolifere, come Eni, stanno compiendo nella direzione dei processi di conversione dei residui pesanti e nella valorizzazione del gas naturale (gas-to-



Sala controllo blanding lubrificanti

liquid, gas-to-wire). Una delle discipline tecnico-scientifiche in prima linea in tale contesto, risulta essere l'ingegneria chimica la quale, oltre a dovere dimostrare un eccellente dinamismo, deve necessariamente manifestare un approccio più aperto nei confronti di tecnologie emergenti (le biotecnologie, la microelettronica, le nanotecnologie, i materiali compositi, ecc...) di fronte alla complessità strutturale e alle proprietà richieste dai nuovi prodotti, rimanendo al contempo competitiva in quelle tradizionali (energie rinnovabili, combustibili sintetici, recupero energetico). Data la complessità dei fenomeni coinvolti nei processi industriali, l'ingegneria chimica dovrà attingere concetti e metodi da altri settori tecnologici (aeronautica, automotive, ecc...) e sviluppare una capacità di cooperazione

multidisciplinare con fisici, biologi, matematici. Attenzione alle esigenze del mercato, approccio multidisciplinare, partecipazione costante a tutte le varie fasi di sviluppo di un nuovo processo, acquisizione dei dati di base (termodinamici, cinetici, di trasporto), modellazione matematica, simulazione di processo e progettazione caratterizzano l'attività dell'ingegneria in EniTecnologie, che ha colto per tempo i trend evolutivi descritti in precedenza. Tali prassi operative ben consolidate, hanno agevolato i vari stadi di sviluppo che hanno condotto alla realizzazione di impianti di scala pre-industriale in progetti mirati alla conversione del gas naturale in idrocarburi liquidi (sintesi Fischer-Tropsch) e alla conversione di residui petroliferi pesanti (processo Eni Slurry Technology).

Il futuro

Nell'ottica di un incremento sostanziale dell'efficienza dei processi e della riduzione dei tempi di sviluppo, dovranno essere prese in adeguata considerazione le cosiddette microtecnologie, recentemente introdotte allo studio specialmente in Germania (IMM-Institut für Mikrotechnik; Mainz GmbH, ZBT – Università di Duisburg-Essen; ICVT Università di Stoccarda; TCB-DCE Università di Dortmund) e negli Stati Uniti (MIT e Du Pont). Si tratta in sostanza di apparecchiature in miniatura nelle quali condurre le principali operazioni unitarie (reazione, scambio termico, miscelazione, separazione, ecc...). Nelle figure 2, 3 e 4 (fonte: www.imm-mainz.de) sono rappresentate alcune operazioni unitarie realizzate su scala micro: le possibili applicazioni di questi rivoluzionari dispositivi sono nello studio delle cinetiche chimiche e, più in generale, nello sviluppo di processo.

Inoltre, risulta possibile l'interazione di più funzioni in un'unica struttura avente capacità ben superiori a quelle di un sistema convenzionale di dimensioni usuali. Nel campo della sintesi chimica, in virtù dell'alta velocità di trasferimento di energia e di materia, è possibile condurre reazioni in condizioni più drastiche e con rese superiori a quelle dei reattori convenzionali. Il limitato hold-up è un ulteriore vantaggio per la sintesi di prodotti pericolosi.

Particolarmente interessanti si rivelano gli impieghi nella catalisi eterogenea e, più specificatamente, nella produzione di idrogeno per l'alimentazione di celle a combustibile. Soluzioni che prevedono l'integrazione di microsistemi con apparec-



Figura 2 - Micro miscelatore

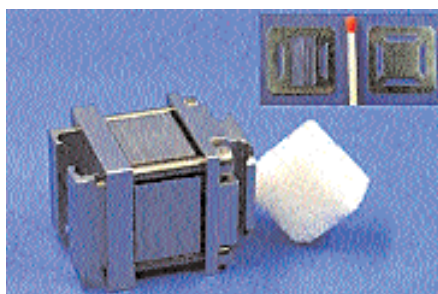


Figura 3 - Micro scambiatore di calore

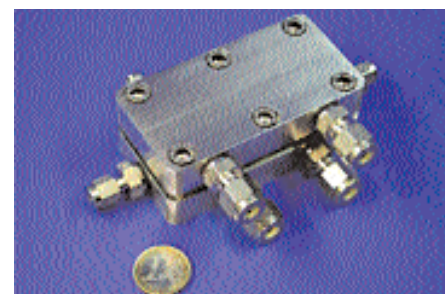
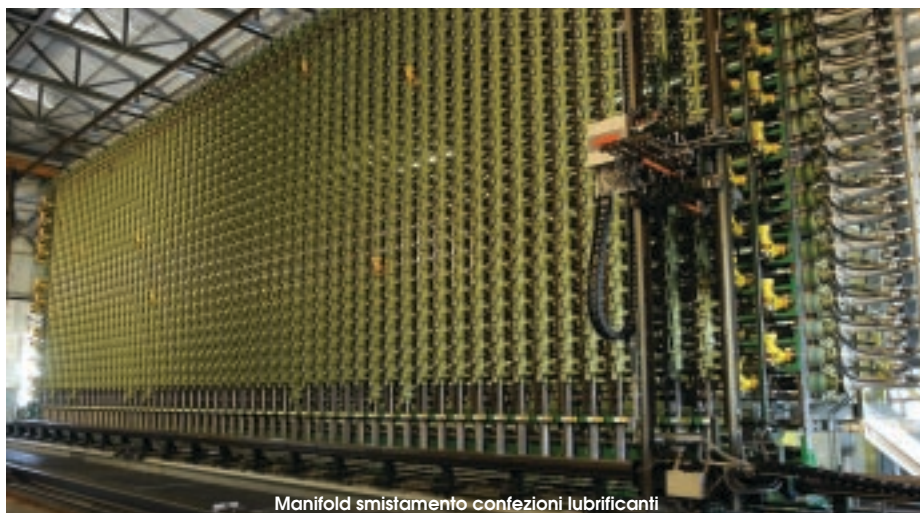


Figura 4 - Micro bubble column



Manifold smistamento confezioni lubrificanti

chiature convenzionali (sistemi ibridi) sono proposti allo stadio di prototipi.

Attualmente, la limitazione di tali microapparecchiature a un'applicazione su più vasta scala è rappresentata dall'inadeguatezza degli strumenti di controllo e diagnosi on line disponibili. Per tale ragione la realizzazione di sensori di dimensioni contenute e lo sviluppo di speciali tecniche di misurazione devono ricevere la dovuta attenzione da parte degli sviluppatori di tali microsistemi. Si sottolinea comunque che le caratteristiche intrinseche di questi ultimi (flussi laminari) consentono di adottare una modellazione del primo ordine invece dei modelli di turbolenza che generalmente introducono alti gradi di arbitrarietà. La caratterizzazione dei fenomeni di trasferimento di massa ed energia è assolutamente fattibile, così come la possibilità di ricavare i parametri cinetici da misurazioni.

In termini pratici, tutto ciò implica un più completo coinvolgimento della simulazione e della modellazione che necessita comunque di una fase di sperimentazione antecedente al dimensionamento e inge-

gnerizzazione del sistema. Una risposta adeguata alle sfide poste dalla crescente evoluzione verso globalizzazione e competitività risiede nella capacità dell'ingegneria chimica di sviluppare processi innovativi per commodities e intermedi caratterizzati da un minore impatto ambientale e da una migliore qualità dei prodotti.

Parallelamente, dovranno essere rese disponibili nuove specialties per venire incontro alla richiesta di nuovi e strutturalmente più complessi prodotti di interesse commer-

ciale sicuri e non inquinanti; in tale direzione, un alto coinvolgimento nella cosiddetta 'Life-Cycle Analysis' è prevedibile.

L'ingegnere chimico potrà fare fronte a tali sfide solo adottando un approccio multidisciplinare e multiscala (dalla molecolare all'industriale); ciò al fine di comprendere e modellare opportunamente i fenomeni complessi che si realizzano alle diverse scale e che influenzano le caratteristiche del prodotto finale. Inoltre, l'ingegneria chimica sarà chiamata a sviluppare apparecchiature di nuova concezione multifunzionali e di ridottissima scala, attraverso l'ausilio di strumenti informatici sempre più sofisticati e potenti. Il dipartimento di ingegneria di EniTecnologie si è organizzato cogliendo per tempo i segnali provenienti dal mercato e seguendo le evoluzioni dello stesso.

La figura dell'ingegnere EniTecnologie è e sarà sempre più quella di un 'professional' della R&S, in grado di dare il proprio contributo in tutte le fasi di sviluppo di una nuova tecnologia, dalla provetta di laboratorio all'impianto di dimensione industriale.

Nota: questo articolo è stato tratto dal n. 1/2004 di TPoint, notiziario di EniTecnologie

L'approccio multidisciplinare

La crescente domanda di prodotti di migliore qualità e gli stringenti vincoli in tema di energia, ambiente e sicurezza stimolano l'innovazione tecnologica verso processi a basso impatto ambientale e a più efficiente impiego di materie prime ed energia. In tale direzione, è ipotizzabile che il trend evolutivo in atto nella progettazione delle unità di produzione conduca a una nuova concezione di apparecchiature chimiche, probabilmente multifunzionali, a maggiore efficienza e di dimensioni più contenute rispetto alle attuali. È quindi sempre più richiesto un approccio multidisciplinare che si avvalga di strumenti di modellazione (fluidodinamica computazionale, simulatori di processo, modelli deterministici) nella progettazione di prototipi e per lo studio e lo sviluppo di processi: è questo uno degli ambiti in cui opera il dipartimento di ingegneria in EniTecnologie.

Riferimenti

• Charpentier, J.C. "Some Trends for the Future of Chemical Engineering: Market Demands Versus Technological Offers", Proceedings of 6th Italian Conference on Chemical and Process Engineering, Pisa, 8-11 June, 2003.

• Starkiewicz, A.I., Moulijn, J.A. "Process Intensification: Transforming Chemical Engineering", Chemical Engineering Progress, Jan. 2000, pagg. 22-34.
• Ehrfeld, W., Hessel, V., Lowe, H. "Microreactors", Wiley-VCH, 2nd reprint 2003, ISBN 3-527-29590-9.