

A hand holding a smartphone in a laboratory setting with a network overlay. The background shows shelves of laboratory equipment and a network of white lines connecting nodes, symbolizing digital connectivity and simulation.

SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Il ruolo della simulazione nel settore dei beni di largo consumo

Valutare il ruolo della simulazione basata
sulla fisica nella creazione del digital twin

Sintesi

Il white paper descrive il ruolo che i metodi computazionali e la simulazione, come la fluidodinamica computazionale (CFD), il metodo degli elementi discreti (DEM), l'analisi agli elementi finiti (FEA) e altre metodologie di simulazione dei sistemi devono svolgere nella realizzazione di un digital twin per le imprese digitalizzate nel settore dei beni di consumo. Queste tecnologie hanno un ruolo importante nel validare e verificare la portata, l'applicabilità e la veridicità di un digital twin basato sui dati e sui fenomeni fisici.¹ Diversi esempi illustrano i casi d'uso e stabiliscono l'importanza di integrare vari metodi di simulazione di punti in un digital thread coerente per realizzarne il pieno potenziale.

Ravindra Aglave, Glenn Longwell e Davide Picciotto,
Siemens Digital Industries Software

Indice

Abstract	3
Principi fondamentali	4
Implementazione	6
Casi di studio	6
La simulazione per il settore dei beni di consumo e dei cosmetici	11
Conclusione	12
Riferimenti	12

Abstract

L'industria dei beni di consumo deve affrontare molteplici sfide. Un'analisi delle prestazioni di 34 delle 50 principali aziende di beni di consumo al mondo mostra come l'85% di queste abbia osservato un calo del fatturato, dei profitti o addirittura di entrambi. Solo il 15% è riuscito a uscirne indenne. Data la maggiore consapevolezza e sensibilizzazione dei consumatori su temi come la salute e l'ambiente, le aziende hanno bisogno di lanciare i prodotti sul mercato molto rapidamente per rispondere alle esigenze della clientela. Nel settore dei beni di consumo e in quello cosmetico, i consumatori sono ora i principali soggetti influenti nel processo di innovazione e richiedono prodotti personalizzati ed esperienze uniche senza costi aggiuntivi. Questo porta a realizzare lotti più piccoli di prodotti per soddisfare le esigenze diversificate e, in un certo senso, individualizzate.

Il futuro della produzione sarà in gran parte incentrato sul consumatore e i produttori dovranno stare al passo con le nuove tendenze e, al contempo, adattare le proprie imprese a ritmi più veloci e flessibili, pur mantenendo livelli elevati di qualità e sicurezza. Prodotti più complessi soddisfano le nuove richieste dei clienti, e una volta che il prodotto è stato progettato virtualmente è essenziale comprenderne e valutarne la producibilità. È possibile farlo con simulazioni CFD avanzate e, più genericamente, con metodi e simulazioni computazionali. Colmando il divario tra ricerca e sviluppo (R&S) e produzione, i piani e i processi di produzione possono essere eseguiti senza interruzioni.

Un approccio olistico basato sul digital twin che comprende il prodotto, la produzione e le prestazioni e che si avvale di una solida piattaforma di collaborazione, permette un passaggio fluido tra il mondo virtuale e quello reale.

La progettazione intelligente dei processi utilizza rappresentazioni digitali delle operazioni dell'unità di produzione per valutare le prestazioni di queste fasi. Usando la simulazione ingegneristica avanzata per creare un "gemello" delle prestazioni del processo, si possono eseguire molte prove per migliorare il progetto, soddisfare i requisiti del processo e ottimizzare le operazioni. Il digital twin di prestazioni aiuta ad eliminare le barriere del processo di produzione, generando un gemello operativo a tutti gli effetti. Utilizzando l'automazione, la simulazione di controllo e il virtual commissioning, le formule trasformate possono essere rapidamente trasferite ai siti produttivi.

L'utilizzo di dati, calcoli e algoritmi è esploso nell'ultimo decennio. Maggiori volumi di dati con calcoli ad alte prestazioni (HPC, High-Performance Computing) e algoritmi avanzati nel machine learning e nell'intelligenza artificiale stanno cambiando il modo in cui viene eseguita l'ingegneria di processo. La combinazione di dati e algoritmi può portare a modelli utilizzabili nell'analisi predittiva.

Il futuro sarà probabilmente un'ibridazione di entrambe le varietà di modelli. Il white paper indaga il ruolo dei modelli basati su fenomeni fisici, (come quelli di CFD, DEM, FEA e simulazione dei sistemi) nel sottosegmento dei beni di consumo e cosmetici delle industrie chimiche e di processo.

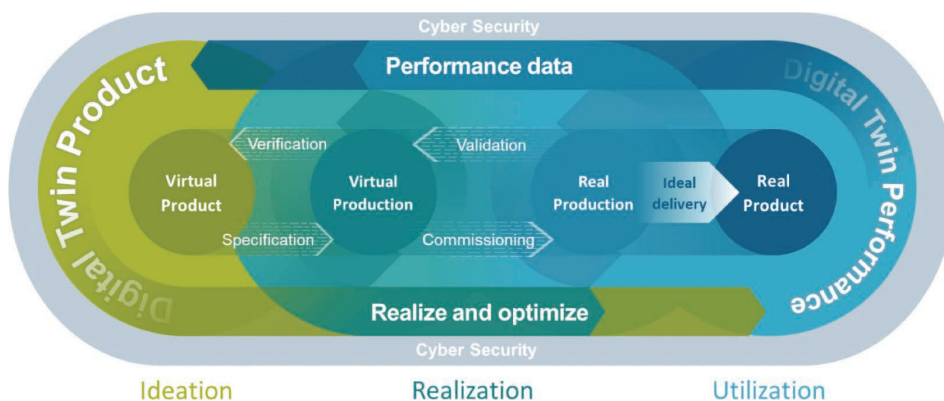


Figura 1: uno schema che mostra la visione di Siemens della digitalizzazione per l'industria dei beni di consumo. I prodotti vengono ideati e progettati virtualmente con tutti i processi necessari per fabbricarli, usando simulazioni dove necessario per validare le ipotesi, sia dal punto di vista del prodotto sia della produzione e creando un digital thread.

Principi fondamentali

Il settore dei beni di consumo e l'industria cosmetica vedono coinvolti fenomeni fisico-chimici molto complessi: flussi multifase, reazioni chimiche, trasferimenti di calore e di massa. I flussi sono sia laminari sia turbolenti, con fluidi newtoniani e non newtoniani altamente viscosi. Le interazioni fluido-fluido rivestono un ruolo decisivo in questo senso. Le reazioni chimiche avvengono anche a causa di forze elettrotermiche ed elettromagnetiche. I processi diventano più complessi perché tali interazioni dipendono dalla dimensione del fenomeno. Di conseguenza, la progettazione delle apparecchiature si è tradizionalmente basata sull'applicazione di regole empiriche e sull'esperienza. Tuttavia, per rimanere competitivi sul mercato e produrre costantemente prodotti di qualità con maggiore resa, fattore di conversione e purezza, l'industria chimica sta attivamente cercando di utilizzare un digital twin completo.

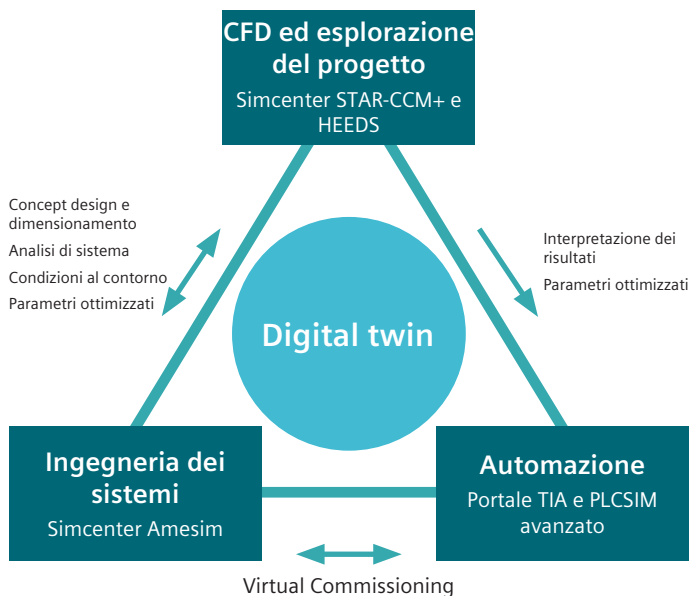


Figura 2: elementi essenziali di un digital twin di prestazioni per le industrie di processo: ingegneria di dettaglio basata sulla simulazione, simulazione di sistemi e processi e simulazione di automazione e controllo.

La fluidodinamica computazionale è diventata una tecnologia largamente accettata per progettare apparecchiature destinate a processi chimici, migliorare le prestazioni, progettare interni e valutare idee innovative. Le piattaforme di simulazione generica come il software Simcenter™ STAR-CCM+™ di Siemens Digital Industries Software risolvono le equazioni differenziali alle derivate parziali che derivano dalle leggi fondamentali di conservazione della massa, della quantità di moto e dell'energia. Le leggi di conservazione per un corpo continuo possono essere espresse usando un approccio euleriano o lagrangiano, così come una combinazione dei due. Nell'approccio euleriano, un dato volume rappresenta una porzione di spazio attraverso cui il materiale può fluire. Nell'approccio lagrangiano, un dato volume rappresenta una porzione di materiale nel fluido, quindi l'osservatore seguirà il materiale mentre si muove nello spazio. Ad esempio, in un reattore complesso, solitamente sono coinvolte diverse branche della fisica tra cui la meccanica dei fluidi, la meccanica dei solidi, lo scambio termico, l'elettromagnetismo e le reazioni chimiche.

Simcenter STAR-CCM+² consente di applicare il metodo del volume di controllo sia per le formulazioni lagrangiane che euleriane, qualunque sia la più adatta alla modellazione di un particolare campo della fisica. Per le fasi disperse, Simcenter STAR-CCM+ permette di scegliere tra formulazioni euleriane e lagrangiane per descrivere fenomeni simili. Simcenter STAR-CCM+ fornisce anche il metodo degli elementi finiti (FEM, Finite Element Method) per applicazioni di meccanica solida, elettromagnetismo e flusso viscoso.

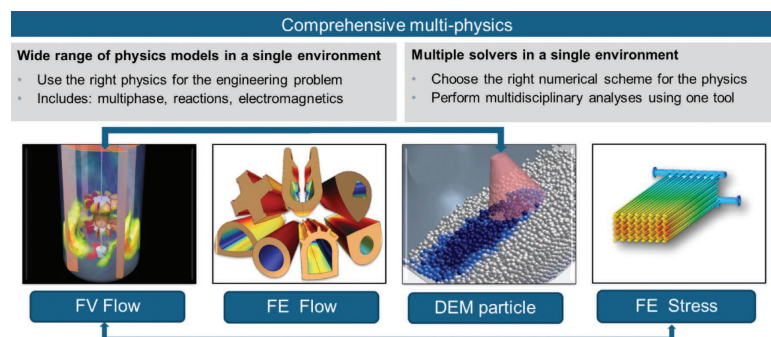


Figura 3: un requisito chiave per la simulazione è la capacità di combinare, accoppiare o interfacciare senza problemi vari campi della fisica coinvolti nel processo dato in una singola piattaforma come Simcenter STAR-CCM+.

Simcenter STAR-CCM+ è dotato anche di DEM integrato, un metodo numerico ingegneristico per simulare il movimento di molti oggetti discreti interagenti, solitamente particelle solide. La caratteristica distintiva del DEM è che le forze di contatto interparticellari sono incluse nelle equazioni del moto. Queste forze non possono essere ignorate per flussi altamente carichi (cioè, flussi con un numero elevato di particelle che interagiscono fra loro). Simcenter STAR-CCM+ utilizza un metodo di meccanica classica per modellare il DEM e si basa su una formulazione a particelle morbide in cui le particelle possono sviluppare una sovrapposizione. La forza di contatto calcolata è proporzionale alla sovrapposizione, così come al materiale delle particelle e alle proprietà geometriche.

Anche se Simcenter STAR-CCM+ offre modelli per rappresentare la fisica complessa, fornisce una robusta tecnologia di mesh poliedrica oltre alle mesh standard tetraedriche ed esaedriche. Le mesh poliedriche contengono circa cinque volte meno celle di una mesh tetraedrica per una data superficie di partenza, con il risultato di un minor numero di mesh e una simulazione più veloce. La nuova funzione AMR (Adaptive Mesh Refinement) riduce il tempo di calcolo, mantenendo la stessa precisione

e affinando dinamicamente la mesh dove necessario. L'AMR basata sul modello a superficie libera affina intelligentemente le celle per risolvere l'interfaccia gas-liquido, riducendo le sbavature. L'AMR basata sul modello overset mesh conferma la compatibilità delle dimensioni delle celle dell'interfaccia. Tutto questo si ottiene senza alcuna interazione da parte dell'utente.

Simcenter STAR-CCM+ include inoltre un solutore di analisi agli elementi finiti per l'analisi delle sollecitazioni termiche e meccaniche e la deformazione dei corpi, utilizzando metodi di deformazione della mesh. Questo lo rende unico nel fornire un workflow unificato.

Siemens ha sviluppato controlli automatici per Simcenter STAR-CCM+, che migliorano notevolmente la facilità d'utilizzo e l'affidabilità del solutore accoppiato, offrendo una convergenza più veloce verso la soluzione e dando agli utenti un'ulteriore accelerazione. Tutti i regimi di flusso, da incompressibile a completamente comprimibile, possono essere simulati direttamente senza necessità di particolari regolazioni, con prestazioni che competono (e spesso superano) le best practice che hanno richiesto tempo ed esperienza per essere sviluppate.

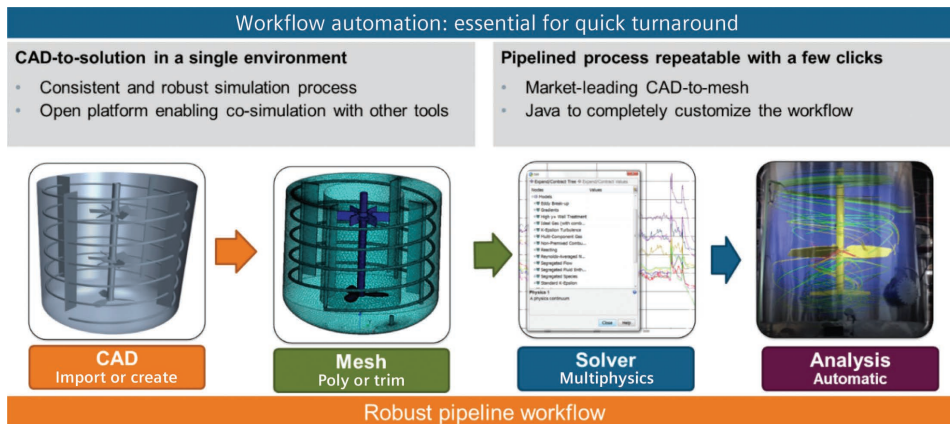


Figura 4: la valutazione delle prestazioni di un progetto o di un processo richiede l'esplorazione dell'intero spazio dei parametri operativi, richiedendo un workflow di simulazione affidabile e unificato che possa essere ripetuto senza ulteriori sforzi.

Implementazione

Tutti i metodi sopra descritti presentano vantaggi e svantaggi nel simulare apparecchiature o (parti del) processo e dovrebbero essere scelti con attenzione a seconda delle esigenze.

L'enorme vantaggio dell'applicazione della CFD risiede nelle informazioni dettagliate che fornisce su flusso, massa, energia e distribuzione delle specie. Ciò permette un'analisi e una comprensione dettagliate dell'interazione e della dipendenza delle diverse variabili, che non possono essere ottenute in via sperimentale con una precisione e un livello di dettaglio comparabili. Inoltre, le simulazioni sono intrinsecamente sicure

e convenienti, specialmente quando si tratta di esplorare il progetto o le condizioni operative, dove le modifiche possono essere applicate istantaneamente nella realtà virtuale. Questi attributi sono diventati ancora più importanti con l'emergere della stampa 3D, eliminando molti dei vincoli progettuali precedentemente imposti dai processi di produzione tradizionali. Le sezioni seguenti presentano alcuni esempi dell'uso di Simcenter STAR-CCM+ per eseguire simulazioni CFD in combinazione con l'esplorazione dello spazio di progettazione nelle industrie dei beni di consumo e cosmetici.

Casi di studio

1. Processo di scale-up

Una delle tante sfide nel settore alimentare è prendere creazioni innovative e interessanti dal laboratorio e realizzare progetti ingegneristici che possano essere portati rapidamente in produzione, garantendo al contempo la sicurezza, la qualità e l'uniformità del prodotto. La progettazione tecnica del processo si pone anche l'obiettivo di ottimizzare il rendimento e diminuire l'energia e l'impiego delle materie prime.

La simulazione può portare valore al processo di scale-up. Anche se la lavorazione di molti beni di consumo coinvolge un complesso comportamento multifisico, i rapidi progressi nella potenza di calcolo e nelle tecniche hanno portato molti di questi processi complessi alla portata di coloro che vogliono creare modelli predittivi ad alta fedeltà. Esempi tipici sono la miscelazione, il trasporto, la cottura, il congelamento, l'estrusione e il riempimento, ovvero ovunque ci siano flussi di fluidi, flussi di particelle, scambio termico o (tipicamente) una combinazione di tutti e tre.

La simulazione del processo di scale-up può essere vista come una procedura a più fasi. Il prodotto per il quale si desidera lo scale-up viene prima sviluppato in quantità relativamente piccole su scala di laboratorio. Viene quindi eseguita una simulazione di quel processo per acquisirne la fisica e validare il modello. Da questa fase si può comprendere in modo approfondito il processo e usare la simulazione ancora una volta per progettare e analizzare il processo su scala pilota. Con la conoscenza acquisita dal primo modello, in questa fase si può iniziare a esplorare lo spazio di progettazione per trovare soluzioni innovative. A questo punto il processo viene prodotto su scala pilota. I risultati validati su due scale ci garantiscono la massima tranquillità nell'uso della simulazione per progettare il processo in scala reale. Inoltre, le simulazioni offrono una profonda comprensione del processo, inclusa la determinazione delle variabili decisive per lo scale-up. Naturalmente, nel processo in scala reale è possibile condurre un gran numero di esperimenti virtuali anche in mancanza di tempo o risorse per eseguirli sull'attrezzatura reale.

Nel settore Food & Beverage, la sicurezza e la sterilizzazione dei prodotti sono di vitale importanza. È anche un'area in cui la simulazione può fornire il tipo di guida necessaria per scalare il processo. Un processo di sterilizzazione può funzionare molto bene su piccola scala ma incontrare diverse difficoltà al momento della produzione. Questo è dovuto principalmente al fatto che vari comportamenti fisici come lo scambio termico, la miscelazione e la sospensione scalano in modo diverso con le dimensioni dell'apparecchiatura e la produzione. Il time-to-market e il consumo di energia impiegato per la sterilizzazione possono influenzare la redditività di un prodotto. Spesso, solo un numero limitato di esperimenti con un numero limitato di sonde di temperatura è fattibile e, nella maggior parte dei casi, molte variabili critiche non possono essere misurate all'interno di un contenitore alimentare sigillato senza influenzare il processo stesso. La simulazione fornisce una sonda di temperatura virtuale all'interno del dominio di interesse.

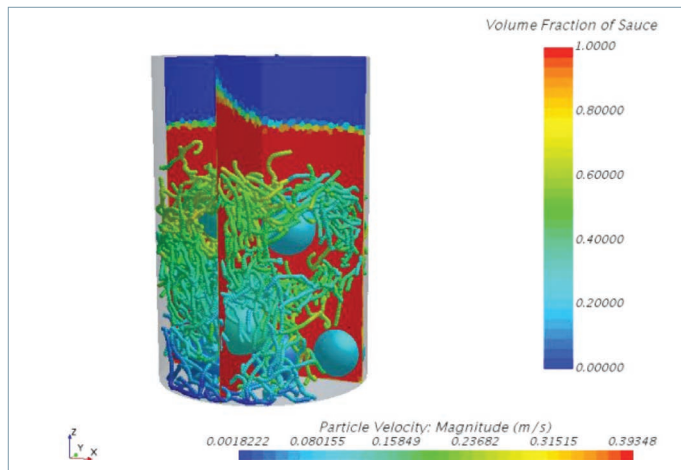


Figura 5: tracciati dei contorni della frazione di volume della salsa di pomodoro e della velocità delle particelle solide (polpette e spaghetti) in un barattolo.

ConAgra Brands, Inc.³ ha eseguito le simulazioni di una storta girevole utilizzando Simcenter STAR-CCM+ per avere un'idea del processo di sterilizzazione. Il sistema in esame comprendeva sia liquidi sia corpi solidi multipli (forme) con proprietà variabili. L'obiettivo era quello di accertare che ognuno dei solidi avesse raggiunto la temperatura necessaria. La simulazione può fornire un livello di comprensione che è difficile o impossibile da ottenere con la sperimentazione. Questa applicazione illustra la necessità di una soluzione software che può facilmente gestire sia i fluidi sia i solidi nello stesso ambiente di simulazione, come Simcenter STAR-CCM+. La simulazione ha aiutato ConAgra ad accelerare il processo di scale-up per una confezione di spaghetti con polpette di carne in salsa di pomodoro, aumentando l'efficienza del processo e minimizzando la perdita di qualità. Sohan Birla, Principal Research Engineer di ConAgra,

afferma: "La funzionalità DEM di Simcenter STAR-CCM+ ci ha aiutato a simulare uno scambio termico molto complesso nella lattina riempita di particolato alimentare. Il modello ha fornito uno sguardo approfondito all'interno della lattina sottoposta a un complesso movimento rotatorio e traslatorio nella storta".

Un lavoro di ricerca simile è stato fatto da Jafari⁴ nel raffreddamento a spruzzo di barattoli di sugo di pomodoro caldo. La simulazione è stata usata per capire il comportamento di raffreddamento in funzione del tasso di rotazione dei barattoli e delle caratteristiche dello spray. La simulazione ha fornito una visione dello scambio termico e della fluidodinamica di ciò che stava accadendo all'interno della lattina. A partire da questa conoscenza, la simulazione può ora essere usata per determinare le condizioni operative al fine di ottimizzare il rendimento, l'energia e l'efficienza dell'acqua durante il processo di scale-up.

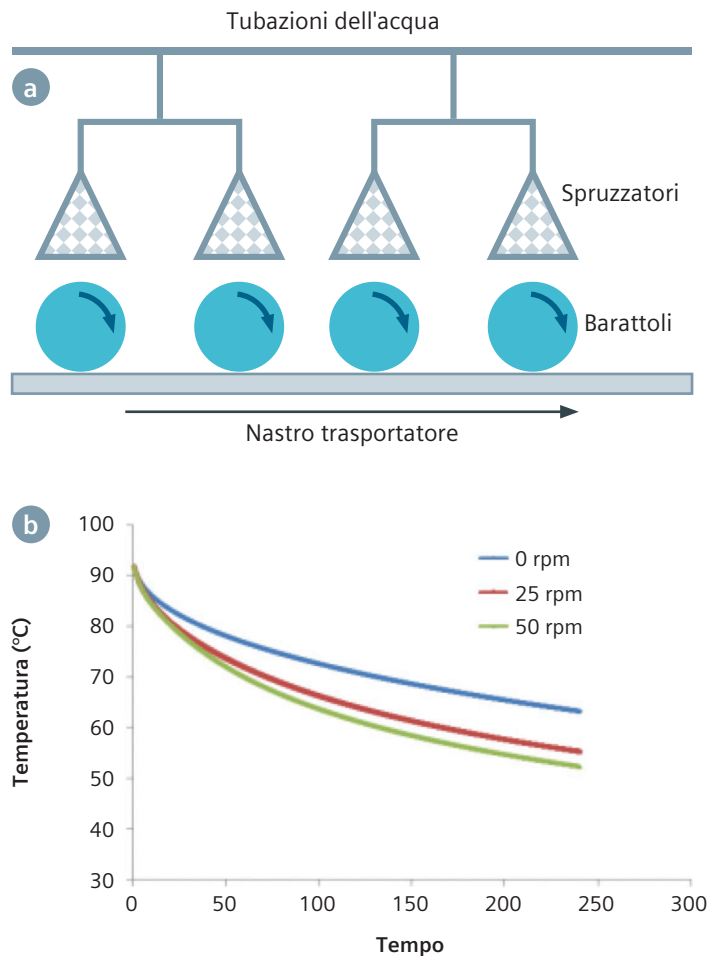


Figura 6: (a) Sistema di raffreddamento a spruzzo che fa ruotare i barattoli su un nastro trasportatore. (b) Effetto della velocità di rotazione sul raffreddamento dei barattoli, calcolato utilizzando la simulazione CFD dello spruzzo e dello scambio termico con Simcenter STAR-CCM+.

2. Progettazione del packaging

L'esperienza del consumatore che usa un prodotto determina se il prodotto sarà apprezzato e utilizzato in futuro. Ha un impatto decisivo sul successo commerciale del prodotto. Tale esperienza può andare dallo schiacciamento della bottiglia alla dose di un prodotto cosmetico come lo shampoo o un prodotto alimentare come il ketchup.

• Flacone antigoccia di detersivo per il bucato

L'obiettivo di Unilever era quello di progettare flaconi di detersivo per il bucato che consentissero di versare il prodotto senza sgocciolare. Un tale progetto deve tenere conto del passaggio di un flusso di liquido non newtoniano attraverso il beccuccio della bottiglia. Il design del beccuccio deve essere abbastanza grande da consentire un flusso di detergente appropriato ma, al contempo, evitarne la fuoriuscita o lo sgocciolamento. Unilever si era affidata principalmente a metodi sperimentali creando prototipi delle bottiglie e testandole per analizzare il gocciolamento. Con l'ausilio di Simcenter STAR-CCM+ in esecuzione su un supercomputer, Unilever è potuta passare a un processo completamente virtuale per testare i prototipi.



Figura 7: Simcenter STAR-CCM+ che mostra il processo di versamento di una tipica confezione di detersivo per bucato con un primo piano del design del beccuccio.

Il tempo di sviluppo è passato da 20 a 2 settimane per un solo progetto.⁵ Inoltre, il tempo complessivo necessario per lanciare il prodotto sul mercato è stato letteralmente dimezzato e i costi di sviluppo del packaging si sono ridotti del 55%.

• Dosaggio di una bottiglia di ketchup

Il tasso di dosaggio può essere calcolato utilizzando simulazioni fluidodinamiche e strutturali, che tengono conto del comportamento strutturale dell'imballaggio e del comportamento non newtoniano del ketchup. Tale struttura può essere utilizzata per creare un workflow di prototipazione rapida per la progettazione di nuove confezioni.

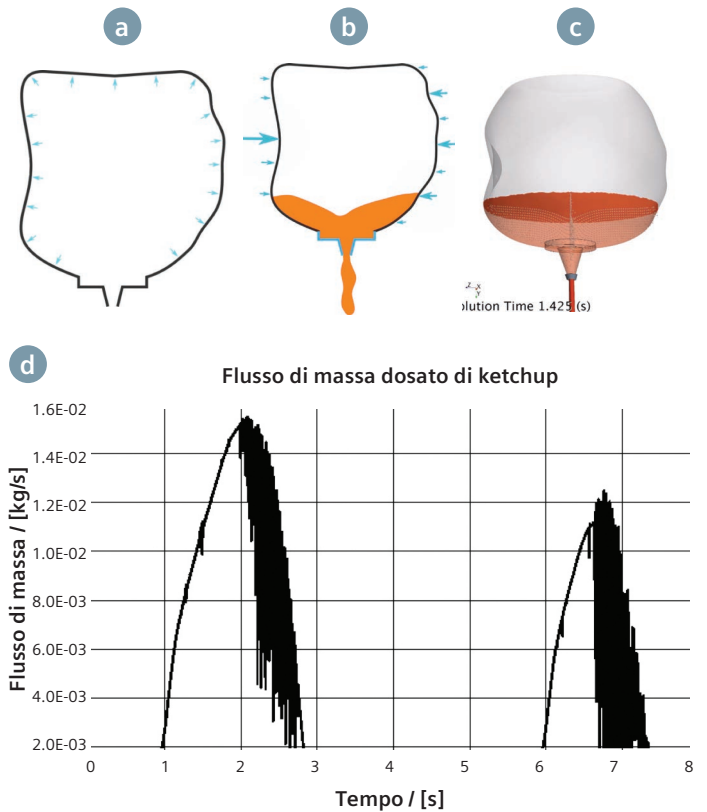


Figura 8: (a) Bottiglia di ketchup con simulazione di impronte di dita. (b) Liquido che fluisce in seguito allo schiacciamento della bottiglia. (c) Simulazione CFD che mostra l'erogazione di ketchup. (d) Dosaggio del ketchup.

- **Produzione di bottiglie più resistenti e leggere**

La progettazione di una bottiglia di vetro è un altro esempio in cui l'utente deve tenere conto del complesso comportamento del materiale del vetro, del processo di pressatura e soffiatura delle forme della bottiglia e della simulazione termica del processo di raffreddamento. Bottero ha usato con successo la simulazione per progettare bottiglie più leggere, ma al contempo resistenti.⁶

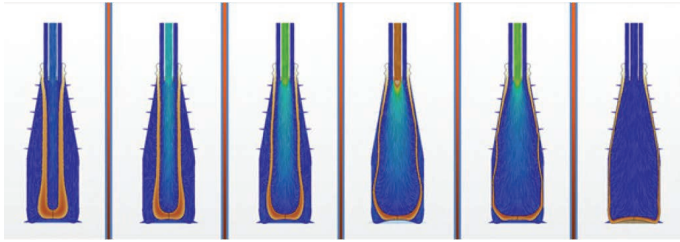


Figura 9: istantanee della simulazione del processo di pressatura e soffiatura nel tempo (partendo da sinistra). Bottero usa la simulazione per progettare bottiglie più leggere (meno massa) ma più resistenti per gli scopi a cui sono destinate. Immagine gentilmente concessa da Bottero.

3. Virtual commissioning di macchine imbottigliatrici

Il software Simcenter Amesim™ include librerie multifisiche pronte all'uso, combinate con soluzioni applicative e settoriali supportate dalle avanzate funzionalità della piattaforma, per consentire di creare rapidamente i modelli ed eseguire analisi precise. È un ambiente aperto che può essere integrato nei processi aziendali per la progettazione e l'ottimizzazione. Ronchi Mario S.p.A., un produttore di macchine riempitrici, ha usato Simcenter Amesim per studiare le scelte progettuali che avrebbero mantenuto la pressione nelle linee di riempimento. L'intero sistema simulato con Simcenter Amesim consisteva in un serbatoio, una pompa, metri di tubazioni attraverso le quali veniva pompato il fluido e diverse valvole di dosaggio che iniettavano il fluido all'interno dei contenitori che dovevano essere riempiti. L'esecuzione di simulazioni consente di mettere in funzione la macchina virtualmente e di farla funzionare

correttamente fin dal primo tentativo, risparmiando molto tempo, a volte diverse settimane. Grazie alla simulazione ad alta precisione di Simcenter Amesim, Ronchi Mario S.p.A. ha ridotto il numero di prototipi fino al 20% per ogni progetto. La simulazione permette al team di prevedere il comportamento della macchina e determinare il design migliore prima della produzione del prototipo stesso.

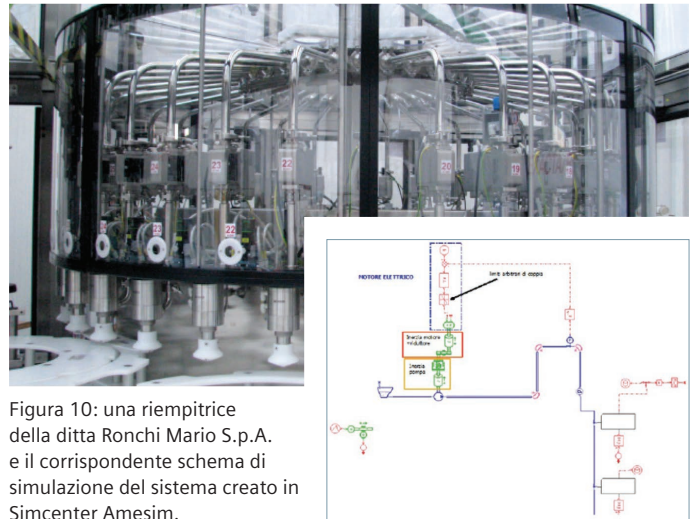


Figura 10: una riempitrice della ditta Ronchi Mario S.p.A. e il corrispondente schema di simulazione del sistema creato in Simcenter Amesim.

Siemens prevede di integrare i risultati delle soluzioni di simulazione CFD ad alta fedeltà come Simcenter STAR-CCM+ nelle simulazioni dei sistemi di Simcenter Amesim. Ad esempio, con la simulazione CFD è possibile effettuare un'analisi completa in 3D delle valvole, con Simcenter Amesim che consente la valutazione delle condizioni al contorno e la CFD 3D che fornisce approfondimenti dettagliati sul comportamento. Questo tipo di co-simulazione combina i punti di forza complementari di entrambi i tipi di simulazioni per fornire l'analisi migliore di interi sistemi.

4. Atomizzatore: abbinamento di CFD e simulazione di processo

Gli atomizzatori (anche detti spray dryer) sono ampiamente utilizzati per essiccare sospensioni liquide (slurry) mediante flussi di gas caldo. La progettazione e l'ottimizzazione della camera dell'atomizzatore dipende fortemente dal processo e dai materiali trattati. In genere, non può essere fatto senza i componenti a monte e a valle, ovvero le attrezzature di separazione come i cicloni o i filtri, come mostrato nella figura 11. La progettazione è tipicamente eseguita con uno strumento di simulazione di processo come gPROMS, dove ogni componente dell'apparecchiatura è rappresentato da un modello semplificato, spesso un modello 0D o 1D. Questo rende la simulazione del processo estremamente veloce, ma non tiene conto di eventuali disomogeneità che possono influenzare

in modo significativo le prestazioni previste, soprattutto nell'unità dell'atomizzatore dove possono verificarsi grandi differenze di velocità e temperatura. Tali differenze possono essere quantificate da una simulazione CFD, ma di solito è un metodo che richiede parecchio tempo e non può essere combinato direttamente con una simulazione flow-sheet. Un approccio ibrido di abbinamento multizonale può superare questa limitazione: una simulazione CFD convergente è divisa in alcune zone, ciascuna con proprietà approssimativamente costanti. Le proprietà di flusso e i flussi mediati da queste zone vengono passati a una rete di reattori della simulazione del processo. Con questo approccio, le disomogeneità vengono rilevate dalla simulazione del processo ottenendo una precisione significativamente più elevata.

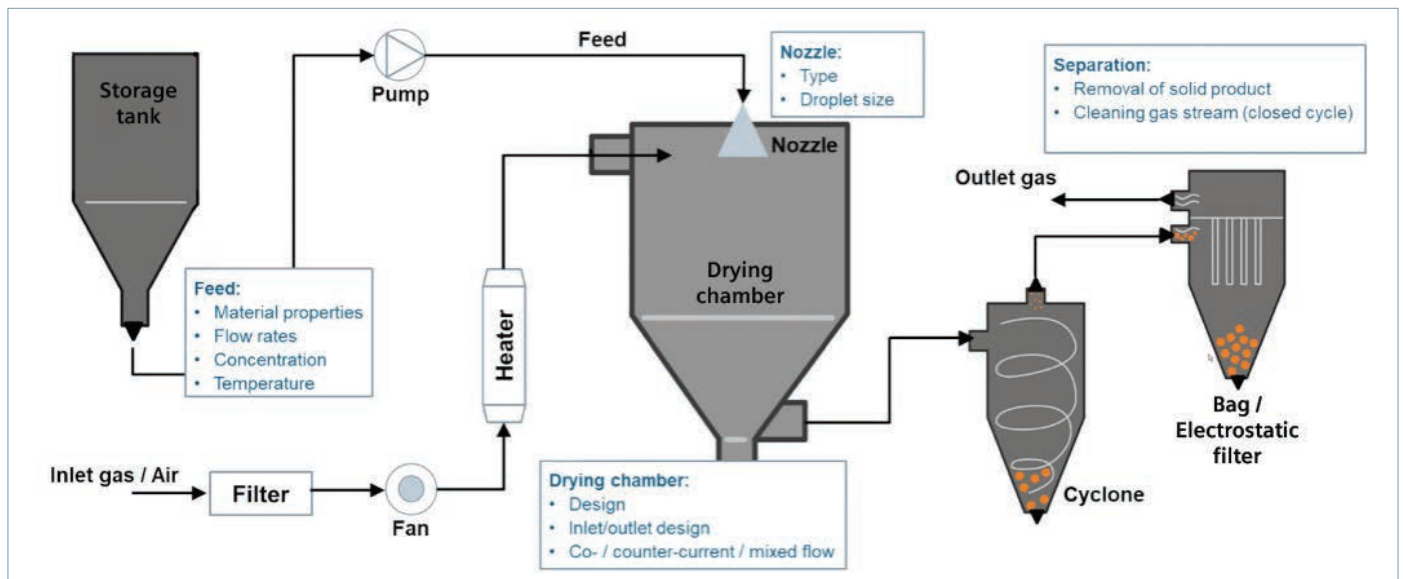


Figura 11: flusso di un processo generico di essiccazione con atomizzatore. Per ottimizzare la camera di essiccazione, è necessario considerare le attrezzature a monte e a valle.

La simulazione per il settore dei beni di consumo e dei cosmetici

Attualmente, diversi elementi di simulazione sono utilizzati come soluzioni puntuali scollegate l'una dall'altra. I digital thread che passano attraverso un digital twin o soluzione puntuale richiedono un'interfaccia tra ciascuna delle soluzioni. In Siemens, queste procedure sono già ben avviate.

Come riassunto nell'articolo *Simulation in the lifecycle of a process plant*,⁸ in futuro, le simulazioni saranno usate sistematicamente e saranno parte integrante della normale ingegneria e dei processi operativi durante l'intero ciclo di vita degli impianti di processo. La progettazione e il funzionamento di un impianto si baseranno su una rappresentazione virtuale

di esso e le decisioni saranno valutate e prese in base al digital twin dell'impianto. I nuovi impianti saranno prima pianificati e sviluppati virtualmente e, anche negli impianti esistenti, non saranno fatte modifiche prima di un controllo precedente nell'impianto virtuale. Una volta sviluppati, i modelli saranno riutilizzati e perfezionati nel corso del ciclo di vita. Questo sarà supportato dagli standard di scambio e co-simulazione disponibili. La configurazione dei modelli di simulazione è fatta in modo modulare per permettere il riutilizzo e un layout efficiente. I modelli di simulazione (moduli) possono essere collegati tra loro per avviare istantaneamente la simulazione.

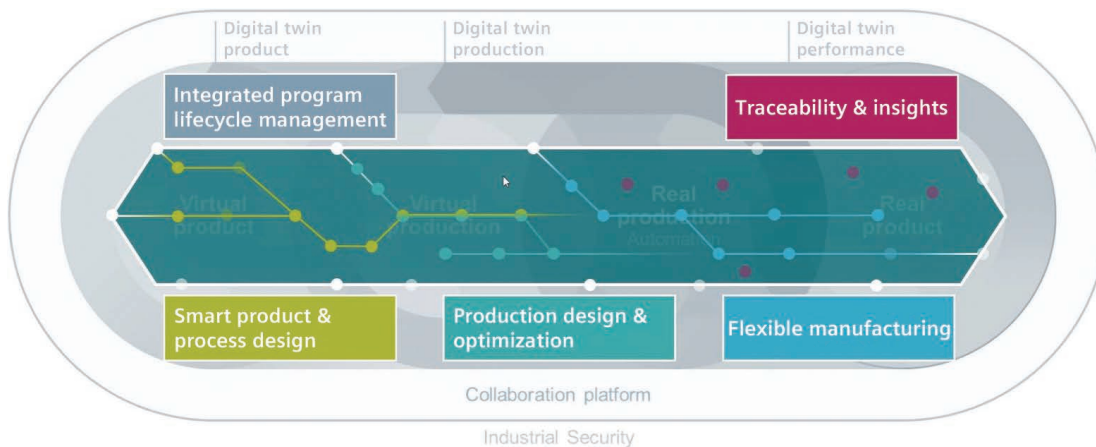


Figura 12: in quanto ecosistema integrato di tecnologie digitali, pochi digital thread specifici del settore lavorano insieme per integrare il mondo reale e quello virtuale, in modi che promettono di rivoluzionare le modalità in cui i prodotti vengono ideati, progettati, realizzati e consegnati.

Conclusione

Le industrie dei beni di consumo prevedono un'ampia varietà di flussi, talvolta molto complessi, che vanno da flussi monofase di gas e liquidi a flussi multifase come gas-liquido, gas-solido, liquido-solido e gas-liquido-solido. I processi generalmente implicano interazioni fluido-solido, distribuzioni delle dimensioni dei particolati, scambi termici, trasferimenti di massa e combustione. Il settore sta attuando una profonda trasformazione, passando dai tradizionali approcci basati su regole empiriche, controllati da esperti di progettazione, ad approcci basati sulla simulazione. Anche l'industria farmaceutica, storicamente conservatrice, sta adottando piattaforme basate sulla simulazione ingegneristica, al fine di valutare i progetti delle attrezzature e i diagrammi di flusso completi per ottenere

le prestazioni desiderate e diminuire la dipendenza dalle prove sperimentali. L'industria sta riconoscendo l'importanza del digital twin in tutte e tre le sue forme: per il prodotto, per l'impianto di produzione e basato sul modello per le prestazioni del prodotto o del processo di produzione. Simcenter STAR-CCM+, Simcenter Amesim, Simcenter 3D e gPROMS sono alcuni dei principali strumenti di calcolo che offrono alternative di modellazione per rappresentare realisticamente la fisica complessa, che prevede flussi monofase e multifase con reazioni chimiche, gas, liquidi, combustione solida, flussi di particolato altamente carichi abbinati a processi elettrochimici, termoelettrici ed elettromagnetici.

Riferimenti

1. Pantelides, Costas, "Deep knowledge in the process industries," 2nd European Forum on New Technologies -- DIGITALISATION IN CHEMICAL ENGINEERING, Marzo 2019, Francoforte, Germania.
2. Simcenter STAR-CCM+ descrizione prodotto: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/simcenter/STAR-CCM.html>
3. Birla, Sohan, "Modeling of Sterilization of Food Particulates in Continuous Retort," <https://community.sw.siemens.com/s/article/conagra-brands-modeling-of-sterilization-of-food-particulates-in-continuous-retort>
4. Jafari, Masoumeh, "Analysis of heat transfer in spray cooling systems using numerical simulations" (2014). *Electronic Theses and Dissertations*. Paper 5028.
5. "Drip-free design meets need for speed with Unilever," <https://stfc.ukri.org/about-us/our-impacts-achievements/case-studies/drip-free-design-meets-need-for-speed>
6. Ferguson, S., "Designed with STAR-CCM+ software: Stronger, lighter, glass bottles." <https://www.digitalengineering247.com/article/designed-with-star-ccm>
7. Ronchi Mario chooses Simcenter Amesim Simulation Software: <https://www.bsim-engineering.com/ronchi-mario-industrial-machinery-manufacturer-chooses-simcenter-amesim>
8. Oppelt, M., Wolf, G., Barth, M. und Urbas, L. (2015). *Simulation in the lifecycle of a process plant*, 57(09), (pp. 46-59). http://ojs.di-verlag.de/index.php/atp_edition/article/view/2279

Siemens Digital Industries Software

Sede centrale

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Americhe

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Europa

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Asia-Pacifico

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

Informazioni su Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software promuove la trasformazione delle aziende verso la "Digital Enterprise", dove ingegneria, produzione e progettazione elettrica incontrano il futuro. Xcelerator, il portfolio completo e integrato di software e servizi offerto da Siemens Digital Industries Software, aiuta le aziende di ogni dimensione a sviluppare e trarre vantaggio dai digital twin, che mettono a disposizione nuove conoscenze, nuove opportunità e livelli crescenti di automazione, al fine di favorire l'innovazione. Per maggiori informazioni sui prodotti e servizi di Siemens Digital Industries Software, visita il sito [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) o seguici su [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) e [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2020 Siemens. Un elenco di marchi Siemens è disponibile [qui](#). Tutti gli altri marchi commerciali, marchi registrati o marchi di servizio appartengono ai rispettivi detentori.

83264-C3-IT 4/21 LOC