

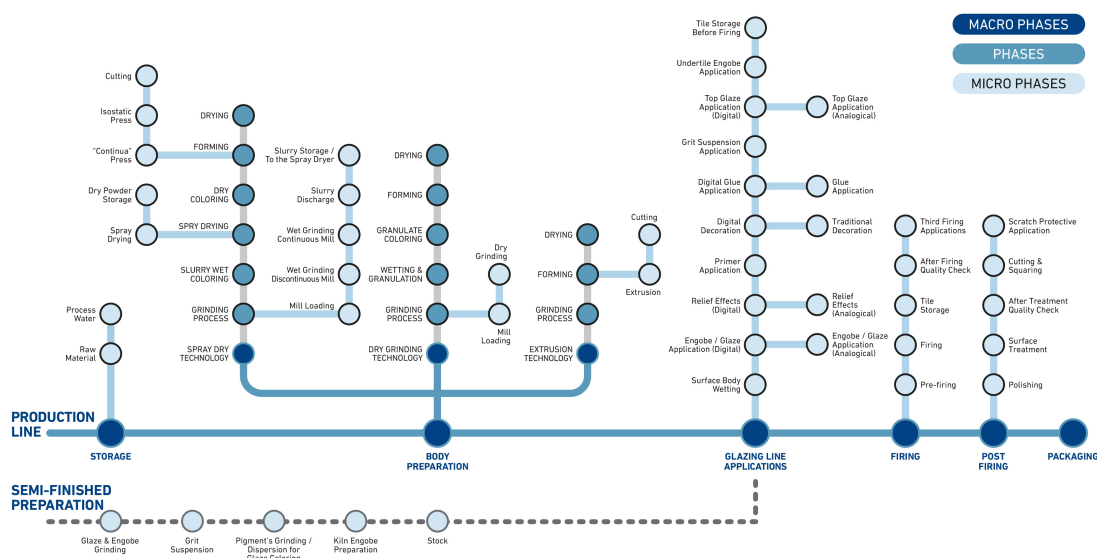


ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

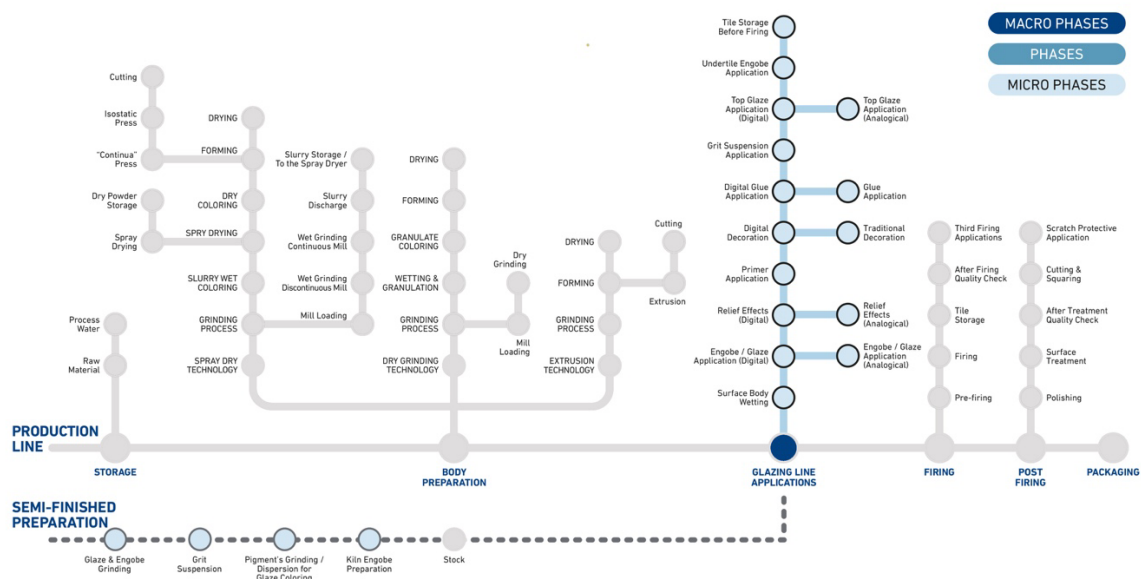
APPARENTLY INVISIBLE YET CONSTANTLY PRESENT

At every stage of the ceramic production process

A journey through problems & solutions



#65 ADDITIVI REOLOGICI E PROCESSI CERAMICI: PRINCIPI, FUNZIONI E RUOLO





ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

2 | 7

Indice

1. Premessa
2. Le principali categorie di additivi
3. Stabilità colloidale e interazione tra particelle
4. Il doppio strato elettrico
5. Stabilizzazione elettrostatica e sterica
6. I leganti
7. Conclusioni

1. Premessa

La maggior parte dei processi utilizzati per la produzione di manufatti ceramici si basa sulla dispersione di polveri in un mezzo liquido, generalmente acqua, così da ottenere una sospensione (o più in generale un sistema disperso).

Il passaggio di polveri solide in un fluido, pur richiedendo un controllo accurato, offre in ogni caso numerosi vantaggi dal punto di vista produttivo. I vantaggi offerti dai processi basati sulla dispersione delle polveri in fase liquida sono a tutti gli effetti indiscutibili, ma comportano anche alcune criticità direttamente legate alla natura stessa di questi sistemi.

Uno dei problemi principali è il fenomeno dell'agglomerazione tra le particelle di polvere che può portare alla formazione di grandi agglomerati; questi possono dar luogo a problemi di separazione di fase (sedimentazione) oppure, se restano sospesi, possono aumentare la viscosità dei sistemi rendendo più difficili le operazioni di movimentazione, di formatura e di applicazione, o portare a prodotti solidi meno impaccati e quindi di densità minore rispetto a quelle desiderate.

Il contenimento dell'aggregazione particellare è quindi un aspetto cruciale, soprattutto per i sistemi destinati al colaggio, dove è richiesta una bassa viscosità. In altri processi, come l'estrusione o lo stampaggio a iniezione, si opera invece con sospensioni volutamente flocculate, più adatte a garantire la risposta reologica necessaria. In generale, ridurre la formazione di agglomerati equivale ad aumentare la stabilità colloidale del sistema.

In termini generali, l'uso degli additivi risponde a tre esigenze fondamentali: migliorare l'efficienza dei processi di formatura e applicazione, garantire una sufficiente coesione e resistenza del manufatto allo stato crudo e, non da ultimo, innalzare la qualità complessiva del prodotto ceramico finito.

2. Principali categorie di additivi

Per quanto complesso possa essere un sistema ceramico in sospensione, i suoi elementi fondamentali possono sempre essere ricondotti a tre componenti principali: le polveri solide, il liquido in cui sono disperse e gli additivi. Questa suddivisione resta valida indipendentemente dalla composizione chimica, dallo stato fisico dei materiali o dal numero di sostanze coinvolte.



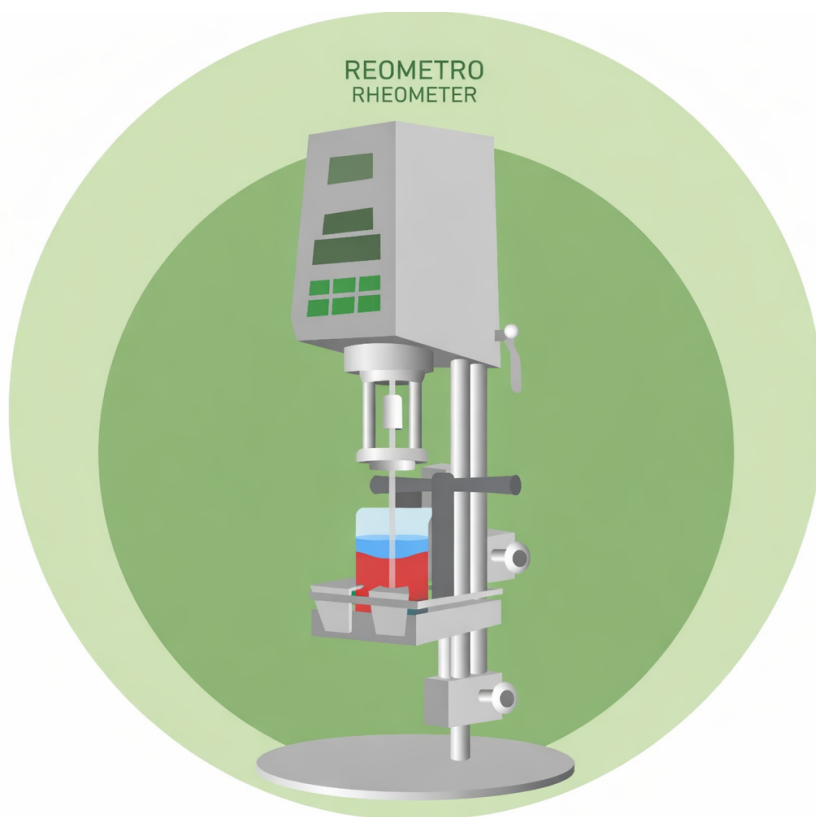
ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

3 | 7

Una prima distinzione tra gli additivi può essere fatta in base all'effetto principale che esercitano sulla sospensione. Va comunque ricordato che uno stesso prodotto (additivo) può produrre più effetti contemporaneamente, rientrando quindi in più categorie.

Le due famiglie più diffuse sono quelle dei deflocculanti e dei leganti.

I deflocculanti hanno la funzione di limitare l'aggregazione tra le particelle solide, rendendo il sistema più fluido. La riduzione della viscosità, spesso associata a questi additivi, è in realtà una conseguenza della diminuzione degli agglomerati, non il loro obiettivo diretto. I leganti, al contrario, favoriscono la formazione di una struttura reticolare tra le particelle, conferendo elasticità e coesione al materiale.



Accanto a queste due categorie principali esiste un'ampia gamma di additivi utilizzati per ottimizzare le prestazioni di processo e la qualità dei prodotti finali. Tra questi rientrano i tensioattivi, impiegati per migliorare la bagnabilità delle superfici e facilitare la dispersione delle polveri; i plastificanti, che modificano il comportamento viscoelastico; gli agenti antischiuma o schiumogeni, utilizzati rispettivamente per contrastare o favorire la formazione di bolle sulla base delle esigenze; i lubrificanti, che riducono l'attrito con le superfici solide; e infine battericidi e fungicidi, introdotti per limitare la degradazione biologica dei componenti organici presenti nei sistemi.

Nel linguaggio tecnico ceramico vengono spesso utilizzati termini come disperdente, deflocculante e fluidificante in modo non sempre rigoroso. È quindi utile chiarire che con disperdente si indica semplicemente il liquido che ospita le particelle solide, mentre un deflocculante è una sostanza che, aggiunta in piccole quantità, riduce l'aggregazione tra le particelle. Il termine fluidificante, invece, è più generico e si riferisce a qualsiasi intervento in grado di abbassare la viscosità del sistema. Tuttavia, fluidificare per diluizione e fluidificare tramite deflocculazione sono operazioni



ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

4 | 7

profondamente diverse: nel primo caso si riduce la concentrazione di solidi, nel secondo si mantiene invariato il contenuto solido agendo esclusivamente sulle interazioni tra le particelle. Anche se entrambi gli approcci portano a una diminuzione della viscosità, le conseguenze sul processo e sul prodotto finale sono molto differenti.

Nel caso degli smalti si incontrano talvolta denominazioni come sospensivante o collante, che corrispondono sostanzialmente ai concetti di deflocculante e legante. Proprio queste due famiglie di additivi rappresentano gli strumenti principali per il controllo reologico dei sistemi ceramici e meritano quindi un'attenzione particolare.

3. Stabilità colloidale e interazione tra particelle

Il processo ceramico basato sulla dispersione delle polveri in un mezzo liquido prende il nome di processo ceramico colloidale, a evidenziare come il comportamento delle sospensioni formate sia determinato principalmente dalle interazioni tra le particelle colloidali. In questi sistemi, il comportamento della sospensione non è determinato dall'intera massa solida, ma soprattutto da una frazione di particelle molto fini, responsabili delle interazioni che governano stabilità e reologia.

Anche se solo una parte delle particelle presenti ha dimensioni tali da influenzare in modo significativo il sistema, è proprio questa componente a determinare la viscosità, la tendenza all'aggregazione e la facilità di movimentazione della sospensione. Quando le particelle tendono ad avvicinarsi e a formare agglomerati, il sistema perde stabilità, producendo diversi effetti negativi come l'aumento della viscosità o la comparsa di fenomeni di sedimentazione.

Per la maggior parte delle applicazioni industriali è quindi essenziale ottenere sospensioni sufficientemente stabili, in grado di garantire una distribuzione uniforme delle particelle e un controllo adeguato delle loro dimensioni. Questo consente di lavorare con materiali facilmente applicabili, senza compromettere la qualità del processo.

Nelle condizioni reali, una stabilità perfetta è rara. Più spesso si opera con sistemi debolmente flocculati, in cui le forze attrattive che favoriscono l'aggregazione sono bilanciate da forze repulsive che mantengono le particelle a una distanza controllata. Gli agglomerati che si formano in queste situazioni sono poco resistenti e possono essere facilmente disgregati dal movimento del fluido.

Il ruolo dei deflocculanti è proprio quello di rafforzare le forze repulsive tra le particelle, limitandone l'aggregazione. Questo risultato può essere ottenuto aumentando la repulsione di natura elettrica oppure creando una barriera fisica sulle superfici delle particelle che ne impedisca l'avvicinamento. In entrambi i casi, l'obiettivo è mantenere le particelle separate quanto basta per assicurare stabilità, lavorabilità e controllo del sistema nel suo complesso.

4. Il doppio strato elettrico

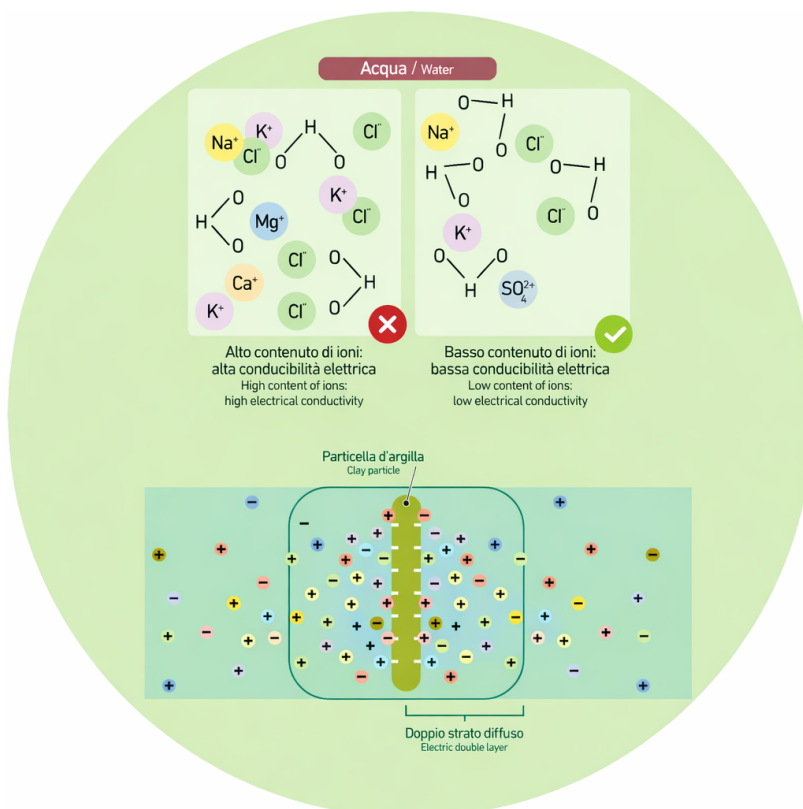
Quando le polveri ceramiche vengono disperse in un liquido, oltre alla naturale tendenza ad aggregarsi, si verificano anche fenomeni di natura elettrica. Le particelle solide interagiscono con il mezzo disperdente attraverso scambi ionici che portano alla formazione di una **carica elettrica sulla loro superficie**. Questo processo dipende dalle caratteristiche delle particelle e dal tipo di liquido utilizzato.



ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

5 | 7

La presenza di una carica superficiale genera una riorganizzazione degli ioni presenti nella soluzione: quelli di segno opposto vengono attratti verso la superficie delle particelle, mentre quelli con lo stesso segno tendono ad allontanarsi. In questo modo si forma una struttura composta dalla superficie carica della particella e da uno strato di liquido ricco di ioni compensatori che la circonda. Questa configurazione, nota come **doppio strato elettrico**, garantisce l'equilibrio elettrico del sistema.



Il doppio strato svolge un ruolo fondamentale nella stabilità delle sospensioni. Quando particelle con cariche dello stesso segno si avvicinano, l'interazione tra gli strati ionici che le circondano genera forze repulsive che ostacolano il contatto diretto, limitando così l'aggregazione. L'efficacia di questo meccanismo dipende dalle condizioni chimiche del sistema, in particolare dalla concentrazione di ioni nel liquido, che può rafforzare o indebolire l'effetto stabilizzante.

In alcuni casi, la distribuzione della carica sulla superficie delle particelle non è uniforme. Questo accade soprattutto quando la loro forma non è simmetrica, come nel caso delle particelle argillose, che presentano superfici e bordi con caratteristiche diverse. In funzione dell'ambiente chimico, e in particolare del pH, queste particelle possono caricarsi in modo omogeneo oppure sviluppare cariche di segno opposto su zone diverse. Quest'ultima condizione può favorire attrazioni localizzate tra particelle e portare alla formazione di strutture più complesse all'interno della sospensione.

Nel complesso, i fenomeni elettrici che si sviluppano durante la dispersione delle polveri in un liquido sono determinanti per il controllo della stabilità e del comportamento reologico dei sistemi ceramici.



ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

6 | 7

5. Stabilizzazione elettrostatica e sterica

Il livello di repulsione tra le particelle in una sospensione può essere valutato attraverso parametri che descrivono l'intensità delle interazioni elettriche in gioco: valori più elevati indicano una maggiore capacità delle particelle di mantenersi separate. Tuttavia, nei sistemi reali questa repulsione naturale non è spesso sufficiente a contrastare le forze attrattive che favoriscono l'aggregazione, rendendo necessario un intervento mirato per migliorare la stabilità del sistema.

Poiché ridurre le forze attrattive non è generalmente possibile, l'approccio più efficace consiste nel rafforzare le forze repulsive tra le particelle. Questo obiettivo viene raggiunto attraverso l'impiego di **deflocculanti**, additivi progettati per limitare l'avvicinamento delle particelle. Tali sostanze possono agire aumentando la repulsione di tipo elettrico oppure creando una barriera fisica sulla superficie delle particelle che ne impedisce il contatto diretto. In molti casi, le soluzioni più efficaci combinano entrambi i meccanismi.

Nei sistemi acquosi sono comunemente utilizzati deflocculanti di natura inorganica o polimerica, selezionati in base alle caratteristiche del materiale e del mezzo disperdente. I deflocculanti di tipo sterico presentano il vantaggio di essere meno influenzati dalle variazioni della composizione ionica del sistema, garantendo una stabilità più costante.

Un aspetto fondamentale nell'uso dei deflocculanti riguarda la scelta del prodotto più adatto e, soprattutto, del corretto dosaggio. La quantità introdotta può modificare in modo significativo il comportamento reologico della sospensione: concentrazioni non ottimali possono ridurre l'efficacia dell'additivo o addirittura peggiorare le prestazioni del sistema. Per questo motivo, l'individuazione della dose più idonea rappresenta un passaggio chiave per ottenere sospensioni stabili e facilmente lavorabili.

6. I leganti

Nei sistemi ceramici in sospensione, oltre ai deflocculanti vengono spesso impiegati altri additivi fondamentali, tra cui i leganti, talvolta chiamati anche flocculanti. Il loro compito principale è creare collegamenti tra le particelle solide, dando origine a una struttura interna che conferisce maggiore coesione al sistema.

L'introduzione dei leganti può rispondere a diverse esigenze operative. In alcuni casi vengono utilizzati per aumentare la viscosità della sospensione o modificarne il comportamento reologico, ad esempio per ridurre la sedimentazione durante le fasi di lavorazione. In altri casi, il loro impiego è finalizzato a migliorare la consistenza e la plasticità del materiale allo stato crudo, rendendolo più resistente e facilmente manipolabile prima della cottura.

I leganti utilizzati nel settore ceramico possono avere natura diversa. Alcuni derivano da materiali colloidali, sia inorganici sia organici, mentre i più diffusi sono di tipo polimerico. Questi additivi agiscono formando una rete che collega più particelle tra loro, contribuendo alla stabilità strutturale del sistema. A differenza dei deflocculanti, i leganti sono caratterizzati da catene molecolari più lunghe, che consentono loro di creare veri e propri "ponti" tra le particelle.

Questo meccanismo, se da un lato riduce la tendenza delle particelle a sedimentare, dall'altro porta alla formazione di agglomerati più grandi e resistenti, con un conseguente aumento della viscosità



ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

7 | 7

del sistema. Il risultato è una sospensione più strutturata, adatta a specifiche applicazioni ma meno fluida rispetto a un sistema fortemente defloccolato.

Nel caso di leganti con comportamento elettro-attivo, l'efficacia del loro intervento dipende anche dalle condizioni chimiche del sistema. Fattori come la concentrazione di ioni nel mezzo disperdente possono influenzare la capacità delle molecole di estendersi e collegare le particelle, favorendo o limitando la formazione di strutture troppo compatte. Un controllo accurato di queste condizioni è quindi essenziale per evitare fenomeni indesiderati di eccessiva flocculazione.

In sintesi, i leganti rappresentano uno strumento chiave per modulare la struttura e le proprietà meccaniche delle sospensioni ceramiche e dei manufatti crudi, ma il loro utilizzo richiede un equilibrio attento per non compromettere la lavorabilità del sistema.

7. Conclusioni

Il controllo della stabilità colloidale è un passaggio essenziale nei processi ceramici basati su sistemi dispersi, poiché influenza direttamente il comportamento reologico e, di conseguenza, l'efficacia delle operazioni di formatura. Per ottenere sospensioni stabili e facilmente lavorabili si ricorre spesso all'impiego di deflocculanti, in particolare di natura organica, capaci di limitare l'aggregazione delle particelle attraverso meccanismi combinati di repulsione.

La scelta dell'additivo più adatto dipende dalle caratteristiche delle polveri e dal tipo di mezzo in cui sono disperse, mentre il dosaggio deve essere attentamente calibrato. Una quantità insufficiente riduce l'efficacia della stabilizzazione, mentre un eccesso può generare effetti indesiderati, come un aumento dei costi o una nuova tendenza alla flocculazione, con conseguente incremento della viscosità.

In alcune formulazioni è inoltre necessario aggiungere leganti, utilizzati per conferire maggiore elasticità e resistenza al materiale allo stato crudo. Tuttavia, questi additivi introducono ulteriori interazioni tra le particelle e tendono ad aumentare la viscosità del sistema, rendendo indispensabile un controllo accurato delle condizioni chimico-fisiche per mantenere un corretto equilibrio tra stabilità e lavorabilità.