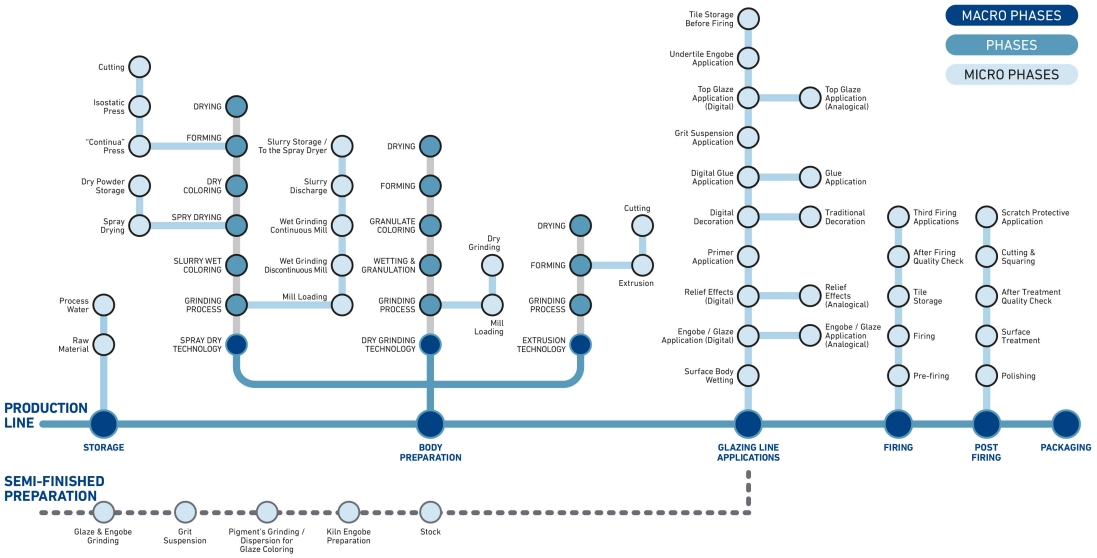
ZSCHIMMER & SCHWARZ
CERAMCO

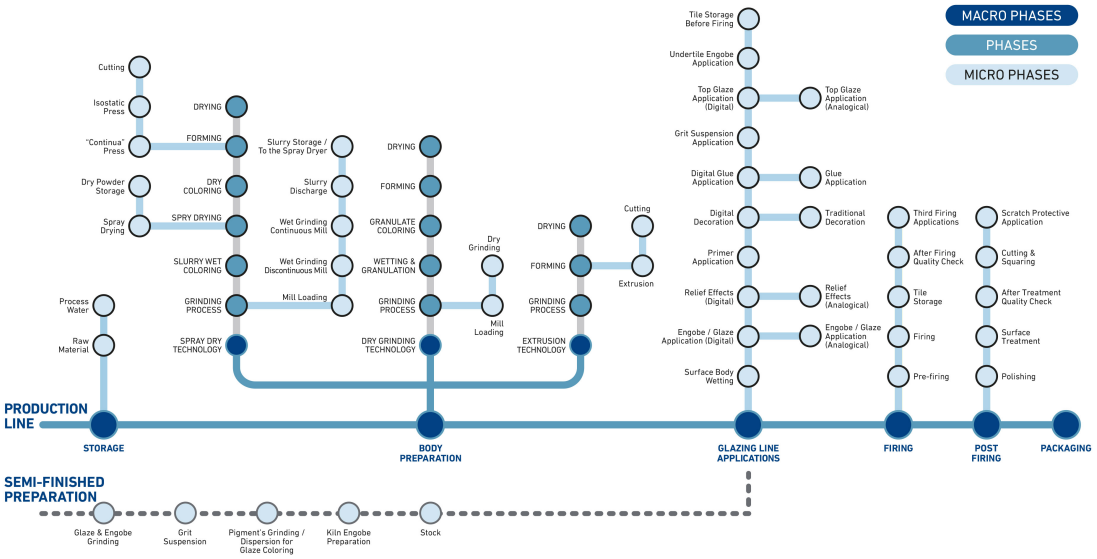
APPARENTLY INVISIBLE YET CONSTANTLY PRESENT

At every stage of the ceramic production process

A journey through problems & solutions



#61 REOLOGIA IN PILLOLE: FONDAMENTI, APPLICAZIONI E RUOLO



Zschimmer & Schwarz
Ceramco S.p.A
Società a Socio Unico
Via dei Falegnami, 7
41049 Sassuolo (MO) | IT

T +39 0536 804 659
F +39 0536 807 168
info-zsce@zschimmer-schwarz.com
ceramco.it
zschimmer-schwarz.com

REG.IMPR. di MO / C.F.
01512870153 –
P.IVA 01600960361

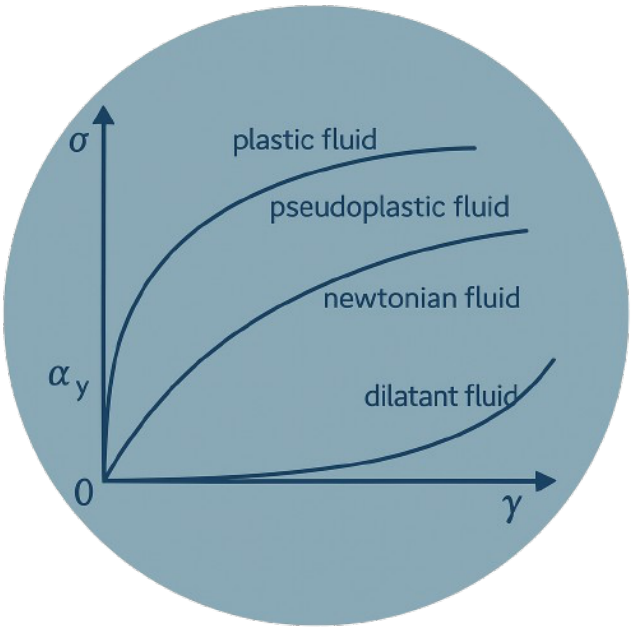
CAPITALE SOCIALE -
€ 3.100.000,00 i.v. REA di Modena
199597 Mecc. MO 009298 –
NR. PART. EU. IT 01600960361

Indice

1. Cos'è la reologia....02
2. A cosa serve la reologia....02
3. Perché la reologia è importante....03
4. Reologia e produzione ceramica....04
5. Controllo e misura del comportamento reologico....04
6. Conclusione....05

1. Cos'è la reologia

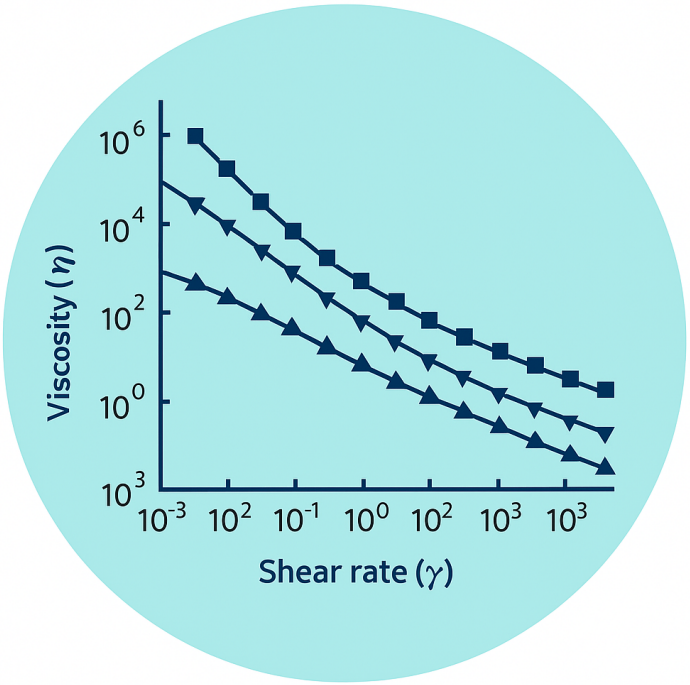
La reologia è la scienza che studia il comportamento meccanico dei materiali sottoposti a sollecitazioni, in particolare la loro deformazione e flusso.
Essa si occupa sia dei fluidi che dei solidi viscoelastici, esplorando come i materiali rispondano a forze applicate nel tempo. A differenza della semplice viscosimetria, che misura la resistenza allo scorrimento in condizioni di flusso laminare, la reologia indaga anche comportamenti più complessi come la plasticità, la tissotropia, la viscoelasticità e il comportamento non newtoniano.
Il termine deriva dal greco "rhéō" (scorrere) e "logos" (studio), e fu coniato nel XX secolo per descrivere la varietà di comportamenti meccanici osservabili nei materiali di processo industriale.
La reologia si basa su concetti precisi e fondamentali come la tensione di taglio, la velocità di deformazione, la modulazione viscoelastica e l'indice di flusso.



2. A cosa serve la reologia

La reologia è uno strumento essenziale in molteplici settori industriali e scientifici e la sua utilità si manifesta in modo multiforme e variegato. In particolare, si segnala:

- **Ottimizzazione dei processi industriali**, in cui è fondamentale controllare le proprietà di scorrimento e deformazione dei materiali per garantirne la lavorabilità, la stabilità e la qualità finale.
- **Caratterizzazione di materiali complessi** (materiali che non si comportano né come solidi puri né come fluidi newtoniani) come emulsioni, sospensioni, paste, polimeri, fanghi e ceramiche.
- **Progettazione di nuovi materiali** con proprietà reologiche su misura (es. fluidi con comportamento shear-thickening o shear-thinning).
- **Controllo qualità**: la reologia consente di monitorare la consistenza, la stabilità e le prestazioni dei materiali nel tempo e in condizioni variabili.
- **Simulazioni numeriche di processo** (es. colata, estrusione, stampaggio), dove le leggi reologiche vengono implementate nei modelli computazionali.



3. Perché la reologia è importante

La rilevanza della reologia si fonda sulla sua capacità di collegare la struttura microscopica dei materiali con il comportamento macroscopico osservabile in condizioni di processo. In particolare:

- **Nel design di processo**, le curve reologiche aiutano a prevedere come un materiale fluirà attraverso condotti, stampi o ugelli.
- **Nella progettazione di materiali avanzati**, consente l'ingegnerizzazione delle interazioni tra particelle e fasi liquide per ottenere proprietà di flusso mirate.
- **Nell'efficienza produttiva**, riduce sprechi e anomalie di lavorazione grazie alla conoscenza anticipata del comportamento meccanico.

La reologia permette anche di diagnosticare problemi nascosti nella formulazione dei materiali, come flocculazioni indesiderate, instabilità di sospensione o segregazione.

4. Reologia e produzione ceramica

La produzione ceramica moderna coinvolge fasi in cui il materiale si presenta come sospensione acquosa, impasto plastico o polvere compattata. In tutte queste fasi, la reologia ha un ruolo critico:

- **Colaggio in sospensione**: la reologia determina la velocità di deposizione delle particelle, l'uniformità del pezzo e il rischio di difetti strutturali (come cricche da ritiro).
- **Applicazioni a spray**:
- **Estrusione**: l'impasto deve mostrare comportamento plastico e coerente, senza rilassamenti eccessivi né rigidità che compromettano la forma.

Le sospensioni ceramiche sono miscele di particelle solide (es. ossidi metallici, argille, carbonati) in fase liquida (tipicamente acqua o soluzioni organiche), spesso contenenti additivi (disperdenti, leganti, plastificanti, agenti antischiuma).

Il comportamento reologico delle sospensioni dipende da:

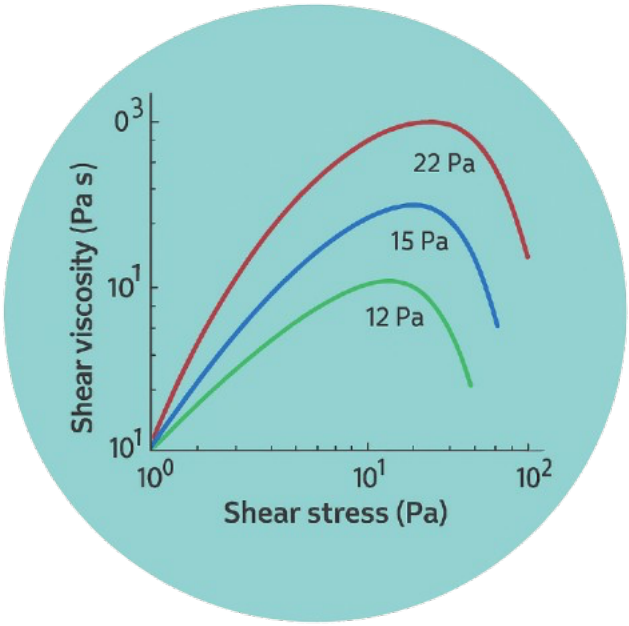
- **La concentrazione solida**: all'aumentare del contenuto solido si osserva un incremento esponenziale della viscosità, fino al punto di jamming.
- **La distribuzione granulometrica**: miscele bimodali o trimodali permettono una migliore impaccatura e riduzione della viscosità.
- **Interazioni interparticellari**: controllate dal pH, dalla forza ionica e dalla presenza di polielettroliti.
- **Tissotropia e recupero strutturale**: essenziali per sospensioni che devono fluire in fase di lavorazione ma solidificarsi subito dopo (es. colata in stampi porosi)

5. Controllo e misura del comportamento reologico

Per la caratterizzazione delle sospensioni ceramiche si utilizzano dispositivi chiamati reometri, in configurazione rotazionale (piatto-piatto, cilindro-coassiale) o oscillatoria. Le analisi principali includono:

- **Curva di flusso** (viscosità vs. velocità di taglio): misura il comportamento viscoso in funzione della sollecitazione.
- **Sweep di frequenza** (G', G'' vs. frequenza): misura la risposta viscoelastica.
- **Step test** (es. ramp up/down): utile per valutare il recupero tissotropico.
- **Test a gradiente termico**: verifica l'effetto della temperatura su viscosità e stabilità.

La formulazione ottimale di una sospensione ceramica è quella che garantisce stabilità, fluidità adeguata e comportamento prevedibile in funzione delle condizioni di processo.



6. Conclusioni

La reologia è una disciplina chiave nell'ingegneria dei materiali e nella progettazione dei processi, in particolare in ambiti complessi come la produzione ceramica. Comprendere e controllare le proprietà reologiche delle sospensioni ceramiche è fondamentale per garantire qualità, efficienza e innovazione.

Attraverso l'analisi reologica, l'industria ceramica può:

- Ottimizzare formulazioni e additivi.
- Ridurre scarti e difetti di produzione.
- Integrare nuove tecnologie
- Adattarsi rapidamente a nuove richieste estetiche e funzionali.

La reologia, quindi, non è solo una scienza teorica ma uno strumento strategico per l'evoluzione tecnologica del settore ceramico.