

LA PREPARAZIONE DEGLI IMPASTI

Aspetti tecnologici e soluzioni impiantistiche

Confronto tra i mulini continui cilindrico e conico

Autore:

ETTORE CAVAZZUTI

SOMMARIO

- 1) **INTRODUZIONE**

- 2) **LAYOUT CLASSICO DELL'IMPIANTO**

- 3) **TENDENZE TECNOLOGICO-IMPIANTISTICHE**

- 4) **LA MACINAZIONE IN CONTINUO CON MULINO CILINDRICO**

- 5) **LA MACINAZIONE IN CONTINUO CON MULINO CONICO**

- 6) **L'IMPIEGO DI CARICHE MACINANTI IN ALLUMINA AD ALTA DENSITA' NEL MULINO CONTINUO CONICO**

- 7) **CONSIDERAZIONI FINALI**

Allegati

1) INTRODUZIONE

L'analisi che effettueremo riguarda gli aspetti tecnico-impiantistici dell'impianto di preparazione impasti per il gres porcellanato, ponendo particolare attenzione alle sezioni dell'impianto più innovative o performanti.

Abbiamo analizzato l'impianto per il GRES PORCELLANATO essendo il processo tecnologico più complesso e con il prodotto più difficile da macinare in quanto richiede un grado di raffinazione più elevato rispetto agli altri prodotti ceramici.

L'impianto di preparazione impasti, insieme al sistema di caricamento della pressa, costituiscono il cuore della linea di produzione del gres porcellanato, perchè è proprio in queste due sezioni che si eseguono quelle operazioni fondamentali che caratterizzeranno l'una la qualità e l'altra l'effetto estetico del prodotto finale.

La nostra ricerca si occuperà in modo approfondito della parte d'impianto che va dal deposito delle materie prime fino all'uscita dall'atomizzatore, comprendendo anche lo stoccaggio del prodotto atomizzato.

2) LAYOUT CLASSICO DELL'IMPIANTO

Nei paesi a sviluppo ceramico elevato, un impianto per porcellanato per essere vantaggioso deve avere una produzione giornaliera di almeno 5.000 m²: qualora la capacità produttiva raggiunga o superi i 10.000 m²/gg l'impianto diventa maggiormente vantaggioso e con costi di produzione inferiori a causa di una migliore gestibilità favorita anche dalla maggior economia di scala.

Il layout classico di un impianto di preparazione impasti per porcellanato è così articolato:

2.1) Alimentazione e dosaggio delle materie prime

Alla luce delle diverse esperienze, la linea d'alimentazione che risulta più conveniente per impianti medio-grandi prevede il caricamento dei diversi componenti, separatamente, in cassoni alimentatori d'adeguate dimensioni.

Il dosaggio avviene attraverso nastri pesatori e l'alimentazione dei mulini in continuo.

Le materie prime plastiche a causa dell'eventuale alto tenore d'umidità vengono caricate in cassoni alimentatori con nastro metallico, dotati d'estrattore ad aspi e successivamente frangizollate ad una pezzatura massima di 40÷50 mm.

Le materie prime dure, caricate in box feeders con nastro estrattore in gomma, vengono solitamente alimentate alla pezzatura massima di 2÷3 mm.
In casi particolari, per aumentare la produzione del mulino, si possono usare materie prime dure raffinate fino a 200 µ.

2.2) Macinazione ad umido

La miscela di materie prime viene stoccata nella tramoggia di precarica del mulino ed alimentata nel mulino in modo continuo.

Un nastro pesatore garantisce la portata stabilita ed in contemporanea vengono alimentati in continuo acqua, deflocculante e i corpi macinanti.

La barbottina del gres porcellanato ottenuta contiene il 31÷32% d'acqua e presenta un residuo inferiore al 1% con rete da 10.000 maglie/cm² pari a 63 µ d'apertura.

2.3) Setacciatura e stoccaggio delle barbottine

La barbottina viene sottoposta a trattamento di setacciatura con rete da 1.600÷2.200 maglie/cm²: dopo la deferizzazione viene stoccata nelle apposite vasche provviste d'agitatore.

2.4) Preparazione dei pigmenti e colorazione delle barbottine

La colorazione delle barbottine nel corso degli anni è stata oggetto di vari studi al fine di trovare una soluzione che non sia troppo complessa e nello stesso tempo preveda l'impiego di quantità accettabili di pigmenti.

Il processo maggiormente in uso prevede la produzione della barbottina base neutra e l'aggiunta successiva in continuo del pigmento prima della fase d'atomizzazione.

Il pigmento viene precedentemente sciolto in acqua con l'aggiunta di una piccola quantità di barbottina o caolino.

2.5) Atomizzazione e stoccaggio del prodotto atomizzato

La barbottina eventualmente colorata viene essiccata nell'atomizzatore e dopo una presetacciatura viene inviata nei sili per lo stoccaggio.

La produzione della polvere atomizzata nei vari colori avviene in diversi lotti equivalenti alla capacità di ciascun silo.

Ad ogni cambio colore si dovrà procedere al lavaggio dell'impianto.

2.6) Trattamento dell'atomizzato e produzione di grani speciali

Il granulato di vari colori ottenuto in atomizzatore ha una granulometria media di 300÷400 µ e si presta per produrre piastrelle monocromatiche o policromatiche nel classico effetto "sale e pepe".

Qualora si desideri inserire nella miscela della polveri anche grani particolari, per la loro dimensione o per il loro colore, è necessario installare un impianto specifico per la produzione di questi grani che verranno a loro volta stoccati in attesa di essere inviati alla pressa.

2.7) Trasporto del granulato alla pressa

Le polveri granulate nei vari colori e nelle varie dimensioni vengono trasportate agli impianti di dosaggio e miscelazione posti a monte delle varie presse attraverso un sistema di nastri trasportatori.

Tale sistema di trasporto, a causa della complessità dell'impianto e del numero sempre più elevato di combinazioni possibili, ha costituito per anni un collo di bottiglia che condizionava la flessibilità dell'impianto.

Con l'avvento dei sili mobili teleguidati si è ora in grado di costruire impianti più semplici, dotati di un grado di flessibilità più elevato.

2.8) Preparazione delle miscele ed alimentazione della pressa

Per evitare i temuti problemi di demiscelazione ed al fine di consentire una maggiore flessibilità, si tende ora a preparare la miscela delle polveri immediatamente a monte della pressa, costruendo linee dedicate che possono alimentare ciascuna pressa con polveri o miscele diverse attraverso l'impiego d'attrezzature automatiche per il caricamento degli alveoli dello stampo.

Il flowsheet "Allegato 1" schematizza il processo fino alla sezione di stoccaggio della barbotina base.

3) TENDENZE TECNOLOGICO-IMPIANTISTICHE

Se riconsiderassimo gli aspetti tecnologico-impiantistici che anche solo 4-5 anni fa erano considerati "intoccabili" nell'impianto di preparazione impasti per il gres porcellanato, ci renderemmo ancora una volta conto di quanto sia rischioso prendere delle posizioni rigide che, a causa dell'imprevedibilità dello sviluppo del processo tecnologico, possano essere smentite in qualsiasi momento.

Infatti si dava per scontato che per produrre un gres di buona qualità fosse indispensabile non derogare dai seguenti principi:

- a) Macinazione con mulini discontinui e colorazione dell'impasto nel mulino
- b) Produzione di un secondo impasto cosiddetto "Superbianco" ottenuto con materie prime nobili addizionate con silicato di zirconio.

Ora invece la macinazione in continuo ha preso il sopravvento nel porcellanato tecnico e si produce un solo impasto di buona qualità con residuo a 10.000 maglie/cm² intorno a 0,7÷1% e la colorazione si fa in continuo all'entrata dell'atomizzatore.

L'impasto cosiddetto "Superbianco" è ottenuto come un qualsiasi altro colore, partendo dalla barbotina base ed aggiungendo silicato di zirconio.

Con l'avvento del porcellanato smaltato si tende a produrre un secondo impasto di qualità inferiore con residuo a 10.000 maglie/ cm² intorno a 1,3÷1,5%.

Nel layout dell'impianto c'è la tendenza a realizzare linee di produzione separate ed indipendenti per ciascuno dei due impasti.

Nella scelta del mulino continuo si privilegiano le taglie medio-grandi 100-125 e 165 m³; si scelgono macchine di taglia più piccola 60-80 m³ solo quando si usano cariche macinanti in allumina.

Per quanto riguarda l'atomizzatore, si tende ad installare almeno 2 macchine per produrre separatamente granulato di base e colori.

Per il granulato di base si usano atomizzatori di taglia medio-grande aventi capacità evaporativa fino a 10.000÷12.000 lt/h; per la produzione di grani colorati, a causa dei frequenti lavaggi, si usano macchine aventi capacità evaporativa massima intorno a 5.000÷7.000 lt/h.

Come abbiamo avuto modo di riferire nel precedente capitolo, si tende sempre di più ad usare sili mobili per il trasferimento del granulato alla pressa. Altra importante novità in questo specifico settore dell'impianto è la cosiddetta "Torre Tecnologica" che, oltre a semplificare il sistema di trasporto consente di preparare direttamente sulla pressa il grano e la miscela dei grani colorati eliminando completamente il temuto problema della "demiscelazione".

Questo sistema rende estremamente flessibile l'impianto ed evita la realizzazione d'impianti di trasporto complessi, costosi e comunque sempre rigidi.

4) LA MACINAZIONE IN CONTINUO CON MULINO CILINDRICO

La maggiore quantità della frazione di duri presente nell'impasto e la maggiore finezza di macinazione richiesta sono i fattori fondamentali che, uniti ad una congenita rigidità dell'impianto, hanno ritardato la diffusione della macinazione in continuo negli impianti per gres porcellanato.

Malgrado ciò, essendosi la macinazione in continuo dimostrata estremamente vantaggiosa rispetto a quella in discontinuo, negli impianti nuovi per il gres porcellanato la macinazione in continuo ha sostituito completamente la macinazione in discontinuo.

La conformazione impiantistica classica di macinazione in continuo dell'impasto per gres porcellanato è costituita sostanzialmente da un mulino continuo cilindrico a più camere attrezzate con corpi macinanti in silice di buona qualità, aventi peso specifico pari a 2,75 Kg/dm³, di dimensione decrescente.

La Figura "Allegato 2", rappresenta un mulino continuo cilindrico a 3 camere.

Nella prima camera vengono inserite cariche macinanti pesanti, di dimensione variabile per ottenere una rapida frantumazione del materiale, nelle camere successive invece vengono introdotte cariche macinanti sferoidali di dimensioni più piccole per ottenere la comminazione del materiale fino al raggiungimento della finezza desiderata.

Con questa tipologia di impianto, un impasto classico da porcellanato contenente materiali duri di dimensione inferiore a 3 mm. consente di ottenere, con un mulino da 165 m³, una produzione oraria compresa tra 12 e 13 ton di secco ad un residuo massimo dell'1% su 63µ di luce netta. Tale impasto, additivato con appropriati fluidificanti (0,3÷0,5%), contiene acqua nella misura del 31÷32%.

L'avvento dei rivestimenti in gomma con lifters montati ad elica, cosiddetti "ad effetto segregante della carica macinante", ha consentito di ridurre da 3 a 2 le camere di macinazione eliminando uno dei diaframmi intermedi.

La Figura "Allegato 3", rappresenta il mulino continuo cilindrico a 2 camere con il rivestimento in prima camera del tipo "ad effetto segregante".

Gli elevati costi d'investimento, suffragati da una relativamente bassa produzione dell'impianto di macinazione, hanno spinto l'utilizzatore e l'impiantista verso una sperimentazione tendente ad aumentare la produzione dell'impianto, nel tentativo di rendere più rapido il periodo di ammortamento o, comunque, abbassare i costi di produzione.

L'impiego di sfere in allumina ad alta densità, aventi peso specifico 3,5÷3,6 Kg/dm³ hanno dato buoni risultati che di seguito riferiamo.

Sono state provate varie soluzioni che vanno dall'aggiunta di allumina ad alta densità ai corpi macinanti in silice (specialmente in seconda e terza camera) fino alla completa sostituzione degli stessi con sfere in allumina ad alta densità, in una o più camere.

L'aumento di produzione, documentabile, riscontrato nei mulini continui a due camere con rivestimento in prima camera "ad effetto segregante", è quello relativo alla completa sostituzione, con sfere in allumina ad alta densità, dei corpi macinanti in silice in ultima camera: tale aumento è pari al 14÷15% pertanto, la produzione di un mulino da 165 m³ è passata a 14÷15 ton/h.

A livello di studio sono stati valutati i risultati ottenibili con l'impiego di corpi macinanti completamente in allumina ad alta densità.

Non crediamo di essere lontani dal vero nell'ipotizzare un ulteriore guadagno del 18÷20% rispetto alla produzione ottenuta impiegando le sfere in allumina ad alta densità solamente in terza camera.

Con tale situazione un mulino da 165 m³, opportunamente dimensionato, dovrebbe raggiungere produzioni intorno alle 17÷18 ton/h.

Evidentemente la possibilità di uso di cariche macinanti a maggiore peso specifico trova difficoltà oggettive di applicazione, a causa dell'elevato aumento delle masse in gioco e del conseguente impiego di potenze più alte, nell'impiantistica esistente che è stata dimensionata per l'impiego di cariche macinanti più leggere.

Il maggior consumo di corpi macinanti nella macinazione degli impasti di gres porcellanato è causa di arresti più frequenti rispetto a quelli già riscontrati nella macinazione della monocottura e mette maggiormente in evidenza il ciclo di macinazione semicontinuo del mulino continuo cilindrico, creando importanti perdite di produzione rispetto a quello che si otterrebbe se non si dovesse arrestare il mulino.

La Tabella “Allegato 4”, indica le produzioni effettive medie ottenute con i mulini continui cilindrici nella macinazione degli impasti per gres porcellanato. A titolo di confronto viene anche riportata la produzione ottenibile con gli stessi mulini con impasti di monocottura.

5) LA MACINAZIONE IN CONTINUO CON MULINO CONICO

Il mulino conico è un mulino a tamburo continuo di forma tronco-conica a sezione decrescente verso lo scarico (Figura Allegato 5), coperto da brevetto depositato dalla ICF Industrie Cibec spa in tutti i paesi del mondo.

Grazie alla conicità del mantello, all'interno del mulino avviene una *segregazione spontanea dei corpi macinanti* secondo la loro dimensione, in modo tale che i più grossi rimangono concentrati nelle sezioni maggiori all'ingresso del materiale nel mulino, mentre i ciottoli di dimensioni sempre più piccole si distribuiscono via via verso l'uscita.

Si ottiene in tal modo, *senza l'ausilio dei diaframmi intermedi*, che le biglie più grosse lavorino sul materiale che entra in grossa pezzatura, mentre le biglie più piccole, con spazi interstiziali più ridotti, trattino il materiale parzialmente comminuito che va verso l'uscita.

La segregazione spontanea dei corpi macinanti secondo la loro dimensione costituisce un vantaggio di fondamentale importanza del mulino conico rispetto al mulino cilindrico continuo. Infatti, la possibilità di eliminare i setti intermedi porta ai seguenti ulteriori vantaggi:

- *incremento del volume interno utile del mulino* (pari al 4% per un mulino da 100 m³ di capacità);
- *riduzione dell'energia dissipata per urto dei corpi macinanti* contro i setti intermedi;
- *incremento dell'efficienza di macinazione* essendo i corpi macinanti disposti secondo una logica di segregazione e non in modo casuale;
- *possibilità di alimentare i corpi macinanti assieme al materiale*, senza fermare il mulino.

Quest'ultimo vantaggio garantisce l'effettiva continuità del processo di macinazione e promuove il mulino conico come vero e proprio mulino continuo (mentre il mulino cilindrico è un mulino semi-continuo, o meglio intermittente, in quanto occorre fermarlo ogni tanto per reintegrare i corpi macinanti), ed è proprio la effettiva continuità del processo a costituire il vantaggio principale del mulino conico continuo: infatti, oltre all'effettivo guadagno di produzione derivante dall'assenza di fermate dell'impianto per il reintegro dei corpi macinanti, questo fatto consente di ottenere una perfetta costanza nei parametri di processo dell'impianto, cosa che non è possibile ottenere nel mulino continuo cilindrico.

La Figura "Allegato 6", mette a confronto i diagrammi portata-tempo e residuo-tempo di un mulino conico e di un mulino cilindrico delle stesse dimensioni funzionanti con lo stesso tipo di impasto di gres porcellanato.

Mentre nel mulino conico abbiamo una costanza assoluta nel tempo dei valori esaminati nel mulino cilindrico, a causa della progressiva diminuzione della carica macinante, assistiamo ad una continua diminuzione della potenza di macinazione del mulino.

In entrambi i diagrammi del mulino continuo cilindrico si nota bene il tempo di fermata dell'impianto per il ripristino della carica macinante evidenziando il funzionamento intermittente dell'impianto stesso.

Gli studi comparativi effettuati hanno confermato la superiorità del mulino conico rispetto al mulino cilindrico, evidenziando a favore del mulino conico produzioni più elevate fino al 16,4% e consumi energetici specifici più bassi del 6,5%.

Tali vantaggi restano inalterati anche quando il mulino cilindrico è attrezzato con rivestimento in gomma, cosiddetto "ad effetto segregante" della carica macinante.

Visti gli enormi vantaggi, il mulino continuo conico ha trovato un rapido impiego sia nella macinazione degli impasti di monocottura e monoporosa che nella macinazione degli impasti di gres porcellanato.

6) L'IMPIEGO DI CARICHE MACINANTI IN ALLUMINA AD ALTA DENSITA' NEL MULINO CONTINUO CONICO

Negli ultimi tempi, vista la maggior offerta sul mercato e a prezzi sempre più convenienti di corpi macinanti in allumina ad alta densità, allo scopo di sfruttare maggiormente l'impianto di macinazione, la ICF ha deciso d'utilizzare anche le cariche macinanti completamente in allumina nella macinazione degli impasti di gres porcellanato sui suoi mulini conici continui rivestiti in gomma.

A tale proposito è stata studiata una gamma di mulini continui conici “super-rinforzati” che comprende mulini da 40-50-65-80-100 e 125 m³, aventi capacità produttiva compresa tra 5,0 e 15,7 ton/h di secco, macinato fino ad un residuo inferiore al 1% a 63 µ.

In un impianto di macinazione per impasto di porcellanato con mulino continuo conico dotato di carica macinante in allumina ad alta densità, i costi d’investimento ed i costi di esercizio sono inferiori a quelli degli stessi impianti con cariche macinanti in silice.

La Tabella “Allegato 7”, indica le produzioni effettive medie ottenute con mulini continui conici nella macinazione degli impasti di gres porcellanato sia con cariche macinanti in silice che con cariche macinanti in allumina ad alta densità.

7) CONSIDERAZIONI FINALI

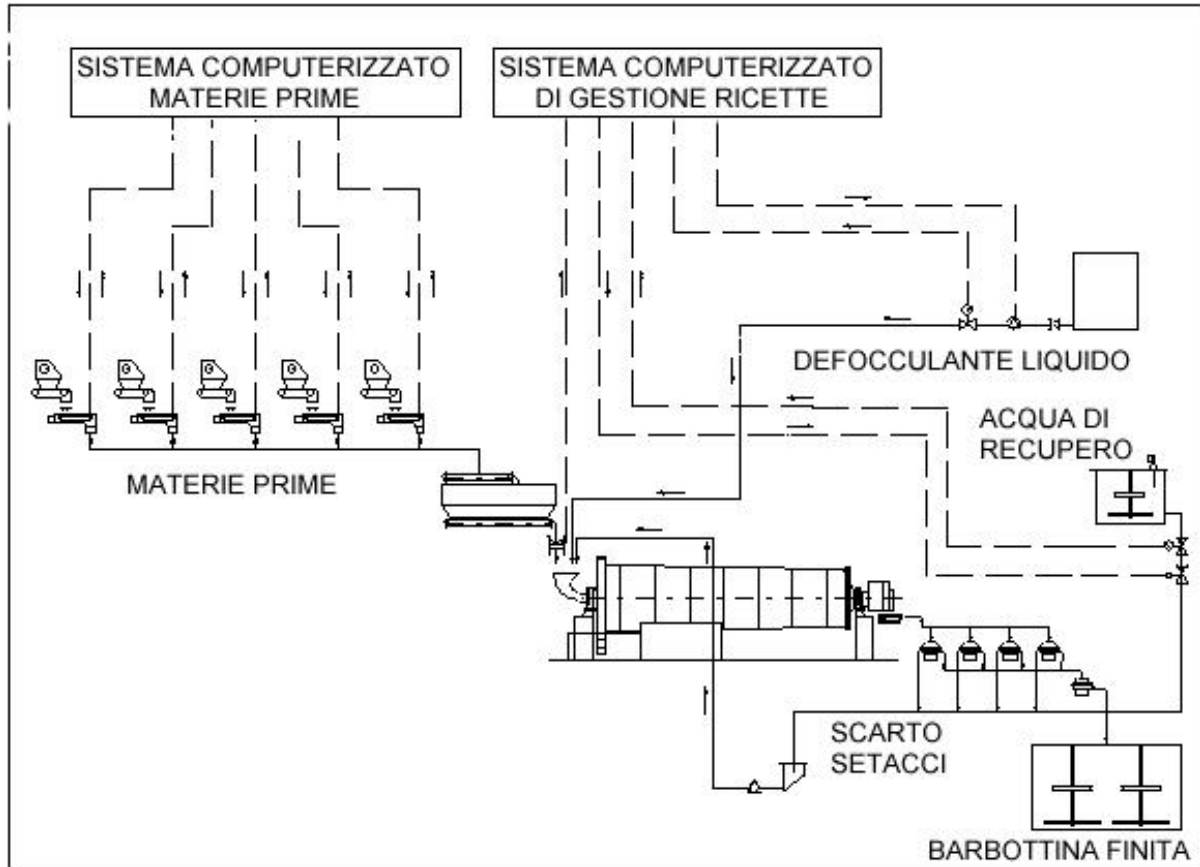
L’impianto per la preparazione degli impasti per il gres porcellanato conferma d’essere, insieme al sistema di caricamento della pressa, il cuore della linea di produzione del gres porcellanato.

Nell’impianto di preparazione è confermato il ruolo fondamentale della macinazione in continuo.

Il mulino continuo conico afferma la sua superiorità nei confronti del mulino cilindrico anche se dotato di “ rivestimento ad effetto segregante” anzi, il fatto che dopo l’avvento del mulino conico si adottò, per il mulino cilindrico, una soluzione meccanica artificiosa legata a fattori mutabili nel tempo come lo stato d’usura dei lifters, nel tentativo d’avvicinare le prestazioni che il mulino continuo conico fornisce spontaneamente, conferma ancora di più la validità del mulino conico.

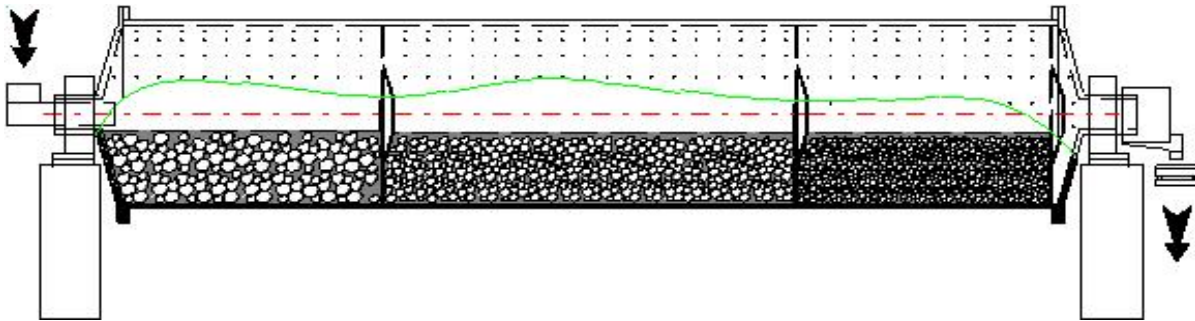
La maggior disponibilità sul mercato ed i prezzi più convenienti dei corpi macinanti in allumina ad alta densità, consentono l’impiego su vasta scala di questo tipo di carica maciante: in particolare, quando viene usata congiuntamente al mulino continuo conico si ottengono le rese produttive più elevate con i consumi energetici specifici più bassi.

L’avvento dei sili mobili teleguidati e delle così dette “Torri tecnologiche” consente d’elevare la flessibilità dell’impianto anche in quella sezione che per anni ha costituito il collo di bottiglia del sistema.



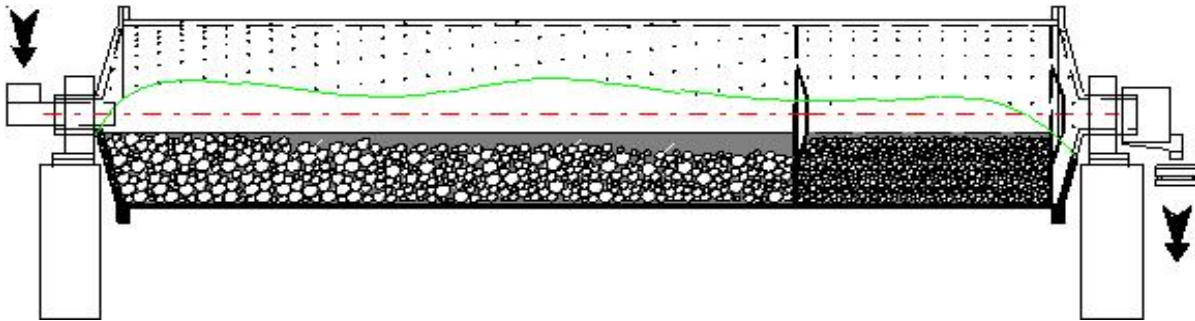
**FLWSHEET D'IMPIANTO DI MACINAZIONE CON
MULINO CONTINUO CONICO**

ALLEGATO 1



**MULINO CONTINUO CILINDRICO
A 3 CAMERE**

ALLEGATO 2



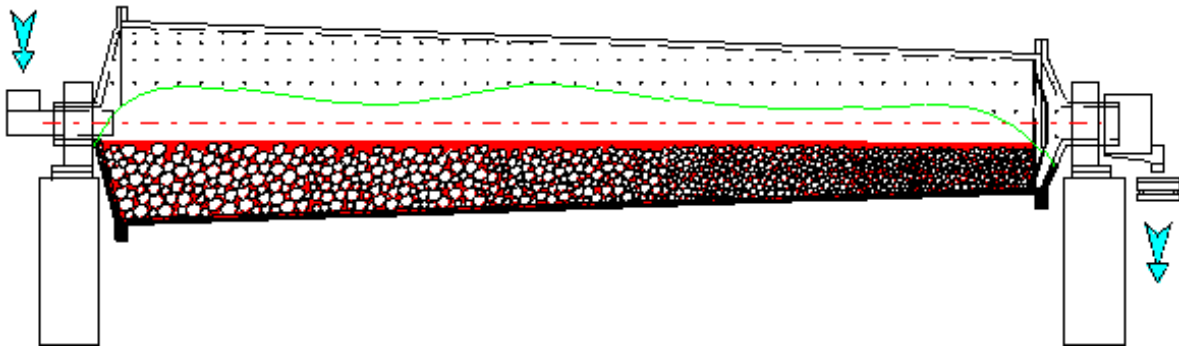
**MULINO CONTINUO CILINDRICO A 2
CAMERE CON RIVESTIMENTO EFFETTO
“SEGREGANTE” IN 1a CAMERA**

**PRODUZIONE EFFETTIVA MEDIA IN TON/ORA
DEI MULINI CONTINUI CILINDRICI A DUE CAMERE**

TIPO MULINO	MONOCOTTURA *	PORCELLANATO **	
	Corpi macinanti in silice	Corpi macinanti in silice	Corpi macinanti: silice 1 ^a camera allumina 2 ^a camera
CBM 50	8	4	4,6
CBM 75	12	6	6,8
CBM 100	16	8	9,2
CBM 125	20	10	11,5
CBM 160	26	12,5	14,5

* Residuo di macinazione a 63 μ =< 5%

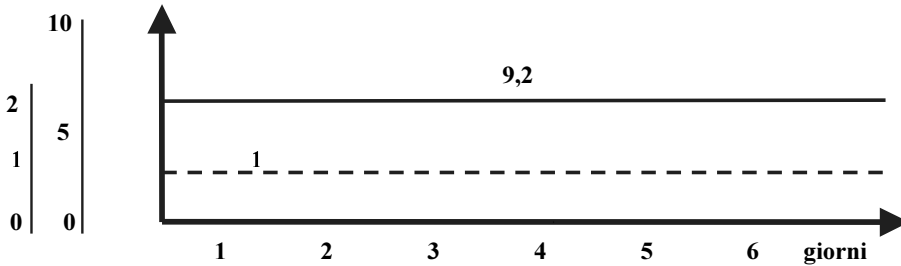
** Residuo di macinazione a 63 μ =< 1%



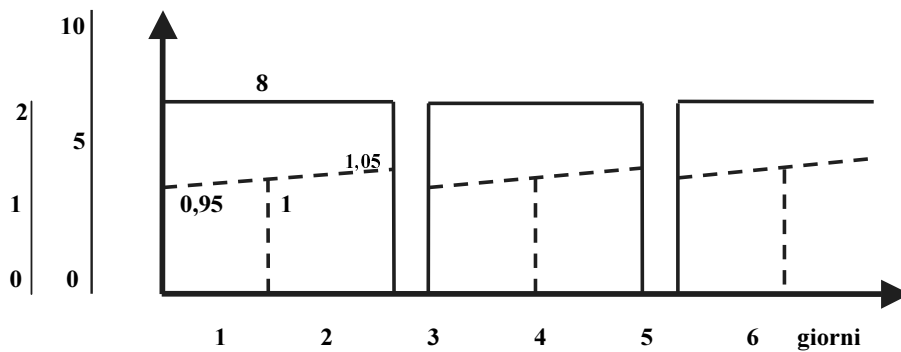
MULINO CONTINUO CONICO

DIAGRAMMI DI CONFRONTO, PORTATA E RESIDUO, TRA MULINI CONTINUI CONICI E CILINDRICI DA 100 M³ CON CARICA MACINANTE IN SILICE

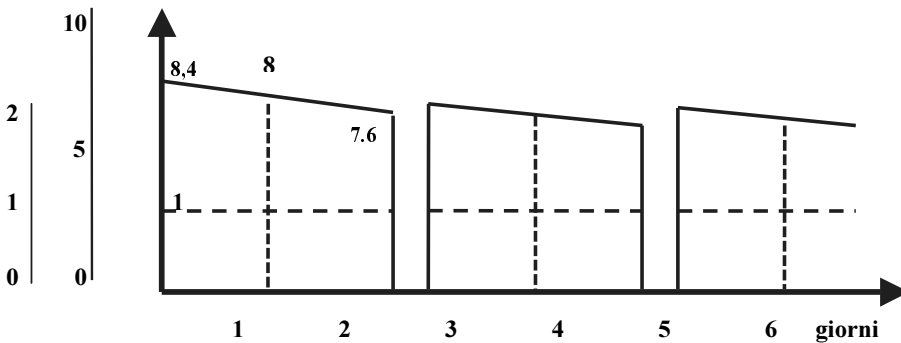
Residuo Portata
 (%) (Ton/h)



MULINO CONTINUO CONICO



**MULINO CONTINUO CILINDRICO
 funzionante a produzione costante**



**MULINO CONTINUO CILINDRICO
 funzionante a residuo costante**

PRODUZIONE EFFETTIVA MEDIA IN TON/ORA DEI MULINI CONTINUI CONICI

Tipo mulino	MONOCOTTURA *	PORCELLANATO**	
	Esecuzione N Corpi macinanti in silice	Esecuzione N Corpi macinanti in silice	Esecuzione RR Corpi macinanti in allumina
40/C	7,2	3,6	5,0
50/C	9,0	4,5	6,3
65/C	12,0	6,0	8,2
80/C	14,8	7,4	10,3
100/C	18,4	9,2	12,6
125/C	23,0	11,5	15,7

* Residuo di macinazione a 63 μ = < 5%

** Residuo di macinazione a 63 μ = < 1%