

# **MACINAZIONE**

## **CORSO DI IMPIANTI DELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA**

**ANNO ACCADEMICO 2007-2008**

# **GENERALITA' SULLE POLVERI**

**IN CAMPO FARMACEUTICO LE POLVERI SONO UN INSIEME DI PARTICELLE SOLIDE, SECCHIE, SEPARATE TRA LORO, DI FORMA PIU' O MENO REGOLARE, DI DIMENSIONI VARIABILI TRA 0.5 e 1000  $\mu\text{m}$ . LE POLVERI CON DIMENSIONI COMPRESSE TRA 10 E 0.5  $\mu\text{m}$  SONO DETTE "MICRONIZZATE"; AL DI SOTTO DI 0.5  $\mu\text{m}$  SI PARLA DI POLVERI COLLOIDALI.**

**LE POLVERI SONO ALLA BASE DELLA PREPARAZIONE DI GRANULATI, COMPRESSE E CAPSULE, POSSONO ENTRARE NELLA COMPOSIZIONE DI VARIE FORME FARMACEUTICHE (SOSPENSIONI, SUPPOSITORI, PREPARAZIONI SEMISOLIDE PER USO TOPICO) E POSSONO ESSERE UNA FORMA FARMACEUTICA VERA E PROPRIA. IN QUESTO CASO SI HANNO POLVERI PER USO INTERNO E POLVERI ASPERSORIE (PER USO ESTERNO).**

# CLASSIFICAZIONE DELLE POLVERI

<i>Tipo di polvere</i>	<i>Dimensioni in <math>\mu\text{m}</math></i>	<i>Suddivisioni</i>	<i>Dimensioni in <math>\mu\text{m}</math></i>	<i>Caratteristiche e utilizzazioni</i>
Granulati	600-4.000	/	/	Per somministrazione diretta, per comprimitura.
Polveri farmaceutiche	0,5-1.000	grossolane	500-1.000	Per macerazione e percolazione (droghe vegetali), per comprimitura.
		fini	100-600	Per somministrazione diretta polveri (polveri, capsule, cialdini).
		finissime	10-100	Per sospensioni, polveri aspersione, per somministrazione diretta.
		micronizzate	0,5-10	Per sospensioni, polveri adsorbenti, per somministrazione diretta.
Polveri colloidali	< 0,5	/	0,001-0,5	Invisibili al microscopio ottico, disperse in mezzo liquido passano attraverso la carta da filtro.

# **SCOPI DELLA POLVERIZZAZIONE**

**LA RIDUZIONE DELLE DIMENSIONI PARTICELLARI E' UTILE O NECESSARIA PER SCOPI SIA TECNOLOGICI CHE TERAPEUTICI:**

- **MIGLIORARE LA TOLLERABILITA' DEI PREPARATI OFTALMICI CONTENENTI PARTICELLE IN SOSPENSIONE**
- **MIGLIORARE LA CAPACITA' DI PENETRAZIONE DI PARTICELLE SOLIDE NELLE VIE AEREE**
  - **MIGLIORARE LA STABILITA' DELLE SOSPENSIONI**
- **AUMENTARE LA VELOCITA' DI SOLUBILIZZAZIONE DI UN SOLIDO IN UN SOLVENTE E AUMENTARE COSI' LA VELOCITA' D'ASSORBIMENTO**
- **FAVORIRE L'ESTRAZIONE DEI PRINCIPI ATTIVI DA DROGHE VEGETALI**
  - **FACILITARE L'OTTENIMENTO DI MISCELE DI POLVERI OMOGENEE**
  - **RENDERE PIU' OMOGENEO IL DOSAGGIO DEL PRINCIPIO ATTIVO NELLE F.F. SOLIDE OTTENUTE A PARTIRE DA POLVERI**

# **PROBLEMI CONNESSI CON LA POLVERIZZAZIONE**

- ❖ INTERCONVERSIONI POLIMORFICHE DEL FARMACO (CON POSSIBILE DIMINUZIONE DELL'ATTIVITA' BIOLOGICA O DELLA STABILITA')**
- ❖ DEGRADAZIONE DEL FARMACO**
- ❖ AGGLOMERAZIONE DELLE PARTICELLE PER FORMAZIONE DI CARICHE ELETTROSTATICHE SULLA SUPERFICIE DELLE PARTICELLE**
- ❖ RISCHIO DI DISPERSIONE DELLE PARTICELLE PIU' FINI NELL'AMBIENTE DI LAVORO**
- ❖ RISCHIO DI ESPLOSIONE NEL CASO DI SOSTANZE FACILMENTE OSSIDABILI ALL'ARIA**

# **METODI DI PRODUZIONE DELLE POLVERI**

**LE POLVERI POSSONO ESSERE OTTENUTE SECONDO  
DUE APPROCCI CONCETTUALMENTE OPPOSTI:**

- ❖ UN APPROCCIO CHIMICO-FISICO (AGGREGAZIONE MOLECOLARE)**
- ❖ UN APPROCCIO MECCANICO (RIDUZIONE DI UN MATERIALE GROSSOLANO IN PARTICELLE PIU' PICCOLE)**

# **AGGREGAZIONE MOLECOLARE**

**LE TECNICHE DI AGGREGAZIONE MOLECOLARE COMPORTANO L'AGGREGAZIONE DI IONI O MOLECOLE IN CRISTALLI O PARTICELLE AMORFE E SONO LA SUBLIMAZIONE, LA CRISTALLIZZAZIONE (PER CAMBIO DI TEMPERATURA O DI SOLVENTE), LA PRECIPITAZIONE, LO SPRAY-DRYING (ESSICCAMENTO PER NEBULIZZAZIONE).**

**NELLA PRECIPITAZIONE E NELLA CRISTALLIZZAZIONE E' POSSIBILE REGOLARE LA GRANULOMETRIA DELLA POLVERE OTTENUTA VARIANDO LA VELOCITA' CON CUI VIENE MODIFICATA LA TEMPERATURA, LA VELOCITA' DI AGGIUNTA DEL SOLVENTE O LA VELOCITA' DI MISCELAZIONE DEI REAGENTI.**

**LE TECNICHE DI AGGREGAZIONE MOLECOLARE POSSONO DARE POLVERI CON PARTICELLE MOLTO FINI E REGOLARI MA COMPORTANO GRANDI PERDITE DI MATERIALE.**

# **GENERALITA' SULLA MACINAZIONE**

**LA MACINAZIONE E' IN GENERALE LA RIDUZIONE MECCANICA DI UN  
MATERIALE SOLIDO GROSSOLANO IN PARTICELLE PIU' PICCOLE.**

**A SECONDA DELLE DIMENSIONI DEL MATERIALE DI PARTENZA E DEL  
TIPO DI PRODOTTO OTTENUTO SI PARLA DI:**

- ❖ FRANTUMAZIONE: UN MATERIALE GREZZO VIENE RIDOTTO IN  
PEZZI GROSSOLANI (ALCUNI mm)**
- ❖ MACINAZIONE PROPRIAMENTE DETTA O POLVERIZZAZIONE: I  
PEZZI GROSSOLANI SONO RIDOTTI IN PARTICELLE LE CUI  
DIMENSIONI VANNO DA QUALCHE CENTINAIO A QUALCHE DECINA DI  
µm)**
- ❖ MICRONIZZAZIONE: OTTENIMENTO DI PARTICELLE CON  
DIMENSIONI INFERIORI A 10 µm**

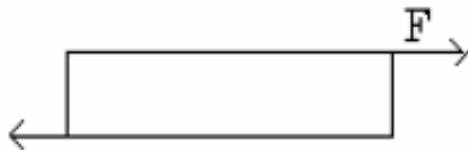
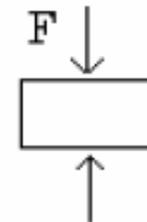
**PER OGNUNA DI QUESTE OPERAZIONI ESISTONO  
APPARECCHIATURE APPOSITE**

**LA MACINAZIONE SI PUO' EFFETTUARE A SECCO OPPURE A UMIDO.**

# PRINCIPI DI BASE DELLA MACINAZIONE - 1

PER EFFETTUARE LA MACINAZIONE OCCORRE DEFORMARE LE SINGOLE PARTICELLE FINO AD OTTENERE LA LORO ROTTURA IN PARTICELLE PIU' PICCOLE APPLICANDO UNA FORZA.

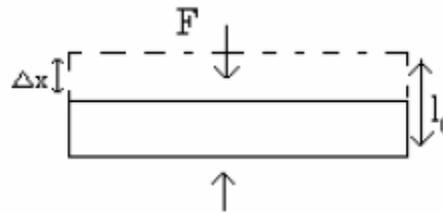
SE LA PARTICELLA E' VINCOLATA E SI APPLICA UNA FORZA PERPENDICOLARE AD UNA DELLE SUE FACCE SI SVILUPPA UNA FORZA UGUALE IN DIREZIONE OPPOSTA A QUELLA APPLICATA; SI PARLA DI SFORZO DI COMPRESSIONE.



SE INVECE LA FORZA E' APPLICATA PARALLELAMENTE ALLA SUPERFICIE SI PARLA DI SFORZO DI TAGLIO.

# PRINCIPI DI BASE DELLA MACINAZIONE - 2

**POICHE' ALL'APPLICAZIONE DI UNO SFORZO CONSEGUE INIZIALMENTE UNA DEFORMAZIONE, ALL'APPLICAZIONE DI UNO SFORZO DI COMPRESSIONE CONSEGUE UNA DEFORMAZIONE DI COMPRESSIONE:**

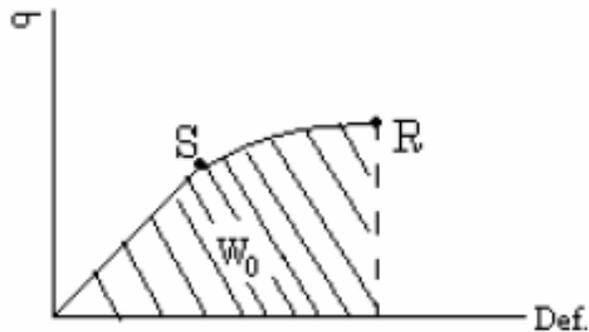


**MENTRE ALL'APPLICAZIONE DI UNO SFORZO DI COMPRESSIONE SEGUIRA' UNA DEFORMAZIONE DI TAGLIO:**



# PRINCIPI DI BASE DELLA MACINAZIONE - 3

FINO AD UN CERTO VALORE LIMITE DI SFORZO, C'E' UNA PROPORZIONALITA' TRA SFORZO APPLICATO E DEFORMAZIONE PRODOTTA E LA DEFORMAZIONE E' REVERSIBILE O DI TIPO ELASTICO (CIOE' SE CESSA LO SFORZO LA PARTICELLA RECUPERA LA FORMA INIZIALE); OLTRE QUESTO LIMITE (*PUNTO DI SNERVAMENTO*) C'E' UNA DEVIAZIONE DALLA PROPORZIONALITA' E LA DEFORMAZIONE E' DETTA PLASTICA (NON PIU' REVERSIBILE):



AUMENTANDO ANCORA LO SFORZO SI ARRIVA AD UN PUNTO IN CUI LE FORZE DI LEGAME TRA LE MOLECOLE VENGONO MENO E SI HA LA ROTTURA DELLA PARTICELLA.  $W_0$  E' IL LAVORO COMPIUTO PER ROMPERE LA PARTICELLA.

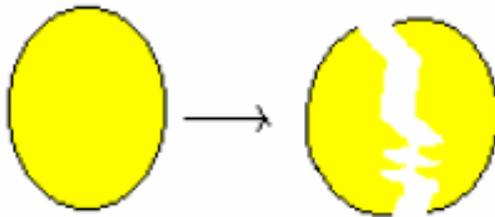
# **PRINCIPI DI BASE DELLA MACINAZIONE - 4**

**LA MACINAZIONE AVVIENE ALL'INTERNO DI APPARECCHIATURE DETTE MOLINI, COSTITUITI IN GENERE DA UNA CAMERA DI MACINAZIONE ALL'INTERNO DELLA QUALE OPERANO DEGLI ELEMENTI MACINANTI MOBILI.**

**LA MACINAZIONE E' IN GENERE UN PROCESSO A BASSO RENDIMENTO, CIOE' IL RAPPORTO TRA LAVORO UTILE E LAVORO TOTALE E' PIUTTOSTO BASSO (IN GENERE  $<0.02$ ). CIO' SI VERIFICA PERCHE' CI SONO NUMEROSE FONTI DI DISPERSIONE DI ENERGIA:**

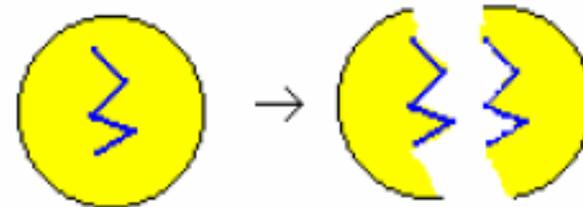
- **ATTRITI E VIBRAZIONI DEL MOLINO, CALORE DISSIPATO NELL'AMBIENTE**
- **SPOSTAMENTO O DEFORMAZIONE DELLE PARTICELLE SENZA ROTTURA**
  - **CESSIONE DI ENERGIA CINETICA ALLE PARTICELLE**

# PRINCIPI DI BASE DELLA MACINAZIONE - 5



**SE LE PARTICELLE SOTTOPOSTE A SFORZO SONO PERFETTAMENTE INTEGRE PER ROTTURA DANNO LUOGO ALLA FORMAZIONE DI NUOVE SUPERFICI**

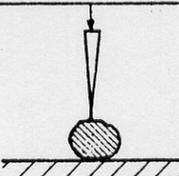
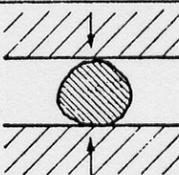
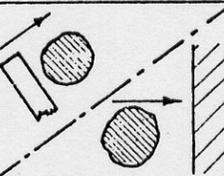
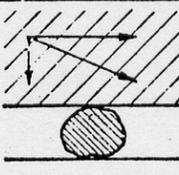
**SE INVECE ESISTONO MICROFRATTURE LA ROTTURA DELLA PARTICELLA AVVERRA' PREFERIBILMENTE IN CORRISPONDENZA DI ESSE, E LE SUPERFICI CHE SI FORMANO SONO IN PARTE PREESENTI**



# **PROPRIETA' DEI MATERIALI CHE INFLUENZANO LA MACINAZIONE**

- ❖ **DUREZZA: ESPRESSA SECONDO LA SCALA DI MOHS.**
- ❖ **ADESIVITA': I MATERIALI ADESIVI VENGONO MACINATI CON DIFFICOLTA' PERCHE' LE PARTICELLE MACINATE TENDONO AD ADERIRE FORMANDO AGGLOMERATI; SI PUO' RICORRERE ALLA CO-MACINAZIONE CON ECCIPIENTI INERTI.**
- ❖ **TEMPERATURA DI RAMMOLLIMENTO: IL CALORE LIBERATO NELLA MACINAZIONE PUO' RAMMOLLIRE ALCUNE SOSTANZE, ES. I GRASSI; IN QUESTI CASI SI PUO' OPERARE A BASSA TEMPERATURA.**
- ❖ **CONTENUTO IN UMIDITA': PER SOSTANZE CON ELEVATA UMIDITA' E' CONSIGLIABILE UN PRE-ESSICCAMENTO.**
- ❖ **PLASTICITA': SOSTANZE CON ELEVATO GRADO DI PLASTICITA' SONO DIFFICILMENTE MACINABILI (CANFORA, POLIMERI); SI PUO' REALIZZARE UNA MACINAZIONE PER INTERMEDIO.**

# MECCANISMI DI MACINAZIONE

	Meccanismo	Rappresentazione schematica
Aumento della finezza del prodotto ↓	Taglio	
	Compressione	
	Impatto	
	Attrito (pressione e frizione)	

LA MACINAZIONE PUO' SFRUTTARE 4 MECCANISMI PRINCIPALI:

❖ TAGLIO

❖ COMPRESSIONE

❖ IMPATTO

❖ ATTRITO

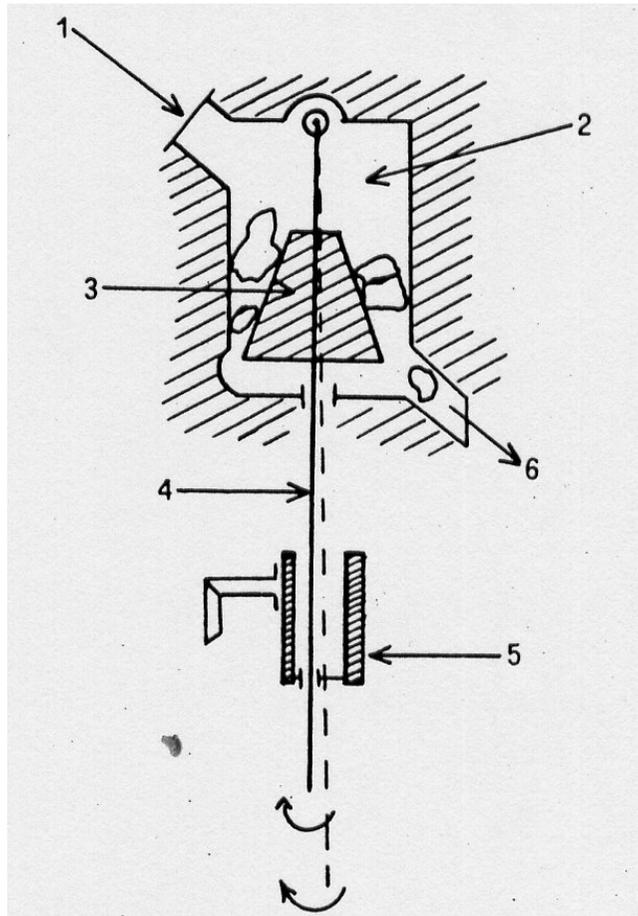
I VARI TIPI DI MOLINO SI DIFFERENZIANO PER IL TIPO DI FORZA CHE UTILIZZANO E POSSONO ANCHE COMBINARE VARI MECCANISMI

# **FRANTUMATORI**

**LA FRANTUMAZIONE PARTE DA PEZZI O BLOCCHI ANCHE MOLTO GRANDI (FINO A 1 METRO) PER ARRIVARE A FRAMMENTI DI 50-10 mm. LA FRANTUMAZIONE E' USATA ANCHE PER RIDURRE IN GRANULI GLI *SLUGS* NELLA GRANULAZIONE A SECCO.**

**I FRANTUMATORI PIU' COMUNEMENTE USATI SONO: FRANTUMATORE CONICO, FRANTUMATORE A LAME, FRANTUMATORE A CILINDRI.**

# FRANTUMATORE CONICO



**E' UN FRANTUMATORE USATO PER MATERIALI PARTICOLARMENTE DURI.**

**E' ESSENZIALMENTE COSTITUITO DA UN ALBERO CENTRALE (4) SU CUI E' MONTATO L'ELEMENTO MACINANTE (3), A FORMA DI TRONCO DI CONO E CON SUPERFICIE LISCIA O SCANALATA.**

**L'ALBERO PUO' SOLO RUOTARE ATTORNO AL PROPRIO ASSE (FRANTUMATORE AD ASSE VERTICALE FISSO) OPPURE PUO' ANCHE OSCILLARE (FRANTUMATORE CONICO PENDOLARE).**

**I PEZZI OTTENUTI VANNO DA 7 A 0.5 cm.**

**1=ALIMENTAZIONE**

**2=CAMERA DI MACINAZIONE**

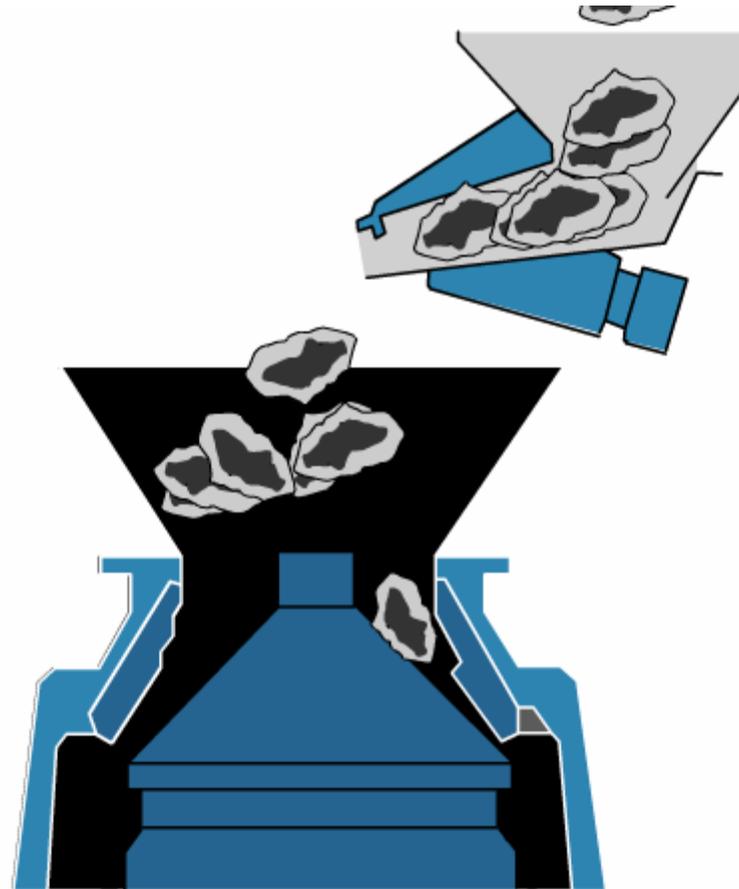
**5=ECCENTRICO**

**6=SCARICO**

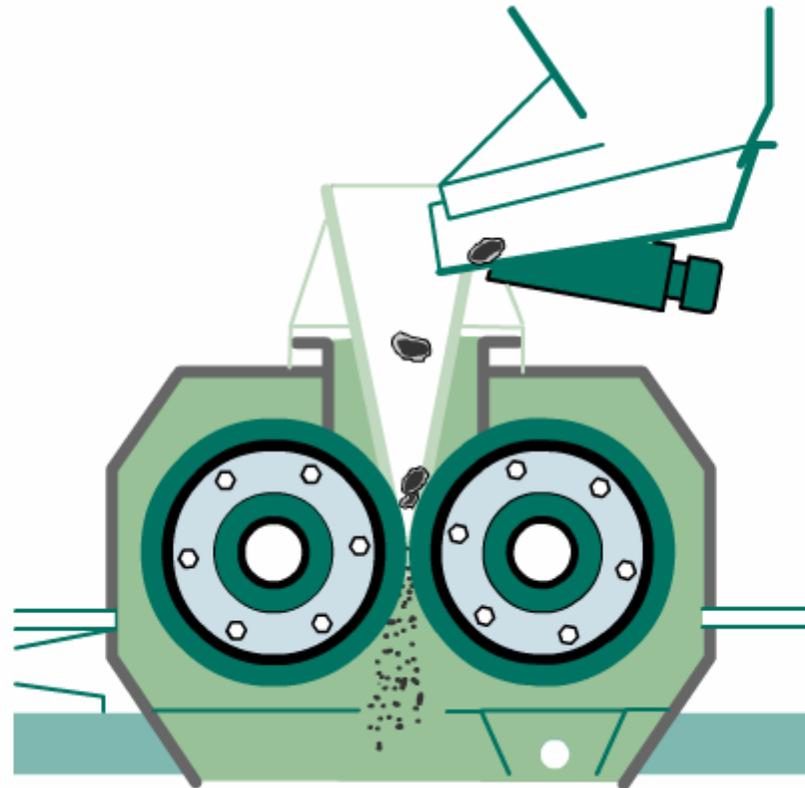
# FRANTUMATORE CONICO



FRANTUMATORE CONICO  
AUBEMA E CONO  
FRANTUMATORE

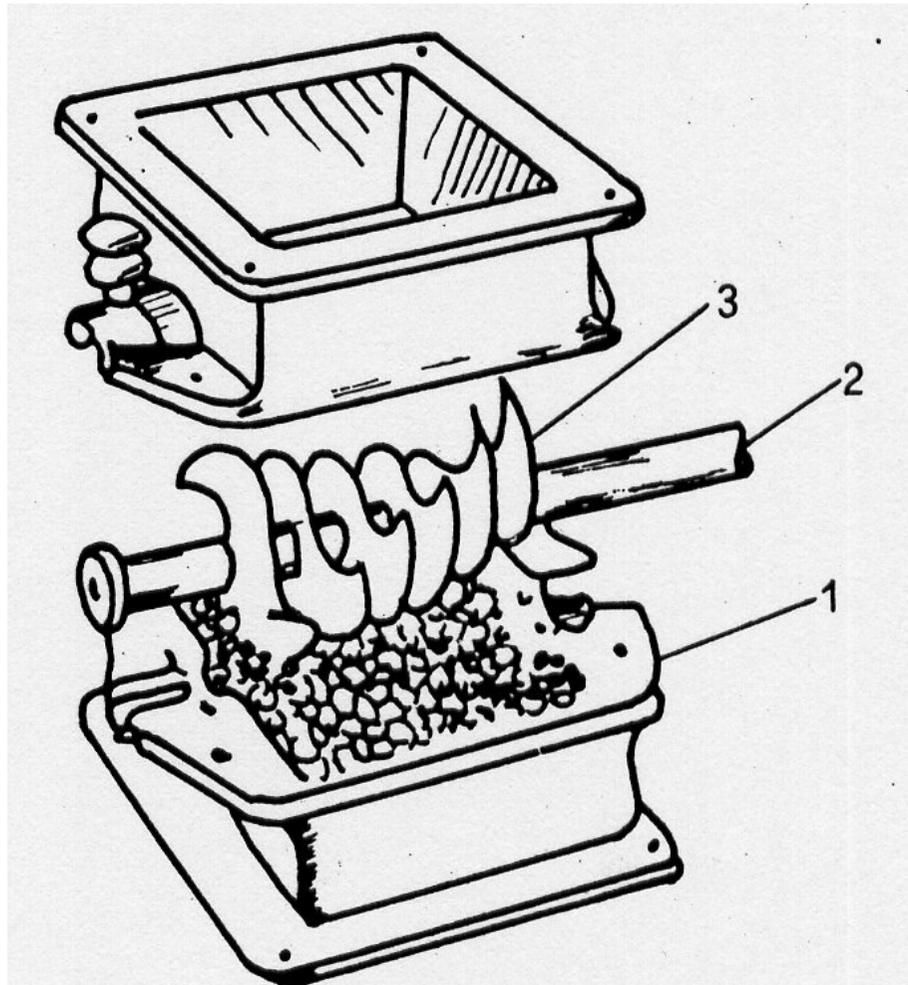


# FRANTUMATORE A CILINDRI



FRANTUMATORE A CILINDRI AUBEMA; ARRIVA FINO A <1mm

# FRANTUMATORE A LAME



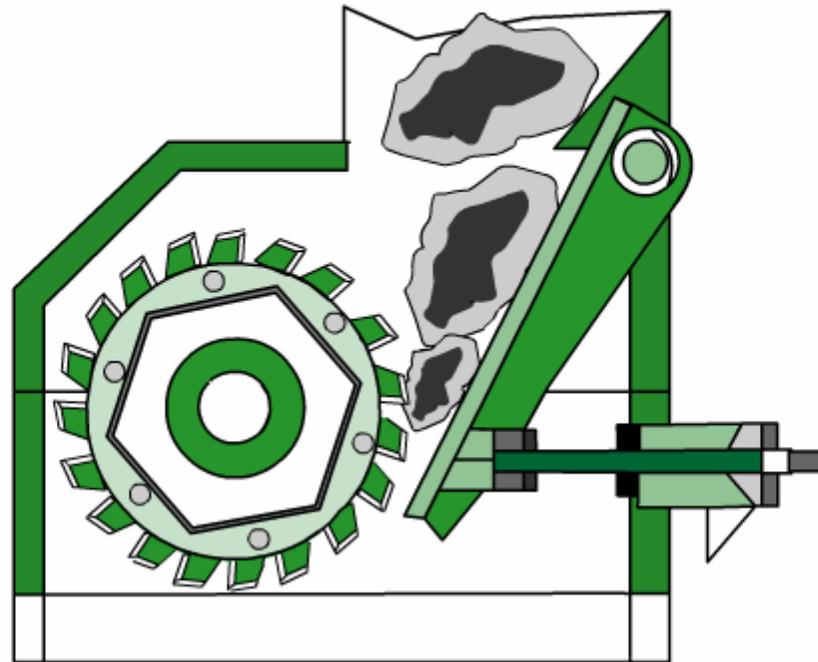
**QUESTO FRANTUMATORE E' FORMATO ESSENZIALMENTE DA UNA CAMERA DI MACINAZIONE IN CUI RUOTA UN ALBERO ORIZZONTALE A CUI SONO FISSATE DELLE LAME. SOTTO LA CAMERA C'E' UNA GRIGLIA FORATA INTERCAMBIABILE. QUANDO L'ALBERO RUOTA LE LAME FORZANO IL MATERIALE CONTRO LA GRIGLIA FRANTUMANDOLO. TUTTI I PEZZI PIU' PICCOLI DEI FORI DELLA GRIGLIA PASSANO AD UN RACCOGLITORE SOTTOSTANTE.**

**1=GRIGLIA**

**2=ALBERO**

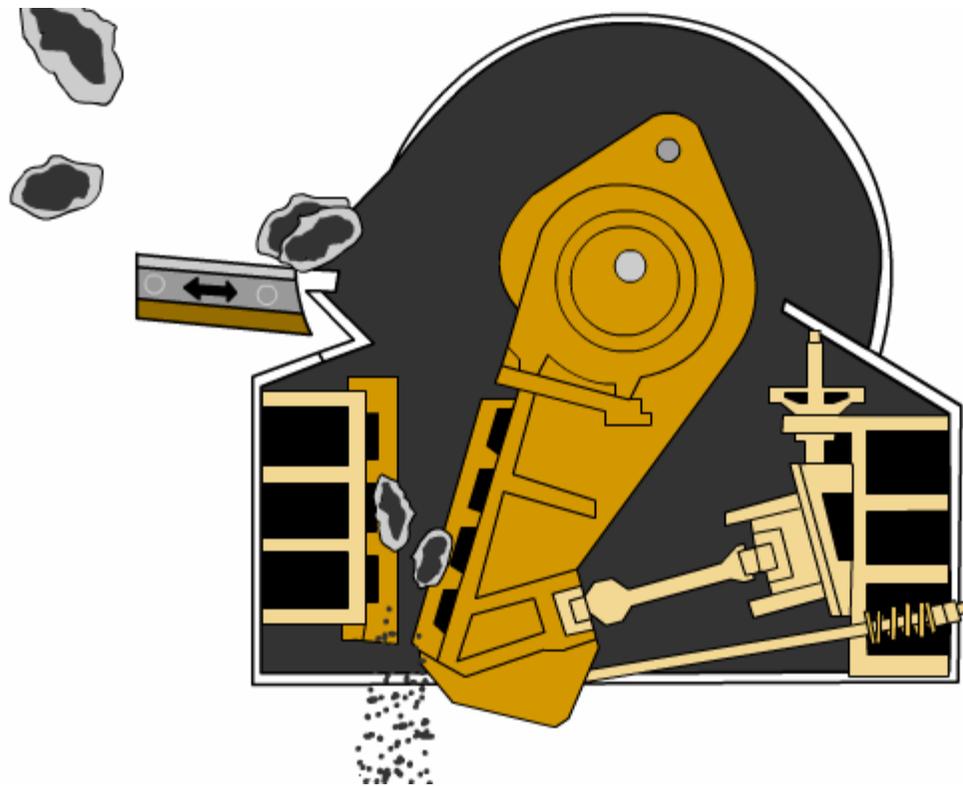
**3=LAME**

# ALTRI FRANTUMATORI -1



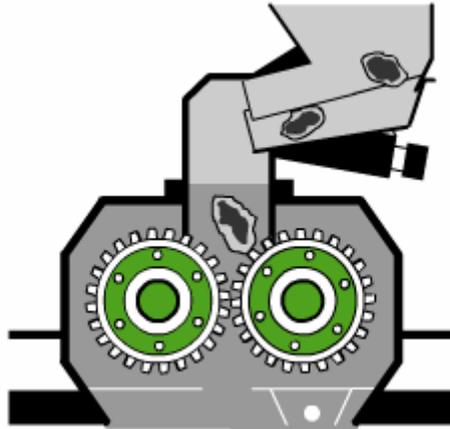
**“SINGLE ROLL CRUSHER” DELLA AUBEMA**

# ALTRI FRANTUMATORI -2

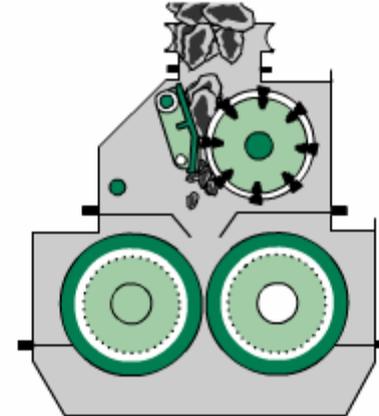


FRANTUMATORE A GANASCE DELLA AUBEMA

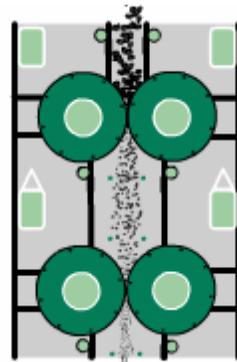
# ALTRI FRANTUMATORI -3



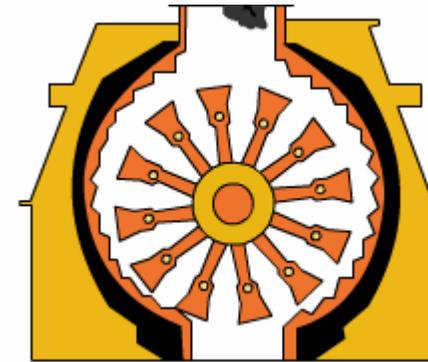
“DOUBLE ROLL CRUSHER”  
DELLA AUBEMA



“THREE ROLL CRUSHER” DELLA  
AUBEMA



“FOUR ROLL CRUSHER” DELLA  
AUBEMA



FRANTUMATORE A MARTELLI  
DELLA AUBEMA

# **TECNICHE DI MACINAZIONE**

**ESISTONO DUE PRINCIPALI TECNICHE DI MACINAZIONE:**

**❑ MACINAZIONE A SECCO (IN ASSENZA DI ACQUA)**

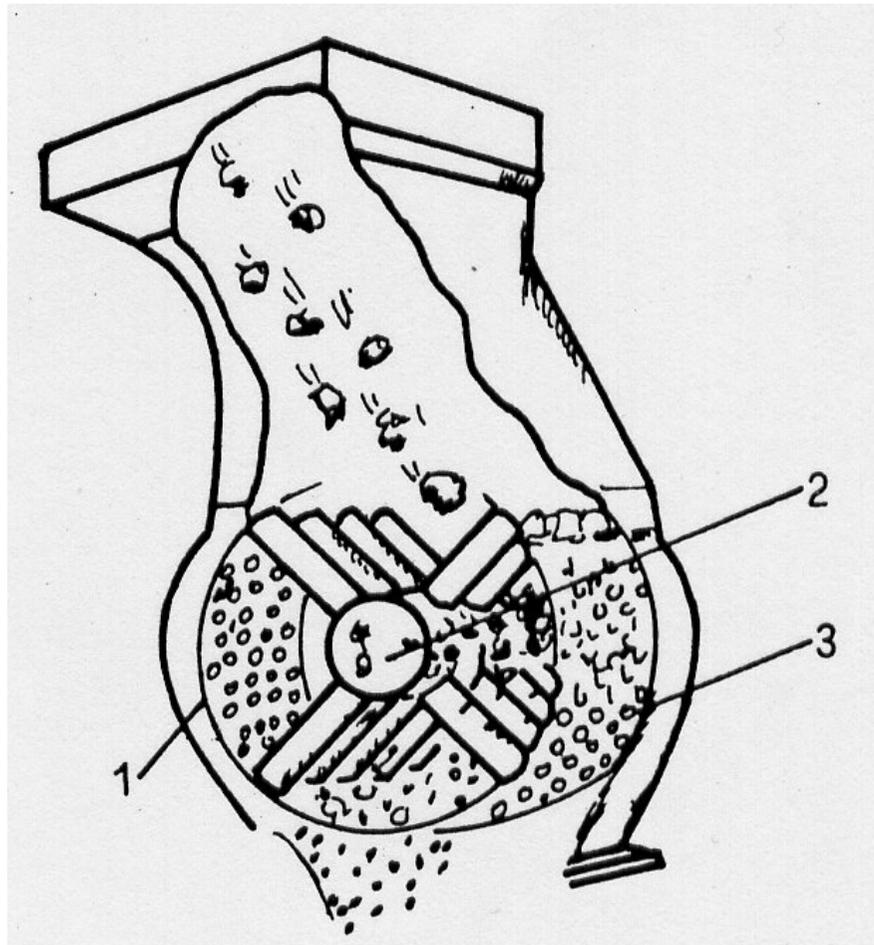
**❑ MACINAZIONE AD UMIDO (IN PRESENZA DI ACQUA)**

**LA MACINAZIONE A SECCO E' QUELLA PIU' FREQUENTEMENTE UTILIZZATA; TUTTAVIA IN ALCUNI CASI E' DIFFICILE DA REALIZZARE (MATERIALI RICCHI DI UMIDITA'; MATERIALI ORGANICI CHE SI CARICANO DI ENERGIA STATICA E PORTANO ALLA FORMAZIONE DI AGGLOMERATI; ECCESSIVA DISPERSIONE AMBIENTALE DI POLVERE).**

**SI PUO' ALLORA RICORRERE ALLA MACINAZIONE AD UMIDO (RIDUZIONE DELLE DISPERSIONI DI ENERGIA DEL MOLINO; DISPERSIONE DEL CALORE GENERATO DAL MOLINO). IN QUESTO TIPO DI MACINAZIONE LA PERCENTUALE DI SOLIDO NON DOVREBBE ESSERE INFERIORE AL 30%.**

**SVANTAGGI DELLA MACINAZIONE AD UMIDO: GRADO DI FINEZZA DEL MATERIALE INFERIORE A QUELLO OTTENUTO CON LA MACINAZIONE A SECCO; POSSIBILI FENOMENI DI IDROLISI, ACCENTUATI DALL'AUMENTO DI TEMPERATURA; NECESSITA' DI DISPORRE DI MOLINI PARTICOLARI; NECESSITA' DI COMPIERE L'ESSICCAMENTO FINALE.**

# MOLINO A COLTELLI

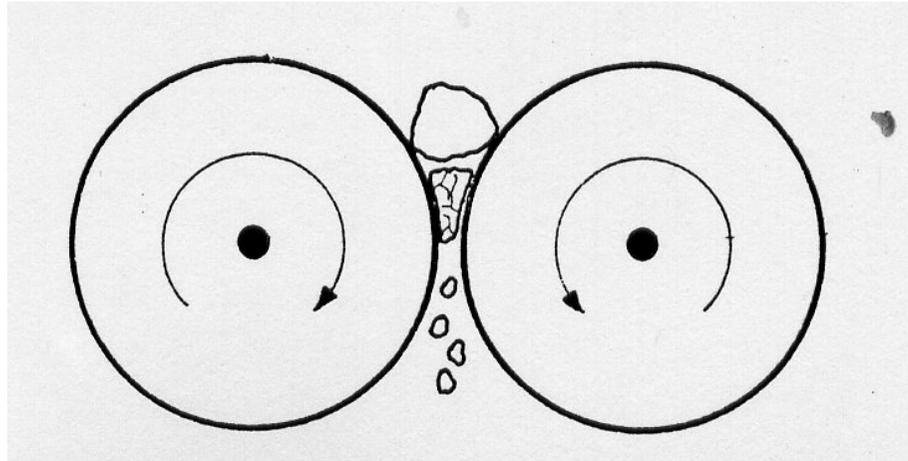


**GLI ELEMENTI MACINANTI SONO DELLE LAME DI ACCIAIO INOX (DA 2 A 12) MONTATE SU UN ALBERO ROTANTE (2) ALL' INTERNO DI UNA CAMERA DI MACINAZIONE (1). NELLA PARTE INFERIORE DELLA CAMERA SI TROVA UNA GRIGLIA INTERCAMBIABILE (3) CHE PERMETTE DI CONTROLLARE LA GRANULOMETRIA.**

**QUESTO TIPO DI MOLINI SFRUTTA LE FORZE DI TAGLIO.**

**I MOLINI A COLTELLI SONO PARTICOLARMENTE ADATTI PER MATERIALI ELASTICI (ES. GOMME) O FIBROSI.**

# MOLINO A RULLI



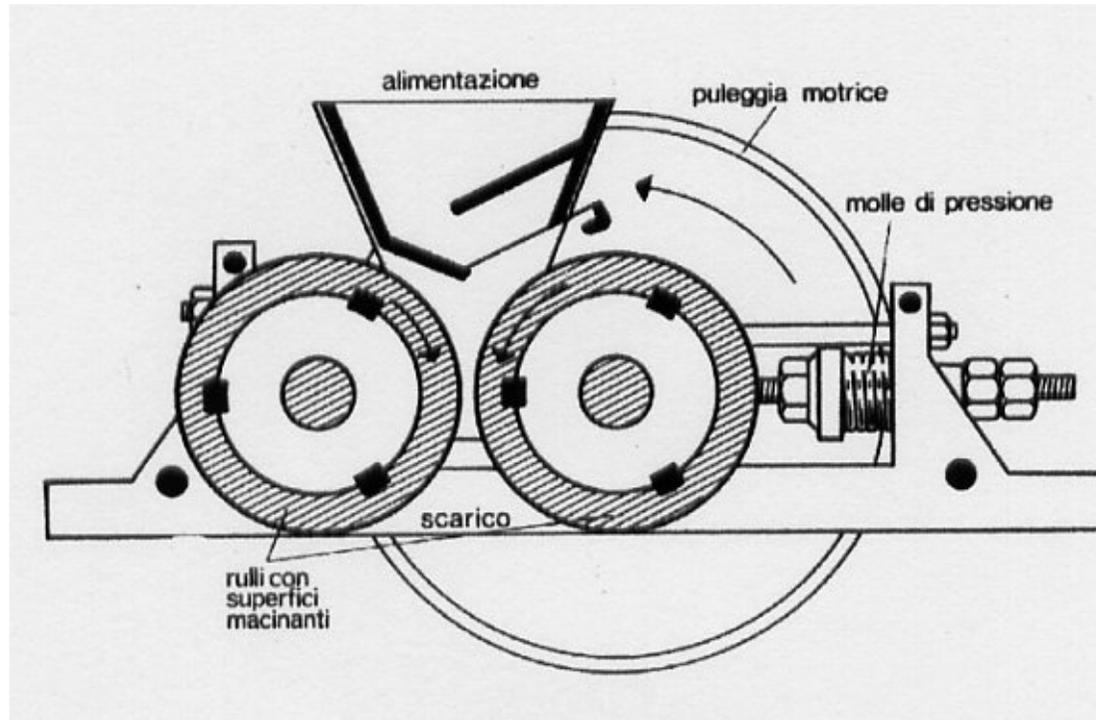
**I MULINI A RULLI SFRUTTANO LE FORZE DI COMPRESSIONE.**

**IL MULINO A RULLI E' COSTITUITO DA DUE CILINDRI, IL CUI DIAMETRO PUO' VARIARE DA POCHI cm FINO AD UN METRO E LA CUI DISTANZA PUO' ESSERE REGOLATA, CHE RUOTANO ATTORNO AL LORO ASSE LONGITUDINALE.**

**UNO DEI DUE CILINDRI E' FATTO RUOTARE DAL MOTORE, MENTRE L'ALTRO E' LIBERO E RUOTA PER LA FRIZIONE CHE IL MATERIALE, SCENDENDO, GENERA FRA I CILINDRI STESSI. IL MATERIALE VIENE SCHIACCIATO E COMPRESSO TRA I DUE CILINDRI.**

**A SECONDA DEL GRADO DI FINEZZA DESIDERATO VIENE REGOLATA LA DISTANZA TRA I CILINDRI.**

# MOLINO A CILINDRI - 1

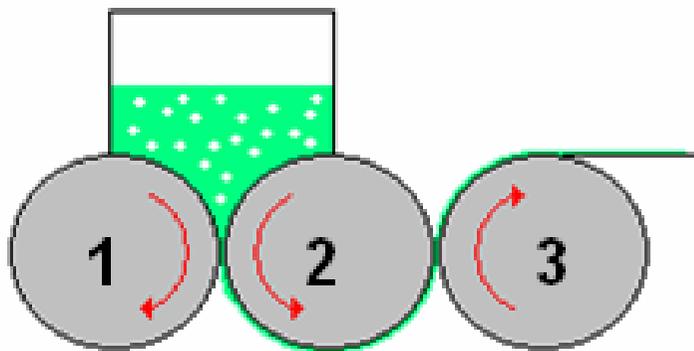


**I MULINI A CILINDRI SONO FORMATI DA DUE CILINDRI O RULLI CHE RUOTANO LUNGO IL LORO ASSE; LA LORO DISTANZA E' REGOLABILE. IL MATERIALE, ARRIVANDO DALL'ALTO, VIENE SCHIACCIATO TRA DUE CILINDRI, MA, SICCOME C'E' UNA DIFFERENZA TRA LE VELOCITA' ANGOLARI DI QUESTI, IL MATERIALE VA SOGGETTO ANCHE A FORZE D'ATTRITO.**

**I MOLINI A CILINDRI SFRUTTANO PERCIO' SIA FORZE DI COMPRESSIONE CHE FORZE D'ATTRITO.**

# MOLINO A CILINDRI - 2

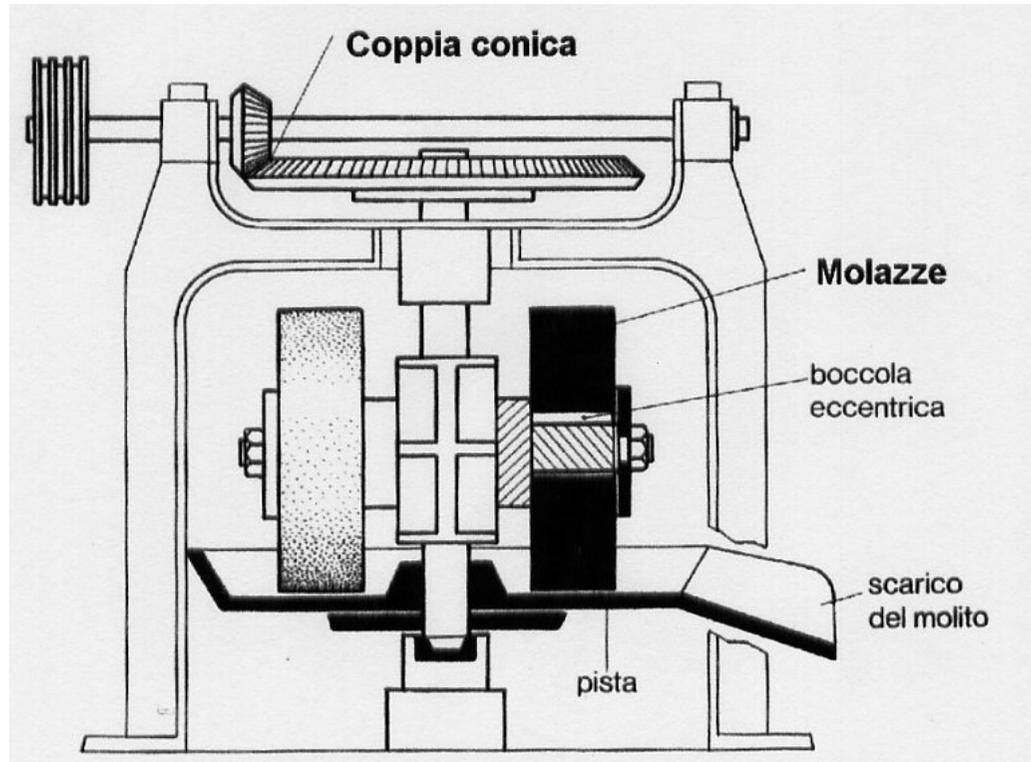
**I MOLINI A CILINDRI SI PRESTANO ANCHE ALLA MACINAZIONE AD UMIDO; IN QUESTO CASO SI PARLA DI RAFFINATRICI A CILINDRI, COSTITUITE DA 3 CILINDRI, CHE LAVORANO MATERIALI PASTOSI, SOSPENSIONI O EMULSIONI.**



**SCHEMA DI RAFFINATRICE A CILINDRI**

**LA VELOCITA' ANGOLARE AUMENTA PASSANDO DAL CILINDRO 1 AL 2 E POI AL 3, COSI' CHE IL MATERIALE PASTOSO VIENE TRASFERITO DAL CILINDRO 1 AL CILINDRO 2 E DA QUESTO AL CILINDRO 3; UN RASCHIATORE ASPORTA IL MATERIALE RAFFINATO DALLA SUPERFICIE DELL'ULTIMO CILINDRO. LA RAFFINAZIONE SI VERIFICA PERCHE' LA DISTANZA TRA I PRIMI DUE CILINDRI E' MAGGIORE DI QUELLA TRA IL 2 E IL 3.**

# MOLINO A MOLAZZA

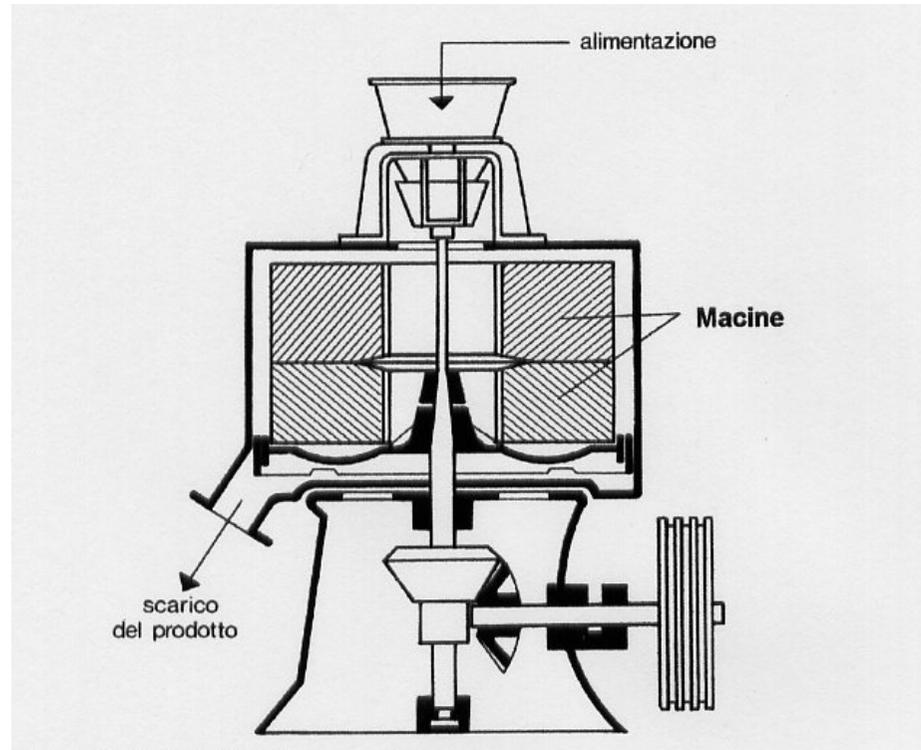


IL MOLINO A MOLAZZA E' COSTITUITO DA UNA BASE CIRCOLARE (PISTA O PLATEA DI MACINAZIONE) PORTANTE AL CENTRO UN ALBERO VERTICALE ATTORNO AL QUALE RUOTANO DUE MOLE (O MOLAZZE), MONTATE SU DUE SEMIASSE DI LUNGHEZZA DIVERSA. LE MOLAZZE SUBISCONO DUE PROCESSI DI ROTAZIONE SIMULTANEI: UNO ATTORNO ALL'ALBERO ED UNO ATTORNO AL PROPRIO SEMIASSE.

SIA LA PLATEA CHE LE MOLAZZE SONO DI GRANITO, PORFIDO O GHISA; LE MOLAZZE POSSONO ARRIVARE A PESARE 25 TONNELLATE. IL MOVIMENTO DI ROTAZIONE E' LENTO (NON PIU'DI 25 GIRI/MINUTO).

QUESTI MOLINI SONO USATI PER MACINARE MATERIALE NON SECCO COME I SEMI E POSSONO SERVIRE PER RAFFINARE MATERIALI PASTOSI.

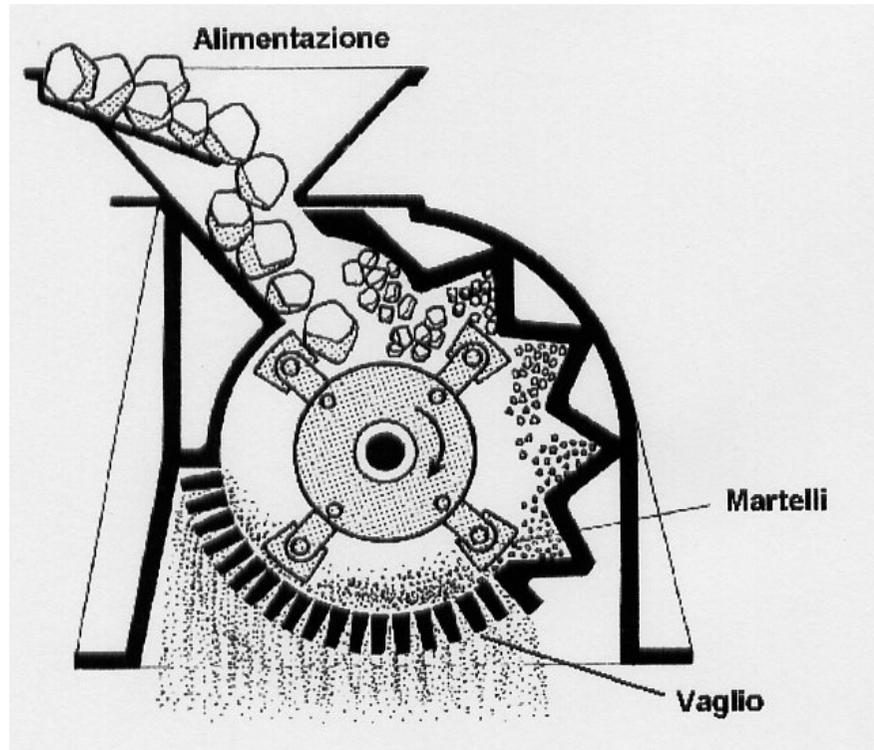
# MOLINO A PALMENTI



**IL MOLINO A PALMENTI E' FORMATO DA 2 MOLE (O PALMENTI) DI MATERIALE DURISSIMO SISTEMATE UNA VICINISSIMA ALL'ALTRA (IN SENSO VERTICALE). UNA DELLE DUE RUOTA E L'ALTRA E' FISSA; SE RUOTA QUELLA SUPERIORE SI PARLA DI MOLINO A MOLA DORMIENTE INFERIORE, SE INVECE RUOTA QUELLA INFERIORE SI HA UN MOLINO A MOLA DORMIENTE SUPERIORE. L'ALIMENTAZIONE AVVIENE ATTRAVERSO UN FORO PRATICATO NELLA MOLA SUPERIORE.**

**LA MACINAZIONE AVVIENE NELLO SPAZIO TRA LE MOLE, CHE E' MOLTO RIDOTTO E PUO' ESSERE REGOLATO, PER PRESSIONE ED ATTRITO. UNA SERIE DI SCANALATURE PORTA IL MATERIALE ALLA PERIFERIA DELLO SPAZIO DI MACINAZIONE E NE FAVORISCE IL PASSAGGIO NEL CANALE DI RACCOLTA. I MOLINI A PALMENTI SI USANO PER MATERIALI MOLTO DURI.**

# MOLINO A MARTELLI - 1

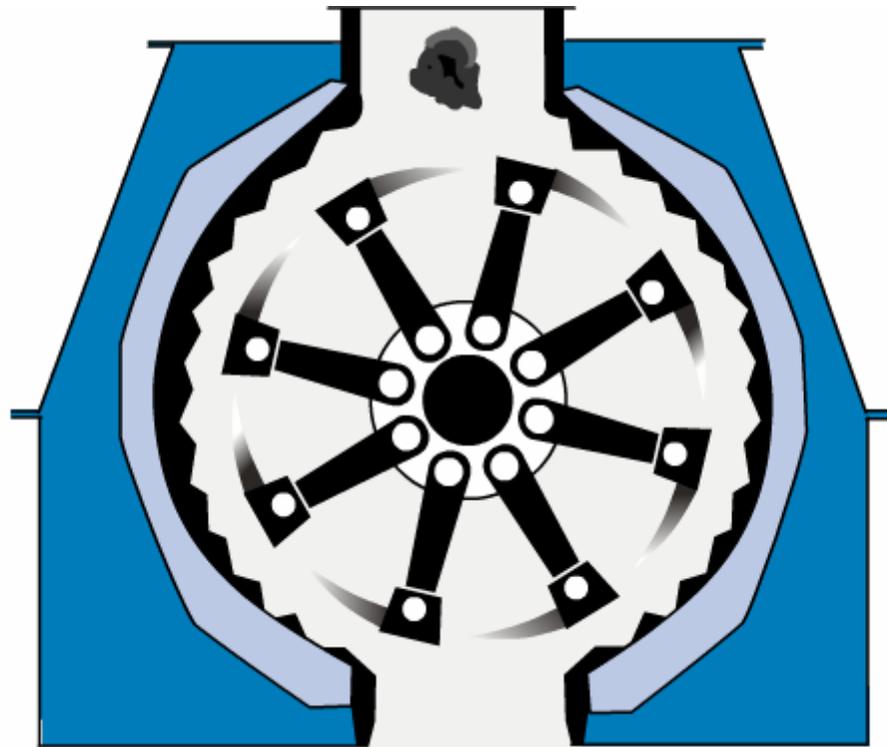


**IL MOLINO A MARTELLI E' FORMATO DA UNA CAMERA CILINDRICA NELLA QUALE RUOTA UN ROTORE CON 2-8 MARTELLI SNODATI DI ACCIAIO INOX. NELLA PARTE INFERIORE DEL MOLINO C'E' UNA GRIGLIA INTERCambiabile CHE FA USCIRE IL MATERIALE MACINATO.**

**QUANDO IL ROTORE RUOTA (1000 GIRI/MINUTO) I MARTELLI, PER EFFETTO DELLA FORZA CENTRIFUGA, SI DISPONGONO RADIALMENTE E MACINANO IL MATERIALE INTRODOTTO DALL'ALTO.**

**SULLA PARETE INTERNA DEL MOLINO CI SONO DELLE LAME; RUOTANDO I MARTELLI ARRIVANO A BREVISSIMA DISTANZA DA ESSE, IN MODO TALE CHE LE PARTICELLE CHE SI TROVANO TRA MARTELLO E LAMA VENGONO ANCHE SOTTOPOSTE A FORZE DI TAGLIO. CIO' PERMETTE LA MACINAZIONE DI MATERIALI FIBROSI.**

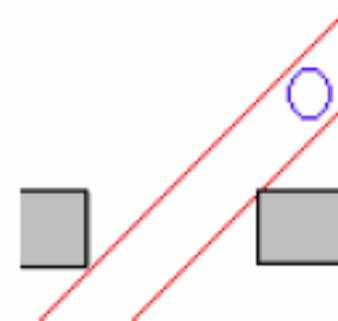
# MOLINO A MARTELLI - 2



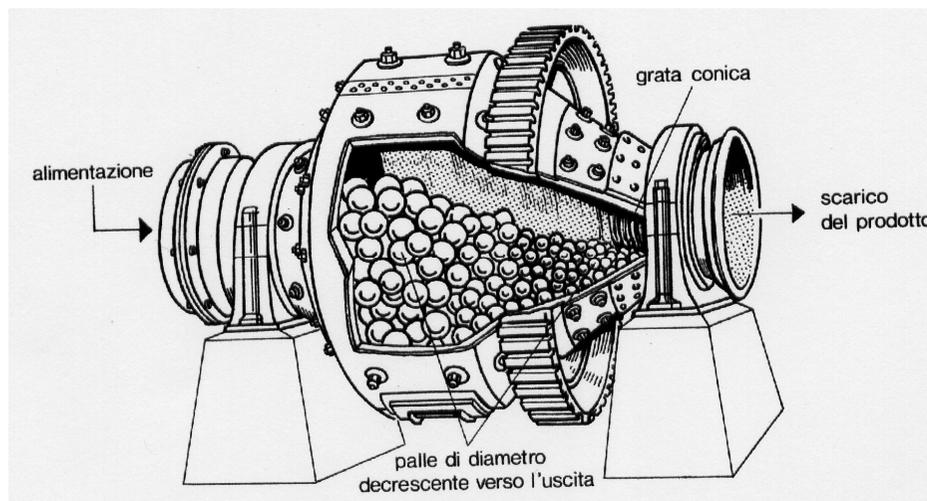
# MOLINO A MARTELLI - 3

**I MOLINI SFRUTTANO PERCIO' LE FORZE DI IMPATTO ED IN CERTA MISURA ANCHE QUELLE DI TAGLIO E SONO ADATTI A MACINARE MATERIALI SECCHI O FIBROSI. NEL CASO DI PRODOTTI DURI E FRIABILI LE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE POSSONO ARRIVARE FINO A 50  $\mu\text{m}$ .**

**PER QUANTO CONCERNE IL SETACCIO CHE STA ALLA BASE DEL MOLINO A MARTELLI, BISOGNA OSSERVARE CHE LE PARTICELLE LO RAGGIUNGONO OBLIQUAMENTE E NON VERTICALMENTE, COSI' CHE LE PARTICELLE CHE FUORIESCONO SONO PIU' PICCOLE DELLA EFFETTIVA APERTURA DELLE MAGLIE.**



# MOLINO A PALLE-1



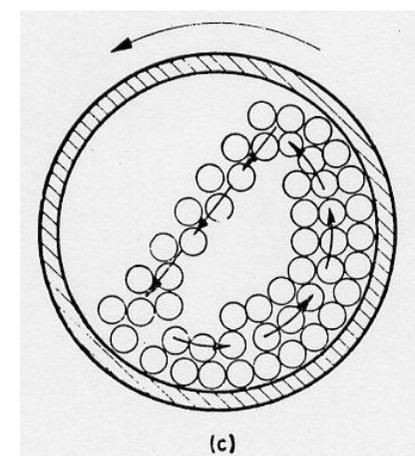
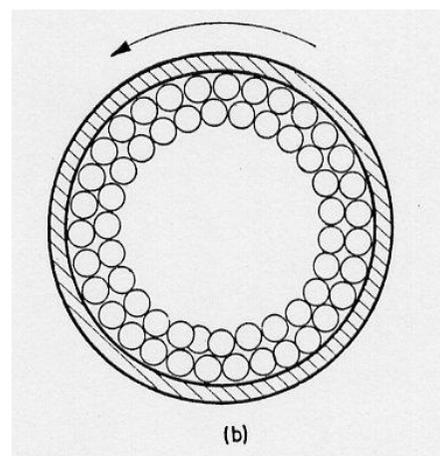
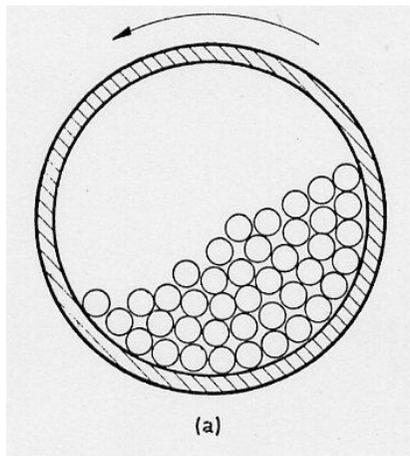
**IL MOLINO A PALLE E' COSTITUITO DA UNA GIARA DI PORCELLANA O METALLO (PORTATA VARIABILE DA 150 g A 15 Kg), PARZIALMENTE RIEMPIUTO (30-35% DEL SUO VOLUME) CON SFERE DI PORCELLANA SVERNICIATA O AGATA O ACCIAIO INOSSIDABILE DI DIVERSE DIMENSIONI, CHE SONO GLI ELEMENTI MACINANTI.**

**LA QUANTITA' OTTIMALE DI POLVERE DA MACINARE E' QUELLA SUFFICIENTE A RIEMPIRE GLI SPAZI TRA LE SFERE.**

**I MOLINI A PALLE POSSONO AVERE UN'UNICA APERTURA CHE CONSENTE SIA IL CARICO CHE LO SCARICO DEL MATERIALE, OPPURE POSSONO AVERE UN'ALIMENTAZIONE CONTINUA, E ALLORA HANNO UNA SEZIONE NON CILINDRICA MA CONICA. LA GIARA VIENE FATTA RUOTARE SUL SUO ASSE LONGITUDINALE GRAZIE AL MOVIMENTO DI RULLI SU CUI E' APPOGGIATA. LA MACINAZIONE AVVIENE SIA MEDIANTE IMPATTO CHE MEDIANTE ATTRITO, A CAUSA DEL MOVIMENTO DELLE SFERE ALL'INTERNO DELLA GIARA.**

# MOLINO A PALLE-2

LA VELOCITA' DI ROTAZIONE DELLA GIARA PUO' ESSERE VARIATA. LA VELOCITA' CRITICA E' QUELLA ALLA QUALE LA FORZA CENTRIFUGA CHE AGISCE SULLE SFERE A CONTATTO CON LA PARETE DEL CILINDRO NEL PUNTO PIU' ALTO DEL PERCORSO E' UGUALE ALLA FORZA DI GRAVITA'. LA VELOCITA' DI ROTAZIONE OTTIMALE DELLA GIARA E' COMPRESA TRA IL 60% E L'85% DELLA VELOCITA' CRITICA: INFATTI IN QUESTA SITUAZIONE LE SFERE RICADONO SUL MATERIALE MACINANDOLO EFFICACEMENTE (c), MENTRE A VELOCITA' PIU' BASSA LE SFERE ROTOLANO LE UNE SULLE ALTRE (a), E A VELOCITA' PIU' ALTA RESTANO ADERENTI ALLE PARETI DELLA GIARA PER LA FORZA CENTRIFUGA (b).



# **MOLINO A PALLE-3**

## **VANTAGGI:**

- ❖ **MACINAZIONE A SECCO E A UMIDO**
  - ❖ **LAVORAZIONE CONTINUA O DISCONTINUA**
- ❖ **MACINAZIONE E MESCOLOZIONE CONTEMPORANEE**
  - ❖ **POSSIBILITA' DI OTTENERE POLVERI CON DIVERSA GRANULOMETRIA (FINO A POCHI MICRON)**
  - ❖ **SCARSO RISCALDAMENTO**
  - ❖ **POSSIBILITA' DI MACINARE IN AMBIENTE CHIUSO E SOTTO GAS INERTI**
- ❖ **MANCANZA DI CONTAMINAZIONE AMBIENTALE**

## **SVANTAGGI:**

- ❖ **LENTEZZA**
- ❖ **RUMOROSITA'**
- ❖ **NON UTILE PER MATERIALI FIBROSI**
  - ❖ **POSSIBILITA' DI CONTAMINAZIONI CROCIATE**
    - ❖ **POSSIBILITA' DI CESSIONI DI MATERIALE DA PARTE DELLE SFERE**
  - ❖ **DIFFICOLTA' NELLA PULIZIA DELLE SFERE**
- ❖ **SCARICO DEL MOLINO LABORIOSO**

# MICRONIZZAZIONE

**LA MICRONIZZAZIONE E' UNA TECNICA CHE SEGUE LA POLVERIZZAZIONE ED HA LO SCOPO DI OTTENERE PARTICELLE MOLTO PICCOLE (1-10  $\mu\text{m}$ ).**

**LA MICRONIZZAZIONE SI ESEGUE IN MOLINI DETTI MICRONIZZATORI CHE FUNZIONANO A FLUSSO D'ARIA; ESSI SONO ANCHE DETTI MOLINI AD ENERGIA FLUIDA.**

**IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO E' CHE UN GAS COMPRESSO ENTRA NELLA CAMERA DI MACINAZIONE AD ALTISSIMA VELOCITA' FORZANDO LE PARTICELLE SOLIDE A COLLIDERE L'UNA CONTRO L'ALTRA E A COLLIDERE CONTRO LE PARETI DELLA CAMERA, ROMPENDOSI.**

# **MOLINI MICRONIZZATORI**

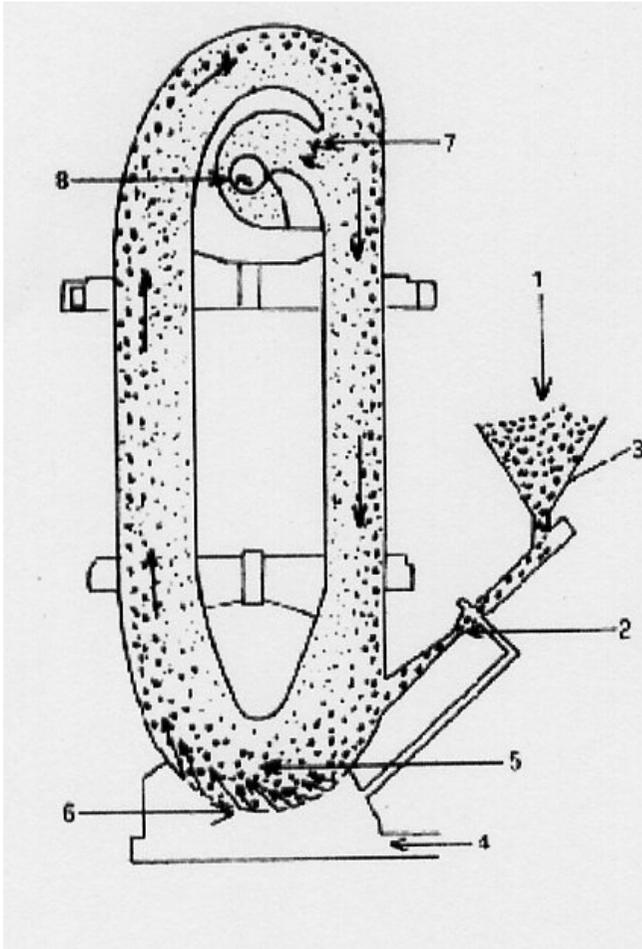
**I MOLINI MICRONIZZATORI PRESENTANO NUMEROSI VANTAGGI:**

- ✿ ELEVATO GRADO DI FINEZZA DEL MATERIALE**
- ✿ ELEVATA UNIFORMITA' DIMENSIONALE DELLE PARTICELLE PRODOTTE**
- ✿ ASSENZA DI ORGANI IN MOVIMENTO (CON MINORI SPESE DI MANUTENZIONE)**
- ✿ RAPIDITA' SMONTAGGIO E FACILITA' DI PULIZIA**
- ✿ POSSIBILITA' DI LAVORARE A TEMPERATURA CONTROLLATA (FREDDA, CALDA, AMBIENTE)**
- ✿ LAVORAZIONE IN CONTINUO**

**LO SVANTAGGIO PRINCIPALE E' CHE SI PUO' AVERE AGGLOMERAZIONE ED IMPACCAMENTO.**

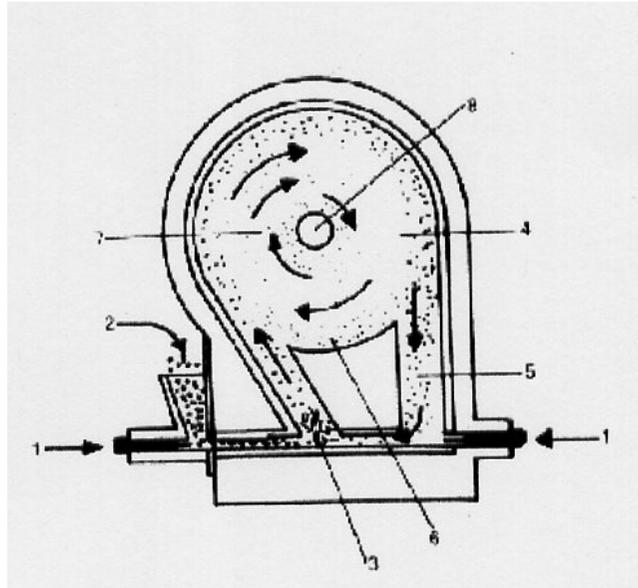
**I MOLINI MICRONIZZATORI TENDONO A SVILUPPARE GRANDI QUANTITA' DI CALORE; TUTTAVIA LA TEMPERATURA DI ESERCIZIO TENDE A RIMANERE BASSA PERCHE' IL GAS CHE ENTRA COMPRESSO NELLA CAMERA DI MACINAZIONE SI ESPANDE ASSORBENDO CALORE**

# MOLINO MICRONIZZATORE A CAMERA ELLITTICA VERTICALE



QUESTO MOLINO E' COSTITUITO DA UNA CAMERA ELLITTICA VERTICALE DENTRO IL QUALE L'ARIA O IN GENERE IL GAS ENTRA A PRESSIONE (2-10 kg/cm<sup>2</sup>) ATTRAVERSO UNA SERIE DI UGELLI SITUATI NELLA PARTE INFERIORE (6). IL MATERIALE DA MICRONIZZARE ENTRA PER MEZZO DI UN ALIMENTATORE (2), VIENE PORTATO AD ALTA VELOCITA' DAL FLUIDO E SI MACINA (5); INFINE IL MATERIALE DI SUFFICIENTE FINEZZA VIENE FATTO USCIRE DAL MOLINO (8).

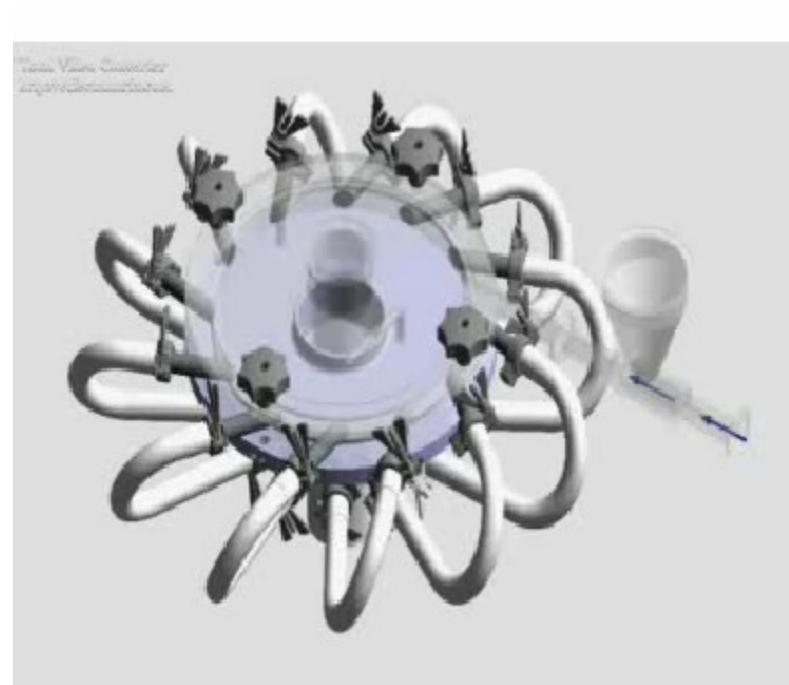
# MOLINO MICRONIZZATORE A GETTI CONTRAPPOSTI



QUESTO MOLINO FUNZIONA IN MODO ANALOGO A QUELLO PRECEDENTE, CON LA FONDAMENTALE DIFFERENZA CHE NELLA CAMERA DI MACINAZIONE ENTRANO 2 GETTI D'ARIA CONTRAPPOSTI ATTRAVERSO DUE UGELLI POSTI SULLO STESSO ASSE (1,1'). I DUE GETTI SI SCONTRANO NELLA ZONA DI MICRONIZZAZIONE (3) PORTANDO A SCONTRARSI ANCHE LE PARTICELLE SOLIDE, CHE COSI' SI ROMPONO.

L'ALIMENTAZIONE AVVIENE DA UNA TRAMOGGIA A VIBRAZIONE (2) DA CUI LE PARTICELLE GIA' FINI VENGONO TRASCINATE AD OPERA DEL GETTO D'ARIA. LA MICRONIZZAZIONE AVVIENE PER AUTOPERCUSSIONE ED ATTRITO. LE PARTICELLE SONO QUINDI TRASPORTATE NELLA CAMERA DI CLASSIFICAZIONE (4); QUELLE PIU' PICCOLE SONO TRASCINATE VERSO L'USCITA (8), LE ALTRE RIENTRANO NELLA ZONA (5) E VENGONO RILANCIATE NELLA ZONA DI MICRONIZZAZIONE.

# MOLINO MICRONIZZATORE SPIRALE



# **SCELTA DEL MOLINO**

**LA SCELTA DELLE APPARECCHIATURE DA USARE PER EFFETTUARE UNA MACINAZIONE DIPENDE DA:**

- ✘ TIPO DI MATERIALE DA MACINARE (DUREZZA, IGROSCOPICITA', TERMOLABILITA', INFIAMMABILITA', ELASTICITA', DIMENSIONI DEL SOLIDO DA MACINARE)**
- ✘ GRANULOMETRIA FINALE RICHIESTA**
- ✘ POSSIBILITA' DI OPERARE IN CONDIZIONI DI STERILITA'**
- ✘ VERSATILITA'**
- ✘ POSSIBILITA' DI LAVORAZIONE CONTINUA O DISCONTINUA, A SECCO O A UMIDO**
- ✘ CAPACITA' DELL'APPARECCHIO, SUO INGOMBRO, COSTO, FACILITA' DI PULIZIA**

# **TECNICHE DI MACINAZIONE PARTICOLARI**

## **❖ MACINAZIONE AD UMIDO**

- ❖ MACINAZIONE SOTTO GAS INERTI: RICHIESTA PER SOSTANZE FACILMENTE OSSIDABILI E COMBUSTIBILI, SI FA IN MOLINI CHIUSI CON ATMOSFERA INERTE D'AZOTO O ANIDRIDE CARBONICA.**
- ❖ CONTROLLO DELLA TEMPERATURA: RAFFREDDAMENTO DELLA CAMERA DI MACINAZIONE NEI CASI IN CUI IL CALORE SVILUPPATO DAL PROCESSO POSSA FONDERE, DECOMPORRE O FAR ESPLODERE IL MATERIALE DA MACINARE. IN ALCUNI CASI SI PROCEDE ALLA MACINAZIONE IN PRESENZA DI GHIACCIO SECCO.**