

Note sull'operazione di rettifica

(Questo testo è basato su una presentazione del dr. Rico Pollak della Blaser Swisslube)

L'asportazione di materiale con una mola abrasiva si differenzia notevolmente dalle altre operazioni di asportazione di trucioli ed è fortemente influenzata dal tipo di fluido da taglio che si impiega.

L'asportazione di un truciolo da parte di un grano abrasivo si può suddividere in quattro fasi.

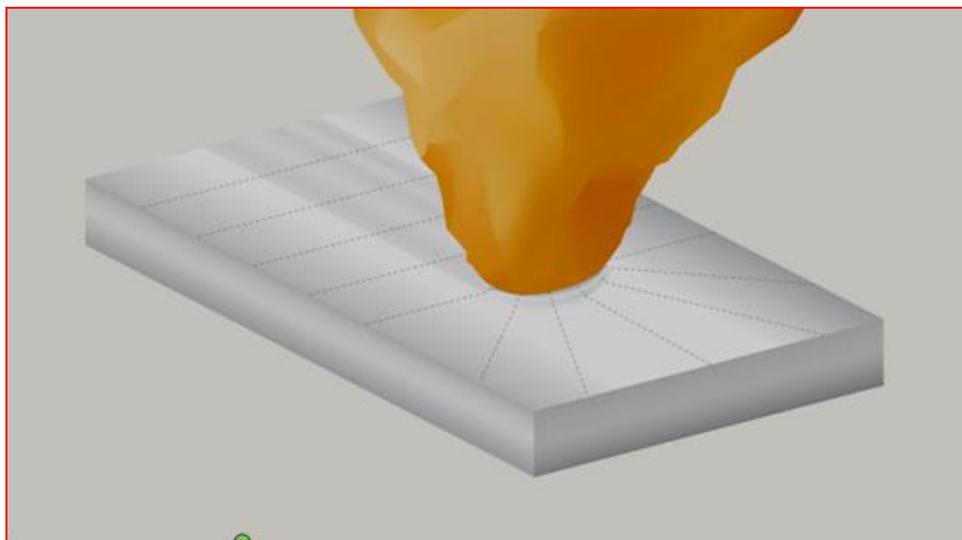


Fig. N°1

Nella prima fase (figura N°1) il grano di abrasivo inizia il contatto con la superficie da lavorare e comincia a strisciare aumentando l'attrito e "graffiando" il pezzo.

Non si ha ancora una vera e propria asportazione del truciolo, ma uno sfregamento tra la punta del grano e la superficie da lavorare.

Il grano non è ancora penetrato nel pezzo.

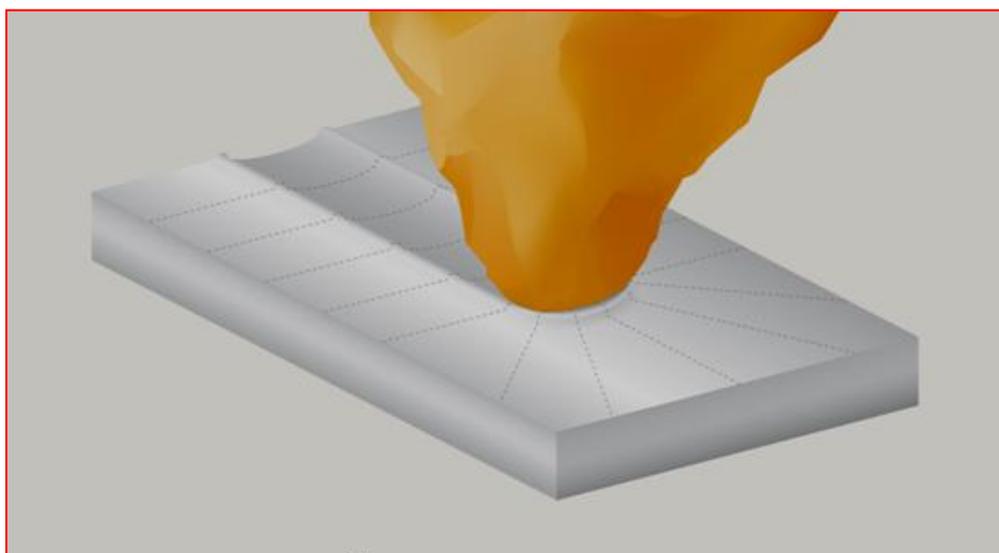


Fig. N°2

Nella seconda fase (figura N°2) il grano, grazie alla aumentata forza radiale, comincia a penetrare nel pezzo deformando plasticamente, per il momento, il materiale.

In questa fase non si ha ancora una asportazione di materiale, ma si genera un solco, che aumenta gradualmente la frizione producendo una quantità di calore via via crescente.

Questa fase è tanto più prolungata quanto più il tagliente tende a scivolare sulla superficie, cioè tanto più gli spigoli taglienti sono arrotondati e tanto maggiore è l'effetto lubrificante del fluido da taglio.

Inizia una deformazione plastica del materiale con la creazione di un solco che per il momento è di profondità limitata.

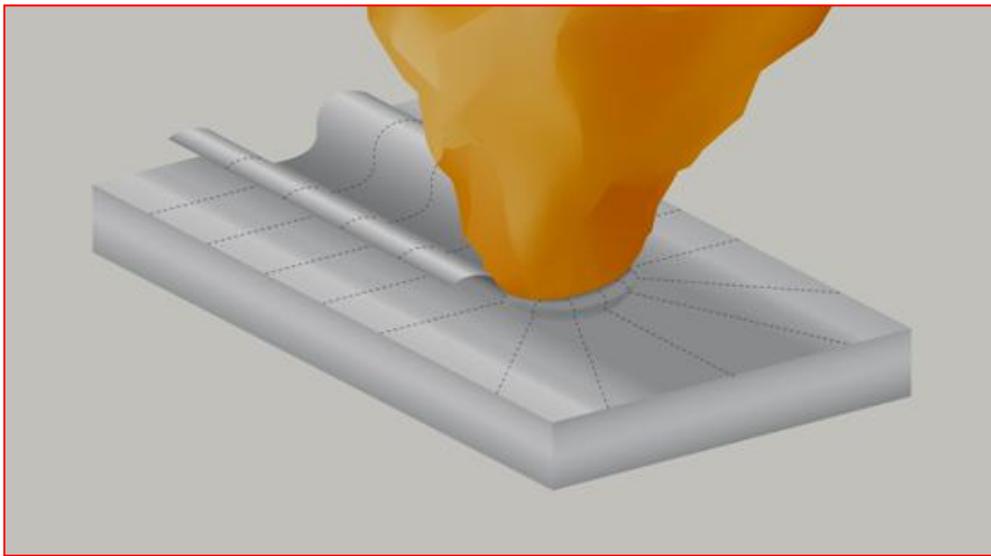


Fig. N°3

Nella terza fase (figura N°3) si accentua la penetrazione del grano di abrasivo sul pezzo con un aumento della profondità del solco e una maggiore deformazione del materiale che viene spostato verso l'esterno del solco stesso. Non si verifica ancora un distacco del materiale dal pezzo, cioè non si ha ancora una vera e propria asportazione di materiale. In questa fase si ha la maggiore pressione del grano sul pezzo, grano che è fortemente sollecitato, sia in senso radiale che in senso tangenziale.

Se questa fase è prolungata si ottiene una pessima superficie, con un aumento della rugosità (aumento di Ra) e inoltre si ha un notevole sviluppo di calore.

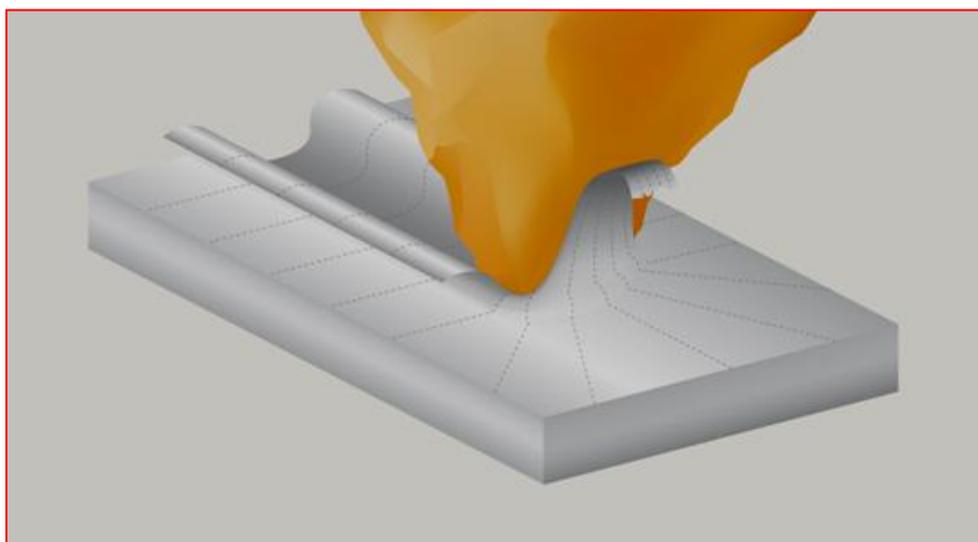


Fig. N°4

Nella quarta fase, a causa dell'aumento della forza radiale, il grano abrasivo penetra ulteriormente sul pezzo e si ha la formazione del truciolo con l'asportazione di materiale. Si ha un aumento della forza tangenziale che è funzione dello spessore del truciolo e alle caratteristiche del materiale tagliato.

In tutte e quattro le fasi si ha una produzione di calore che fa innalzare la temperatura della zona di contatto e che se non opportunamente asportato può provocare modifiche strutturali sul materiale lavorato.

Circa il 90% dell'energia richiesta dalla rettificatrice è convertita in calore, quindi si tratta di quantità molto grandi che richiedono una forte capacità di raffreddamento dei fluidi da taglio.

Il lubrorefrigerante (LR) ha tre funzioni principali: lubrificare, detergere, raffreddare e nelle operazioni di rettifica l'importanza delle varie proprietà non è uguale alle altre operazioni ad asportazione di truciolo. Nella rettifica si può stimare l'importanza relativa delle tre funzioni dell'LR come indicato nella figura N°5.

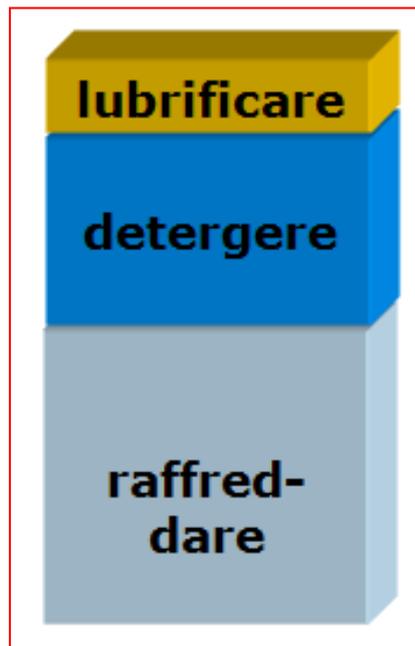


Fig. N°5

Quindi un fluido da taglio per la rettifica deve avere un forte potere raffreddante, un buon potere detergente e un limitato potere lubrificante.

A questo punto vediamo quali sono le caratteristiche fisiche dei due tra i possibili lubrorefrigeranti:

Nella figura N°6 sono confrontate le caratteristiche dell'acqua e dell'olio intero.

Si può immediatamente vedere che la capacità termica specifica dell'acqua, cioè la capacità di assorbire e trasportare il calore è all'incirca il doppio di quella dell'olio intero.

E anche la conduttività termica, cioè la velocità con cui il calore viene assorbito dall'acqua è circa 6 volte quella dell'olio.

Da ciò risulta che l'acqua ha un potere raffreddante molto più grande dell'olio intero.

Si potrebbe pensare che l'acqua sia il fluido da taglio ideale, perché asporta velocemente il calore e ha un potere lavante molto elevato. Ma le cose non sono così semplici.

	Acqua	Olio	A:O
Capacità termica specifica [J/g*K]	4,2	1,9	2:1
Conduttività termica [W/m*K]	0,6	0,1	6:1

Fig. N°6

L'impiego di differenti fluidi da taglio influisce molto sull'assorbimento di energia, o ciò che è equivalente sullo sviluppo di calore.

Questo è principalmente dovuto al maggiore o minore potere lubrificante.

Nella figura N°7 sono posti a confronto alcuni possibili fluidi da taglio e si vede che prendendo a base 100 una soluzione inorganica, molto vicina all'acqua, lo sviluppo di calore è maggiore se si lavora a secco ma decresce a mano a mano che si aumenta il potere lubrificante del LR.

Questo è importante, perché se è vero che l'acqua può asportare più calore è anche vero che con l'acqua si ha uno sviluppo maggiore di calore ed allora bisogna vedere cosa è più conveniente fare.

In discorso qui è piuttosto teorico, perché non sarebbe in ogni caso possibile raffreddare con l'acqua pura, perché le parti metalliche della macchina ne soffrirebbero molto.

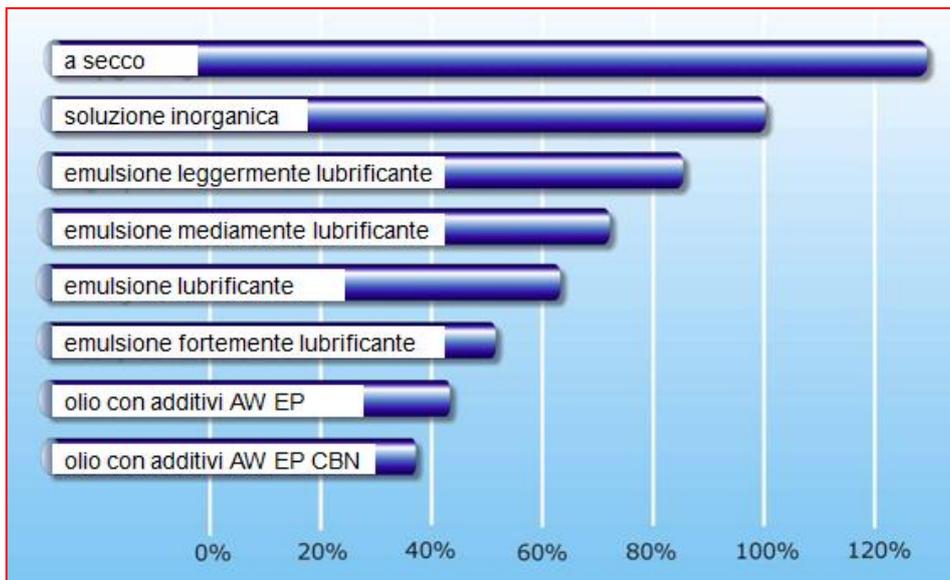


Fig. N°7 – Confronto tra l'energia richiesta con l'impiego di diversi fluidi da taglio

Si vede che i migliori fluidi, sotto il punto di vista del contenimento del calore generato sono quelli con additivi AW (Anti Wear – anti usura) e EP (Extreme Pressure).

Ma c'è anche la questione della durata della mola abrasiva ed infatti, come si vede dalla figura N°8 la mola si comporta in modo nettamente diverso con i differenti fluidi da taglio.

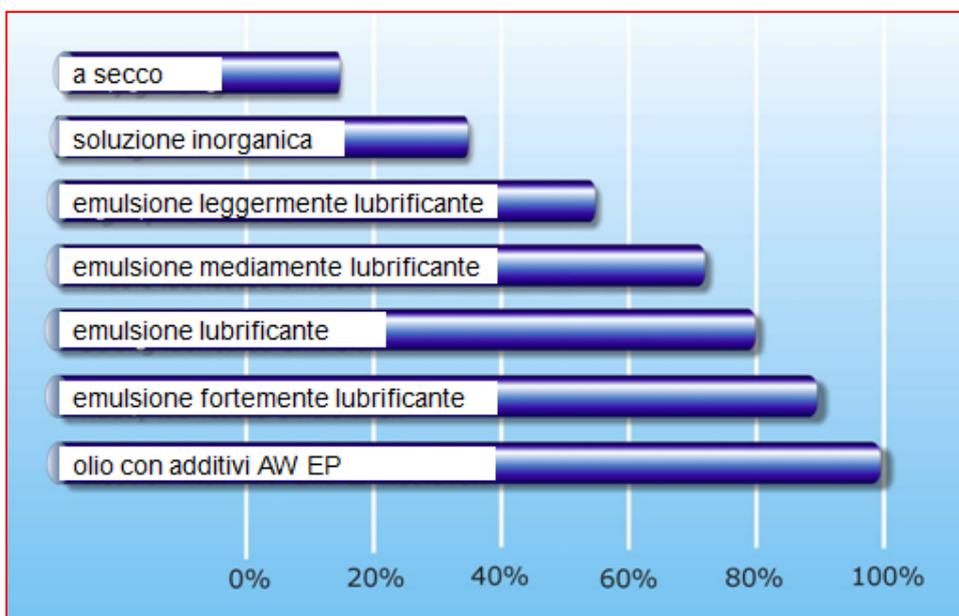


Fig. N°8 – Confronto tra le durate della mola in relazione al fluido da taglio impiegato

Quindi si può riassumere dicendo che bisogna considerare il potere raffreddante del LR, ma è meglio produrre meno calore e prolungare la vita della mola rinunciando al fluido che ha il maggiore potere raffreddante.

Il punto è che bisogna ridurre l'attrito, ma anche qui senza esagerare, perché se l'effetto lubrificante è troppo accentuato si ritarda la formazione del truciolo con un prolungamento dello strisciamento del grano sulla superficie e con un aumento del calore generato, come illustrato nelle figure N°1, 2, 3, 4.

Naturalmente molto dipende anche dal tipo di rettifica che si esegue.

Se si deve eseguire una operazione di rettifica molto fine, con asportazioni di qualche micrometro, non si possono usare fluidi molto lubrificanti, perché i grani non avrebbero la possibilità di "mordere" il materiale, mentre nel caso di operazioni di rettifica col grandi profondità di passata e forti asportazioni l'attrito assume un ruolo molto importante e quindi bisognerà ridurlo con l'uso di LR con un più elevato potere lubrificante.

Tutto ciò è riepilogato nella figura N°9.

LR / Applicazione	Soluzione senza lubrificazione	Emulsione leggermente lubrificante	Emulsione fortemente lubrificante	Oli per rettifica con additivi
Rettifica cilindrica e di superficie				
Rettifica profonda dell'acciaio				
Rettifica profonda del metallo duro				

 molto adatto

 non tanto adatto

 inadatto

Fig. N°9 – Scelta del fluido da taglio in relazione al tipo di lavorazione e al materiale lavorato

Autoravvivatura delle mole

La mola, per poter tagliare in modo corretto deve presentare sulla superficie una serie di spigoli taglienti non arrotondati.

Solo in questo caso, la forza radiale può far penetrare facilmente lo spigolo tagliente sul materiale e consentire la corretta formazione del truciolo.

Se lo spigolo è arrotondato si prolunga l'azione di strisciamento dello spigolo tagliente sulla superficie con un incremento del calore prodotto.

Le mole moderne hanno la proprietà di consentire la frantumazione del grano abrasivo quando la pressione raggiunge un certo livello. Questa rottura dei grani genera automaticamente dei nuovi spigoli taglienti che consentono di proseguire l'operazione senza dover rinvivire la mole con diamanti o rulli diamantati.

Nelle figure che seguono sono rappresentate le varie fasi di questa auto rinvivatura.

Bisogna notare che i costruttori di mole ora adottano particolari tipi di abrasivo i cui grani sono composti da agglomerati di micrograni che facilitano la frantumazione del grano stesso.

La figura N°10 rappresenta la prima fase di questo processo dove si può osservare che i grani sono appuntiti e si presentano sulla superficie da lavorare in modo ottimale. E' sufficiente una piccola pressione per consentire agli spigoli taglienti del grano di penetrare sulla materiale da lavorare.

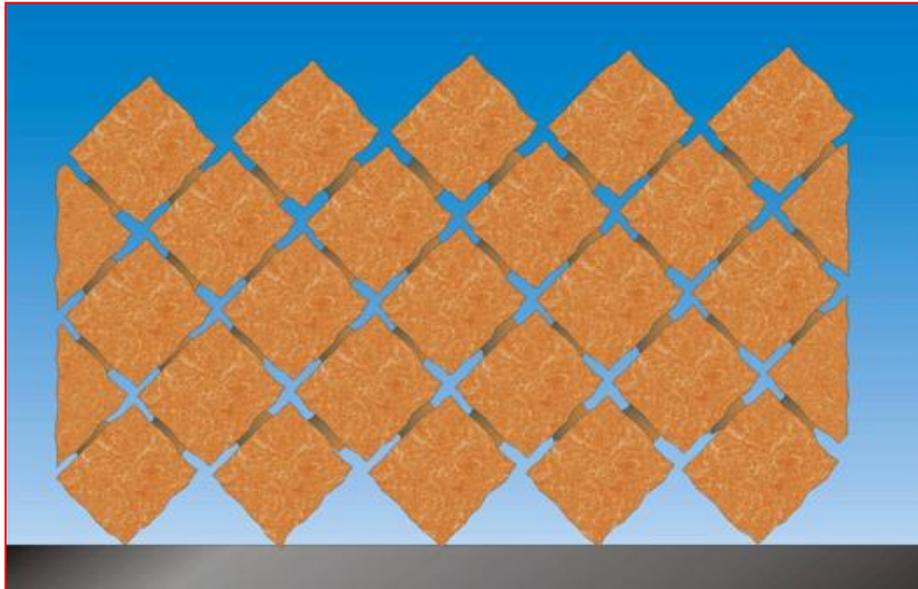


Fig. N°10 - *I grani abrasivi sono appuntiti e abrasivi*

Dopo un certo numero di pezzi eseguiti, gli spigoli taglienti si arrotondano perdendo parte della loro capacità di penetrazione e cominciano a strisciare sulla superficie senza asportare materiale. Per poter asportare materiale è necessaria una maggiore pressione, cioè un aumento della forza radiale. Aumenta anche l'energia necessaria con un aumento del calore generato e della temperatura nella zona di contatto (fig. N°11).

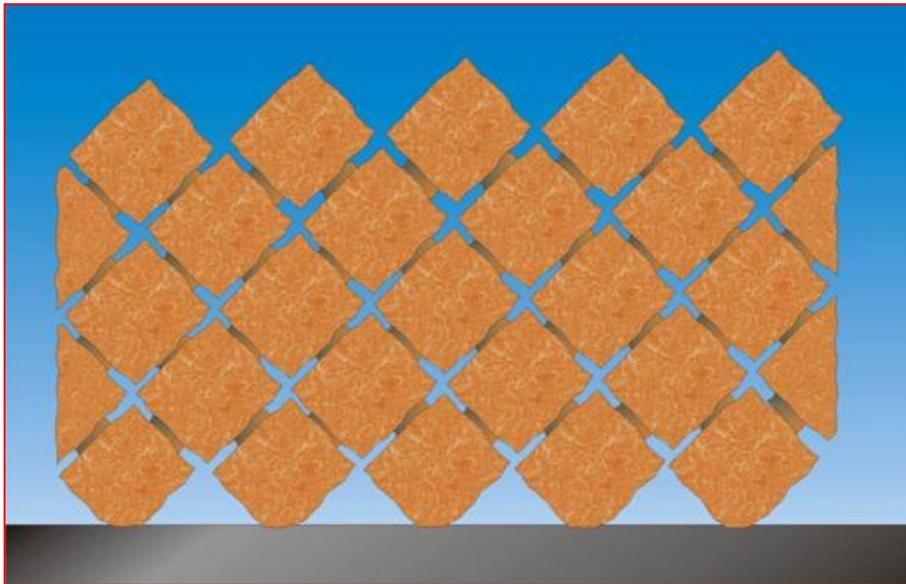


Fig. N°11 – *Le punte dei grani si arrotondano e aumenta la pressione necessaria*

Nella terza fase, a causa della crescente usura dei grani, si ha un aumento progressivo della pressione, fino ad arrivare alla formazione di fessurazioni del grano, che costituiscono l'inizio del cedimento meccanico della struttura del grano stesso e che sfocerà in una successiva frantumazione del grano stesso. Questa situazione è indicata nelle figure N°12 e 13.

Quando la quarta fase, cioè la rottura del grano è completata, si ha la generazione di nuovi spigoli vivi che si presentano sulla superficie e che consentono un taglio corretto, come nella prima fase.

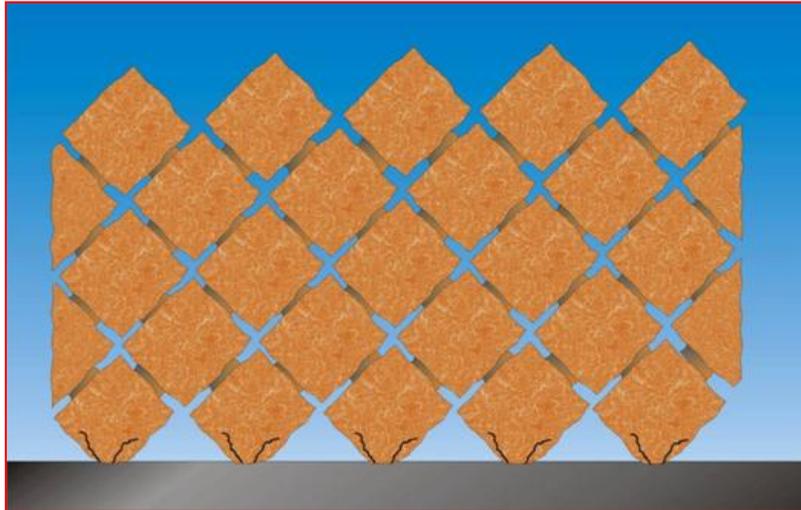


Fig. N° 12 – Il grano comincia a fessurarsi a causa dell'aumentata pressione

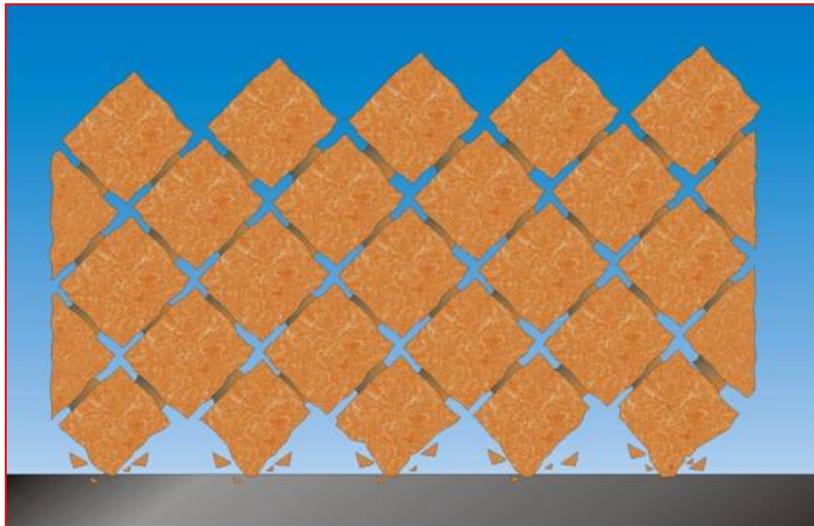


Fig. N°13 – Con l'ulteriore aumento della pressione i grani si rompono generando nuovi spigoli taglienti

Da qui riparte un nuovo ciclo con l'inizio di un nuovo arrotondamento degli spigoli ed un aumento della pressione, ma c'è una differenza: il grano è diventato più piccolo e il legante che lo circonda e che lo tiene unito ai grani contigui ha ridotto la sua presa compressiva. Allora, dopo un nuovo aumento di pressione (fig. N°14), si ha il distacco del frammento di grano residuo con la presentazione sulla superficie della mola di una serie di grani nuovi che possono iniziare il ciclo descritto.

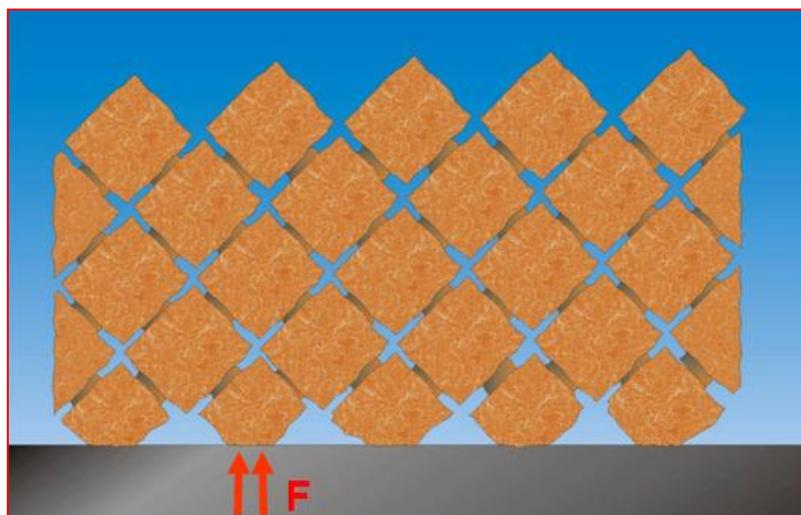


Fig. N°14- Inizio di una nuova fase di arrotondatura dei denti con un conseguente aumento della pressione, ma i grani sono più piccoli.

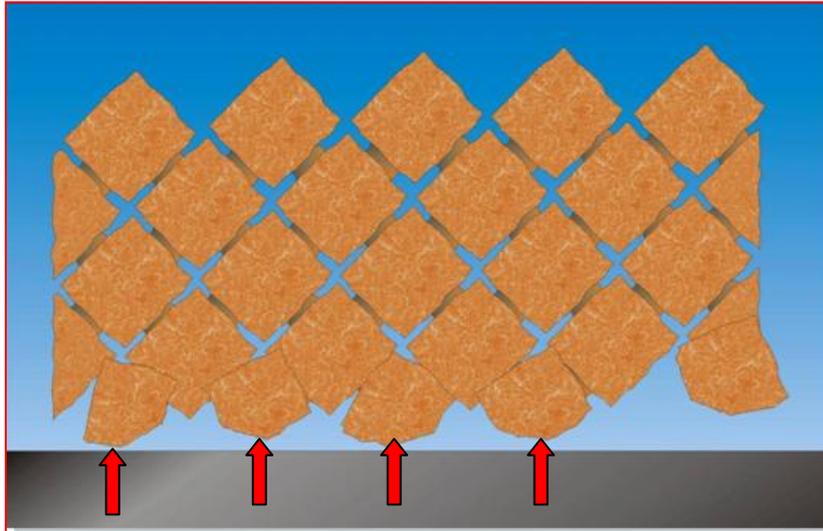


Fig. N°15- *L'aumento della pressione e la ridotta tenuta del legante, permettono lo stacco dei grani più esposti*

Dopo questa ultima fase si ritorna alla situazione iniziale (figura N° 10).