



Università degli Studi della Basilicata

Elementi Meccanici delle Macchine

PAS – Educazione tecnica nella scuola
media – classe A033

Docente: Elena Pierro
Lezione online II

3.7 Usura

L'**usura** consiste essenzialmente in una asportazione di materiale dalle superfici di 2 membri in contatto.

Essa comporta:

- variazione nella forma delle superfici
- giochi
- urti
- vibrazioni e rumore.

È una delle principali cause della messa fuori servizio di una macchina dopo l'obsolescenza



L'usura è influenzata da diversi fattori, tra i quali:

- la natura dei materiali a contatto;
- le condizioni operative (pressione, temperatura, lubrificazione, ambiente corrosivo, ecc.).

L'usura è strettamente legata al fenomeno dell'attrito ma non sempre coppie di materiali che presentano un elevato coefficiente di attrito manifestano anche una elevata propensione all'usura e viceversa.

Si distinguono diversi meccanismi di usura, tra i quali:

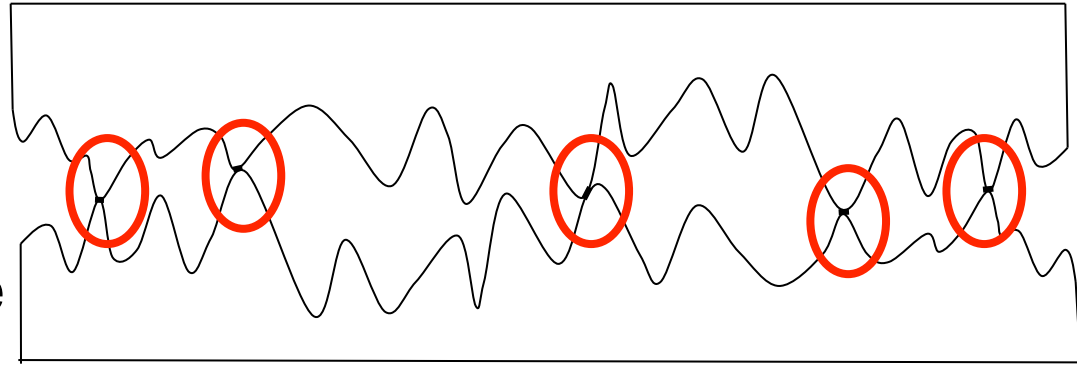
- usura adesiva
- usura abrasiva
- usura corrosiva
- fatica superficiale
- erosione

MECCANISMI DI USURA

Natura del corpo antagonista	Tipi di contatto	Tipo di moto	Variante del tipo di moto	Modi di usura	Meccanismi di usura coinvolti
SOLIDO	Strisciamento	Unidirezionale	Continuo	Usura da strisciamento	Abrasione
			Discontinuo		Adesione
	Alternato	Piccola ampiezza	Usura da sfregamento	Deformazione	
		Grande ampiezza		Delaminazione	
	Rotolamento	Unidirezionale	Usura da rotolamento	Abrasione	
		Alternato		Adesione	
FLUIDO + PARICELLE SOLIDE	Urto	Singolo	Usura da urto	Corrosione	
		Plurimo		Fatica superficiale	
	Strisciamento	Ripetuto	Usura da martellamento	Adesione	
				Usura da erosione	Deformazione
Urto	Usura da erosione		Erosione		
			Strisciamento	Erosione abrasiva	
FLUIDO + ALTRO FLUIDO	Urto	Ripetuto	Usura da erosione	Erosione da cavitazione	
				Strisciamento	Erosione da fluido
				Deformazione	
				Corrosione	
				Fatica superficiale	

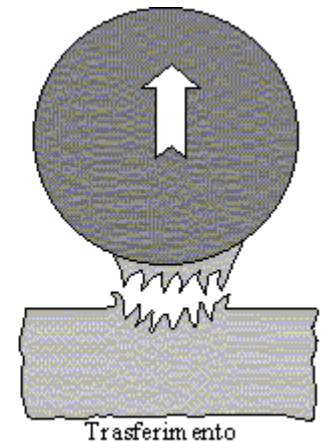
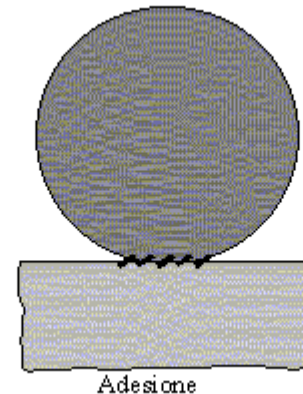
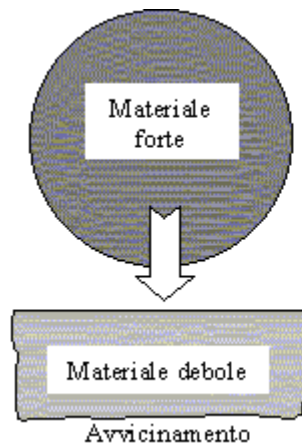
Usura adesiva

Sotto l'azione delle forze di chiusura che agiscono sulle coppie cinematiche, le



micro-saldature si possono rompere consentendo l'avvio del moto relativo tra i membri della coppia.

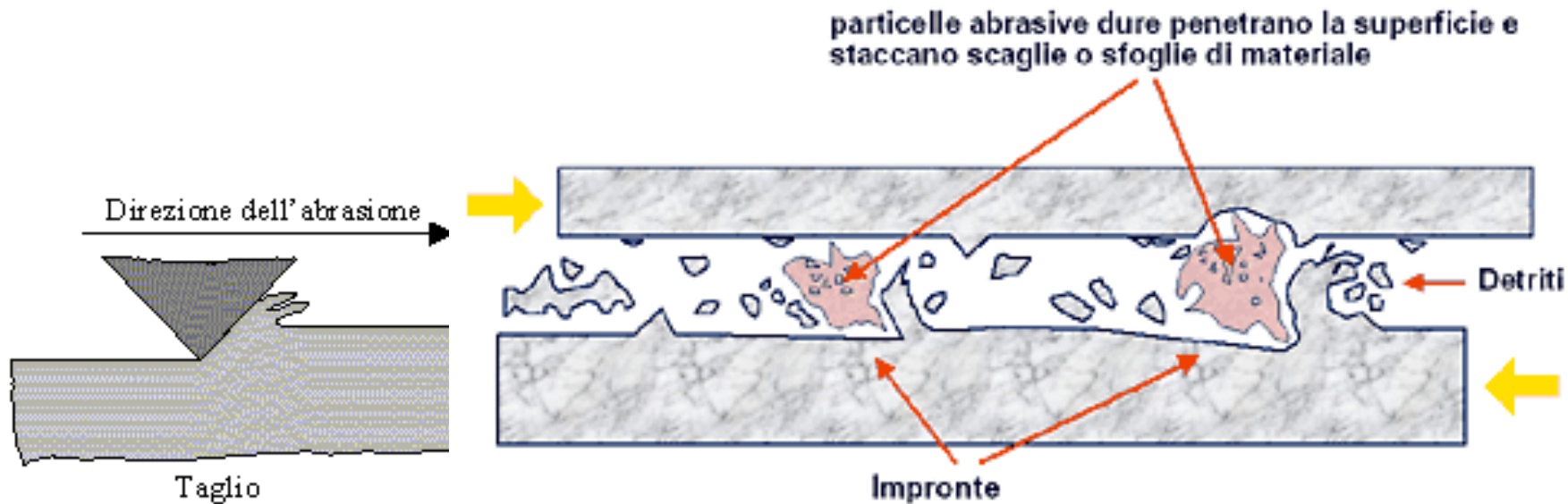
Si può avere il distacco di piccole quantità di materiale che si separa da uno dei due corpi in contatto



Usura abrasiva

A causa della rugosità delle superfici in contatto, le asperità del corpo più duro solcano quello più tenero, arrivando ad asportare del materiale (usura a 2 corpi).

Talvolta sono interposte tra le superfici coniugate delle particelle di materiale duro, ad esempio generate da processi di usura adesiva o corrosiva, che agiscono come una mola (usura a 3 corpi).



Usura corrosiva

Sulla superficie dei metalli si creano degli strati di composti che proteggono il materiale sottostante e che, se asportati a causa dello strisciamento relativo, si riformano rapidamente, innescando un meccanismo di usura.

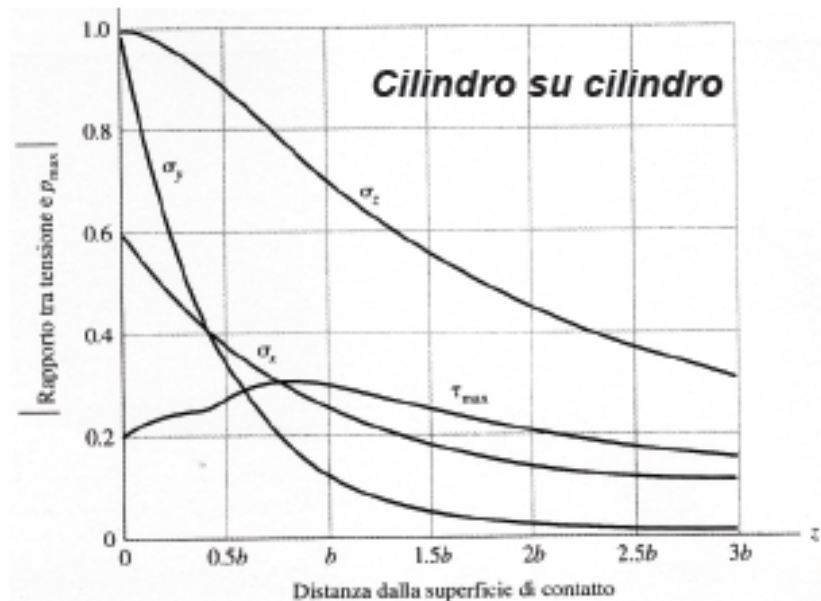
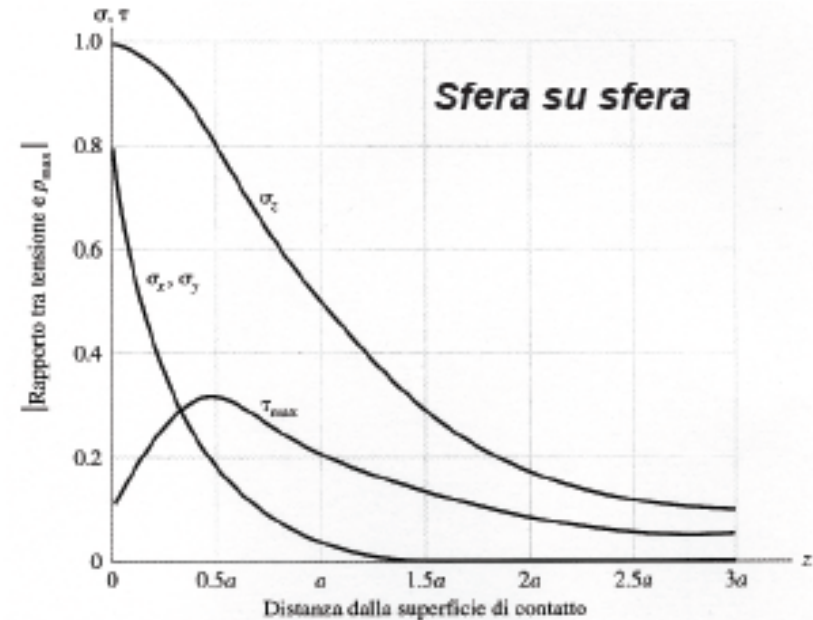
Questo meccanismo, chiamato anche *fretting*, è tipico dei collegamenti rigidi sottoposti a vibrazioni in ambienti corrosivi.



Fatica superficiale

Nei diagrammi sono illustrati gli andamenti delle sollecitazioni al variare della profondità: la tensione normale σ_z diminuisce a mano a mano che ci si sposta al di sotto della superficie.

La tensione tangenziale non è massima in superficie ma ad una certa distanza da essa (circa 0,5 volte il raggio di contatto).



Se il carico è ripetuto ciclicamente milioni di volte (sollecitazione di fatica) si può originare una fessura che, una volta arrivata in superficie, determina il distacco di una lamina di materiale.

Questo tipo di danneggiamento, chiamato anche **vaiolatura** o **pitting**, è tipico dei cuscinetti volventi o delle ruote dentate.



Erosione

L'usura erosiva (o erosione) ha origine quando le particelle in un fluido (o altro veicolo) scivolano e rotolano a velocità relativamente alta contro una superficie. Ogni particella a contatto con la superficie taglia una minuscola particella.

L'usura erosiva è prevedibile nel caso di parti metalliche e assemblaggi che sono sottoposti alle suddette condizioni; le macchine più soggette a questo fenomeno sono:

- le pompe e le giranti, le ventole
- le linee di vapore e gli ugelli
- i raccordi di tubi e condotti
- le sabbiatrici, le granigliatrici e le macchine in cui esiste un movimento relativo tra il metallo e le particelle.

Alcune volte l'usura è un meccanismo alla base di lavorazioni tecnologiche, come la sabbiatura o la rettifica.



mola al carburo di silicio per smerigliatrice assiale (sin.) e lavorazione di sabbiatura (des.)



L'usura agisce in modo più intenso all'inizio della vita di una macchina, quando le superfici coniugate devono ancora assestarsi (*rodaggio*) ed alla fine, quando i contatti tra le superfici accoppiate non sono più cinematicamente corretti.

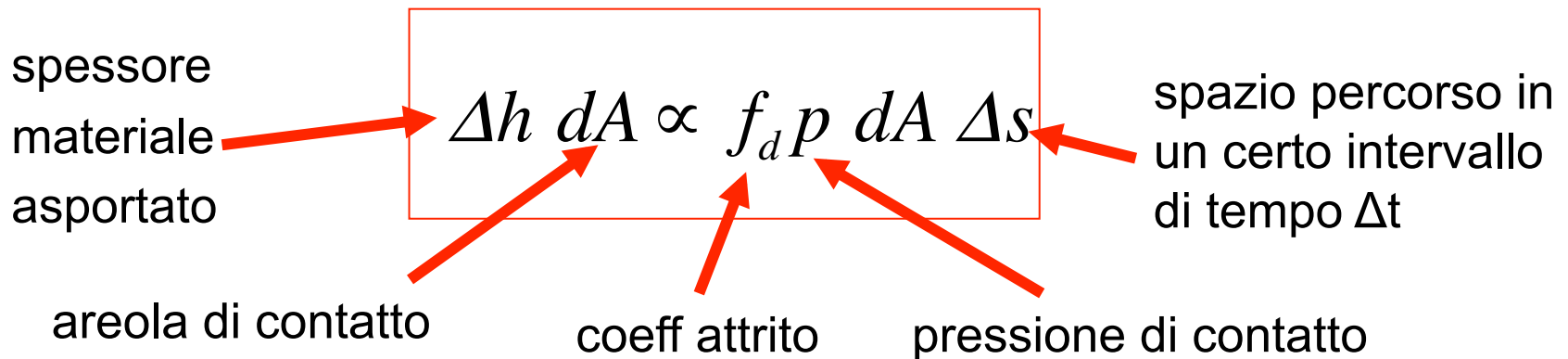
La lubrificazione è un ottimo mezzo per contrastare i meccanismi di usura (con la sola eccezione della fatica superficiale)

MODELLI ANALITICI

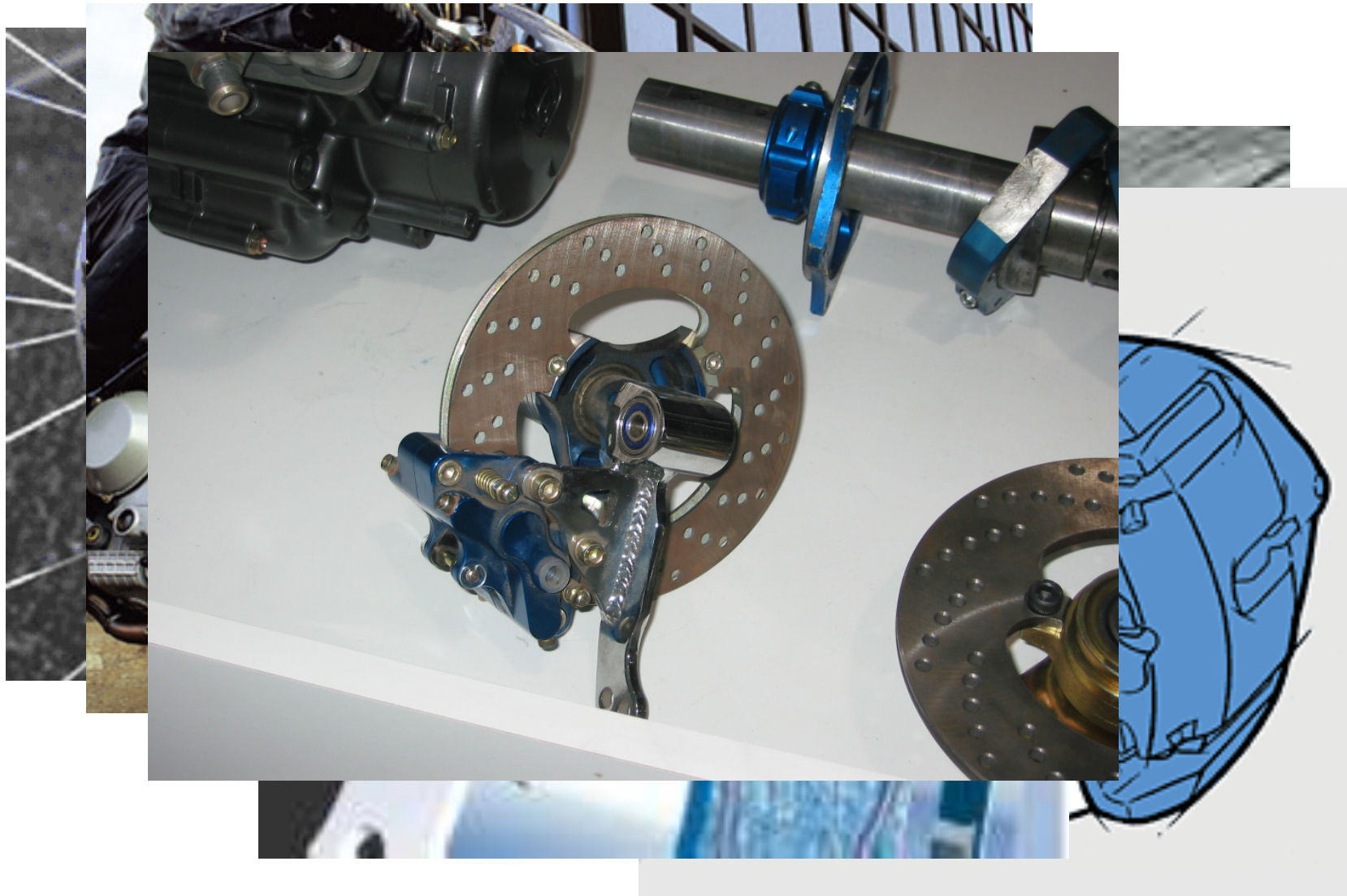
- Sono modelli qualitativi
- Evidenziano i parametri o le grandezze significativi
- Cercano di prevedere l'“andamento” di certe variabili

Ipotesi del Rey

il volume di materiale asportato per usura in un certo intervallo temporale è proporzionale al lavoro svolto nello stesso tempo dalle forze di attrito



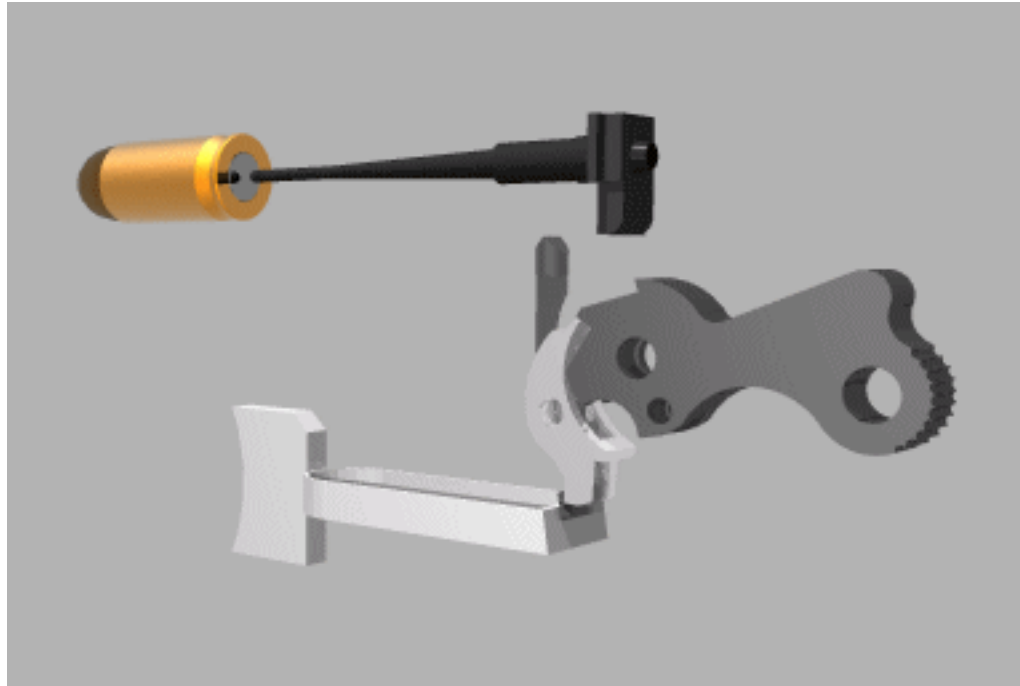
3 - Forze di contatto ed effetti dissipativi



3.8 Cenni sugli urti

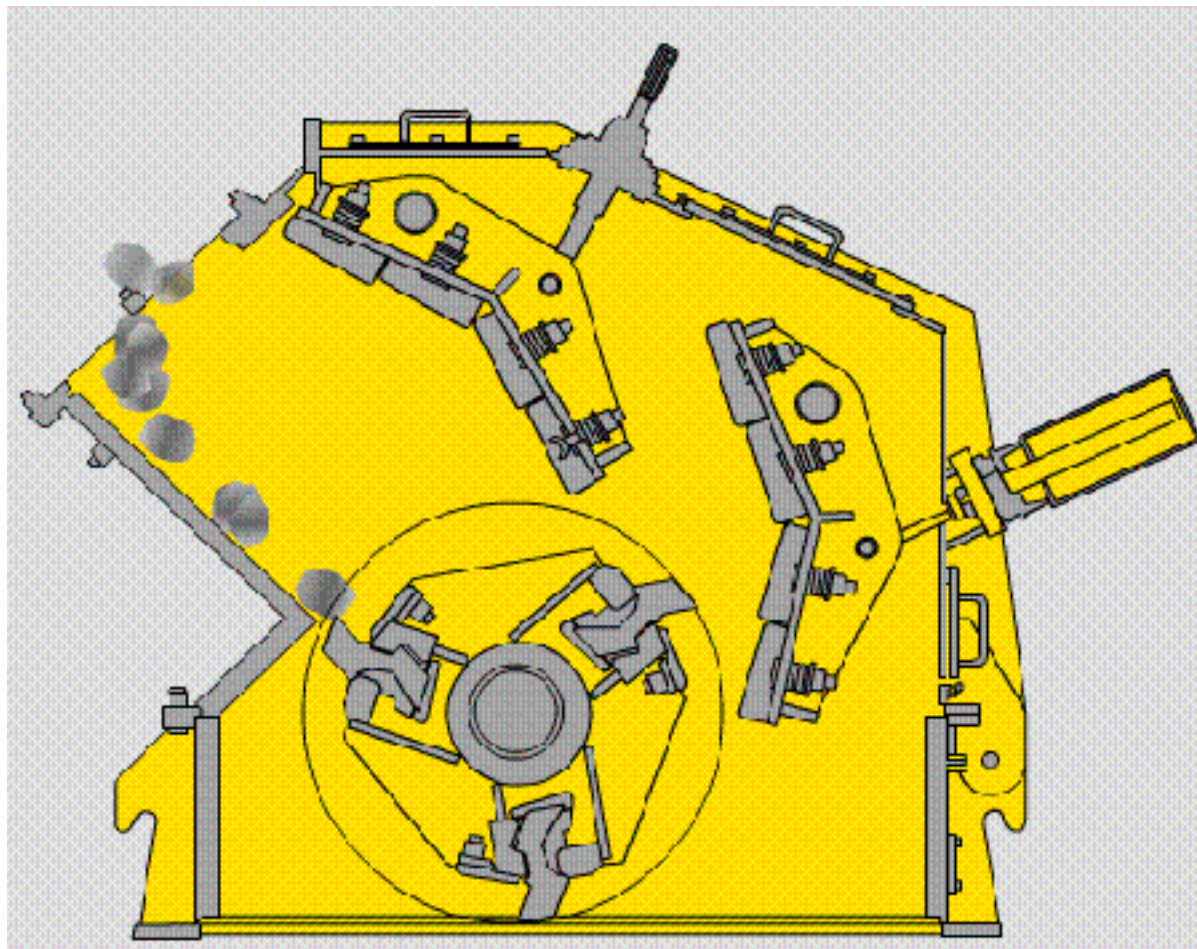
Questo tipo di contatto è utilizzato quando:

- si vogliono ottenere grandi forze istantanee pur disponendo di modeste sorgenti di energia (ad es. magli, macchine battipali, punzonatrici ecc.)
- l'urto è una caratteristica funzionale tipica della macchina (ad es. martelli pneumatici, trapani a percussione, armi ecc.);
- si lavorano materiali solidi da frantumare o da selezionare o trasportare come minerali, terre, ghiaia, clinker, carbone, pezzi meccanici ecc. (ad es. frantoi, mulini, escavatori, apripista, elevatori, nastri, bilance ecc.);



meccanismo di sparo della cartuccia nelle armi da fuoco:

il percussore provoca lo sparo tramite l'urto con la capsula di innesco presente nella cartuccia.



frantumatrice

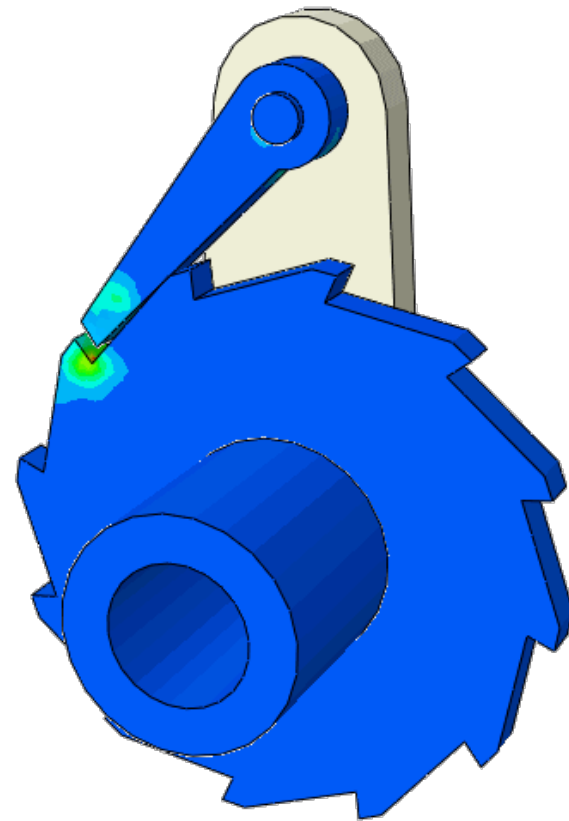


Maglio: dispositivo meccanico per lavorazioni di fucinatura o stampaggio che deforma plasticamente un pezzo sotto l'azione di una forza impulsiva.

Questa può essere sviluppata:

- per semplice caduta della mazza (maglio a semplice effetto)
- per effetto combinato della forza peso e di un sistema idraulico (maglio a doppio effetto)
- per solo sistema idraulico (maglio a contraccolpo, in cui la forza peso della mazza è in equilibrio con la forza peso dell'incudine sottostante)

Spesso i contatti d'urto rappresentano fenomeni non desiderati, come nel caso degli incidenti di autoveicoli, ma anche quando avvengono in presenza di accoppiamenti di forza oppure con gioco, specie se il moto è alternativo



meccanismo unidirezionale ad arpionismo (vedi cap. 12)



meccanismo a camma (vedi cap. 12)

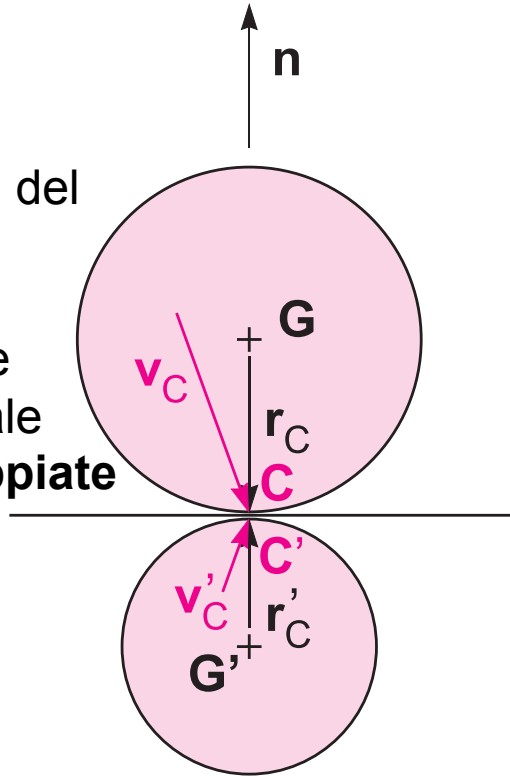
Nel seguito si richiamano alcuni schemi risolutivi per l'urto di 2 corpi lisci, tralasciando completamente il caso di presenza di attrito radente sulle superfici di contatto o addirittura l'urto tra meccanismi.



TIPI DI URTO DIPENDENTI DALLA FORMA DEI CORPI

URTO CENTRALE

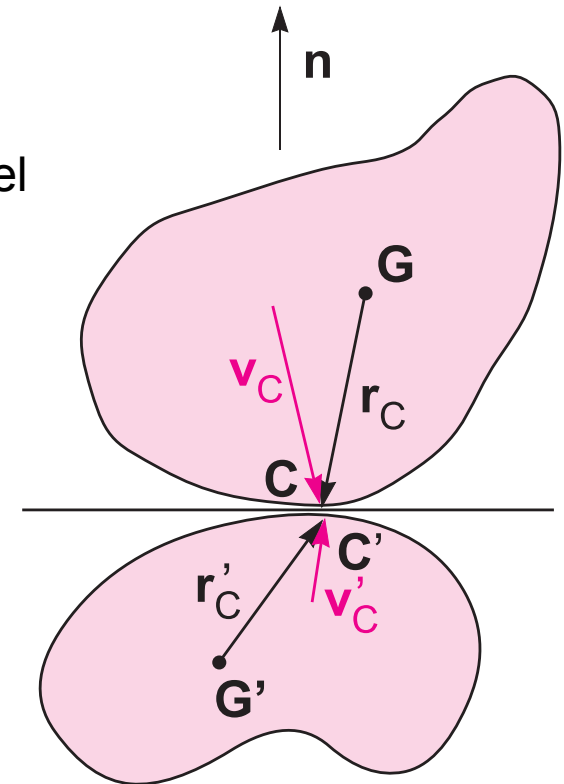
equazioni del moto in direzione normale e tangenziale **disaccoppiate**



i baricentri dei due corpi giacciono sulla normale comune passante per il punto di collisione

URTO ECCENTRICO

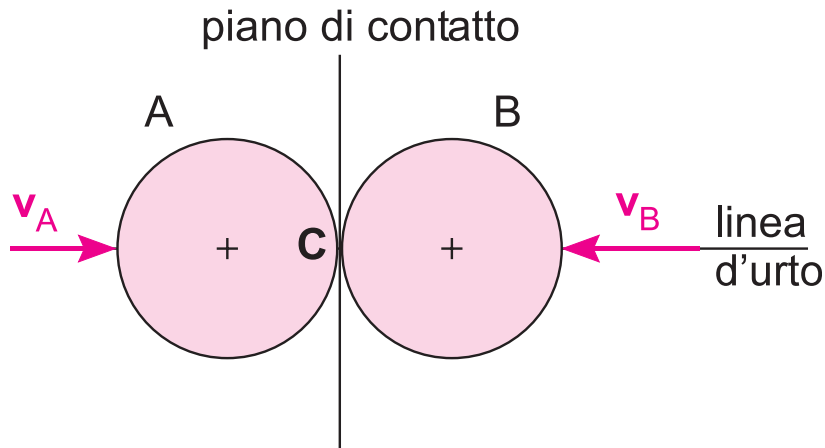
equazioni del moto in direzione normale e tangenziale **accoppiate**



i baricentri dei due corpi **NON** giacciono sulla normale comune passante per il punto di collisione

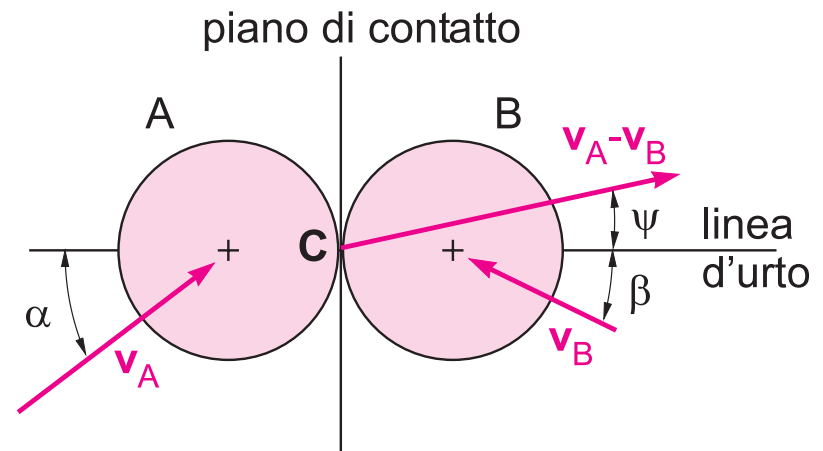
TIPI DI URTO DIPENDENTI DALLA CINEMATICA

URTO DIRETTO



campo di velocità uniforme e
parallelo alla direzione
normale (*linea d'urto*)

URTO OBLIQUO



la velocità relativa del punto di
contatto dei 2 corpi all'impatto
forma un angolo ψ con la
normale comune

- Se l'urto è **elastico**, l'impulso di deformazione viene restituito completamente;
- Se l'urto è **plastico**, non si ha alcun impulso di restituzione e le 2 particelle dopo la collisione si muovono come un corpo solo.
- Nei casi intermedi l'urto viene chiamato **anelastico**.

Per esempio nel campo dell'infortunistica stradale:

- per urti frontali tra veicoli con velocità relativa tra 5 km/h e 15 km/h l'urto è anelastico con tendenza a urto plastico.
- mentre per bassissime velocità relative l'urto è anelastico con tendenza ad urto elastico.

