

Estratto dagli **Atti della Società Ligustica di Scienze e Lettere** di Genova,
Vol. XIII, Fasc. III-IV.

DOTT. ING. ANTONIO AGOSTINO CAPOCACCIA

CONFIGURAZIONI MOLECOLARI
NELLA LUBRIFICAZIONE UNTUOSA-VISCOSA



PAVIA

PREMIATA TIPOGRAFIA SUCCESSORI FRATELLI FUSI

1934 (Anno XII)



1190389

DOTT. ING. ANTONIO AGOSTINO CAPOCACCIA

CONFIGURAZIONI MOLECOLARI
NELLA LUBRIFICAZIONE UNTUOSA-VISCOSA

(Memoria presentata dal socio Prof. E. CASATI)

Riferendomi ad una precedente memoria (1) nella quale insistevo sulla necessità di considerare la partecipazione dell'untuosità nel regime viscoso o fluido o perfetto, e nella quale davo vita a nuove forme di attrito in dipendenza dell'untuosità e in sostituzione di quelle considerate sino ad oggi nella pratica comune, mi pare opportuno proseguire nell'indagine mirando allo scopo ultimo di valutare, almeno qualitativamente, in quale misura l'untuosità intervenga nel regime « ideale-viscoso » nel senso di apportare una diminuzione del coefficiente d'attrito cinetico. Ho detto *almeno qualitativamente* poichè è forza di cose dover rinunciare ad una valutazione quantitativa, mancando allo stato attuale delle conoscenze sperimentali le basi per definire algebricamente e dimensionalmente l'untuosità, essendo ancora all'oscuro circa la sua legge di variazione in funzione di parametri noti.

Tuttavia ritengo degno di interesse, nell'eventualità che un domani non lontano illumini completamente anche questo punto delicatissimo della questione, lo stabilire fin d'ora *il metodo* per tener conto di quello che già possiamo chiamare « coefficiente d'untuosità » sulla valutazione della resistenza d'attrito nel regime laminare o viscoso.

Lo stabilire un metodo è compito essenziale del teorico, anche quando ciò possa sembrare prematuro per quanto concerne le

(1) A. CAPOCACCIA, *Nuove forme di attrito in dipendenza dell'untuosità*. Atti della Accademia Ligustica di Scienze e Lettere. Genova, 1934.

pratiche applicazioni. D'altra parte ho buone ragioni per ritenere che esso acquisterà un valore pratico il giorno non lontano in cui, come già per l'attrito secco e per la viscosità, sarà definita anche per l'untuosità una legge precisa.

Prima di chiedere al calcolo l'ausilio necessario al conseguimento dei fini proposti, è d'uopo osservare i diversi aspetti della posizione del problema entrando nell'edificio molecolare proprio della fase di lubrificazione ideale-viscosa (o untuosa-viscosa) nell'intento di esaminare tutte le possibili formazioni in base agli orientamenti molecolari.

Le considerazioni che seguono trovano una più ampia giustificazione nella risultante di dati sperimentali in gran parte riportati nella mia già citata nota alla quale rinvio il lettore per una più serena obiettività critica.

Richiamo le condizioni altrove definite, atte a realizzare il regime di lubrificazione ideale viscosa:

« Superfici assolutamente levigate; film costituito da più strati molecolari d'olio interposti fra le pellicole aderenti monomolecolari; si manifesta gradiente di pressione; la risultante delle pressioni fa equilibrio al carico esterno; il velo d'olio interposto fra i due epilamini si rinnova continuamente; il moto avviene per falde parallele ». Inoltre per semplicità di rappresentazione si suppongono ancora molecole omogenee per costituzione e grandezza e centri attivi localizzati in un solo nucleo, che nella configurazione normale (cioè quando è nulla l'azione della parete) si suppone centrato.

Ammessa l'aderenza assoluta dell'epilamine alla superficie solida, caratterizzata dall'immobilizzazione dei centri attivi a contatto con essa, la stratificazione successiva delle molecole di tutto il film può avvenire secondo due modi principali, sia che le molecole orientate formino degli strati identici, sia che i fogli successivi siano diversi per l'orientamento subito dalle proprie molecole. Ciascuno di questi due sistemi è suscettibile di due differenti formazioni, per cui in totale riterremo come possibile una delle seguenti quattro configurazioni:

Configurazione A. (fig. 1).

Tutti gli strati sono formati da molecole orientate identicamente a quelle dell'epilamine; i centri attivi presentano il massimo decentramento nel senso della parete solida. Alla regione di minor energia superficiale di uno strato si sovrappone quella di

massima dell'altro. In tutti i piani di attrito si avrebbe lo scorrimento consentito dal normale valore della viscosità, ad eccezione di un piano intermedio di separazione (piano di simmetria del film per pareti identiche) fra le regioni influenzate rispettivamente dalla parete fissa e dalla parete mobile, regioni per le quali i decentramenti si presentano in senso inverso.

Nella fig. 1 è indicata la legge discontinua delle velocità, rappresentando ogni ordinata (orizzontale) lo spazio percorso nell'unità di tempo da ciascun strato ed ogni gradino lo scorrimento

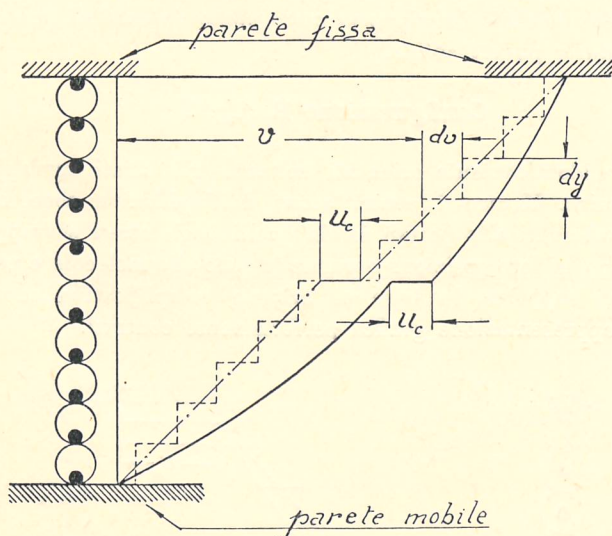


Fig. 1.

dv di uno strato relativamente al successivo. Al limite per $dy = 0$ la legge delle velocità diventa lineare per $\frac{dp}{dx} = 0$, e parabolica per $\frac{dp}{dx} \neq 0$, essendo nel primo caso

$$\frac{dv}{dy} = \text{cost}$$

e nel secondo

$$\frac{dv}{dy} = \frac{1}{\lambda} \frac{dp}{dx} y + \text{cost.}$$

Ma data l'attuale configurazione molecolare le due leggi presentano una discontinuità in corrispondenza del piano intermedio sopra individuato, nel quale lo scorrimento raggiunge un valore finito indicato in figura con u_c .

Diremo subito che questa configurazione è la meno probabile perchè risponderebbe all'ipotesi di considerare le interazioni fra centri attivi di sole molecole lubrificanti dello stesso ordine di grandezza di quelle fra centri attivi di molecole lubrificanti e molecole solide delle pareti, il che sarebbe contraddittorio coi risultati delle moderne teorie secondo cui (2) *i fasci di forze emanati dalle molecole lubrificanti sono meno intensi di quelli irradiati dalle pareti solide*.

Configurazione B. (fig. 2).

Sono identicamente orientati soltanto gli strati sovrapposti all'epilamine. Mentre i centri attivi dell'epilamine sono, come sempre, aderenti alla parete solida quelli degli strati sovrapposti conservano la loro posizione normale in seno alle molecole e perciò si possono supporre, in base al criterio semplificativo adottato per la rappresentazione grafica perfettamente centrati.

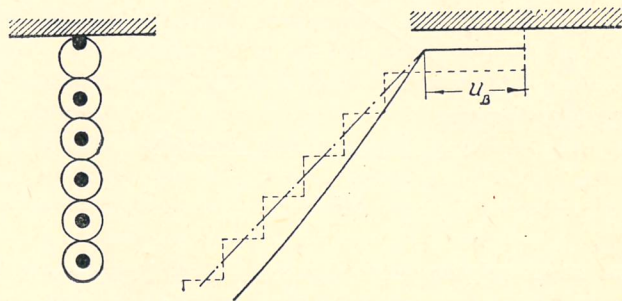


Fig. 2.

Questa stratificazione si verifica nell'ipotesi che l'azione della parete sui centri attivi degli strati sovrapposti all'epilamine sia trascurabile rispetto a quella esercitata sui centri attivi dell'epilamine stesso. Ciò concorda coi risultati delle moderne teorie (2) e non è contraddittorio colle teorie meno recenti che attribuivano

(2) PAUL WOOG, *Contribution à l'étude du Graissage*. Librairie Delagrave, Paris, pag. 210.

l'influenza delle pareti alle sole azioni molecolari, essendo il raggio d'azione delle forze atomiche della superficie (il cui ordine di grandezza è di $(2 \div 3) 10^{-8}$ cm.) inferiore allo spessore dell'epilamine (che è stato calcolato intorno a $(20 \div 25) 10^{-8}$ cm.).

Gli scorrimenti fra strato e strato sono quelli consentiti dal normale valore della viscosità, ad eccezione di quello che si manifesta nel piano d'attrito fra epilamine e primo strato e che raggiunge un valore finito. Ferma restando la legge lineare (per $\frac{dp}{dx} = 0$) o parabolica (per $\frac{dp}{dx} \neq 0$) delle velocità si possono ammettere scorrimenti finiti u_A u_B nell'immediata vicinanza delle pareti.

Configurazione C. (fig. 3).

Gli strati non sono più identici; i decentramenti vanno degradando dal valore massimo presentato dalle molecole dell'epilamine sino ad annullarsi. Il decentramento degli elementi attivi di uno strato genera quello dell'altro, ma non in misura costante; in altri termini l'immobilizzazione dei centri attivi dell'epilamine a contatto con la parete rigida genera il primo massimo decen-

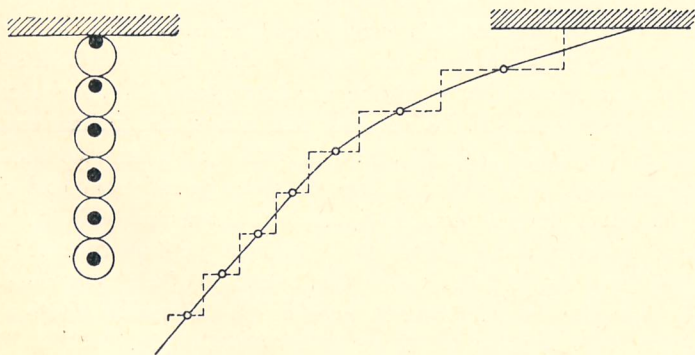


Fig. 3.

tramento, in conseguenza del quale si produce lo spostamento dei centri attivi del secondo strato, ma in misura minore, perchè, come già detto (2), i fasci di forze emanati dalle molecole lubrificanti sono meno intensi di quelli irradiati dai solidi.

Questo secondo spostamento ne genera un terzo in misura sempre minore e così via sino all'annullamento dell'eccentricità rispetto alla normale formazione della molecola.

Questa configurazione è ammessa da alcuni autori (3) e non è contemplata, almeno in forma esplicita, dal Woog.

Gli scorrimenti vanno anch'essi decrescendo dal valore massimo presentato sulla superficie esterna dell'epilamine sino a raggiungere il valore normale consentito dalla viscosità e relativo a quello strato in cui è ridotta a zero l'influenza delle pareti.

Conséguentemente il diagramma delle velocità conserverà l'andamento consueto soltanto per la regione centrale del film, mentre nelle due regioni laterali e contigue alle pareti si deformerà secondo curve di raccordo atte ad interpretare nel modo più approssimato il fenomeno sopra descritto.

L'influenza delle pareti potrà in questo caso interpretarsi come un'alterazione favorevole della viscosità o della sua legge di variazione, alterazione tanto più sensibile quanto minore è la distanza dalla parete dello strato considerato.

Configurazione D. (fig. 4).

Gli strati, come nel caso precedente, non sono identici; si può immaginare il film come costituito da fogli bimolecolari, cioè composti ciascuno da due strati di molecole orientate in senso inverso in seguito ad una energica attrazione dei centri attivi prospicienti. Il decentramento massimo, per es. positivo, dell'epilamine ne genera uno massimo negativo del primo strato ad esso sovrapposto, ma di entità minore per la ragione più volte ricordata in precedenza (2). La regione più attiva del primo strato orienterà quella del secondo strato in modo da produrre un decentramento positivo di entità minore di quello precedente e così via.

La curva dei decentramenti, qualora si trascurasse la discontinuità fra epilamine e primo strato, dovuta al differente ordine di grandezza fra le forze molecolari emanate dalla superficie e quelle emanate dal lubrificante, avrebbe un andamento simile alla smorzata delle oscillazioni di un mezzo elastico (fig. 4 a).

Di conseguenza gli scorrimenti si succedono con legge discontinua, a gradini alternativamente decrescenti (fig. 4 b). Se si ammette di trascurare lo scorrimento fra gli strati aventi centri attivi prospicienti rispetto a quello fra gli strati aderenti per le regioni meno attive, si può considerare il film come composto da

(3) N. CHAMPSAUR. Librairie Delagrave, Paris 1930, pag. 36.

fogli bimolecolari i cui scorrimenti relativi decrescono gradatamente secondo il diagramma indicato in fig. 4 b. Al limite per $dy = 0$ il diagramma delle velocità, pur conservando l'andamento

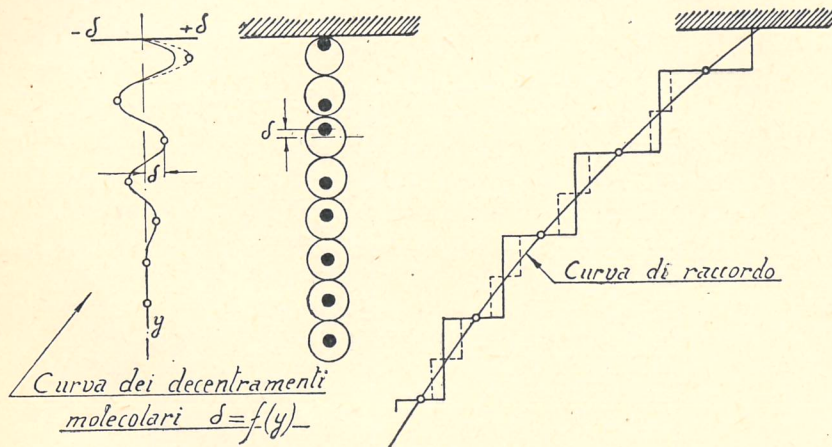


Fig. 4 a.

Fig. 4 b.

normale per la regione centrale, si completa nelle regioni collaterali con curve di raccordo analoghe a quelle della configurazione C.

* *

Se per tutte le configurazioni precedentemente considerate si immagina di ridurre l'altezza del meandro allo spessore complessivo dei due soli epilamini, si determinano le condizioni del regime altrove (1) definito come « ideale-untuoso » cui corrisponde il film di massimo rendimento.

* *

Ritenendo come poco probabile la configurazione A, ed assimilando almeno negli effetti pratici, le configurazioni C e D, risultano ridotte a due le possibili alterazioni subite dal diagramma delle velocità nel moto del fluido viscoso, quando quest'ultimo per natura, costituzione ed affinità molecolari manifesti in modo spiccato i caratteri specifici dell'untuosità.

È dunque da ritenersi, in base all'esame precedente che, o il fluido pur seguendo la legge di Petroff negli strati intermedi,

I^a ipotesi

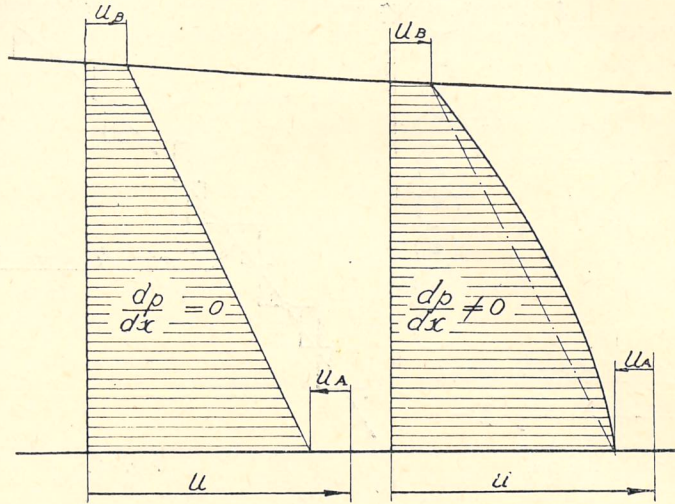


Fig. 5.

II^a ipotesi

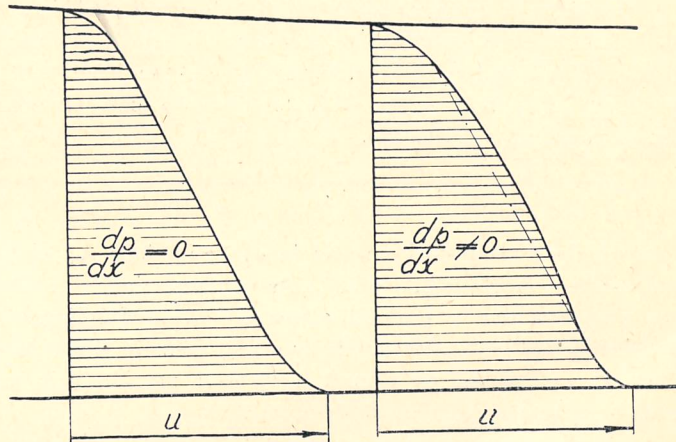


Fig. 6.

subisce per effetto dell'untuosità scorrimenti finiti alle pareti già contaminate dalla immobilizzazione dell'epilamine (*I^a ipotesi*), o la legge di Petroff è applicabile a rigore soltanto in una regione centrale estranea all'influenza delle pareti, mentre nelle regioni collaterali essa subisce un'alterazione nel senso di favorire il moto della parete mobile (*II^a ipotesi*).

Ridotto così il campo delle possibilità alle due ipotesi corrispondenti a diagramma normale con scorrimenti alle pareti (fig. 5) e a diagramma con curve di raccordo (fig. 6) mi propongo di tentare successivamente una ricostruzione della classica teoria di Reynolds nelle nuove ipotesi, allo scopo di trovare, per così dire, l'espressione del « coefficiente d'attrito cinetico untuoso » e di confrontarla con quella dedotta in considerazione della sola viscosità.

Tale ricerca formerà oggetto di memorie successive.
