

Report Costruzione di Macchine

Sede spinotto rotta per esplosione a σ_i costante

L'organo meccanico analizzato è un pistone di una Lancia Delta Integrata elaborata per competizioni di drag racing (Fig. 1), realizzato in lega d'alluminio forgiato e successivamente lavorato a macchine utensili.

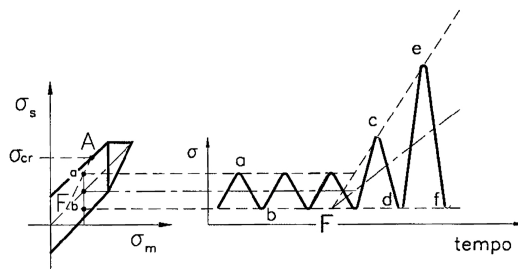
La rottura è avvenuta con il motore in condizioni operative (durante una gara di accelerazione all'Autodromo di Modena a Marzaglia), al susseguirsi di un anomalo disallineamento verso il basso dell'albero motore, dovuto alla rottura di alcuni cappelli di banco, che ha causato poi uno sbiellamento ed un parziale grippaggio dei pistoni (Fig. 6).



Fig. 1 - Lancia Delta Integrata elaborata da M&B Racing (Forlì, 2011)



Fig. 2 - rottura affaticante del pistone dovuta ad esplosione con σ_i costante.



Graf. 1 - esplosione a generica σ_i costante

Il carico agente sulla parte inferiore della sede dello spinotto (flottante) era inizialmente un carico all'origine, con $\sigma_i = 0$.

Si è verificata un'esplosione delle tensioni di secondo tipo (Graf. 1): la tensione inferiore è rimasta costante (trattiva, bassa ma non nulla perché lo spostamento dell'albero ha comportato una certa σ_i) mentre la superiore è esplosa per effetto del sovraccarico dovuto all'improvviso spostamento dell'albero motore, mentre i pistoni tendevano a mantenere la loro posizione all'interno del cilindro, nell'intorno del PMS. Si vuole enfatizzare che, durante tutta la dinamica di rottura, l'albero motore stava ancora ruotando a regimi medio-alti e si stava traslando verso il basso.

Zone di rottura

La rottura ha avuto origine nella sede di alloggiamento dello spinotto, si può infatti notare come parte della sede che si è rotta sia più lucida (*Fig. 2*) di altre zone rotte in maniera più netta; sono infatti visibili sulla superficie di frattura le caratteristiche linee di spiaggia (*beach marks*), ben evidenti nei casi di progressione della cricca per fatica (*Fig. 3, Fig. 4*).

Questo suggerisce (almeno) una componente flessionale agente sulla sede dello spinotto. Si osserva però che la rottura presenta due piani, e questo potrebbe far pensare che sia il risultato di una rottura a doppio becco di flauto (o perlomeno comparabile ad essa), la quale si crea in genere quando un componente si rompe per carichi torcenti. Si discuterà più avanti la possibilità di un carico composto flesso-torsionale.

Durante i cicli di esplosione a σ costante, la sezione resistente si è rapidamente indebolita, facilitando così una conseguente rottura plastica con deformazione in parte della sede di alloggiamento dello spinotto del pistone.



Fig. 3 - da notare la zona lucida (sede dx spinotto) con le classiche linee di spiaggia

Una seconda zona di rottura analizzabile è quella del mantello (*Fig. 4*) che si è rotta di schianto dopo lo sbiellamento e successiva rottura della sede dello spinotto. Nonostante siano presenti due intagli in parallelo, dati dalla sede della fascia raschiaolio e fori di drenaggio all'interno di essa, si è confermato che la rottura del mantello è stata una conseguenza di un impatto successivo al fallimento principale e quindi è sostanzialmente una rottura di schianto.



Fig. 4 - si osservano le zone di rottura duttile sul mantello

Infine, si possono notare crepature sul cielo del pistone in corrispondenza delle sedi di valvole, sulla parte laterale lungo le sedi delle fasce elastiche, avvenute probabilmente come ultima rottura netta dovuta al fallimento dell'intero sistema, visibili chiaramente in *Fig. 6* e *Fig. 7*.

Analisi grafica con Circoli di Mohr

Si studiano i cerchi di Mohr sulla parte rotta per esplosione delle σ . Viene ipotizzato che lo spinotto abbia applicato un momento torcente sulla sede, dovuto presumibilmente dalla deformazione della biella. Come visto precedentemente, le linee di spiaggia suggerirebbero una componente flessionale. È realistico quindi supporre che il carico fosse in realtà di flessione-torsione. Si ipotizza per semplicità un momento torcente come in Fig. 5.

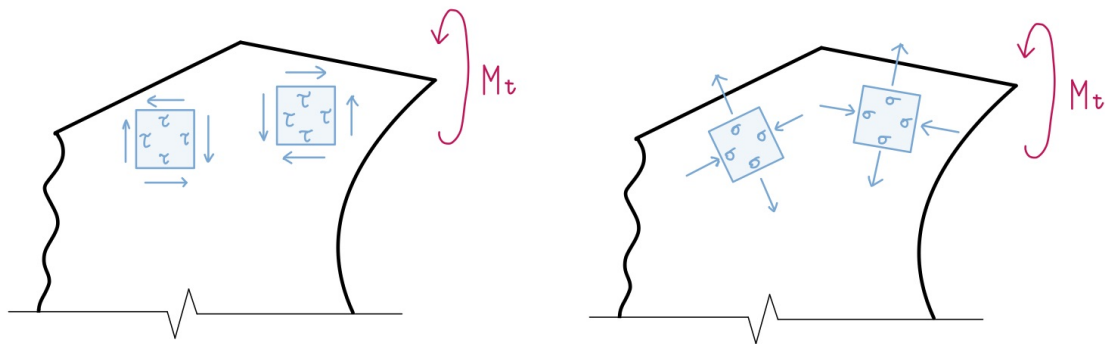


Fig. 5 - vista laterale della sezione rotta della sede spinotto, con quadrati elementari di Mohr

Si disegnano i quadrati elementari in direzione normale, che contengono solo τ , siccome il carico principale agente è una coppia. Ruotando i quadrati sui piani di rottura (che sono i piani delle direzioni principali) si ottengono delle σ trattive e compressive. Siccome il materiale è una lega di alluminio, si può concludere che la rottura della sede dello spinotto sia avvenuta inizialmente per σ_s di trazione, quindi per distacco (siccome è un metallo che resiste meglio a σ compressive).



Fig. 6 - rottura mantello e creapature in prossimità delle fasce elastiche



Fig. 7 - crepatura del cielo pistone

Conclusioni

Il pistone si è rotto quindi come causa di un fallimento più ampio del manovellismo, mostrando una prima rottura dovuta alle esplosioni delle σ e poi una seconda fase di rottura più netta ed urti che hanno causato rotture e crepe su mantello e cielo del pistone.