

# CORROSIONE DEI MOSCHETTONI IN LEGA

## LA CORROSIONE DEI METALLI FERROSI E IN LEGA D'ALLUMINIO

La corrosione dei moschettoni (e altre attrezzature) in acciaio (ferro) è cosa nota, comunque mai tale da comprometterne gravemente la tenuta. Infatti il primo strato di ossidi di ferro che si forma in superficie (qualche decimo di millimetro di spessore) impedisce che la corrosione prosegua in profondità. Pertanto la tenuta alla rottura dei moschettoni in acciaio (e anche dei maillon rapid) non viene significativamente modificata dalla corrosione, anche dopo anni.

Tutt'altra questione è la corrosione dei moschettoni (e di altre attrezzature) in lega di alluminio. In questo caso non si forma alcun strato superficiale passivante e la corrosione, in modo assolutamente imprevedibile, si insinua all'interno della struttura, compromettendone, anche in modo molto grave, la tenuta alla rottura. In certi casi Fr si riduce a solo qualche centinaia di kgp. La corrosione delle leghe in alluminio si riconosce da: 1) in condizioni di umidità una specie di muco biancastro gelatinoso trasparente ricopre gli attrezzi; 2) in ambiente asciutto il muco gelatinoso si secca trasformandosi in una polvere biancastra facilmente asportabile, mentre l'attrezzo si ricopre di chiazze scure dove si individuano delle discontinuità della superficie (solchi e piccoli fori). In entrambi i casi ciò avviene perché l'alluminio è un elemento anfotero che può formare nell'ambiente basico delle grotte degli alluminati di calcio (il muco gelatinoso o la polvere biancastra). Gli effetti della corrosione delle leghe in alluminio sono del tutto imprevedibile e, al momento, valutabili solo per via sperimentale. Comunque è una questione da tenere sempre presente perché produce gravi potenziali situazioni di pericolo.

Qui di seguito, per meglio esporre gli effetti della corrosione sui moschettoni in lega di alluminio, faremo innanzitutto delle considerazioni di carattere generali su come i moschettoni reagiscono alle sollecitazioni crescenti che li portano alla rottura. Poi analizzeremo i dati sperimentali di alcuni casi emblematici di decadimento di moschettoni in lega di alluminio, dati che sono pienamente in sintonia con i risultati di centinaia di analoghi test fatti dal Laboratorio Prove Materiali di Costacciaro.

Ma per comprendere quanto incida la corrosione sui moschettoni in lega di alluminio è necessario comprendere che la tenuta di un moschettone dipende:

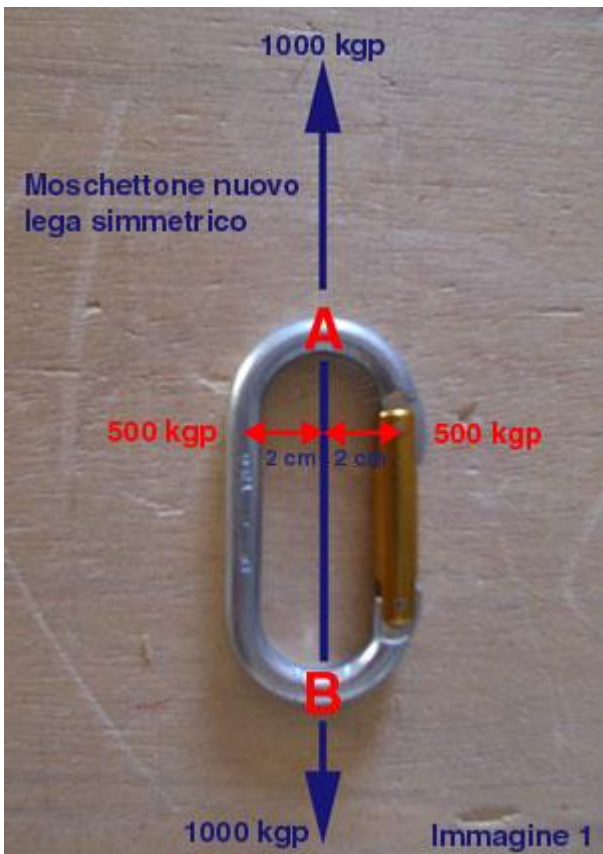
1. dal materiale che utilizza;
2. dalle dimensioni del tondino che disegna la sua struttura;;
3. dalla forma del moschettone stesso.

## DISTRIBUZIONE DELLE FORZE IN MOSCHETTONI SIMMETRICI E ASIMMETRICI

Nel caso di un moschettone simmetrico (Immagine 1) le sollecitazioni si applicano nel punto A e, per reazione, in B. Se, ad esempio, nella macchina di trazione si legge che al moschettone è applicata una forza di 1000 kgp, vuol dire che in A e in B il moschettone sopporta una forza di 1000 kgp.

Ma, nella struttura interna del moschettone, data la sua simmetria rispetto ai punti di applicazione delle forze, i 1000 kgp si distribuiscono equamente nei due bracci della struttura del moschettone. Pertanto nel braccio sinistro vi sarà una sollecitazione di 500

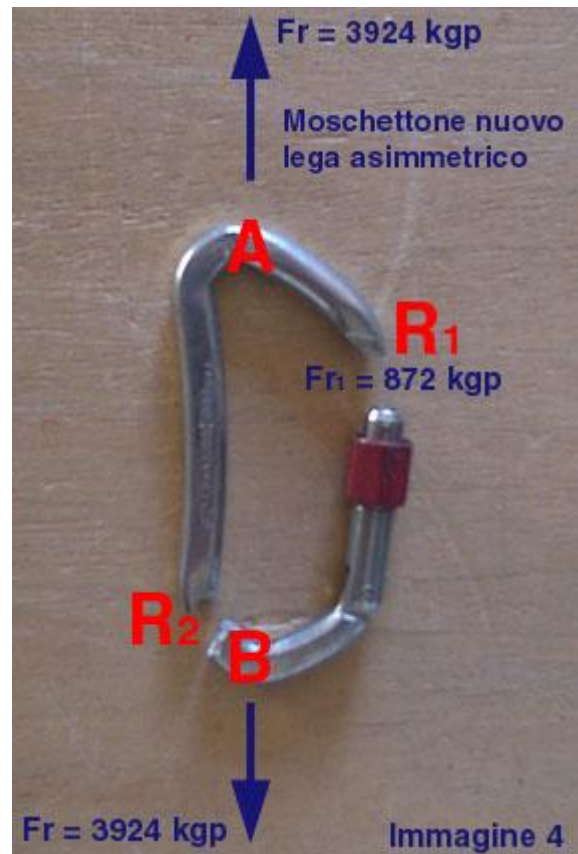
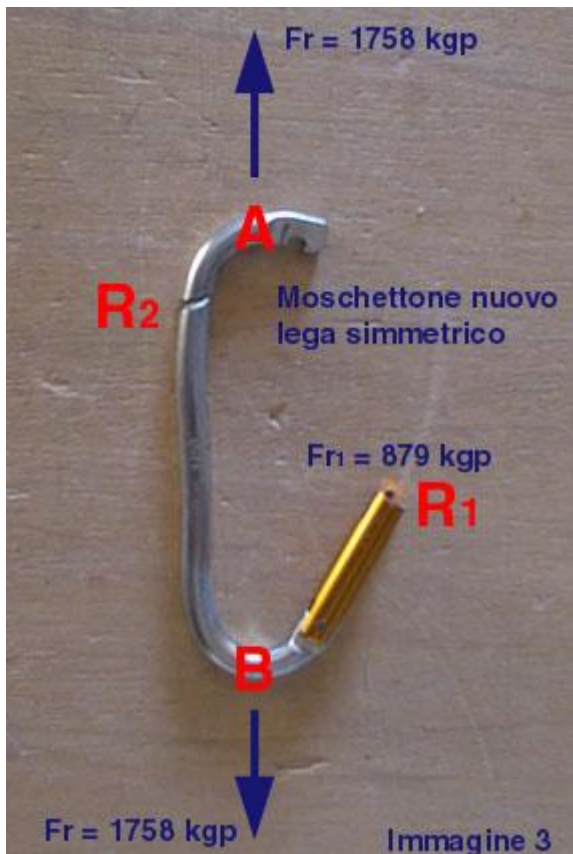
kgp, con 500 kgp saranno applicati nel braccio destro.



Nel caso di un moschettone asimmetrico (Immagine 2) all'interno della struttura portante la sollecitazione si suddivide in modo inversamente proporzionale alla distanza fra l'asse di applicazione della forza (A - B) e il punto preso in esame. Ad esempio, nel caso che la macchina dinamometrica produca una sollecitazione di 1000 kgp sul braccio sinistro del moschettone sarà applicata una componente di forza di 778 kgp mentre su quello destro verrà esercitata una forza di 222 kgp ( $1000 \text{ kgp}/4,5$ ). In tal modo la parte debole della struttura del moschettone - i perni, i fori, gli incastri del dito apribile - sono situati nella parte di struttura meno sollecitata. Di conseguenza i moschettoni asimmetrici, a parità di ogni altra condizione, hanno un carico di rottura superiore a quelli simmetrici.

## **COME SI ROMPE UN MOSCHETTONE NUOVO SIMMETRICO E ASIMMETRICO**

In qualsiasi caso il moschettone cede quando la sua parte più debole, ovunque essa sia, si rompe. Le rotture in altre sezioni seguono a catena ma non sono determinanti a stabilire il carico di rottura  $F_r$ . Questo valore di forza dipende, a parità di ogni altra condizione, dalla geometria del moschettone e in particolare dalla distanza del punto di cedimento dall'asse di applicazione del carico. I due esempi che seguono sono indicativi qualitativamente e quantitativamente del fenomeno.



La rottura del moschettone in lega nuovo simmetrico (Immagine 3), uguale a quello di Immagine 1, è avvenuta a 1758 kgp (Fr), ma il cedimento è avvenuto nel punto R1 con la rottura del pernetto del dito mobile. Solo dopo, mancando il sostegno di uno dei bracci del moschettone, si è avuta la rottura nel punto R2 (cedimento che non ha influenzato in alcun modo Fr). Data la simmetria della struttura il cedimento del pernetto del dito mobile, punto debole della catena, è avvenuta a 879 kgp (la metà del valore di Fr, mentre l'altra metà della forza complessiva gravava sulla barra del lato opposto). Da tener presente: questo valore della forza di rottura del dito mobile è simile per quasi tutti i moschettoni in lega, anche per quelli asimmetrici del tipo riportato nell'Immagine 4.

Anche nel moschettone asimmetrico (Immagine 4), uguale a quello di Immagine 2, il cedimento è avvenuto nel punto R1, nel dito mobile (questa volta si è rotto l'incavo che appoggia sul pernetto). Solo in seguito la struttura, mancando l'apporto di tenuta dell'altro braccio, ha ceduto anche nel punto R2. La Fr in questo caso è stata di 3924 kgp, valore non influenzato dalla rottura della barra nel punto R2. Pertanto, considerando le misure dell'asimmetria della struttura (rispetto all'asse di applicazione della forza: 3,5 cm a destra contro 1 cm a sinistra), il cedimento del dito mobile è avvenuto a 872 kgp (un valore, come preannunciato, molto vicino a quello dell'analogo pezzo del moschettone simmetrico),

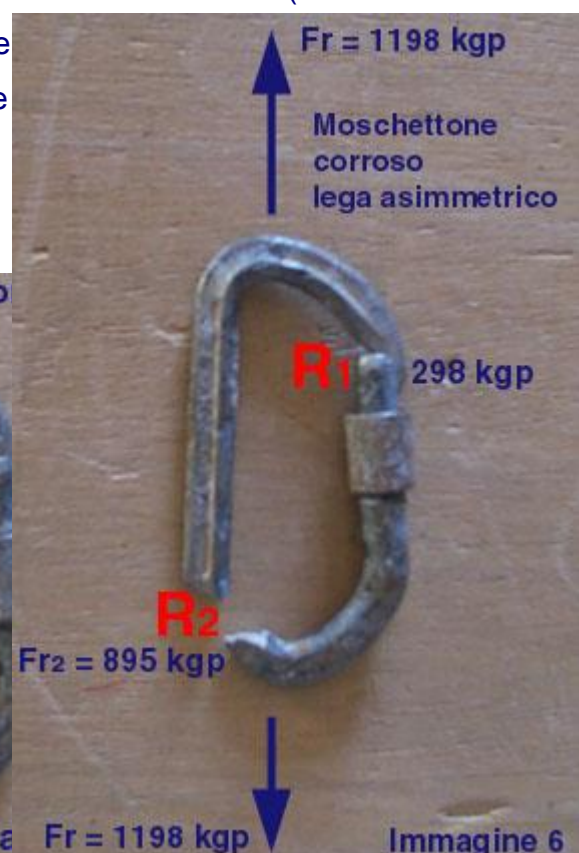
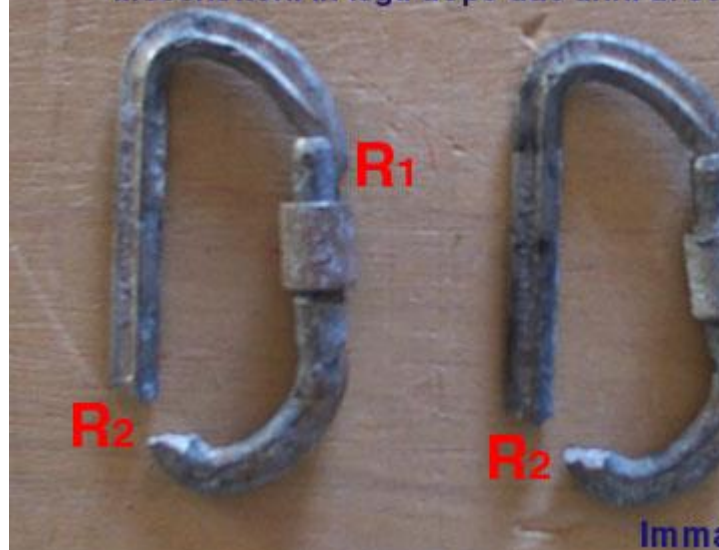
mentre sulla barra del lato opposto gravava una trazione di 3052 kgp. E' dunque evidente che la tenuta della parte debole dei moschettoni (dito mobile) è pressoché sempre la stessa, ma la tenuta complessiva dei moschettoni è diversa a seconda della geometria della loro struttura: tanto più è lontano il dito mobile dall'asse di applicazione della forza, tanto maggiore è, a parità di ogni altra condizione, la  $Fr$  del moschettone.

**Queste modalità di rottura sono state riscontrate nella totalità dei moschettoni testati, nuovi e usati, in acciaio e in lega d'alluminio. Se ciò non avviene, se a cedere non è il dito mobile, vuol dire che qualcosa ha modificato drasticamente la struttura dei moschettoni (azioni meccaniche, azioni chimiche). Ciò è un fatto grave che va a compromettere l'affidabilità della catena di sicurezza della progressione in grotta.**

## **ROTTURA DI MOSCHETTONI IN LEGA D'ALLUMINIO CHE HANNO SUBITO UNA CORROSIONE**

Il Gruppo Ricerche Carsiche di Putignano (BA) ci ha inviato, fra l'altro, dei moschettoni asimmetrici in lega che erano rimasti in grotta (Grotta di S.Lucia) per circa due anni, senza però aver subito le deformazioni cicliche prodotte dalle sollecitazioni ripetitive della progressione su corda. Infatti tali moschettoni sono stati utilizzati per ancorare un corrimano di corda. Dal loro aspetto (Immagine 5), anche macroscopico, si deduce che hanno subito una forte azione di degrado chimico, in ambiente basico (con formazione di alluminati); infatti sono ricoperti di macchie scure e presentano incavi e fori di dimensioni anche vicine al millimetro. La tenuta nominale da nuovi era di 2500 kgp.

Moschettoni in lega dopo due anni di co



Testati alla rottura hanno dato valori di Fr con un valore medio di 1193 kgp (meno della metà del valore da nuovo). In ogni caso la rottura non è avvenuta nel dito mobile (punto R1) ma sulla barra della parte opposta (punto R2), lungo una sezione trasversale dove la corrosione ha prodotto evidenti incisioni e concentrato la presenza di molti piccoli fori.

Sulla base delle misure della struttura del moschettone qui in esame (Immagine 6: 1 cm a sinistra e 3 cm a destra, rispetto all'asse di applicazione della forza), al momento della rottura la distribuzione delle due componenti di forze era di 298 kgp sul dito mobile e di 895 kgp sulla barra del lato opposto (dove è avvenuto il cedimento).

Questa rottura inusuale e molto al di sotto del carico nominale è la conseguenza della corrosione dell'alluminio che ha marcato profondamente la struttura dei moschettoni (altrimenti il cedimento sarebbe avvenuto nel dito mobile con un carico di rottura uguale alla quarta parte della Fr che si sarebbe registrata).

**Dunque occorre fare molta attenzione con i moschettoni in lega d'alluminio, perché, se abbandonati in grotta per tempi prolungati, sono soggetti alla corrosione in ambiente basico, corrosione che produce un grave e pericoloso decadimento dell'attrezzo. Si ricordi che ben più del dimezzamento della tenuta nominale dei moschettoni, di cui nell'Immagine 5 e nell'Immagine 6, è avvenuto a seguito di una permanenza in grotta di meno di due anni e in condizioni non certo proibitive.**