



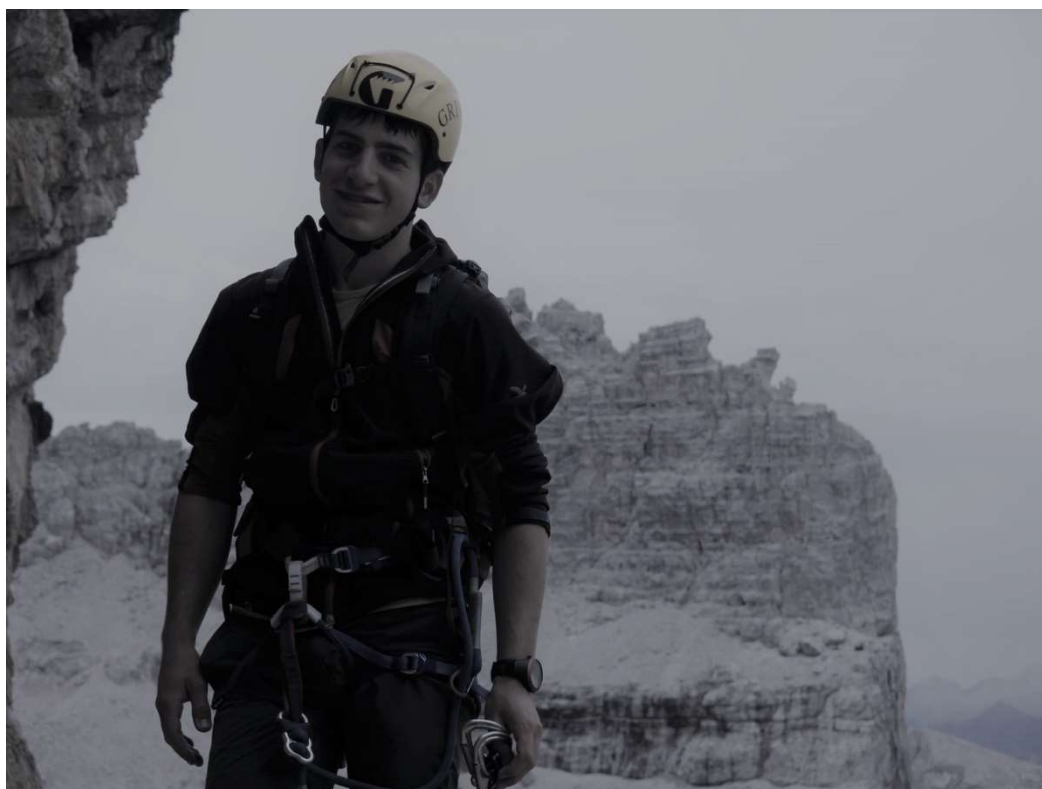
MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

ISTITUTO STATALE DI ISTRUZIONE SUPERIORE

“ARTURO MALIGNANI”

UDINE

***Connettori Alpinistici:
Certificazione e produzione***



Tesina di Maturità di

Cozzi Piero

A.S. 2016/2017

INDICE

Introduzione	pag. 1
1. LA DIRETTIVA EUROPEA E LE NORME	
1.1 <u>Cos'è una norma</u>	pag. 2
1.2 <u>Le norme UIAA</u>	pag. 2
1.3 <u>Le norme EN e la direttiva 89/686/CEE</u>	pag. 3
1.4 <u>Differenze tra norme UIAA e EN</u>	pag. 4
2. CONCETTI DI BASE DELLA CATENA DI SICUREZZA	
2.1 <u>La catena di assicurazione</u>	pag. 5
<i>Concetto di energia e lavoro</i>	
2.2 <u>La funzione della catena di assicurazione</u>	pag. 6
<i>Deformazioni</i>	
<i>Attriti</i>	
2.3 <u>La forza di arresto</u>	pag. 7
2.4 <u>Il fattore di caduta</u>	pag. 8
3. MATERIALI PER ALPINISMO	
3.1 <u>Connettori</u>	pag. 11
<i>Moschettone</i>	
<i>Maglie rapide</i>	
<i>Norme per la certificazione dei connettori</i>	
4. PRODUZIONE CONNETTORI	
4.1 <u>Materiali impiegati</u>	pag. 18
<i>Leghe 7000</i>	
4.2 <u>Processo produttivo</u>	pag. 19
<i>Forgiatura a caldo (o fucinatura)</i>	
<i>Trattamenti termici/chimici</i>	
<i>Solubilizzazione-Tempra-Invecchiamento</i>	
<i>Anodizzazione</i>	

Finitura metalli
Sabbiatura
Vibrofinitura

5. PROVE IN LABORATORIO

- 5.1 *Prova di trazione lungo l'asse maggiore* *pag.25*
Calcolo di verifica di un moschettone
Comparazione lavoro rottura moschettone-energia potenziale di una massa nota
- 5.2 *Spettrometria* *pag. 31*
- 5.3 *Prova di durezza* *pag.32*

6. FORGING *pag.33*

Ringraziamenti *pag.34*

Bibliografia/Fonti *pag.35*

Allegati

Rapporti di prova *pag.36*
Prova di trazione
Spettrometria
Prova di durezza

Formulario *pag.48*

INTRODUZIONE

Qualunque sia la concezione dell'arrampicata e dei rischi che questa comporta, non possiamo fare a meno di vivere le nostre avventure servendoci di determinati materiali che ci consentono non solo di scalare una via, ma anche di farlo in completa sicurezza. Nessuno che voglia spingere la propria arrampicata al massimo del proprio livello può fare a meno di certi materiali, utilizzando esclusivamente quello che la Natura ci ha messo a disposizione sin dall'inizio sulla parete. Ecco perché è così importante avere un'adeguata attrezzatura da utilizzare correttamente in modo da annullare o comunque ridurre i rischi derivanti da qualsiasi imprevisto possa capitare durante una salita, tra i quali quello più increscioso, un "volo". Con il tempo tali equipaggiamenti sono stati sempre più affinati fino a costituire gli elementi essenziali di quella che oggi si chiama la "Catena di Assicurazione" (CdA).

Mentre si arrampica, si è talmente concentrati sulla via e sulla gestualità dei propri movimenti che non si ha il tempo di pensare ad eventuali imprevisti. Proprio nel momento dell'imprevisto entra in gioco la Catena di Sicurezza (o Catena Dinamica di Assicurazione) che impedisce che occorranò danni a chi cade, a chi assicura e ai materiali utilizzati o, per lo meno, riduce al minimo le conseguenze dannose della caduta stessa. La CdA ha così la funzione specifica di contrastare gli effetti della forza di gravità, frenando il volo fino ad arrestarlo, sopportandone l'urto in maniera adeguata riducendo le sollecitazioni sull'arrampicatore.

In questo lavoro viene affrontato il problema legato all'idoneità dei connettori alpinistici, descrivendo le prove che portano alla loro omologazione secondo le norme UIAA ed EN. Le analisi di queste prove suggeriscono utili considerazioni sulle corrette modalità di impiego e sui limiti che ogni materiale o attrezzo può presentare.

*“Ad un moschettone possiamo attaccare di tutto: le chiavi, il cane, la bicicletta, ecc.
Gli alpinisti, gli arrampicatori e i professionisti li usano per appendere i propri sogni e
la loro vita.”*

1. LA DIRETTIVA EUROPEA E LE NORME

1.1 Cos'è una norma

Una norma è l'esplicazione della decisione (Direttiva) di una Organizzazione, sia privata (legalmente riconosciuta come ad esempio l'UTAA o un suo Organo Tecnico), che pubblica (ad esempio la Comunità Europea o un suo Organo Tecnico), relativamente alle caratteristiche che prodotti, processi o servizi devono avere per corrispondere alla decisione stessa. Secondo la Direttiva Europea una norma è una specifica tecnica approvata da un organismo riconosciuto a svolgere attività normativa per applicazione ripetuta o continua, la cui osservanza non è obbligatoria e che appartiene ad una delle seguenti categorie:

- Norma internazionale (ISO)
- Norma europea (EN)
- Norma nazionale (UNI per l'Italia)

Le norme, quindi, sono documenti che definiscono le caratteristiche (dimensionali, prestazionali, ambientali, di sicurezza, di organizzazione ecc.) di un prodotto, processo o servizio, secondo lo stato dell'arte e sono il risultato dell'elaborazione del lavoro di esperti sull'argomento. L'ottemperanza alle norme automaticamente porta all'osservanza della Direttiva.

1.2 Le norme UIAA

L'U.I.A.A. (Unione Internazionale delle Associazioni Alpinistiche) è attualmente una Società di diritto svizzero con sede a Berna. Le Norme UIAA sono l'espressione delle decisioni dell'UIAA o meglio della sua Commissione Sicurezza. Questa Commissione è costituita dai delegati delle varie Associazioni Alpinistiche (oggi 65, tra cui il CAI, Club Alpino Italiano, per l'Italia), ampliata, per gli aspetti relativi alle norme, ai rappresentanti delle ditte costruttrici che producano o intendano produrre attrezzi con marchio UIAA, nonché rappresentanti dei laboratori riconosciuti dalla UIAA. Per motivi ovvi, va fatto osservare che i rappresentanti delle ditte costruttrici non hanno diritto di voto pur partecipando attivamente alle discussioni. La presenza del marchio UIAA su un prodotto, attesta la sua conformità alla norma che lo riguarda. Va fatto rilevare che le Norme UIAA, seppure riconosciute



*Fig. 1.1 UIAA
Approved*

internazionalmente, hanno carattere "volontario" nel senso che sta al fabbricante decidere se produrre attrezzi che soddisfino le norme o meno: esse hanno quindi un significato sostanzialmente commerciale. La marchiatura UIAA (*Fig.1.1*) assicura comunque all'alpinista che il prodotto soddisfa certi requisiti ed è controllato ogni due anni.

1.3 Le norme EN e la direttiva 89/686/CEE

In Europa, il Parlamento Europeo ha approvato la Direttiva 89/686/CEE, riguardante i PPE (Personal Protective Equipment, in Italiano DPI, Dispositivo di Protezione Individuale); questi DPI riguardano non solo le attrezzature alpinistiche ma anche, anzi prevalentemente, tutti gli attrezzi che possono essere usati in campo industriale per prevenire le conseguenze di una caduta dall'alto. Il gruppo di lavoro che ha elaborato queste ultime, è formato dai delegati degli Istituti Nazionali di Normazione, provenienti da industrie, laboratori ed enti pubblici, come nel nostro caso il CAI. Fortunatamente, nel caso dei materiali alpinistici, tale gruppo è praticamente composto dalle stesse persone che hanno elaborato le Norme UIAA. Ne consegue che le Norme CEN (Comitato Europeo di Normazione) sono quasi sempre una traduzione delle Norme UIAA con alcuni aggiornamenti, anche se in certi casi per le norme più recenti si è verificato il processo inverso. Gli Organismi di Normazione dei singoli Stati europei stabiliscono norme armonizzate in base ai requisiti essenziali richiesti dalla Direttiva; per l'Italia tale organismo nazionale è l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) che ne cura anche la traduzione in italiano. Le norme, in realtà, non rivestono in sé carattere di obbligatorietà in quanto il requisito vincolante è dovuto verso la Direttiva; va però fatto notare che tutti i DPI fabbricati in conformità delle norme sono presunti conformi ai requisiti essenziali richiesti dalla Direttiva. I membri del CEN sono gli organismi nazionali di Normazione. La presente Direttiva 93/68/CEE è entrata in pieno vigore nel 1995. Da questa data non è più legale produrre e mettere in commercio in Europa materiali assimilabili a DPI che non dispongano del marchio di conformità CE (*Fig. 1.2*). La conseguenza pratica, derivante dall'applicazione di questa Direttiva, è che tutto il materiale tecnico per alpinismo attualmente in commercio e rilevante ai fini della sicurezza (corda, casco, imbracatura, moschettoni, cordini...), risulta essere stato sottoposto a studi e controlli per certificare



Fig. 1.2 Marchio CE

la sua conformità alle esigenze. In realtà, dal punto di vista della Direttiva, sarebbe anche possibile produrre materiale "non a norma" a condizione che il fabbricante, all'atto della procedura di dichiarazione di conformità, dimostri il rispetto dei requisiti essenziali della stessa (questa procedura è però gravosa e rischiosa e quindi poco seguita). All'atto pratico tutti i fabbricanti seguono le norme. In altri campi, dove gli investimenti sono maggiori, si assiste spesso invece al processo inverso. Infatti, le aziende che producono materiali ed impianti molto innovativi spesso mettono a punto un'analisi dei rischi rispondente direttamente alla Direttiva e sostitutiva delle norme. Successivamente sono gli stessi Enti di Normazione che, per essere al passo con lo sviluppo, immettono norme che coprono anche le innovazioni. Le norme che discendono da esse invece propongono/impongono delle soluzioni tecniche che hanno la presunzione di soddisfarle.

1.4 Differenze tra norme UIAA e EN

Vediamo ora le differenze sostanziali esistenti fra le due normative. La prima differenza sta nel fatto che le Norme UIAA sono espressione delle decisioni di una Associazione, l'UIAA appunto, mentre le Norme EN sono espressione della volontà del Parlamento Europeo che ha approvato la Direttiva 89/686/CEE riguardante i DPI; inoltre l'UIAA si rivolge solo agli attrezzi alpinistici, mentre la Direttiva 93/68/CEE riguarda anche, come già detto, tutti gli attrezzi che possono essere usati in campo industriale per prevenire le conseguenze di una caduta dall'alto.

L'estensione territoriale e il significato legale dei due tipi di norma costituiscono invece la seconda principale differenza:

- Estensione territoriale: le Norme EN hanno validità legale solo in Europa, mentre quelle UIAA non hanno validità legale, ma sono riconosciute in tutto il mondo (più precisamente nei 65 paesi che fanno parte dell'UIAA), anche se hanno solo valore di marchio di qualità non esplicitamente richiesto a livello governativo; si tratta quindi essenzialmente di un marchio commerciale.
- Significato legale: le Norme UIAA sono "volontarie", nel senso che sta al fabbricante decidere se vuole, o no, produrre attrezzi che soddisfano le norme. Le Norme EN sono invece "obbligatorie", nel senso che in Europa non è più permesso, legalmente, produrre o mettere in commercio attrezzi assimilabili a DPI non conformi alle norme approvate dal CEN.

2. CONCETTI DI BASE DELLA CATENA DI SICUREZZA

2.1 La catena di assicurazione

Molti sono i pericoli collegati all'attività alpinistica dell'arrampicata. Tra questi, uno dei principali è la caduta di uno dei componenti la cordata. In caso di caduta il corpo umano è soggetto a due tipi di danni:

- quelli provocati da urti e sfregamenti contro la roccia, che interessano principalmente la parte esterna del nostro corpo;
- quelli generati da sollecitazioni e forze di accelerazione o decelerazione troppo elevate, che possono sollecitare indebitamente organi interni delicati.

Il primo tipo di danni non è sempre evitabile mentre, al contrario, utilizzando in modo corretto opportuni materiali e tecniche si possono ridurre o addirittura eliminare i danni derivanti da forze troppo elevate generate durante la caduta.

La Catena di Assicurazione è l'insieme degli elementi che permettono, in caso di caduta, di limitare i danni agli alpinisti. I materiali che compongono la Catena di Assicurazione sono: corda, imbracatura, moschettoni o connettori, cordini, fettucce, chiodi, nut, friend, ecc.

✓ *Concetto di energia e lavoro*

Da un punto di vista fisico/matematico, il lavoro è definito come il prodotto di una forza per lo spostamento del suo punto di applicazione. A sua volta l'energia viene definita come la capacità di un certo sistema a compiere del lavoro.

Vale la pena ricordare che anche il calore è una forma di energia; l'esempio più vicino agli argomenti trattati è il calore prodotto in un freno per attrito derivante dalla trasformazione dell'energia cinetica di caduta. Questo calore è disperso in parte nell'atmosfera e in parte va ad incrementare la temperatura del freno.

Energia cinetica

Un corpo in caduta libera viene accelerato dalla gravità e quindi la sua velocità cresce in modo lineare, cioè secondo una legge del tipo:

$$v = g \cdot t$$

Essendo v la velocità del corpo, $g=9,81 \text{ m/s}^2$ l'accelerazione di gravità e t il tempo. Quando un corpo con massa M si muove con velocità v , ad esso è associata una energia cinetica (dovuta cioè al movimento) data da:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2$$

che è quindi dipendente dal quadrato della velocità. Ovviamente, ad un corpo fermo viene associata una energia cinetica nulla (essendo la sua velocità nulla).

Energia potenziale

Un corpo posto ad una certa altezza h da terra, se lasciato andare inizierà a cadere accelerando e aumentando la propria energia cinetica secondo la relazione appena citata. Si dice allora che il corpo, posto ad una altezza h se pure immobile, sia dotato di una energia potenziale. Questa energia potenziale è proporzionale all'altezza h e vale:

$$E_p = M \cdot g \cdot h$$

2.2 La funzione della catena di assicurazione

Dalla definizione di energia cinetica, è evidente che il fatto di frenare un corpo (cioè ridurre la velocità) è equivalente a diminuire la sua energia cinetica, ed è proprio questo lo scopo della Cda: essa deve "togliere" in modo non traumatico energia (cinetica) dal corpo di chi cade. Esempio comune dell'applicazione di questo concetto è il paracadute. La catena di assicurazione, e in particolare alcuni elementi (ad es. la corda) che la compongono, si comporta allo stesso modo del paracadute: è una sorta di cuscino che "addolcisce" la violenza dell'urto che il corpo subisce in caso di caduta, quando viene fermato. L'energia cinetica (legata al movimento) sviluppata nella caduta viene ridotta in modo "graduato" fino ad annullarsi. Dal punto di vista fisico, il modo più semplice per farlo è "dissipare" tale energia. In parole povere dobbiamo trasformare l'energia cinetica dovuta alla caduta in qualcos'altro: come noto, infatti, l'energia non si crea e non si distrugge, si trasforma soltanto. L'energia cinetica deve quindi essere trasformata in qualche altra forma, nella fattispecie in:

- energia elastica e dunque "dissipata" nella deformazione della corda che si allunga;
- calore e dunque "dissipata" per attriti (si ricordi ad esempio il discensore, che si scalda durante una discesa in corda doppia).

✓ *Deformazioni*

Nel caso di una caduta, trascurando la deformazione del corpo dell'alpinista che pure contribuisce in parte a "dissipare" l'energia cinetica, le deformazioni principali riguardano essenzialmente la corda che collega il corpo della persona che sta cadendo con un punto fisso. Vale la pena di sottolineare che l'energia assorbita da una corda, sottoposta ad una forza, è proporzionale alla sua lunghezza.

Altri elementi della CdA (come ad esempio moschettoni, cordini, ecc.) non sono atti ad assorbire energia, almeno in maniera percentualmente apprezzabile, ma costituiscono semplicemente elementi di collegamento della corda a punti fissi.

✓ *Attriti*

Nella catena di sicurezza, laddove la corda sfrega contro la roccia o scorre su attrezzi quali freni e/o rinvii (connettori), sono presenti attriti che contribuiscono a "frenare" la caduta dissipando energia cinetica.

2.3 La forza di arresto

Nel caso della caduta di un alpinista, si definisce "forza di arresto", che chiameremo FA, il valore massimo della forza che la corda applica all'alpinista. Studi dell'aeronautica francese, effettuati durante la seconda guerra mondiale sulle forze generate dai paracadute, hanno evidenziato che la massima decelerazione che il corpo umano è grado di sopportare senza lesioni interne e per un tempo molto breve (frazioni di secondo), è pari a 15 g, in pratica 15 volte l'accelerazione di gravità. Va ancora rilevato che la decelerazione accettabile scende a 2-3 "g" nel caso in cui l'arresto avvenga con la testa in giù, poiché si avrebbe un fluire del sangue verso il cervello con conseguenze anche fatali. Questo valore risulta molto basso se si pensa che per il solo fatto di essere appesi a testa in giù si è sottoposti all'accelerazione di 1 g negativo. Si può quindi calcolare facilmente la forza frenante massima sopportabile dal corpo umano generata da una accelerazione di 15 g (pari a $15 \cdot 9,806 \text{ m/s}^2$). Considerando la massa di un alpinista "tipo" di 80 kg, segue che deve essere:

$$\text{forza massima accettabile} = 80 \text{ kg} \cdot 15 \text{ g} = 12 \text{ kN} (1200 \text{ daN})$$

Questo è il valore massimo di forza che può essere applicato al corpo di chi cade, ed è quindi il limite massimo della forza generata dalla corda durante la prima caduta al Doderò. Tutti gli elementi della Cda saranno pertanto concepiti prendendo come base di

progetto il valore massimo che la corda può generare, cioè 1200daN, al fine di avere ogni anello della catena dimensionato in maniera omogenea.

2.4 Il fattore di caduta

Il concetto di fattore di caduta (f_c) compare spesso, e a ragione, nelle discussioni tra alpinisti. Il fattore di caduta è un indice numerico che permette di stabilire, in termini sufficientemente precisi, quella che si può definire la "gravosità" di una caduta, sia per quanto riguarda gli effetti sull'arrampicatore, sia per quanto riguarda gli effetti sulla corda e sul materiale infisso in parete. Il fattore di caduta è definito a corda bloccata (cioè senza freni o dissipatori) come:

$$f_c = h/L$$

dove h indica la lunghezza libera (cioè prima che la corda entri in tensione) della caduta e L è la lunghezza di corda che collega il corpo di chi cade ad un ancoraggio fisso. Il fattore di caduta ha importanza perché su di esso si basa, di fatto, la Normativa di costruzione delle corde per arrampicata. Infatti, nelle condizioni

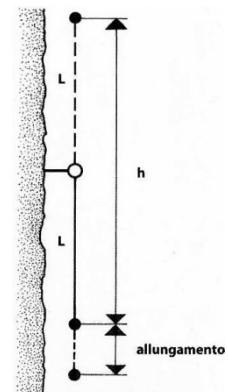


Fig. 2.1
Caso di fattore di caduta 2

peggiori che si possono verificare in arrampicata, quando f_c può assumere il valore massimo pari a 2 (vedi Fig. 2.1), l'energia di caduta viene "dissipata", o meglio assorbita, totalmente dalla corda nella sua deformazione. In questo caso, non essendo presenti freni o attriti, si generano i massimi valori della forza. Può essere utile ricordare che ci possono essere anche casi in cui il fattore di caduta risulta superiore a 2 come illustrato in Fig. 2.2. La Norma di costruzione delle corde per alpinismo impone, come si è visto in precedenza, che la forza massima che può essere generata dalla corda durante l'arresto di una caduta sia 12 kN, pari cioè alla sollecitazione massima sopportabile dal corpo umano.

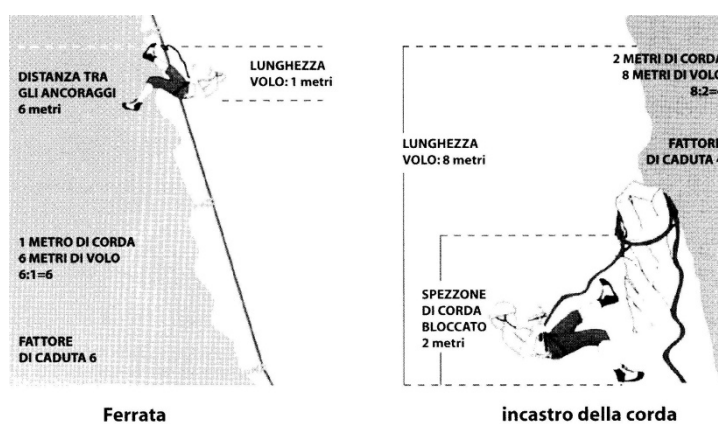


Fig. 2.2 Situazioni con fattori di caduta maggiori di 2

Di seguito viene analizzato cosa succede durante una caduta. A questo proposito si ricorda che l'allungamento della corda, sottoposta ad una determinata forza di trazione, è proporzionale sia alle sue caratteristiche meccaniche (allungabilità) che alla sua lunghezza. La correlazione tra la forza d'arresto e l'altezza di caduta - cercando di rispondere alla domanda: "quanto vale la forza d'arresto cadendo da 1 metro piuttosto che da 10 o da 100?" - viene determinata nell'ipotesi peggiore corrispondente ad una caduta libera verticale con corda bloccata ad una estremità. Si è detto che tutta l'energia cinetica di caduta (E_{caduta}) si trasforma in energia di deformazione della corda ($E_{deformazione\ corda}$), quindi al momento dell'arresto risulta:

$$E_{caduta} = E_{deformazione\ corda}$$

Ma:

- l'energia cinetica di caduta, essendo uguale all'energia potenziale prima della caduta, è data dal prodotto del peso della massa che cade per il dislivello percorso che è pari, trascurando in prima approssimazione l'allungamento, al doppio della lunghezza della corda (e quindi l'energia di caduta è proporzionale alla lunghezza della corda: $E_{caduta} \approx L$);
- l'energia di deformazione della corda è data dal prodotto di $\frac{1}{2}$ della forza d'arresto per l'allungamento della corda;
- l'allungamento è proporzionale alla lunghezza della corda ($E_{deformazione\ corda} \approx L$).

Quindi, sia l'energia di caduta, sia l'energia assorbita dalla corda per un dato valore della forza massima, sono proporzionali alla lunghezza della corda. Dall'uguaglianza tra queste due energie risulta dunque che la forza massima non dipende dall'altezza di caduta, bensì dal rapporto dell'altezza di caduta con la lunghezza della corda, cioè dal fattore di caduta.

Dunque si può concludere che: la forza d'arresto non dipende dall'altezza di caduta bensì:

- dal fattore di caduta, f_c ;
- dal peso della massa che cade, P ;
- dalle caratteristiche elastiche della corda.

$$F_{arresto} = P \cdot (1 + \sqrt{1 + 2 \cdot f_c \cdot K/P})$$

dove K è il "modulo" della corda, che ne rappresenta le proprietà elastiche, e P il peso della massa che cade. Quanto detto ha molte implicazioni di tipo pratico. La più importante di queste, è quella di permettere la definizione univoca delle caratteristiche delle corde secondo la Normativa, prescindendo dall'altezza di caduta. Per assurdo, se

l'affermazione fatta non fosse vera si dovrebbero omologare corde per diversi valori dell'altezza di caduta.

Si è visto, parlando della CdA, che l'energia di caduta viene assorbita in parte per attriti e in parte per deformazione; la corda ha un ruolo essenziale nell'assorbire energia sotto forma di deformazione. Tale deformazione è talmente più importante rispetto a quella degli altri componenti della CdA da poter tranquillamente affermare che questi elementi hanno deformazioni trascurabili e quindi non assorbono in pratica alcuna energia. Essi pertanto vengono utilizzati solo per consentire lo scorrimento della corda e per vincolarla ai punti fissi, servono cioè solo a "trasmettere" forze. Tali componenti, per esempio i moschettoni, i cordini e le fettucce, dovranno pertanto essere caratterizzati dalla resistenza ad un carico statico e non dinamico come la corda.

3. MATERIALI PER ALPINISMO

I materiali di tipo tecnico utilizzati in alpinismo si possono suddividere in due categorie; materiali soggetti a norma e materiali per i quali, pur essendo rilevanti dal punto di vista della sicurezza, non esistono norme o vi sono solo norme in via di perfezionamento.

Esempi:

Attrezzi soggetti a norma:	Attrezzi <u>non</u> soggetti a norma:
-corda dinamica; -cordini; -fettucce; -imbracatura; -casco; -connettori; -ecc.	-preparati; -ecc.

Nelle pagine seguenti ci si sofferma sull'analisi dei connettori per alpinismo.

3.1 Connettori

Rientrano in questa categoria tutti i sistemi usati per connettere una corda ad un punto fisso allo scopo di trasmettere forze.

✓ *Moschettone*

Questi attrezzi sono regolamentati dalla Norma UNI EN-12275:2013 (corrispondente alla UIAA-121). Il moschettone è un dispositivo costituito da un "anello", generalmente in lega d'alluminio (lega 70/75), detto "corpo", e da una parte apribile, detta "dito", che permette di collegare la corda o altro direttamente o indirettamente ad un punto fisso, il quale ritorna in sede per effetto di una molla, (Fig.3.1)

Si vedrà successivamente che il carico di progetto per i moschettoni, come elementi in grado di trasmettere forze, è di 20 kN (2000 daN), in quanto carico "congruente" con la FAD (forza di arresto riferita geometria e condizioni di carico che si hanno sull'apparecchio Dodero) di 12 kN (1200 daN), tenendo conto dell' "effetto carrucola" e di un ragionevole effetto di attrito.

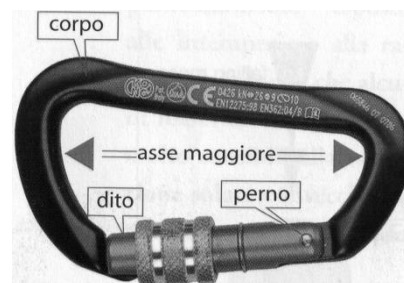


Fig. 3.1 **Il moschettone e le sue parti**

Esistono vari tipi di moschettoni concepiti per rispondere a specifiche esigenze: così ad esempio un dito curvo permette che questo venga aperto con più facilità per l'inserimento della corda in situazioni difficili; un dito "a filo" permette (vedi *Fig. 3.2*), in ragione di una minore massa e quindi di una minore inerzia, di non aprirsi in caso di urto violento, come può avvenire per i moschettoni comuni. Una ghiera, che può essere a vite o a baionetta, consente di evitare aperture accidentali del dito (*Fig. 3.3*); in questi l'apertura è possibile, per frazioni piccolissime di secondo, a causa delle vibrazioni indotte dallo scorrimento della corda sotto carico. Anche il tipo di aggancio del dito al corpo può essere di differente forma (*Fig. 3.4*): la configurazione più comune è a "gancio", che presenta però l'inconveniente di impigliarsi nella corda durante l'utilizzo; questo problema è stato aggirato con la soluzione del tipo "key lock" con la quale viene eliminato qualsiasi dente di chiusura sia sul corpo che sulla leva. I moschettoni a base larga dotati di ghiera possono richiedere modalità diverse per l'apertura della leva.

In alpinismo il moschettone più usato è dotato di ghiera manuale, che viene impiegato nelle manovre di assicurazione.

Per rispondere ai requisiti della norma, i moschettoni devono essere opportunamente marchiati contenendo il simbolo CE, il numero della direttiva comunitaria, il nome del costruttore e i carichi garantiti (che devono essere uguali o superiori a quelli minimi richiesti dalla norma): un esempio di questa marchiatura è riportato di seguito in *Fig. 3.5*. Per ragioni di sicurezza i moschettoni vengono concepiti per sopportare forze in configurazioni anche differenti da quella più intuitiva che è quella di carico secondo l'asse maggiore, a dito chiuso: infatti, vengono progettati per sopportare carichi con dito aperto e lungo l'asse minore (*Fig. 3.6*). In questi casi i carichi sono notevolmente inferiori al carico di progetto secondo l'asse maggiore a dito chiuso. La situazione più critica per un moschettone è quella a dito aperto; questa è perciò assunta come base di

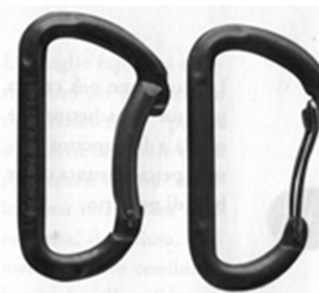


Fig. 3.2 Moschettone con dito curvo e filo



Fig. 3.3 Moschettone HMS



Fig. 3.4 Chiusure

progetto. I carichi minimi previsti dalla norma sono rilevabili, per alcuni tipi di moschettone, in tabella (Tab. 3.1).



Tipo	Carico longitudinale dito chiuso (kN)	Carico longitudinale dito aperto (kN)	Carico trasversale (kN)
B	20	7	7
H	20	6	7
K	25	7	-

Tab. 3.1

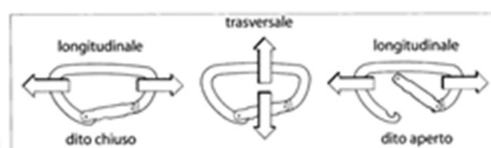


Fig. 3.6
Tipologia di prova di un moschettone

Una serie di prove condotte sui connettori dalla Commissione Materiali e Tecniche Lombarda, ha evidenziato che:

- sui **moschettoni H a ghiera**, nella versione “a base larga” adatta all’uso con il mezzo barcaiole, la ghiera, pur avendo lo scopo principale di mantenere la leva in sede, contribuisce anche ad aumentare il carico di rottura del moschettone; perciò bisogna avere cura di chiudere bene la ghiera prima di usare il moschettone;
- la **ghiera chiusa sul corpo del moschettone**, se soggetta ad una forza che tende a farla uscire dalla sede (test non considerato dalle norme), presenta una resistenza piuttosto bassa (poche decine di daN);
- un **moschettone posto a lavorare in flessione** offre un carico di rottura piuttosto basso (340 daN);
- **moschettone con leva (o dito) a filo**: i risultati hanno messo in evidenza che il filo non costituisce il punto debole perché la rottura avviene sul corpo. In prove di rottura sull’asse minore il filo non indebolisce particolarmente il moschettone: in due prove eseguite si sono misurati 1100 e 1300 daN;
- **vecchio moschettone marcato L**: si fa presente che la vecchia normativa U.I.A.A. prevedeva l’utilizzo di due tipi di moschettoni: “normale” marcato N e “leggero” marcato L. Per il tipo L era consentito un carico a dito aperto di 6 kN: si consiglia di non utilizzare questo moschettone perché tale basso valore nel rinvio, in situazioni critiche, è facilmente raggiungibile.
- anche il più **logoro e usurato moschettone da alpinismo** presenta caratteristiche meccaniche e tecnologiche di gran lunga migliori rispetto a quelle di attrezzatura di ferramenta (moschettoni, maglie rapide...). Per questo la commissione consiglia sempre di utilizzare attrezzatura alpinistica, preferibilmente recente e in buono stato.

✓ *Maglie rapide*

Questi attrezzi, pur ricadendo sotto la norma dei connettori, si differenziano essenzialmente perché sono fatti in acciaio e non presentano un dito mobile bensì una ghiera filettata che, da chiusa, permette di dare continuità meccanica con l'anello, *Fig. 3.7*. Il carico minimo supportabile dalle differenti maglie risulta stampigliato sull'attrezzo come richiesto dalla norma.

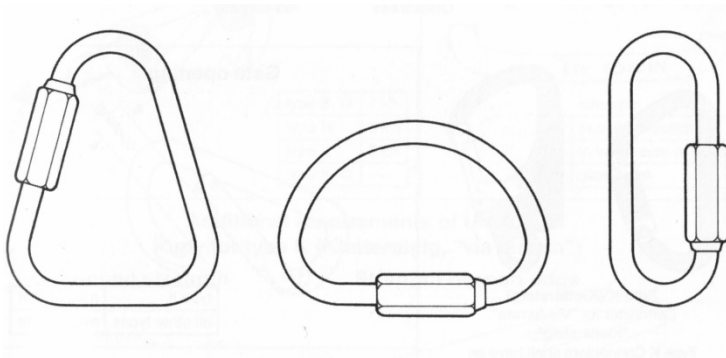
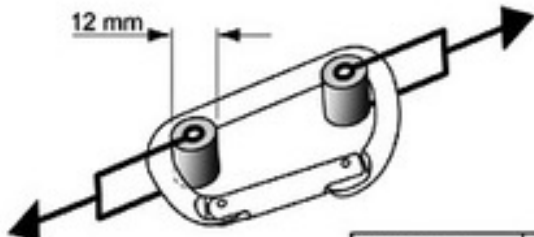
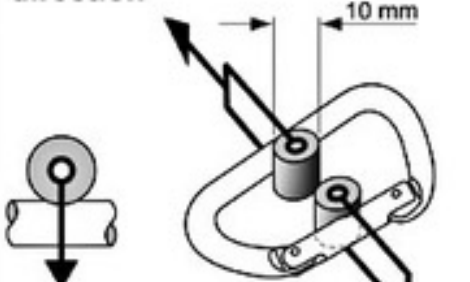
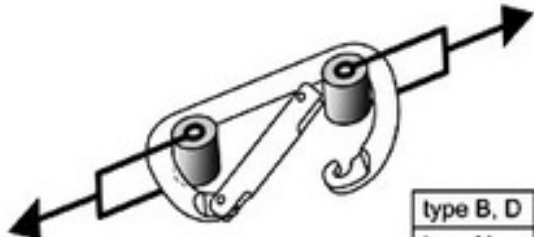
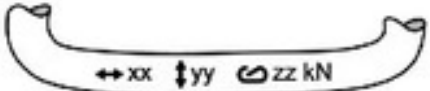
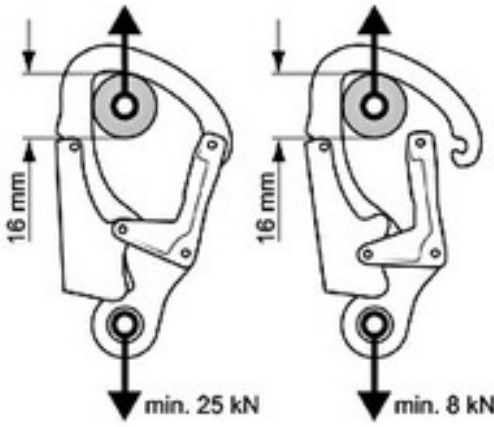
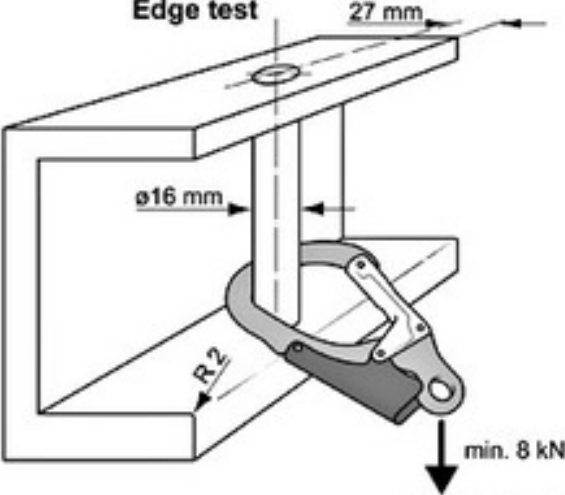


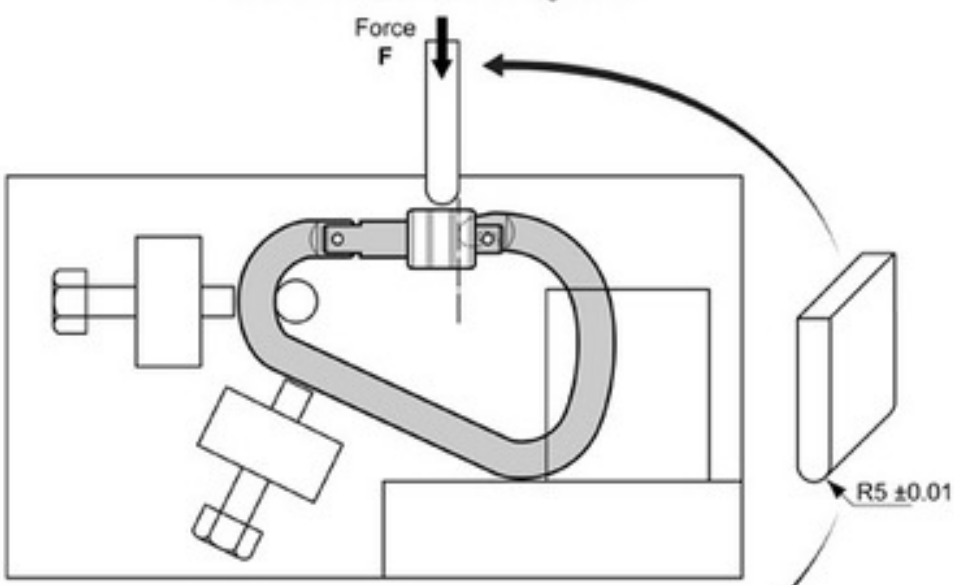
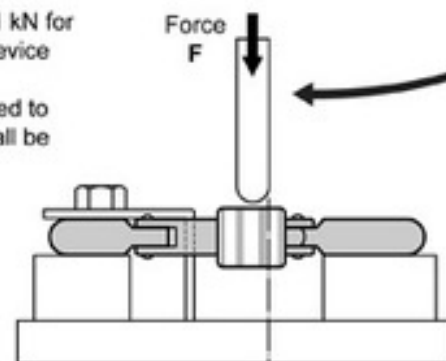
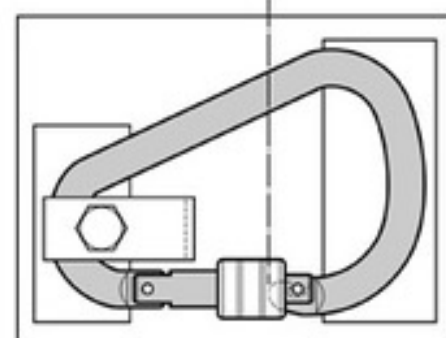
Fig. 3.7
Maglie rapide: forme

✓ Norme per la certificazione dei connettori

page 1 of 3

EN-12275	CONNECTORS	UIAA-121				
<p>Note: This representation of EN 12275 and UIAA 121 does not contain the full details of the test methods and requirements in these standards; it gives only a simplified pictorial presentation. For full details, EN 12275:1998 and UIAA 121:2008 should be consulted. © UIAA, Pit Schubert, Neville McMillan, 2009</p>						
<p>The general term "Connectors" is used to include all types of karabiners and also quicklinks ("Maillon rapide").</p>						
<p>Type B (Basic) Connector for normal use</p>	<p>Type D (directional) Connector for Quickdraws</p>	<p>Type X (oval shape) Connector for Aid climbing</p>				
<p>Type K (Klettersteig) Connector for "Via ferrata", "Klettersteig" Type K Connectors shall have an automatic locking device</p>		<p>Gate opening</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">type K</td> <td style="padding: 2px;">min. 21 mm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">all other types</td> <td style="padding: 2px;">min. 15 mm</td> </tr> </table>	type K	min. 21 mm	all other types	min. 15 mm
type K	min. 21 mm					
all other types	min. 15 mm					
<p>Type Q (Quick link) Connector for extra safety Quick link, "Maillon rapide"</p>						
<p>Gate opening force (for all types)</p>						
<p>Designed by Georg Sojer</p>						

EN-12275	CONNECTORS	UIAA-121															
This representation does not provide full details. Read the Note at the head of page 1. © UIAA, Pit Schubert, Neville McMillan, 2009																	
<p>Strength in main direction</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>type K, Q</td><td>25 kN</td></tr> <tr><td>type X</td><td>18 kN</td></tr> <tr><td>all other types</td><td>20 kN</td></tr> </table>	type K, Q	25 kN	type X	18 kN	all other types	20 kN	<p>Strength in transverse direction</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>type Q</td><td>10 kN</td></tr> <tr><td>type B, H, K, X</td><td>7 kN</td></tr> <tr><td>type D, K/D</td><td>--</td></tr> </table>	type Q	10 kN	type B, H, K, X	7 kN	type D, K/D	--				
type K, Q	25 kN																
type X	18 kN																
all other types	20 kN																
type Q	10 kN																
type B, H, K, X	7 kN																
type D, K/D	--																
<p>Gate-open strength</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>type B, D</td><td>7 kN</td></tr> <tr><td>type H</td><td>6 kN</td></tr> <tr><td>type X</td><td>5 kN</td></tr> <tr><td>type K, Q</td><td>--</td></tr> </table>	type B, D	7 kN	type H	6 kN	type X	5 kN	type K, Q	--	<p>Marking of strength (in kN)</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><th colspan="2">strength</th></tr> <tr><td>xx</td><td>in main direction</td></tr> <tr><td>yy</td><td>in transverse direction</td></tr> <tr><td>zz</td><td>gate-open</td></tr> </table>	strength		xx	in main direction	yy	in transverse direction	zz	gate-open
type B, D	7 kN																
type H	6 kN																
type X	5 kN																
type K, Q	--																
strength																	
xx	in main direction																
yy	in transverse direction																
zz	gate-open																
<p>Additional UIAA requirements only for type K (Klettersteig, "via ferrata")</p>																	
<p>Major axis tests</p> 	<p>Edge test</p> 																
Designed by Georg Sojer																	

EN-12275	CONNECTORS	UIAA-121
This representation does not provide full details. Read the Note at the head of page 1. © UIAA, Pit Schubert, Neville McMillan, 2009		
<p>Additional UIAA requirements (continued) for all connectors with a locking device</p>  <p>1. After applying a force $F = 1 \text{ kN}$ for 90 secs the gate-locking device must still be functional. 2. The maximum force required to open the gate by 3 mm shall be more than 2 kN.</p> <p>These requirements apply to a frontal force (see figure above), and a side force in either direction.</p>  		
Designed by Georg Sojer		

4. PRODUZIONE CONNETTORI

4.1 *Materiali impiegati*

Come in molti altri settori, anche le attrezzature da montagna hanno avuto una notevole evoluzione in termini di alleggerimento. In molti casi ormai la progettazione e lo sviluppo dei nuovi prodotti è al limite delle proprietà dei materiali attualmente utilizzati. Vista la numerosità dei moschettoni normalmente impiegati nella pratica dell'arrampicata, quasi sempre oltre la decina, la leggerezza diventa, quindi, un fattore molto importante. Attualmente i moschettoni vengono realizzati in lega di alluminio 7000, più in particolare di tipo 7075-T6 (oppure in acciaio per applicazioni ad alto carico, per esempio nel soccorso alpino dove il maggior peso è secondario) ad alta resistenza (Fig. 4.1), sfruttandone l'elevato rapporto resistenza/peso. La progettazione è rivolta ad ottenere le geometrie del componente che meglio sfruttano le caratteristiche del materiale con cui sono prodotte.

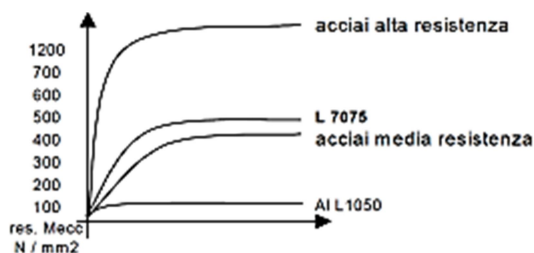


Fig. 4.1 *Caratteristiche di resistenza meccanica della lega 7075 a confronto con altri materiali*

Per capire l'importanza che riveste l'innovazione tecnologica dei materiali nell'attività alpinistica è sufficiente confrontare il peso specifico dell'acciaio ($\sim 7.8 \text{ Kg/dm}^3$), materiale maggiormente utilizzato fino alla fine degli anni '90, con quello dell'alluminio ($\sim 2.7 \text{ Kg/dm}^3$).

✓ *Leghe 7000*

Le leghe di questa serie, studiate negli anni quaranta, vengono oggi largamente impiegate in svariati campi dell'ingegneria.

L'elemento principale di lega è lo zinco che può raggiungere tenori dell'8% mentre il rame valori dell'1,5-2% e il magnesio 2-3%. Possono essere presenti anche altri elementi come il cromo e/o lo zirconio in tenori di circa 0,25 e 0,15 rispettivamente.

Presentano come difetti una resistenza alla corrosione piuttosto scarsa per cui i semilavorati vengono forniti anche allo stato placcato (Alclad): la placcatura è in genere fatta con alluminio puro o all'1% di zinco. Sono inoltre poco adatte a essere saldate, ma hanno un'elevatissima resistenza e in particolare un elevato limite di snervamento.

Le caratteristiche meccaniche decadono rapidamente con il crescere della temperatura e queste leghe non sono adatte per strutture che devono subire dei riscaldamenti superiori a circa 80°C, (invecchiamento a 125°C); sotto quest'aspetto sono anche inferiori alle leghe del tipo Al/Cu.

La presenza di cromo nelle leghe 7000 accentua la sensibilità alle condizioni di tempra, cioè le stesse leghe presentano un'elevata velocità critica di tempra. Solo con raffreddamenti molto drastici e per spessori non molto grandi è possibile ottenere una risposta ottimale all'invecchiamento.

D'altro canto tempre molto drastiche comportano l'insorgere di elevate tensioni interne nel materiale pregiudicandone o limitandone l'impiego alle sollecitazioni richieste.

Per ovviare a questo inconveniente sono state elaborate leghe con totale o parziale sostituzione del cromo con zirconio. Queste leghe (denominate 7010, 7012, 7050) rappresentano fino ad oggi il massimo risultato ottenuto in fatto di resistenza meccanica, tenacità alla frattura e resistenza alla tensocorrosione. Proprio per questi motivi la lega 7050 viene impiegata di frequente nella produzione di connettori di una certa qualità.

4.2 Processo produttivo

I moschettoni vengono normalmente realizzati mediante forgiatura a caldo o a freddo, partendo da semilavorati cilindrici opportunamente piegati. Seguono poi trattamenti termici e di finitura. Dal momento che la tecnica di forgiatura a caldo è quella maggiormente utilizzata dai produttori di connettori nel seguente lavoro ci si limita a trattare il processo produttivo di moschettoni ottenuti mediante questa tecnica.

✓ *Forgiatura a caldo (o fucinatura)*

Con questo procedimento (*Fig. 4.2*) i prodotti acquistano la forma e le dimensioni definitive mediante deformazione plastica a caldo partendo da un semi-lavorato (barra, billetta ecc.). I metalli e le loro leghe che, prima della fusione, hanno uno stato pastoso compreso in un intervallo di temperatura sufficientemente ampio, possono subire questa lavorazione in quanto il materiale



presenta la massima deformabilità

intendendo con ciò la particolare situazione

Fig. 4.2 Forgiatura a caldo di un moschettone

strutturale nella quale è possibile spostare con facilità notevoli masse senza provocare rotture e senza introdurre difetti irreversibili.

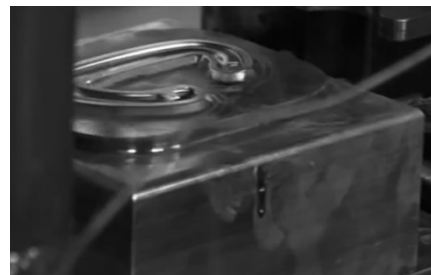
I prodotti forgiati sono ottenuti mediante applicazione di una pressione tramite stampi o matrici chiuse delimitanti uno spazio (impronta) corrispondente alla forma e al volume richiesti al pezzo; il massello, opportunamente riscaldato (per l'alluminio circa $400\div 550^{\circ}\text{C}$), è pertanto completamente contenuto nella matrice e assume la forma finale in uno o più stadi. La sollecitazione di compressione viene di regola applicata mediante una pressa (azione per pressione) o un maglio (azione per urto). I principali settori industriali si avvalgono di pezzi stampati quando siano necessari organi di resistenza elevata con caratteristiche di massa ridotte e che richiedono garanzie di sicurezza, qualità e affidabilità costanti, costi competitivi.

Principali vantaggi dei pezzi stampati:

- incremento delle caratteristiche meccaniche mediante un'appropriata scelta del materiale e del suo successivo trattamento termico;
- buona uniformità dal punto di vista metallurgico per l'assenza di difetti interni;
- elevato rapporto tra la massa del pezzo stampato e quella dello spezzone di partenza con bassa produzione di scarto;
- diminuzione dei costi di lavorazione per lo spessore nullo di sovrametallo delle parti che devono rimanere grezze e limitato per le parti che richiedono ulteriori lavorazioni (1-2 mm), in alcuni casi buona finitura superficiale, forma e dimensioni uniformi dei pezzi assai prossime a quelle del pezzo finito.

Stampi con impronta (Fig.4.3)

Si prestano particolarmente per lo stampaggio di pezzi aventi una forma piuttosto regolare, tale da potere essere divisa in due parti uguali e simmetriche. La forma della cavità (o impronta) dello stampo aperto riproduce in negativo la forma



esterna del pezzo, mentre le dimensioni vengono (aumentate dell'1% circa, per tener conto della contrazione che lo stampato subisce quando passa dalla temperatura di stampaggio a quelli dell'ambiente. Per agevolare l'estrazione del pezzo, dopo che il massello è stato fortemente compresso nella cavità, si prevede un'adeguata spoglia delle cavità superiore inferiore nella direzione di estrazione.

Fig. 4.3 Stampo con impronta

Lungo tutto il contorno delle cavità è praticato un solco detto canale di bava entro il quale deborda, in forma di lamina, il materiale eccedente (bava) del massello di partenza, di volume ridotto rispetto a quello del pezzo stampato. Il canale di bava ha le seguenti funzioni:

- a) garantire il riempimento della cavità;
- b) accogliere il materiale in eccesso: per ragioni ovvie la quantità di materiale da stampare è sempre leggermente in eccesso rispetto al volume della cavità della matrice. Il materiale in eccesso però deve avere un volume minore di quello, del canale di bava onde permettere il riempimento completo della forma dell'impronta;
- c) consentire l'espulsione dell'aria contenuta nella forma: a questo scopo nei canali di bava sono praticati dei solchi in comunicazione con l'esterno dello stampo.

Dopo l'operazione di stampaggio generalmente si sottopone il pezzo ottenuto ad un'operazione di trancitura alla pressa in modo da eliminare le bave del materiale in eccesso. Questa operazione è eseguita su una pressa a sbavare che porta un punzone e una matrice che riproduce il contorno massimo del pezzo stampato.

✓ *Trattamenti termici/chimici*

Il trattamento termico assicura che l'alluminio raggiunga la durezza ottimale per fornire un perfetto equilibrio fra carico di rottura, resistenza e duttilità. Senza alcun trattamento termico l'alluminio sarebbe molle e molto debole; se sottoposto a trattamento termico eccessivo l'alluminio diverrebbe invece troppo duro e pertanto a rischio di essere troppo fragile. L'obiettivo è che la durezza ottimale sia caratterizzata da robustezza, resistenza e duttilità. Per capire meglio l'importanza di queste fasi basti pensare che senza trattamento termico è probabile che un moschettone ceda a 10 kN a leva chiusa, laddove a seguito di trattamento appropriato questo potrà superare 24 kN a leva chiusa. Per questo vengono eseguiti i seguenti trattamenti termici:

Solubilizzazione-Tempra-Invecchiamento

Il trattamento termico tipico consiste in tre stadi noti come :

1. Solubilizzazione (*Fig. 4.4*): viene condotta ad una temperatura superiore a quella corrispondente al limite di solubilità della percentuale di soluto in esame all'interno dell'alluminio per un tempo sufficiente a



Fig. 4.4 **Trattamento termico dei moschettoni**

garantirne l'omogeneizzazione (470° C ca. per un periodo fra i 30 ed i 50 minuti nel caso dei moschettoni);

2.Tempra: la tempra consiste nel raffreddamento molto rapido del metallo scaldato immergendolo in un liquido refrigerante come può essere l'acqua. Quest'operazione impedisce un'apprezzabile diffusione degli elementi, così si può assumere che la soluzione solida viene portata a temperatura ambiente essenzialmente senza variazioni. Così la lega che era leggermente insatura alle temperature più alte, diviene a temperatura ambiente estremamente insatura. La lega quindi è in una condizione molto instabile e, compatibilmente con le condizioni ambientali, evolverà spontaneamente verso una condizione di maggior equilibrio

3.Invecchiamento (ageing): è la parte fondamentale del trattamento e prevede il mantenimento della lega ad una temperatura intermedia tra quella di solubilizzazione e quella ambiente per un determinato tempo (nel caso del 7075, circa 8 ore).Dopo questo processo il prodotto è lasciato a raffreddarsi naturalmente, raggiungendo quindi la durezza ottimale che gli consente di raggiungere la resistenza richiesta.

Sebbene l'alluminio e le sue leghe in generale mostrino un buon comportamento nei confronti della corrosione, spesso si verificano problemi di corrosione localizzata e molto specifica, e si rivela di primaria importanza capire i fattori che contribuiscono a queste forme di corrosione. Due sono i principali fattori che influenzano il comportamento dell'alluminio: il tipo di aggressività ambientale e lo stato metallurgico/chimico. I fenomeni corrosivi più frequenti nelle leghe di alluminio sono: corrosione per pitting, corrosione galvanica, tensocorrosione, ecc. Per questo motivo l'alluminio viene sottoposto a trattamenti chimici con lo scopo di alterare la superficie del materiale creando dei prodotti di corrosione (solitamente ossidi). Il trattamento chimico più utilizzato è l'anodizzazione.

Non presentando quindi elevate caratteristiche di resistenza a corrosione, generalmente i connettori vengono sottoposti ad:

Anodizzazione

Si esegue su pezzi di lega di alluminio allo scopo di aumentare in modo considerevole la resistenza agli agenti atmosferici. Consiste in un procedimento elettrolitico, in vasche con soluzione acquosa di acido solforico (*Fig. 4.5*), in grado di depositare uno strato ossidato con spessore di 10µm chimicamente inerte e di notevole durezza. Il suddetto

trattamento chimico si rileva di fondamentale importanza per l'attrezzatura alpinistica in quanto di frequente questa viene lasciata "in parete" e quindi a diretto contatto con agenti corrosivi (es. acqua di mare, atmosfera salata).

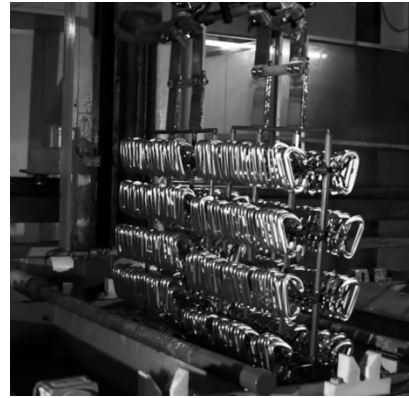


Fig. 4.5 Moschettoni disposti su appositi cestelli per il trattamento di anodizzazione

✓ *Finitura metalli*

Per conferire ulteriore grado di finitura ai prodotti vengono eseguiti i seguenti processi:

- sabbatura: procedimento meccanico con il quale si erode la parte più superficiale di un materiale tramite l'abrasione dovuta ad un getto di sabbia ed aria. In campo meccanico la sabbatura è un procedimento intermedio al ciclo di lavorazione del prodotto, solo raramente viene effettuato come operazione finale. Al termine dell'operazione il materiale sottostante allo strato rimosso risulta completamente scoperto e con rugosità dipendente dalla grandezza della graniglia utilizzata e dalla pressione del getto, ma comunque molto accentuata in confronto ai valori tipici delle lavorazioni meccaniche. La sabbatura risulta quindi uno dei procedimenti preferiti per preparare il pezzo alla successiva verniciatura.

- vibrofinitura (*Fig. 4.6*): lavorazione meccanica di finitura superficiale che consiste in un sistema di trattamento che ha lo scopo di sbavare, levigare e lucidare in massa oggetti generalmente metallici (ma anche di altri materiali). Il trattamento si basa sul concetto di provocare meccanicamente uno "sfregamento" di un pezzo contro l'altro o, meglio, di un pezzo contro un altro materiale, abrasivo o non, così da provocare una modifica sulla sua superficie. Il movimento relativo alla lavorazione per il trattamento di vibrofinitura viene effettuato con l'ausilio di una macchina o da un impianto:



Fig. 4.6

Trattamento di vibrofinitura su moschettoni

l'abrasivo costituisce l'utensile che interagisce con il pezzo da trattare e un prodotto chimico favorisce il contatto tra pezzo

e abrasivo, migliorando la lubrificazione o interagendo chimicamente in funzione delle sue caratteristiche. Gli inserti abrasivi utilizzati sono generalmente in poliestere, ureici, ceramici, in porcellana.

5. PROVE IN LABORATORIO

5.1 Prova di trazione lungo l'asse maggiore

- M.U.P. utilizzata: INSTRON 0,1kN-250kN;
- Velocità di applicazione del carico compresa tra: 20mm e 50mm al minuto;
- Misurazioni: continuare ciascuna prova sino a che il connettore si rompa o sino a quando raggiunge una deformazione tale da farlo sganciare dalle spine. Misurare e registrare la forza massima applicata durante la prova;
- Procedimento: montare il connettore su una apparecchiatura convenzionale per prove di trazione ed applicare il carico per mezzo di due spine cilindriche del diametro di (12 ± 0.01) mm, disposte perpendicolarmente all'asse maggiore (*Fig. 5.1*). È importante che il connettore sia libero di posizionarsi sulle spine all'inizio della prova e quando si applica il carico; a questo scopo è utile che uno dei bracci dell'apparecchiatura sia munito di un giunto cardanico. Applicare una piccola forza al connettore, perpendicolarmente alla direzione di carico per tenere distante le spine dal dito, all'inizio della prova. Quando la prova viene eseguita a dito chiuso, i connettori dotati di dispositivo di bloccaggio manuale del dito devono essere sottoposti a prova con il dispositivo di bloccaggio del dito in posizione non bloccata;
- Dati rilevati: in allegato *da Pag. 36*;
- Considerazioni: osservando i grafici tracciati durante la prova di trazione si possono fare le seguenti affermazioni:
 - il materiale testato non presenta una vera e propria fase di snervamento vista la mancanza del caratteristico tratti con andamento aleatorio della curva;
 - la fase elastica, ovvero la fase nella quale il corpo solido si deforma elasticamente (al cessare della forza riprende le sue dimensioni iniziali) presenta una certa continuità con la fase elasto-plastica cosicché risulta difficile individuare graficamente con precisione la forza limite di proporzionalità;



Fig. 5.1 Prova di trazione

-il tratto delle grandi deformazioni è quello prevalente; durante la prova il moschettone subisce pesanti deformazioni che modificano la geometria del moschettone e ne compromettono la funzionalità;

-interessante il fatto che i diversi moschettoni, pur sottoposti a trazione allo stesso modo, si sono rotti in punti differenti. Prima della prova ci si aspettava infatti che i moschettoni cedessero tutti nello stesso punto, ovvero in prossimità del perno che collega il dito al resto del corpo del moschettone;

-i risultati ottenuti sono soddisfacenti in quanto le rotture dei moschettoni si sono verificate a carichi di prova superiori a quelli stabiliti dalle norme e garantiti dal costruttore.

Dai dati raccolti durante la prova di trazione:

✓ *Calcolo di verifica di un moschettone*

Viene presa in considerazione la configurazione moschettone aperto in quanto è la più sfavorevole e pericolosa in termini di sicurezza.

Per il seguente calcolo di verifica del connettore si fa riferimento al grafico della prova di trazione per individuare un valore di carico che rientri in campo elastico.

Il calcolo strutturale del moschettone in oggetto segue la più generale teoria delle travi curve soggette a flessione, largamente utilizzata per applicazioni quali, ad esempio, ganci di sollevamento, connettori, telai ad U di presse e morse.

La distribuzione delle tensioni, dunque, viene determinata sulla base delle seguenti ipotesi:

- La sezione trasversale presenta un asse di simmetria in un piano che contiene l'asse della trave;
- Le sezioni trasversali piane rimangono piane dopo l'applicazione del momento flettente;
- I moduli di elasticità sono uguali in trazione ed in compressione.

Così, differenza delle travi ad asse rettilineo, per una trave curva non vi è la coincidenza tra l'asse baricentrico e quello neutro, e le tensioni non variano linearmente da quest'ultimo.

Per procedere con il calcolo andiamo a definire prima tutte le variabili in gioco (Fig. 5.2):

- re = raggio della fibra esterna;
- ri = raggio della fibra interna;
- h = altezza della sezione;
- ce = distanza della fibra esterna dall'asse neutro;
- ci = distanza della fibra interna dall'asse neutro;
- rn = raggio dell'asse neutro;
- rc = raggio dell'asse baricentrico;
- e = distanza dell'asse neutro dall'asse baricentrico;
- we = larghezza del lato esterno della sezione;
- wi = larghezza del lato interno della sezione;
- A = area della sezione;
- Mf = momento flettente.

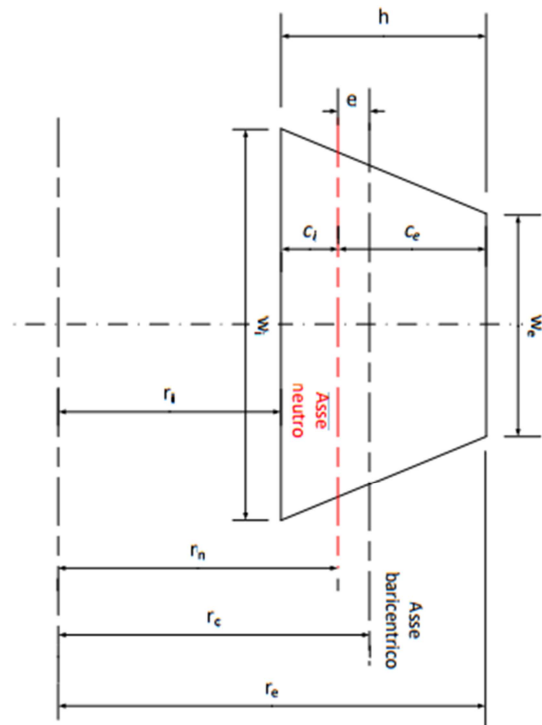


Fig. 5.2 Grandezze rilevanti di una sez. trapezoidale in configurazione di trave curva

Vista la simmetria del dispositivo, risulta che la sezione più sollecitata è la A-A indicata in Fig.5.3 , sulla quale agiranno combinati sia gli sforzi di trazione legati all'azione della forza verticale F, sia le tensioni di momento flettente dovuti a Mf.

Calcoliamo innanzitutto l'area A della sezione (quote da moschettone testato):

$$A = w_e h + \frac{(w_i - w_e)}{2} h = 132 \text{ mm}^2$$

Procediamo alla determinazione del raggio dell'asse neutro e del raggio dell'asse baricentrico. Supponendo che la distanza $b=15 \text{ mm}$ sia stata presa a partire dalla metà dell'altezza h della sezione, calcoliamo per la sezione più sollecitata i raggi interno ed esterno:

$$r_e = b + \frac{h}{2} = 21 \text{ mm} ; \quad r_i = b - \frac{h}{2} = 9 \text{ mm},$$

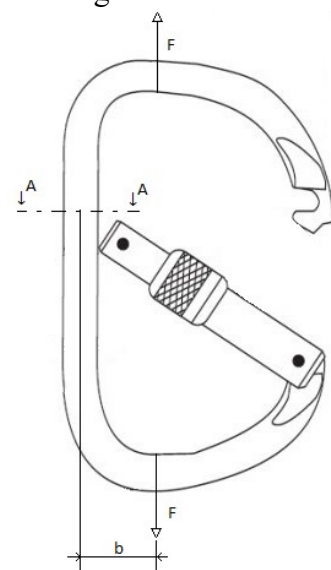


Fig. 5.3 Moschettone

così, vista la geometria trapezoidale della sezione stessa:

$$r_c = r_i + \frac{h}{3} \frac{w_i + 2w_e}{w_i + w_e} = 15 \text{ mm}$$

$$r_n = \frac{A}{w_e - w_i + \frac{w_i r_e - w_e r_i}{h} \ln \frac{r_e}{r_i}} = 13,985 \text{ mm}$$

Da cui ricaviamo la distanza e:

$$e = r_c - r_n = 1,015 \text{ mm}$$

Il momento flettente M_f sarà:

$$M_f = F r_c = 105000 \text{ Nmm}$$

mentre le distanze dall'asse neutro delle fibre più esterne ed interne saranno:

$$c_e = r_e - r_n = 7,015 \text{ mm} \quad c_i = r_n - r_i = 4,985 \text{ mm}$$

La tensione normale nei punti più esterni della sezione si calcola per sovrapposizione degli effetti come:

$$\sigma_e = \frac{F}{A} - \frac{M_f c_e}{A e r_e} = -208,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_i = \frac{F}{A} + \frac{M_f c_i}{A e r_i} = 487,24 \text{ MPa}$$

Dal calcolo risulta che per le dimensioni della sezione fornite dalla specifica le tensioni raggiungono valori al limite per una lega 7075-T6, che fissa generalmente la tensione ultima di snervamento intorno a 434~503 MPa. Di norma infatti il valore ottenuto con la verifica deve essere più basso del limite minimo di snervamento, in modo da avere la piena garanzia che non si verifichino deformazioni intollerabili o addirittura rottura dell'organo durante l'esercizio. Tuttavia si noti come una piccola variazione delle dimensioni della sezione stessa determini un'alterazione rilevante delle tensioni massime.

Si consideri inoltre che la pratica alpinistica, unitamente alla diffusione di strumenti per il calcolo strutturale più avanzati (Metodi agli Elementi Finiti), ha determinato negli anni una ridistribuzione del materiale della sezione sempre più ottimizzata per le specifiche di utilizzo in sicurezza di un moschettone, operando con soluzioni di rinforzo strutturale come nervature e raccordi.

La forma della sezione, infatti, ricopre un ruolo di primaria importanza nella resistenza delle travi; per dimostrare analiticamente quanto affermato seguono dei confronti numerici, *Tab. 5.1*.

Parametri comuni alle tre sezioni:
-F=7000N;
-b=15mm;
-Area ₁ = 132mm ²
-Area ₂ = 176mm ²

Unità di misura	Dati	SEZIONE		
		Trapezoidale	Rettangolare	Circolare
[mm]	h	12	12	13
	b	15	15	15
	we	10	11	/
	wi	12	11	/
	re	21	21	22
	ri	9	9	9
	rc	15,000	15,000	23,500
	rn	13,985	14,163	20,795
	e	1,015	0,837	2,705
	ce	7,015	6,837	0,705
	ci	4,985	5,163	12,295
[mm ²]	Area₁	132,00	132,00	132,73
[Nmm]	Mf	105000	105000	164500
[MPa]	σe	-208,82	-256,27	37,71
	σi	487,24	597,97	715,47

Tab. 5.1

(per i calcoli delle sez. rettangolare e circolare si fa riferimento alle formule pag.48)

Considerazioni:

-La sezione circolare presenta le peggiori prestazioni; un risultato del genere era pienamente prevedibile guardando la teoria delle travi curve e quella più generale delle travi sottoposte a flessione. Il diagramma delle sollecitazioni ha un andamento non lineare e vede le tensioni massime distribuite sui bordi della sezione, le quali, nel caso di sezione circolare, si distribuiscono su un unico punto, facendo lavorare il materiale meno e peggio.

-Il risultato della sezione trapezoidale migliore di quella rettangolare a parità di area ed altezza h è ciò che ci si aspettava visto che, aggiungendo materiale alla parte più caricata (bordo interno) si permette alla sezione di lavorare meglio, avendo più materiale che “sostiene” la parte più sollecitata.

-Eseguendo nuovamente i calcoli su sezioni aventi stessa geometria ed un valore dell'altezza h maggiore si dimostra che un aumento dell'altezza determina un aumento

del momento di inerzia, aspetto questo che dovrebbe far migliorare le prestazioni meccaniche a parità di forza di forza applicata.

Unità di misura	Dati	SEZIONE		
		Trapezoidale	Rettangolare	Circolare
[mm]	h	16	16	15
	b	15	15	15
	we	10	11	/
	wi	12	11	/
	re	23	23	23
	ri	7	7	8
	rc	15,000	15,000	22,500
	rn	13,217	13,450	19,635
	e	1,783	1,550	2,865
	ce	9,783	9,550	2,865
	ci	6,217	6,450	12,135
[mm ²]	Area₂	176,00	176,00	176,71
[Nmm]	Mf	105000	105000	157500
[MPa]	σe	-102,57	-120,05	0,00
	σi	337,01	394,45	543,01

-In conclusione si può ipotizzare di impiegare una trave con profilo ad “H”. Queste ultime si possono definire le migliori travi a flessione, poiché presentano maggior quantità di materiale sulle ali rispetto al centro, garantendo un momento d’inerzia della sezione elevato;

✓ Lavoro rottura moschettone-energia potenziale di una massa nota (80Kg)

L’area sottesa dalla curva nel grafico forza-spostamento della prova di trazione, rappresenta il valore del lavoro necessario per portare a rottura il provino (nel caso in oggetto un moschettone). Il valore del lavoro può quindi essere inteso anche come energia potenziale ($E=mgh$) di una massa che cade da una certa altezza dal suolo e che produce lo stesso danno sul campione. Noti i valori di lavoro, accelerazione gravitazionale ($9,81 \text{ m/s}^2$) e massa (80 Kg, massa di un alpinista tipo), con la formula inversa dell’energia potenziale si può calcolare il valore di altezza da cui deve cadere l’alpinista per portare a rottura il moschettone.

Esempi di calcolo:

1. dati raccolti dalla prova di trazione- moschettone blu leva chiusa:

$$Lavoro = E = mgh \rightarrow h = \frac{E}{mg} = \frac{272,71}{80 \cdot 9,81} = 0,35 \text{ m}$$

2. dati raccolti dalla prova di trazione- moschettone rosso leva aperta:

$$Lavoro = E = mgh \rightarrow h = \frac{E}{mg} = \frac{45,13}{80 \cdot 9,81} = 0,05 \text{ m}$$

Questi risultati dimostrano il calo delle prestazioni di un moschettone, qualora questo si trovi nella configurazione di leva aperta rispetto ad uno con leva chiusa. In questo ultimo caso, infatti, il moschettone resiste a rottura ben sette volte di più rispetto ad un moschettone a leva aperta.

Si può inoltre affermare che le altezze di caduta (h) calcolate sono molto basse; questo poiché sono stati ipotizzati urti fra corpi rigidi. Questo non fa che confermare l'importanza dell'utilizzo di elementi "dinamici" nella CdA, in particolare della corda dinamica. Ricordiamo infatti che l'energia della caduta viene dissipata soprattutto dalla corda dinamica, che ha appunto il compito di arrestare una caduta con forza limitata. Se in parete non si utilizzassero corde dinamiche, com'è facilmente intuibile, i moschettoni resisterebbero ad un numero limitato se non irrisorio di cadute.

5.2 Spettrometria

- Spettrometro utilizzato: Spectrolab;
- Elettrodo utilizzato: compatibile con alluminio e sue leghe;
- Materiale per taratura macchina: AW-7075;
- Misurazioni: eseguire un numero di prove maggiore o uguale a tre sul pezzo in prova ed assumere i valori medi delle misurazioni;
- Procedimento: spianare la parte di provino da sottoporre a prova con levigatrice.

Eseguire la taratura dello spettrometro utilizzando appositi materiali campione. Posizionare il provino su tavola portapezzo a "contatto" con l'elettrodo e bloccarlo (Fig. 5.4). Chiudere la camera ermetica per evitare la fuoriuscita del gas inerte (Argon puro) utile per lo svolgimento della prova. Esecuzione automatica della prova;



Fig. 5.4 Prova spettrometrica

- Dati rilevati: in allegato Pag.44 ;

- Considerazioni: il materiale testato è riconducibile ad una lega AW 7075, in quanto i valori ottenuti rientrano nella composizione chimica della norma UNI 3735 (Tab. 5.2). Solamente i valori di Cr e Zn si discostano leggermente dai valori della norma; il primo infatti è in percentuale leggermente inferiore mentre il secondo leggermente superiore.

Composizione chimica percentuale										
Si max.	Fe max.	Cu	Mn max.	Mg	Cr	Zn	Ti+Zr max.	Altre imputità		Al
								ciascuna max.	totale max.	
0,4	0,5	1,2÷2,0	0,30	2,1÷2,9	0,18÷0,35	5,1÷6,1	0,25	0,05	0,15	resto

Tab. 5.2

5.3 Prova di durezza

- Durometro utilizzato: Wolpert;
- Carico applicato: 50000g;
- Tempo applicazione carico: 30s;
- Ingrandimenti immagine: 70x;
- Misurazioni: eseguire un numero di prove maggiore o uguale a tre sul pezzo in prova ed assumere i valori medi delle misurazioni;
- Procedimento: spianare la parte di provino da sottoporre a prova con levigatrice. Selezionare il penetratore adatto al materiale ed il carico da applicare. Posizionare il provino ed applicare il carico per un tempo di ca. 30s (Fig. 5.5). Con apposito software analizzare l'immagine dell'ingrandimento dell'impronta lasciata sul pezzo dal durometro. Valore di durezza calcolato automaticamente dal computer;
- Dati rilevati: in allegato da Pag 45;
- Considerazioni: con valori ottenuti si possono confermare le elevate prestazioni della lega 7075 in merito a durezza. Anche nella fase preliminare della prova (pressatura del provino e spianatura) il moschettone ha “dimostrato” le proprie caratteristiche meccaniche opponendosi alle lavorazioni e non deformandosi. Il materiale in oggetto infatti, piuttosto che deformarsi si rompe a partire da punti deboli, difetti ecc.



Fig. 5.5 Prova di durezza

6. FORGING

Forging is the process by which a metal is heated and shaped by plastic deformation by applying a compressive force, in the form of hammer blows. Through forging, the grain of a metal is refined and its physical properties (strength, ductility, and toughness) are improved. The following are the most common forging methods:

- *hand forging*, it is the oldest forging method consisting of repeated blows in an open die. The finished product is a rough approximation of the die;
- *impression die forging/precision forging*, the finished part obtained by these processes resembles the die impression more closely;
- *press forging*, it uses the slow squeezing action of a press to transfer the compressive force uniformly to the workpiece. This results in uniform material properties. Parts made with this process are usually quite large and long;
- *upset forging*, it increases cross-section by reducing length. It is used to make heads on bolts and fasteners, valves, and so on;
- *draw forging*, it increases length by reducing cross-section;
- *swaging*, a rod is forced inside a die which hammers the diameter and causes the metal to flow inward causing the outer diameter of the rod to take the shape of the die.

RINGRAZIAMENTI

Desidero ricordare tutti coloro che mi hanno aiutato nella stesura con suggerimenti ed osservazioni: a loro va la mia gratitudine, anche se a me spetta la responsabilità per ogni errore contenuto in questo lavoro.

Ringrazio anzitutto il centro di prova Catas di San Giovanni al Natisone ed il personale della struttura che si è reso disponibile per lo svolgimento delle prove in laboratorio. In particolare si ringrazia l'Ing. Tirelli Paolo, Poletto Simone e Caon Claudio. Senza il loro supporto e la loro guida sapiente la tesi sarebbe carente in molti passaggi, primo tra tutti quello sperimentale.

Si ringrazia inoltre l'assistente del laboratorio di prova dell' ISIS A. Malignani il quale si è reso disponibile per l'esecuzione di alcune prove.

Proseguo con l'Ing. Lattanzi Attilio, Doctoral Candidate dell'Università Politecnica delle Marche, che in seguito ad un semplice contatto e-mail ha seguito il lavoro fornendo suggerimenti per la parte teorica del calcolo di verifica meccanica di un moschettone.

Un ringraziamento particolare va a Bressan Giuliano e Polato Massimo del CSMT, Club Alpino Italiano Centro Studi Materiali e Tecniche, per aver fornito materiale utile ad approfondire gli argomenti trattati oltre che mettere a disposizione la struttura di Padova, centro di prova CAI, per farvi visita.

Vorrei infine ringraziare le persone a me più care: mio fratello Carlo che ha seguito la stesura del lavoro essendo grande appassionato di montagna, i genitori e la mia famiglia.

BIBLIOGRAFIA/FONTI

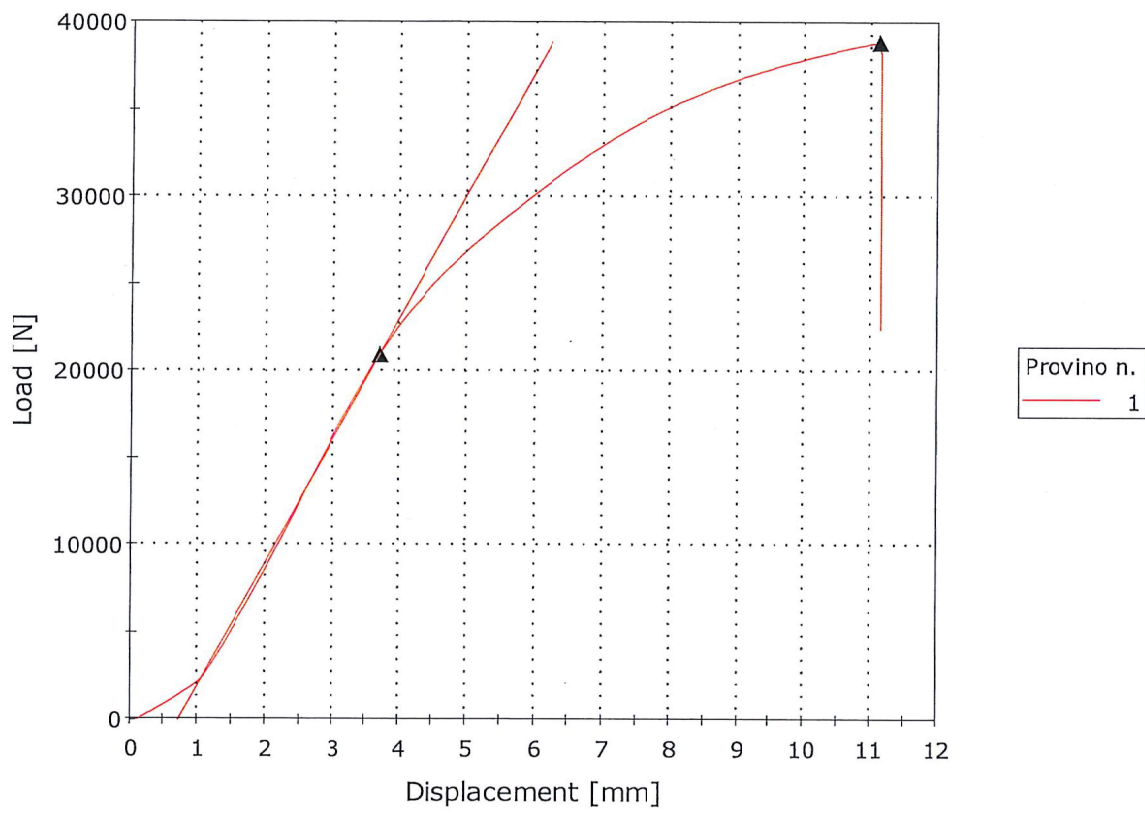
- Commissione centrale Materiali e Tecniche, (2007), I materiali per alpinismo e le relative norme
- Gatto A. - Villani G. - Secciani A., (2011), *Produzione Metalmeccanica Vol. 2*, Cappelli Editore
- Gatto A. - Villani G. - Secciani A., (2011), *Produzione Metalmeccanica Vol. 3*, Cappelli Editore
- Caligaris L. – Fava S. – Tomasello C., (2011), *Manuale di Meccanica*, Hoepli
- Prof. Strozzi A., (1998), *Costruzione di Macchine*; Pitagora Editrice Bologna
- Piccioli I., (2012), *Take the Wheel Again*, Editrice San Marco
- DMM, (2017), https://www.bestoutdoor.eu/clientfiles/attachment/all_800.pdf

Trazione semplice

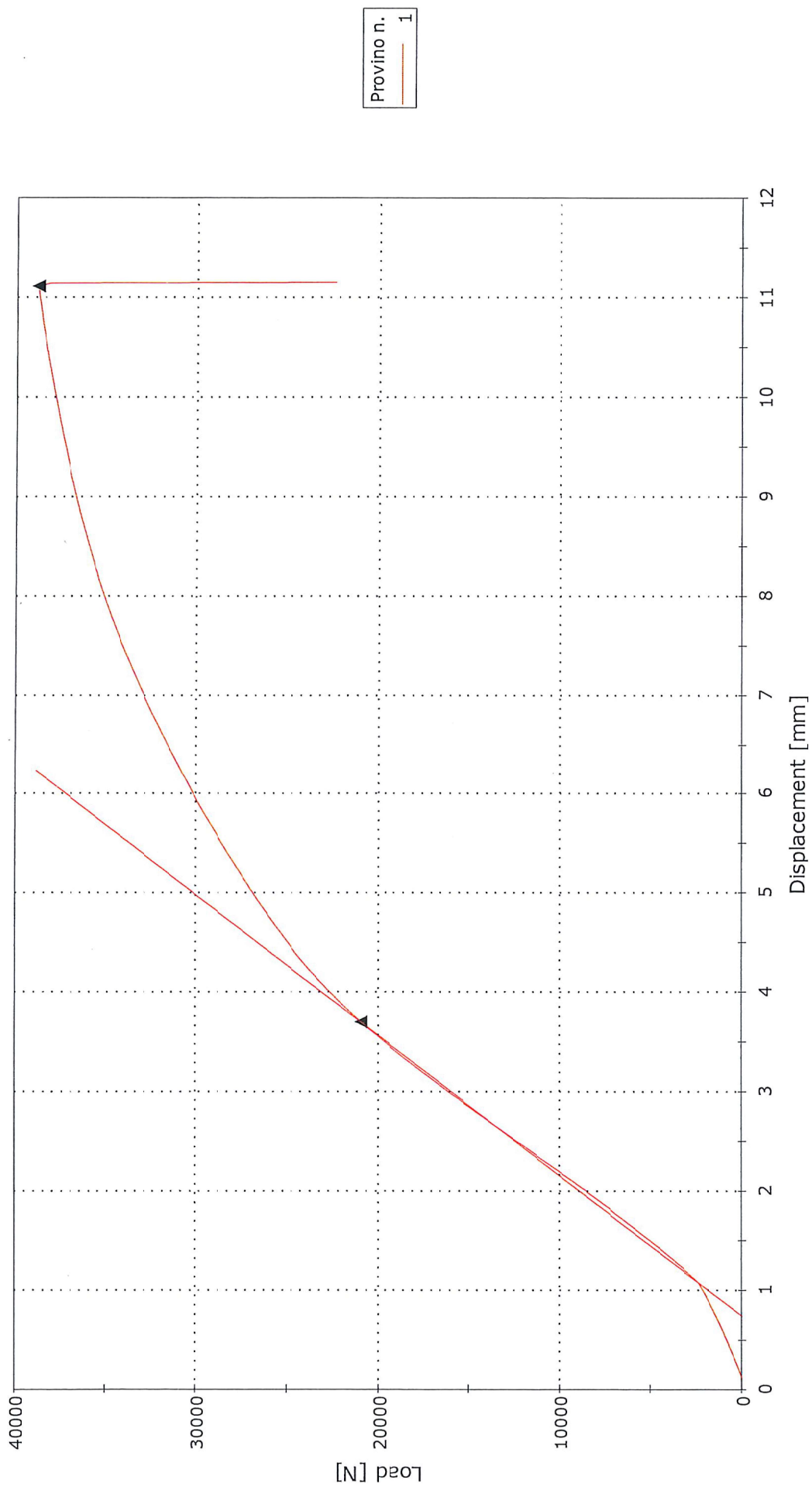
Data ultima prova	giovedì 8 giugno 2017
Ora ultima prova	15:24:20
Tipo di prova	Tensione
Velocità 1	20,00000 mm/min

Etichetta provino	Massimo Carico [N]	Energia a Massimo Carico [J]	Corsa a trazione a Massimo Carico [mm]
1 Moschettone blu leva chiusa	38836	272,71	11,1
Tempo a Massimo Carico [s]	Carico fine tratto elastico [N]	Energia tratto elastico [J]	
1 33	20951	31,49	

Moschettone blu leva chiusa



Moschettone blu leva chiusa

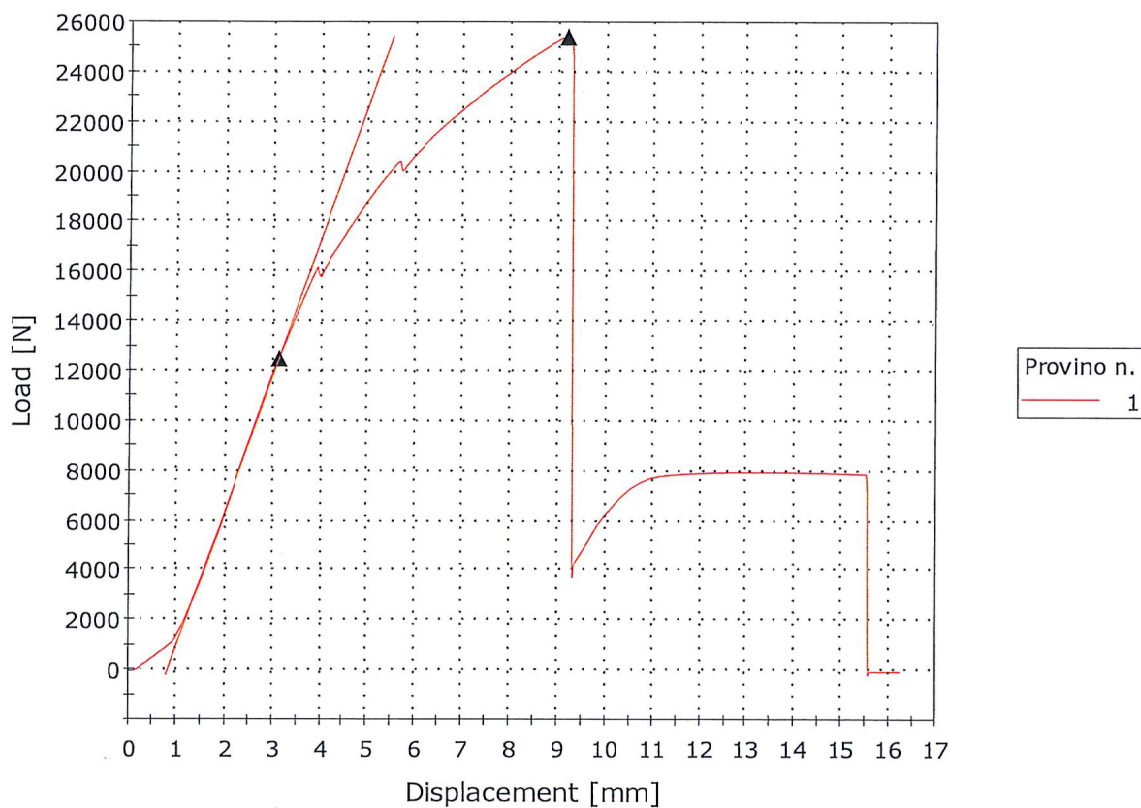


Trazione semplice

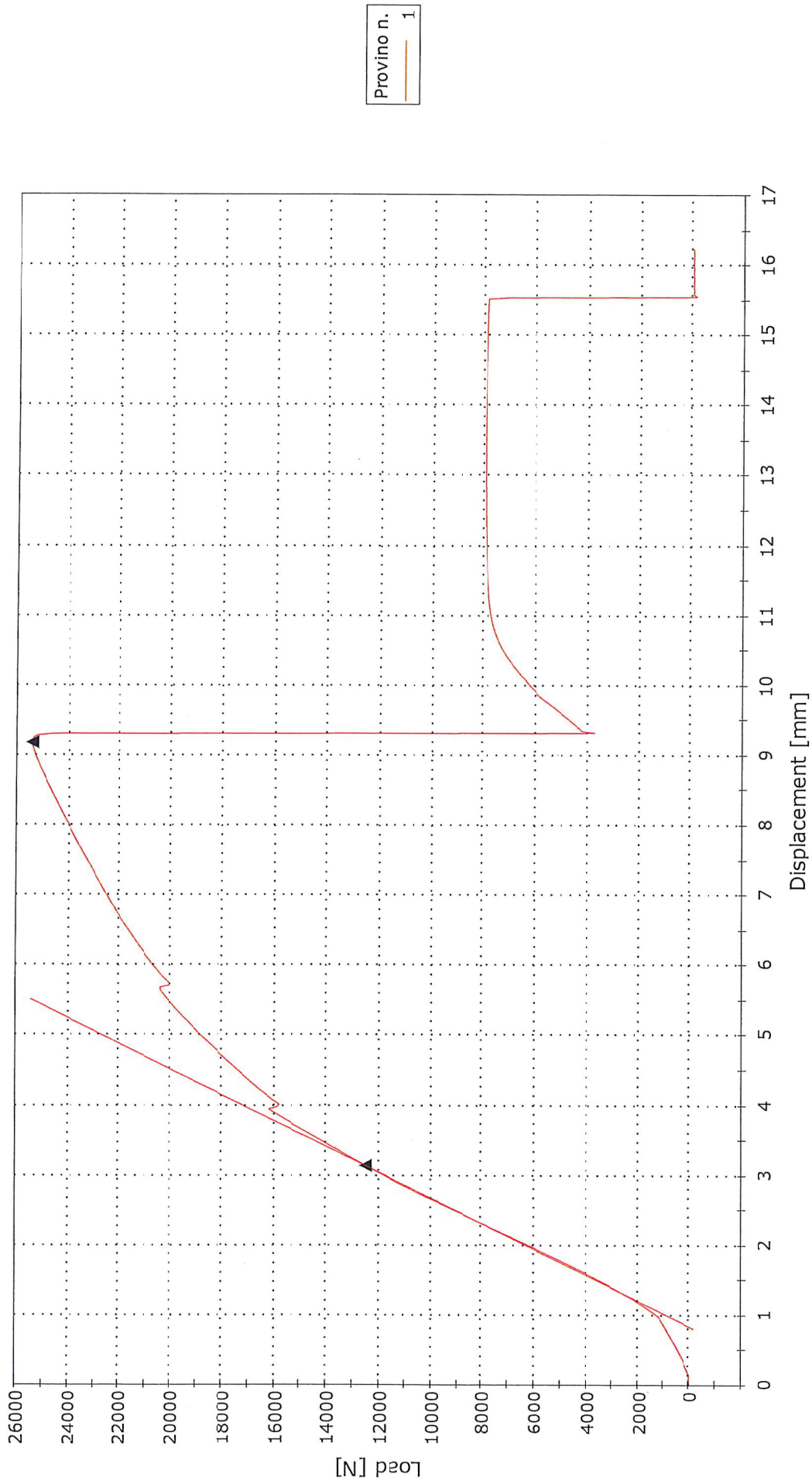
Data ultima prova	giovedì 8 giugno 2017
Ora ultima prova	15:51:43
Tipo di prova	Tensione
Velocità 1	20,00000 mm/min

	Etichetta provino	Massimo Carico [N]	Energia a Massimo Carico [J]	Corsa a trazione a Massimo Carico [mm]
1	Moschettone verde 2 leva chiusa	25392	138,57	9,2
	Tempo a Massimo Carico [s]	Carico fine tratto elastico [N]	Energia tratto elastico [J]	Energia Totale [J]
1	28	12513	14,87	188,28

Moschettone verde 2 leva chiusa



Moschettone verde 2 leva chiusa

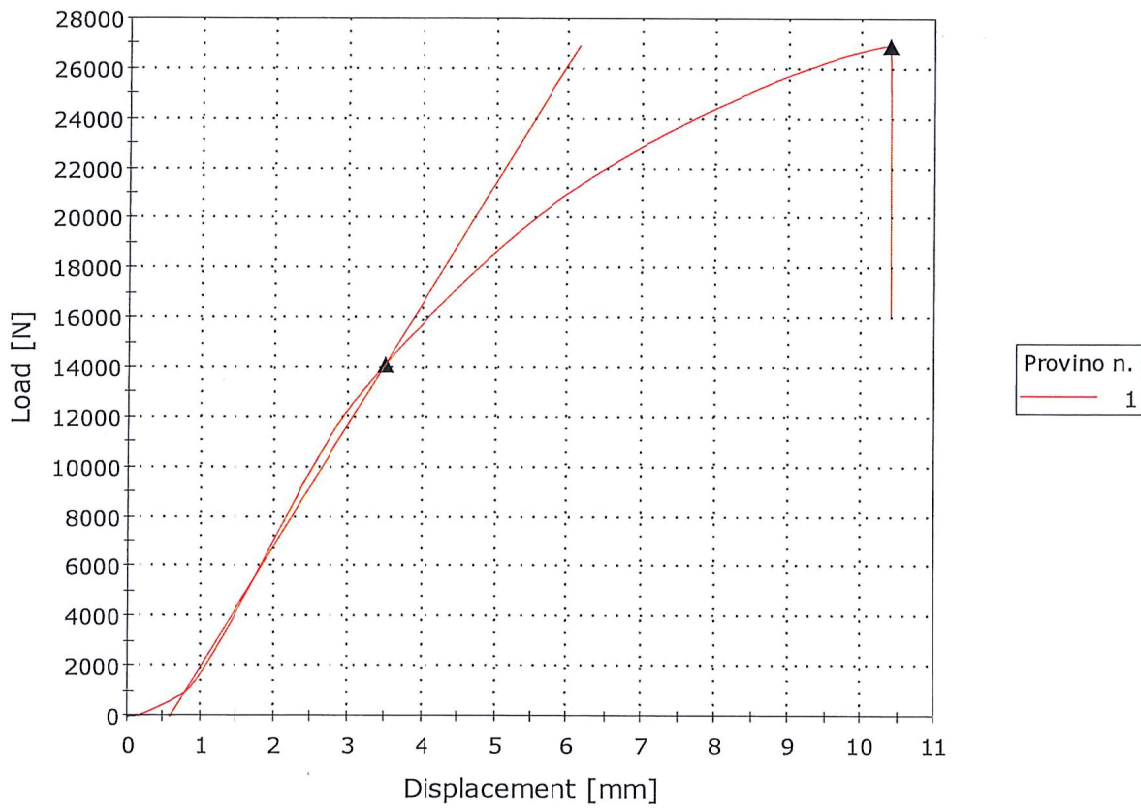


Trazione semplice

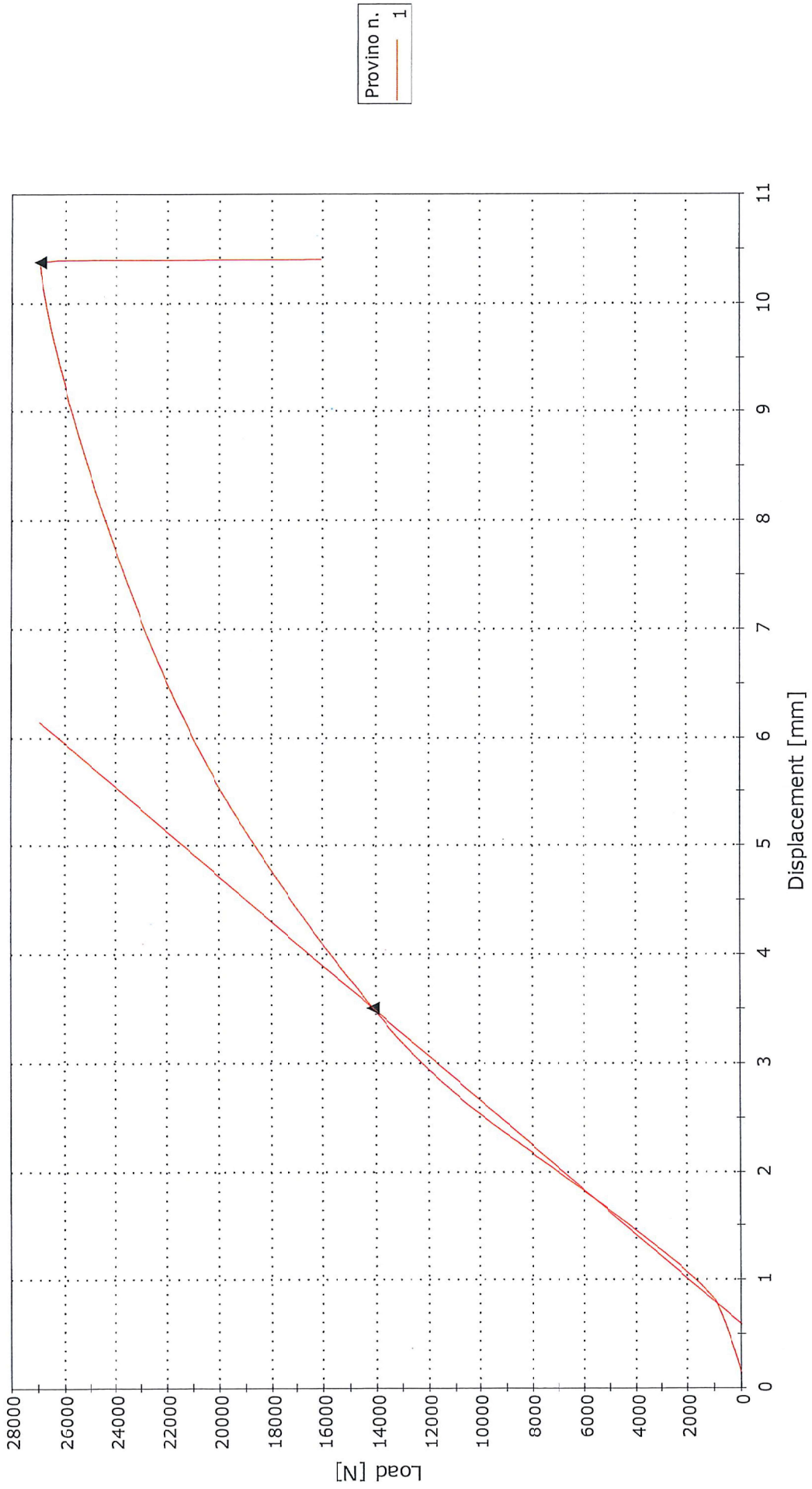
Data ultima prova	giovedì 8 giugno 2017
Ora ultima prova	15:34:40
Tipo di prova	Tensione
Velocità 1	20,00000 mm/min

	Etichetta provino	Massimo Carico [kN]	Energia a Massimo Carico [J]	Corsa a trazione a Massimo Carico [mm]	Tempo a Massimo Carico [s]
1	Moschettone verde leva chiusa	27	172,78	10,4	31
	Caricofine tratto elastico [N]		Energia tratto elastico [J]		
1	14136		21,31		

Moschettone verde leva chiusa



Moschettone verde leva chiusa

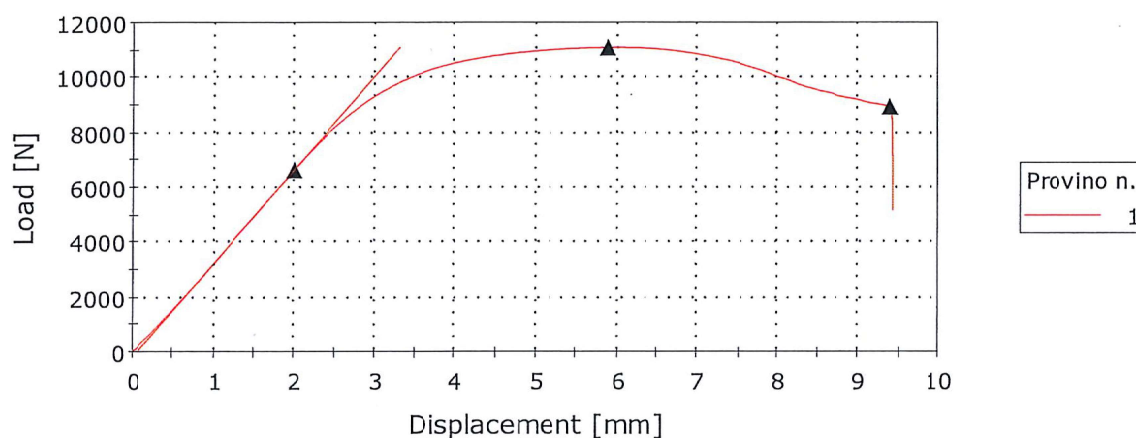


Trazione semplice

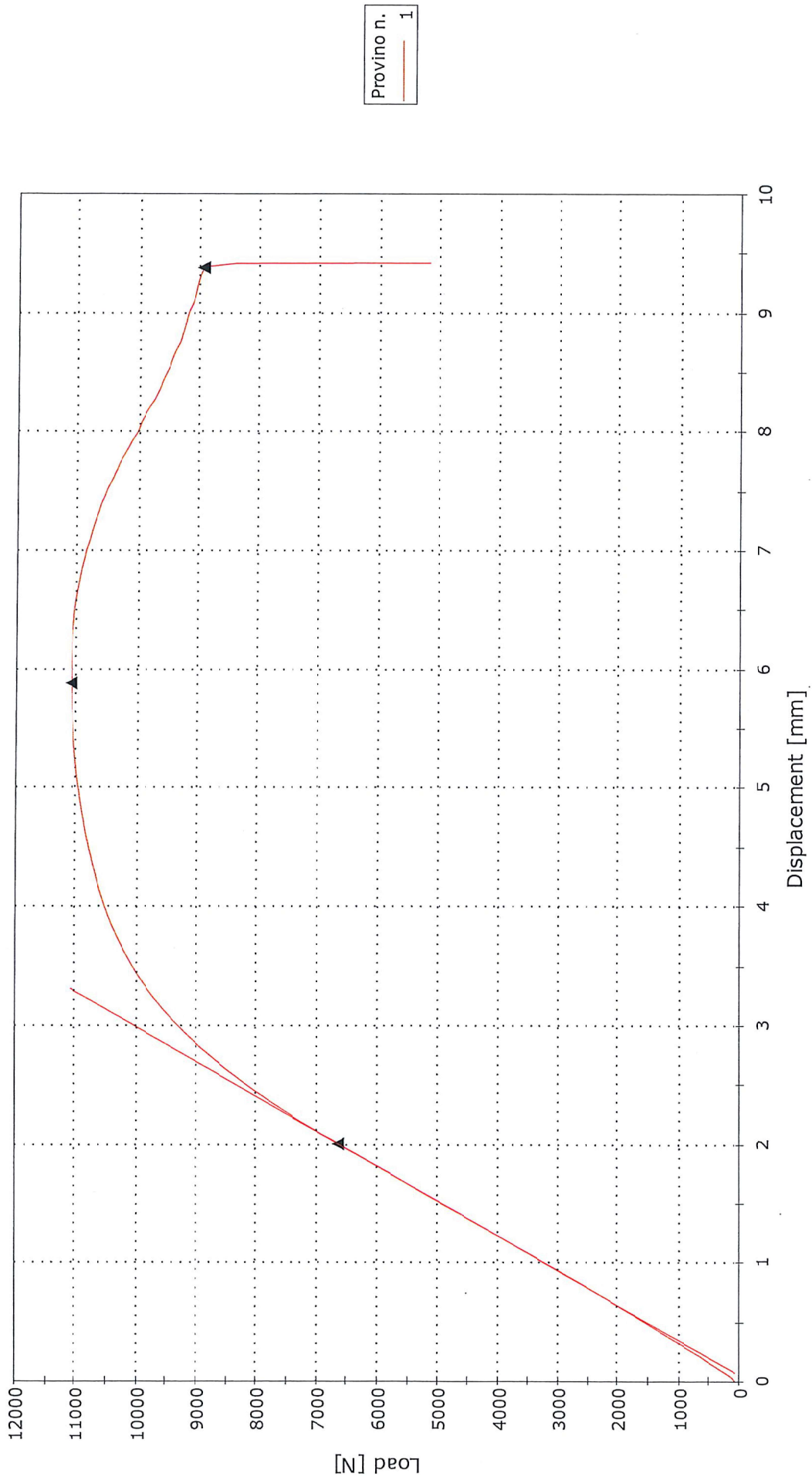
Data ultima prova	giovedì 15 giugno 2017
Ora ultima prova	16:29:20
Tipo di prova	Tensione
Velocità 1	20,00000 mm/min

	Etichetta provino	Massimo Carico [kN]	Energia a Massimo Carico [J]	Corsa a trazione a Massimo Carico [mm]	Tempo a Massimo Carico [s]
1	Moschettone rosso leva aperta	11	45,13	5,9	18
	Carico fine tratto elastico [N]		Energia tratto elastico [J]	Carico a Rottura [N]	Energia a Rottura [J]
1	6642		6,55	8938	80,92

Moschettone rosso leva aperta



Moschettone rosso leva aperta

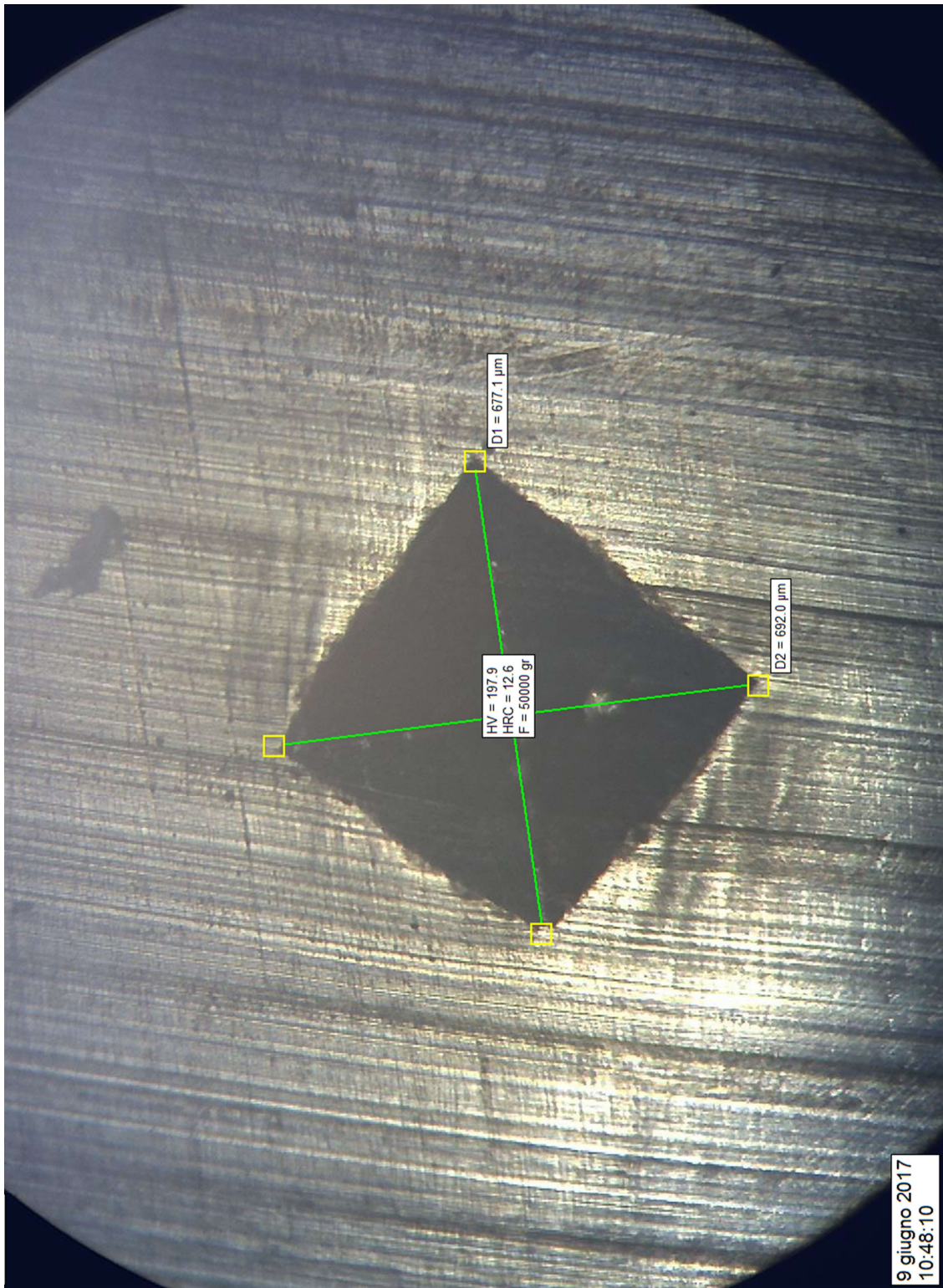


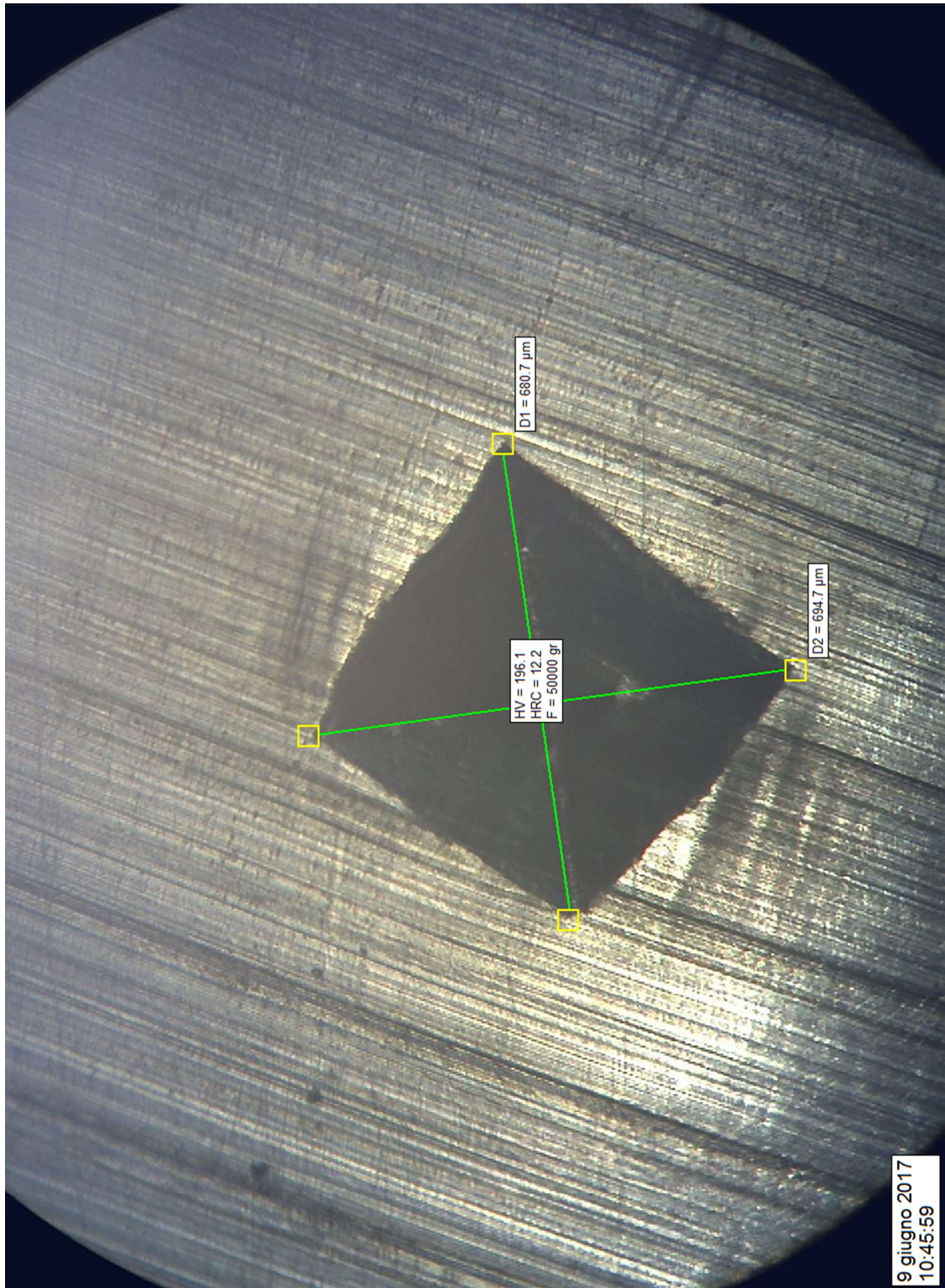
Spettrometria

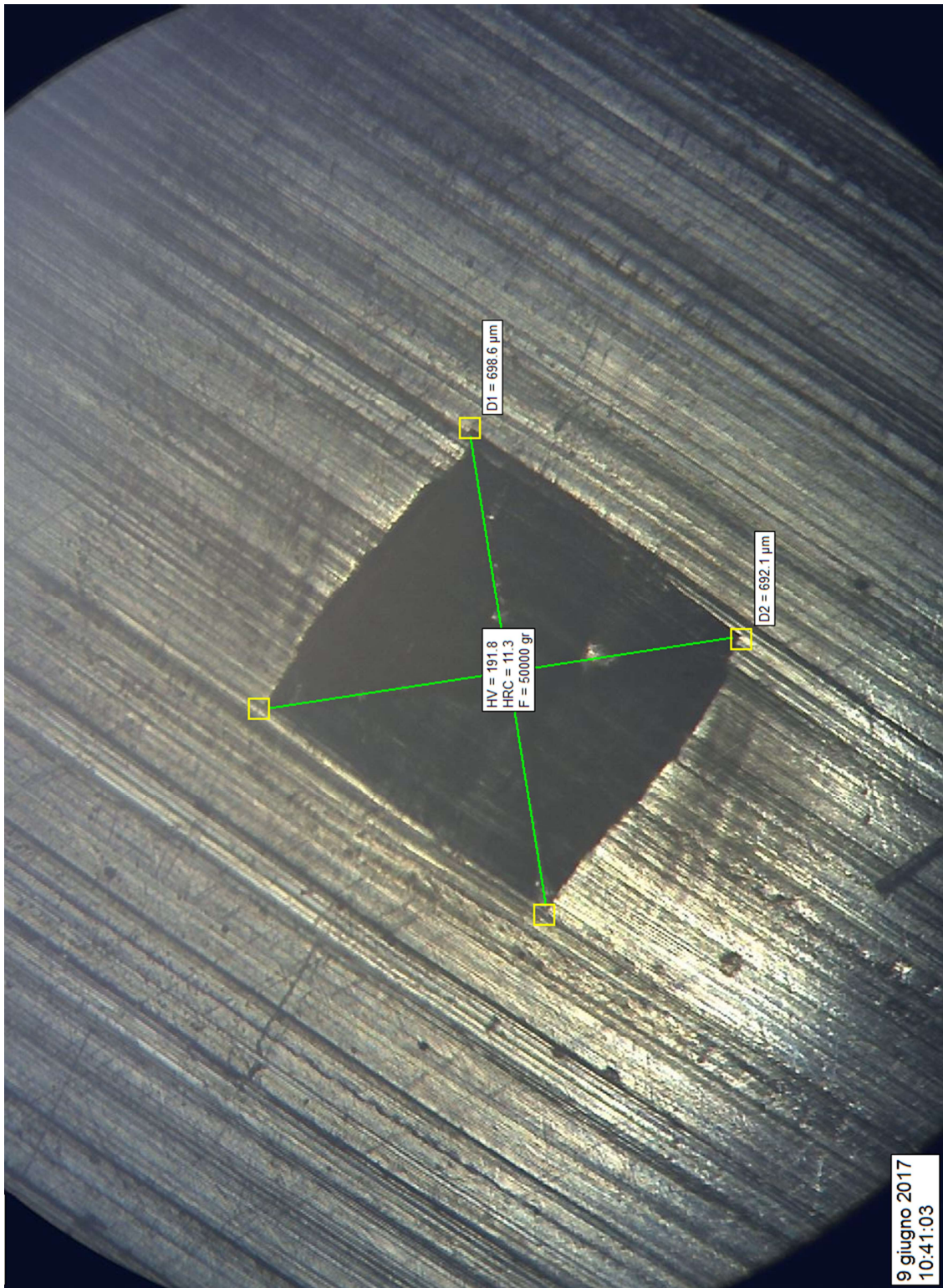
AL-BAS1	AL-CALIBRATION + RECALIBRATION (COPIA)									09/06/17 12:48
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ni	Pb
1	0.0474	0.0915	1.81	0.0828	2.81	0.0308	6.98	0.0359	0.0376	<.00562
2	0.0469	0.0858	1.80	0.0811	2.79	0.0299	6.88	0.0347	0.0359	<.00562
3	0.0489	0.113	1.81	0.0844	2.84	0.0320	7.16	0.0367	0.0383	<.00562
4	0.0469	0.0889	1.82	0.0813	2.86	0.0295	6.97	0.0340	0.0374	<.00562
5	0.0492	0.0875	1.73	0.0839	2.71	0.0313	6.89	0.0373	0.0378	<.00562
6	0.0450	0.0897	1.71	0.0834	2.61	0.0310	6.76	0.0362	0.0365	<.00562
	Sn	Co	Al							
1	<.00518	<.00200	<88.75							
2	<.00518	<.00200	<88.89							
3	<.00518	<.00200	<88.54							
4	<.00518	<.00200	<88.73							
5	<.00518	<.00200	<89.02							
6	<.00518	<.00200	<89.24							

AL-BAS1	AL-CALIBRATION + RECALIBRATION (COPIA)									09/06/17 12:49
Media di 6 scariche (C.RIC.TIPO)	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ni	Pb
Min										
X	0.0474	0.0928	1.78	0.0828	2.77	0.0308	6.94	0.0358	0.0373	<.00562
Max										
	Sn	Co	Al							
Min										
X	<.00518	<.00200	<88.86							
Max										

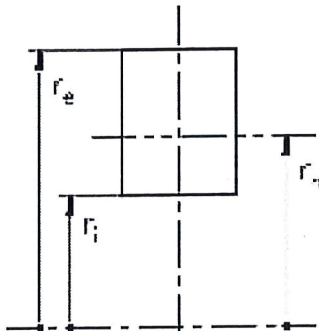
Prova di durezza

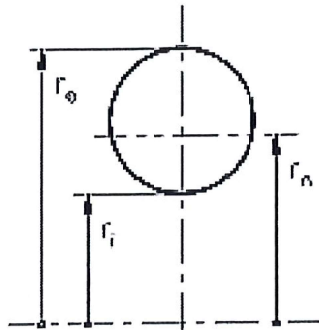






Formulario

	$r_n = \frac{r_e - r_i}{\ln(r_e / r_i)}$ $r_c = \frac{r_i + r_e}{2}$
---	--

	$r_n = \frac{(r_o - r_i)^2}{8 \left(\frac{r_i + r_o}{2} - \sqrt{r_i r_o} \right)}$ $r_c = \frac{r_i + r_o}{2}$
---	---