



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

POLO TERRITORIALE DI  
LECCO

2018

# Realizzazione di un dispositivo per la verifica della capacità di taglio delle forbici

RELAZIONE CONCLUSIVA

MARCO TARABINI

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ANALISI FUNZIONALE</b> .....                                   | <b>2</b>  |
| 1.1      | INTRODUZIONE.....   | 2         |
| 1.2      | ISO 8442-5 E PROVE SU COLTELLI.....                               | 2         |
| 1.2.1    | <i>Procedura di test</i> .....                                    | 6         |
| 1.2.2    | <i>Applicabilità ISO 8442 alle forbici</i> .....                  | 8         |
| 1.3      | MACCHINE ESISTENTI PER LA PROVA DI FORBICI.....                   | 9         |
| 1.3.1    | <i>Analisi del macchinario CATRA</i> .....                        | 10        |
| 1.3.2    | <i>macchina PREMAX esistente</i> .....                            | 12        |
| 1.3.3    | <i>Macchina da test per coltelli</i> .....                        | 18        |
| 1.4      | DISCUSSIONE.....  | 20        |
| <b>2</b> | <b>DESCRIZIONE PROGETTO DELLA NUOVA MACCHINA DI PROVA FORBICI</b> | <b>25</b> |
| 2.1      | GRUPPO DI ATTUAZIONE FORBICI.....                                 | 25        |
| 2.2      | GRUPPO ALIMENTAZIONE MATERIALE DI TAGLIO.....                     | 28        |
| 2.3      | GRUPPO POSIZIONAMENTO INIZIALE.....                               | 29        |
| 2.3.1    | <i>Posizionamento iniziale – posizionamento forbici</i> .....     | 30        |
| 2.3.2    | <i>Posizionamento iniziale – posizionamento motore</i> .....      | 31        |
| 2.4      | GRUPPO TAGLIO CON STRAPPO.....                                    | 32        |
| 2.5      | PRESSIONE LATERALE AGLI OCCHIELLI.....                            | 33        |
| 2.6      | SINCRONIZZAZIONE DEI MOVIMENTI.....                               | 34        |

## 1 ANALISI FUNZIONALE

L'analisi funzionale è divisa in tre parti. La prima parte descrive il problema della caratterizzazione della curva coppia-angolo delle forbici da un punto di vista meccanico. Nella seconda parte vengono analizzate le macchine oggi disponibili in commercio per la caratterizzazione delle forbici, mentre nella terza parte viene analizzato lo stato dell'arte.

### 1.1 INTRODUZIONE

Un aspetto di primaria importanza per i produttori di forbici è rappresentato dalla possibilità di comparare in maniera oggettiva forbici diverse e poter definire numericamente il concetto di affilatezza. Allo scopo di studiare il processo di affilatura di lame, rasoi e coltelli sono stati proposti approcci sia di tipo pratico sia teorico; lo scopo principale dell'attività sperimentale sulle lame è quello di poter paragonare differenti strumenti e individuare quello dotato di migliori caratteristiche.

Alla luce del fatto che questi oggetti vengono usati quotidianamente da lavoratori in diversi ambiti, un'analisi del loro comportamento in prove di durata prolungata può fornire indicazioni al datore di lavoro per la scelta di utensili che minimizzino il rischio di patologie professionali. Ad esempio, l'uso di taglienti non affilati richiede l'aumento della forza esercitata dai muscoli dell'arto superiore e causare patologie muscolari o la sindrome del tunnel carpale. Anche la perdita di capacità di taglio causata dall'usura del tagliente comporta un aumento del tempo necessario per l'operazione, la necessità di affilature frequenti e quindi una diminuzione della produttività. Per queste ragioni, l'organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO) ha proposto una serie di norme per gli strumenti da taglio, le ISO 8442.

Sebbene problemi di questa natura siano presenti anche nel campo delle forbici, in letteratura esistono pochi studi focalizzati sullo studio delle proprietà meccaniche delle forbici comuni. Lo sviluppo di un macchinario per effettuare i test e di una procedura per il confronto di forbici potrebbe fornire informazioni sul comportamento di questo tipo di strumenti e aiutare ad affrontare e risolvere problemi già incontrati per altri strumenti da taglio, come il più adeguato programma di affilatura. La macchina potrebbe fornire indicazioni oggettive riguardo anche portare miglioramenti nel ciclo produttivo di forbici e nel monitoraggio del mantenimento di qualità del prodotto nel tempo.

### 1.2 ISO 8442-5 E PROVE SU COLTELLI

Il documento di maggior interesse riguardante l'affilamento di strumenti da taglio come forbici e coltelli, è la ISO 8442 'Material and articles in contact with foodstuffs - Cutlery and table hollower'; la parte di maggior interesse è costituita dalla sezione 5 della norma, che ha a che fare con 'Specification for sharpness and edge retention test of cutlery' che fornisce informazioni utili ad individuare parametri per lo sviluppo di una procedura per effettuare test anche di forbici.

Lo standard è sviluppato per coltelli destinati a uso domestico e professionale per la preparazione di cibo di tutti i tipi, in particolare per coltelli studiati per uso manuale. Anche se lo standard è scritto per coltelli con lame di acciaio trattati termicamente a diversi livelli, coltelli fatti di qualsiasi tipo di materiale possono essere analizzati finché i criteri base possano ritenersi soddisfatti. Il principio base del test è quello di riprodurre l'azione di taglio, costituita da una fase di andata e una di ritorno, su un blocco di materiale sintetico in condizioni controllate. Alcune definizioni sono importanti

per lo sviluppo di un procedimento di misura del grado di affilatura di uno strumento da taglio. La *linea centrale* è definita come 'linea che in genere divide in due la sezione della lama passante per lo spigolo di taglio e il retro della lama'.

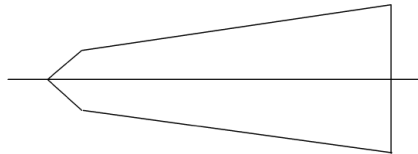
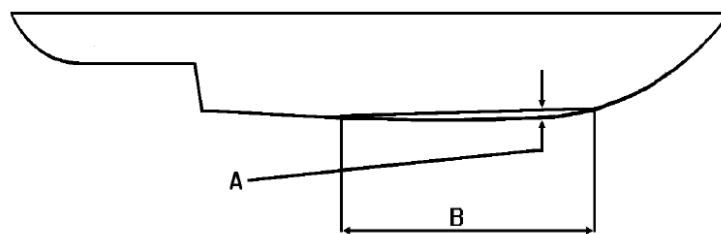


Figura 1 Sezione della lama e linea centrale

Secondo la norma, la capacità di taglio iniziale (*'initial cutting performance'*, ICP) è definita come 'la capacità attesa di taglio di un coltello appena uscito dalla fabbrica o da un punto vendita'. La conservazione del bordo di taglio (*'cutting-edge retention'*, CER) è la 'capacità della lama del coltello di sopportare l'usura durante la sua vita utile'. La carta totale tagliata (*'total card cut'*, TCC) è definita come la 'quantità totale di carta tagliata (misurata in millimetri) dal coltello utilizzato per il test durante tutta la durata del test'. Infine il ciclo di taglio (*'cutting cycle'*) è definito come 'un ciclo in avanzamento e uno in ritorno della lama sul materiale designato'.

Per quanto riguarda la modalità di prova, il test deve essere effettuato con l'oggetto come è stato ricevuto dal produttore, in modo che l'affilatura dello strumento non sia influenzata da nessuna operazione precedente. È poi richiesto che lo spigolo sia rettilineo: una deviazione di 1 mm (negativa o positiva, non entrambe) è permessa lungo il percorso di taglio (Figura 2).



**Key**

A Max. deviation from straight (shown positive)

B Stroke length

Figura 2 Definizione di deviazione dall'andamento rettilineo del bordo di taglio lungo il percorso di taglio

Il test prevede poi modalità differenti in base alla possibilità di poter riaffilare la lama (Tipo A) oppure no (Tipo B) come indicato in Tabella 1. La differenza nel valore del parametro di conservazione dello spigolo di taglio (*cutting-edge retention*, CER) è costituita dal diverso numero di cicli effettuati per ogni tipo di test: nelle prove di tipo A sono richiesti 60 cicli, mentre nelle prove di tipo B ne sono richiesti 200.

Tabella 1 Parametri di taglio dei test

| <i>Tipo bordo taglio</i> | Carico del test<br>[N] | Velocità di taglio<br>nominale<br>[mm/s] | Lunghezza<br>percorso taglio<br>[mm] | N. di cicli di taglio<br>[F] |
|--------------------------|------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| A                        | 50                     | 50                                       | 40                                   | 60                           |
| B                        | 50                     | 50                                       | 40                                   | 200                          |

Il livello di performance iniziale (ICP) e nel tempo (CER) richieste al bordo di taglio sono poi specificate in Tabella 2

Tabella 2 Livello di performance

| <i>Tipo bordo taglio</i> | ICP Minimo<br>[mm] | CER Minimo<br>(TCC) [mm] |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| A                        | 50                 | 150                      |
| B                        | 50                 | 1500                     |

Il test è pensato in modo che l'usura della lama aumenti più rapidamente possibile; tale risultato è ottenuto tagliando una pasta chimica alla soda in forma di fogli di carta, contenente una quantità predefinita di materiale abrasivo (quarzo). La composizione del materiale è riportata nelle tabelle che seguono.

Tabella 3 Composizione dell'abrasivo

| <i>Composti</i>                | Composizione<br>[%] |
|--------------------------------|---------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 99                  |
| Fe                             | 0.013               |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.22                |
| MgO                            | Nil                 |
| Alkalines                      | Nil                 |

Tabella 4 Distribuzione di dimensione grani di silice– C 400

| Dimensione grano<br>[ $\mu\text{m}$ ] | Composizione (in peso)<br>[%] |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| >50                                   | 0.2                           |
| >30                                   | 4.7                           |
| >20                                   | 15                            |
| >16                                   | 2                             |
| >12                                   | 11                            |
| >10                                   | 10                            |
| >8                                    | 7                             |
| >6                                    | 9                             |
| >4                                    | 12                            |
| >2                                    | 29                            |

Il materiale viene tagliato in strisce larghe 10 mm (con le fibre del grano del foglio orientate nello stesso verso della striscia) e poi compresso. Il materiale da tagliare, prima di essere utilizzato per il test, va mantenuto in atmosfera controllata ( $55 \pm 5$  % di umidità relativa a una temperatura di  $20 \pm 2$  °C) per 24 ore. I fogli devono essere tolti da questo ambiente e utilizzati entro 4 ore dalla rimozione. Il mezzo deve essere mantenuto in posizione da una forza di  $130 \pm 2.5$  N sul lato interno della linea di taglio. In più, le parti tagliate devono poter essere libere di cadere all'esterno.

*È verosimile che, nella progettazione della macchina di prova per forbici oggetto del presente contratto, si utilizzi lo stesso materiale utilizzato per le prove effettuate su lame e coltelli.*

Il sistema utilizzato per l'esecuzione del test deve essere costituito come nella schematizzazione in Figura 3.

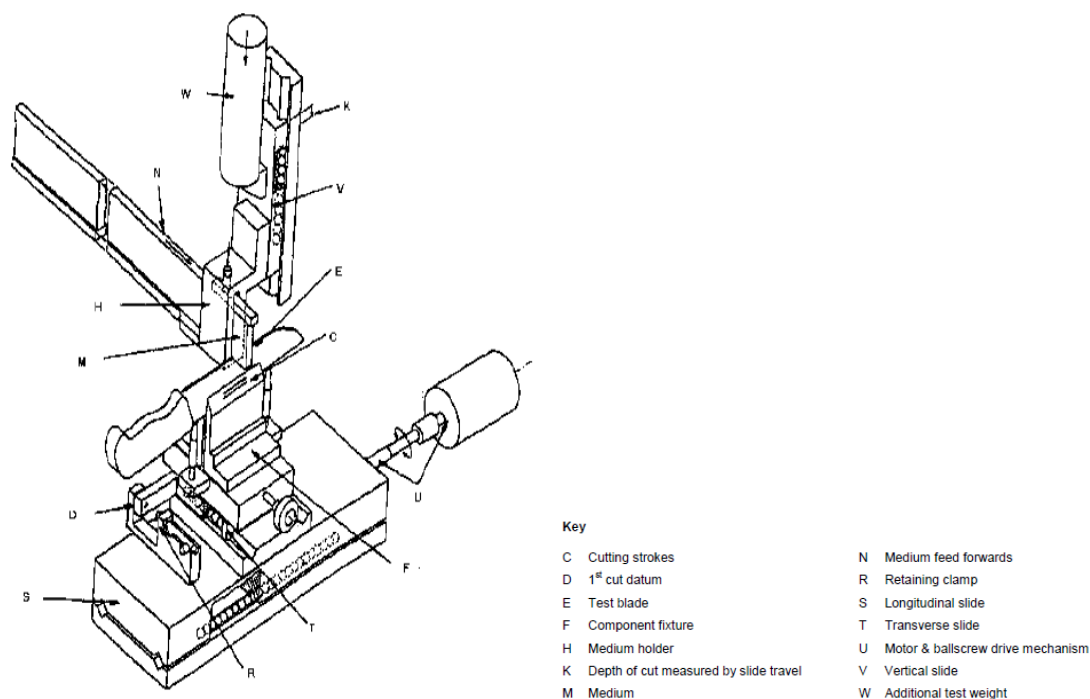


Figura 3 Schematizzazione del sistema di test

I componenti principali della macchina sono descritti nella norma, che evidenzia altresì i limiti delle condizioni di utilizzo. Questa parte, data la poca pertinenza con il taglio delle forbici, viene esclusa dal presente documento.

### 1.2.1 PROCEDURA DI TEST

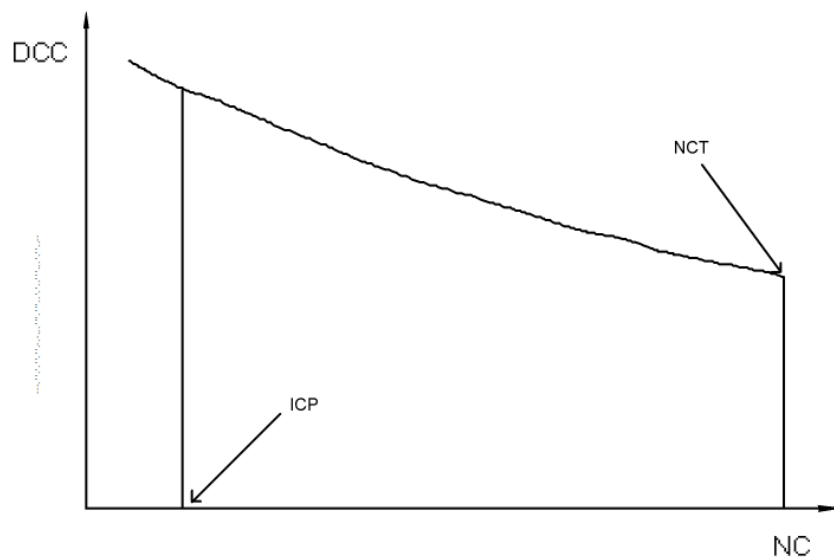
Prima di tutto viene selezionata la parte di lama rettilinea che consenta di effettuare un movimento totale di 50 mm (40 mm di movimento più 10mm di larghezza del foglio di test); l'intervallo di test deve essere segnato sulla lama. Il coltello viene montato con la lama verso l'alto e il supporto è livellato (tra inizio e fine corsa ci può essere una differenza di massimo 0.5 mm). Il foglio utilizzato per il test viene tenuto in posizione e viene applicato il precarico. Almeno i primi 24 mm del foglio devono essere sporgenti e la lama deve trovarsi a 3 mm dal bordo di blocco.

A questo punto il test inizia con movimenti della lama di 40mm alternati in avanti e indietro, mantenendo sempre il contatto con il materiale. La profondità di taglio di ogni ciclo deve essere misurata. La lama non deve mai raggiungere la barra di metallo che regge il mezzo utilizzato per il test: quando è richiesto altro materiale la lama viene abbassata e il foglio viene fatto avanzare di circa 3 mm. In questo modo si torna alla posizione iniziale e il test continua su un mezzo in condizioni ottimali. I risultati devono essere riportati in tabelle che recano per ogni riga: numero del ciclo, profondità di taglio di quel ciclo e cumulata della profondità di taglio fino a quel ciclo. Una rappresentazione grafica del ciclo non è obbligatoria ma aumenta la chiarezza nell'esposizione del risultato. I parametri caratteristici del test vengono così calcolati:

- La capacità di taglio iniziale (ICP) è calcolata sommando lo spessore di carta tagliata (in mm) durante i primi 3 cicli (Figura 4).
- La conservazione del bordo di taglio (CER) è determinata dal totale di carta tagliata durante il test.

La verifica della funzionalità del sistema è basata sui risultati di una prova effettuata con una lama standard: ogni differenza rispetto al risultato di questo test deve essere compensata. Prima di questa procedura di calibrazione, va effettuato un test completo con una lama di ricambio in modo da effettuare la calibrazione con parametri del macchinario stabili.

*È verosimile che, nel proporre una norma per le forbici, si debba pensare ad un sistema di taratura con un utensile da taglio standard.*



- Key**
- DCC Depth of card cut per cycle (mm)
  - ICP Initial cutting performance – Cumulative depth of card cut after 3 cycles
  - NC Number of cycles
  - NCT Limiting number of cycles for test

*Figura 4 Performance tipica di test di coltello*



---

### 1.2.2 APPLICABILITÀ ISO 8442 ALLE FORBICI

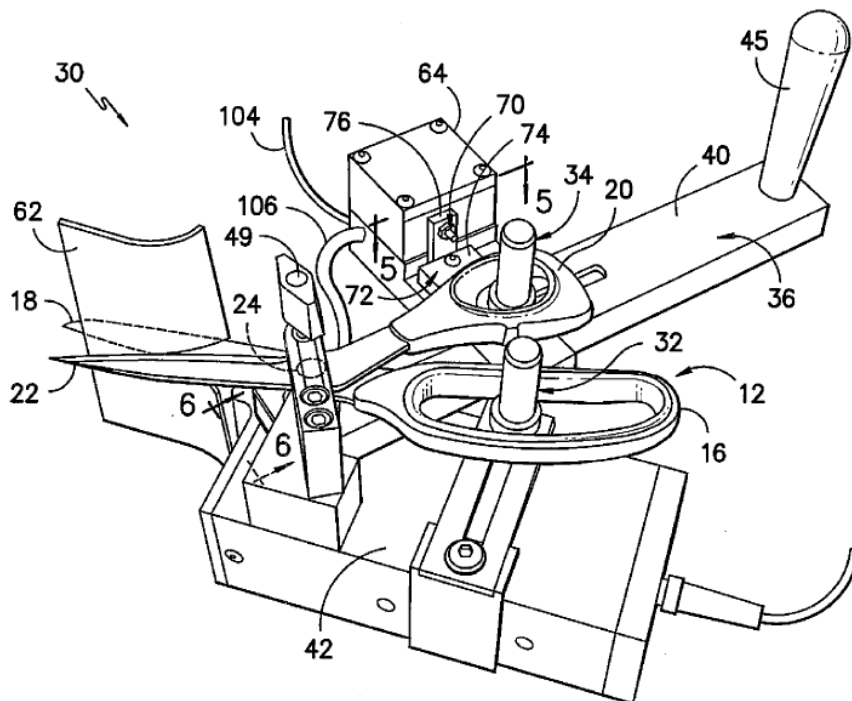
Il concetto di capacità di taglio iniziale (*initial cutting performance* ICP) non può essere trasposto nell'analisi della capacità di taglio delle forbici, in quanto la profondità di taglio non è un parametro ragionevole. Un indicatore della capacità di taglio è rappresentato dall'integrale della forza sulla lunghezza del taglio, eventualmente normalizzato rispetto alla lunghezza del taglio stesso. Per lo stesso motivo, il totale di materiale tagliato non è un buon indicatore per le performance delle forbici. Altri parametri che possono essere utilizzati per esprimere la qualità delle forbici sono il numero di cicli prima di raggiungere la lacerazione (*cuts before tearing*, CBT) che sostituirà il preesistente CER. Nel caso delle forbici il ciclo di taglio viene definito come operazione di chiusura e apertura.

Come nel caso dei coltelli, lo strumento che viene testato deve essere nuovo, nelle condizioni presenti al momento dell'uscita dal negozio o dall'impianto di produzione. In aggiunta, il materiale da tagliare (composto a base di soda e abrasivo) è già stato utilizzato in letteratura come materiale di taglio per forbici. In linea di principio, sembra verosimile l'utilizzo dello stesso materiale per forbici con finalità differenti (sartoria, cucina, ufficio, cura del corpo). Per quanto riguarda il pretensionamento del materiale da tagliare, i requisiti funzionali verranno dettagliati a valle di alcuni test preliminari. È ragionevole mantenere i vincoli sul materiale imposti nelle prove sui coltelli, ovvero che almeno i primi 24 mm di materiale non devono essere tagliati nel test e che l'avanzamento del materiale tra un taglio e il successivo deve essere pari a 3mm. I parametri da indicare sul report di test devono essere modificati alla luce della diversa definizione del ciclo di taglio. Anche la taratura della macchina basata su taglienti standard e la stabilizzazione dei parametri della macchina in modo da garantire la consistenza dei risultati devono essere mantenuti.

### 1.3 MACCHINE ESISTENTI PER LA PROVA DI FORBICI

Nonostante l'assenza di un quadro normativo di riferimento esistono in commercio delle macchine create per testare le capacità di taglio di forbici. Queste macchine possono essere abbastanza semplici, come quella sviluppata da Newell e Scott Vogel (Figura 5), o molto più complesse, come quella sviluppata da CATRA, che sarà descritta in dettaglio nel paragrafo seguente.

La macchina di Newell e Scott Vogel è stata sviluppata con lo scopo di misurare le capacità di taglio delle forbici e valutare il degrado delle prestazioni rispetto a test precedenti. Secondo gli autori, la macchina è utile anche sul luogo di lavoro per valutare il momento in cui si rende necessaria l'affilatura dei taglienti. La forza di taglio è applicata manualmente tramite un pomello (elemento 45 in Figura 5). La posizione delle lame è misurata grazie a un potenziometro montato sotto al componente 42, connesso alla parte mobile in prossimità del fulcro dei due taglienti. La forza richiesta per effettuare il taglio in funzione della posizione è misurata da una cella di carico collegata alla parte mobile e posizionata all'interno dell'elemento 64; dal confronto di questi dati con quelli ottenuti da test precedenti è possibile ricavare lo stato di usura dell'utensile.



*Figura 5 Macchina di prova di Scott e Vogel*

Il limite principale della macchina è rappresentato dall'attuazione manuale del dispositivo e dal fatto che non sia possibile comparare forbici diverse, visto che la misura dipende dalla geometria degli occhielli. Inoltre, l'attuazione manuale può comportare mancanza di ripetibilità in caso di utilizzo da parte di operatori diversi che attuano il dispositivo con velocità di taglio diverse. Il sistema di fissaggio e regolazione è piuttosto complicato ed è presente attrito tra l'occhiello e i perni (20 e 34).

---

### 1.3.1 ANALISI DEL MACCHINARIO CATRA

La macchina più completa presente sul mercato per testare forbici è la *'Scissors cutting performance test machine for shears, wire cutters, scissors, secateurs, pruners and snips'* sviluppata da CATRA (Cutlery & Allied Trades Research Association) e raffigurata in Figura 6.

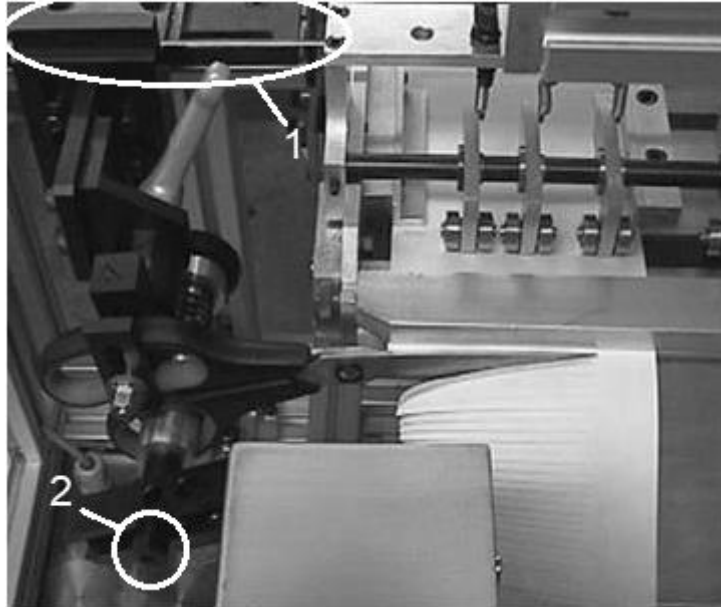


*Figura 6 Macchina per la prova di forbici prodotta da CATRA*

La macchina funziona attraverso lo studio dello sviluppo nel tempo dello sforzo richiesto per tagliare un determinato materiale in condizioni standard. Il sistema di fissaggio è costituito da due perni regolabili che devono essere regolati uno per ogni occhiello dell'impugnatura. Se il prodotto da studiare non presenta anelli sull'impugnatura, deve essere utilizzato uno strumento di fissaggio differente. Un perno è connesso rigidamente alla struttura della macchina, mentre l'altro è montato su una biella collegato a un motore. Il fulcro delle forbici deve essere allineato col centro di rotazione della biella. Un applicatore di pressione è posizionato lateralmente sull'anello dell'impugnatura in modo da simulare lo sforzo applicato dalla mano umana. Il sensore di forza è posizionato sulla biella, misurando la forza richiesta per spostare le forbici lungo un percorso predeterminato di velocità programmabile.

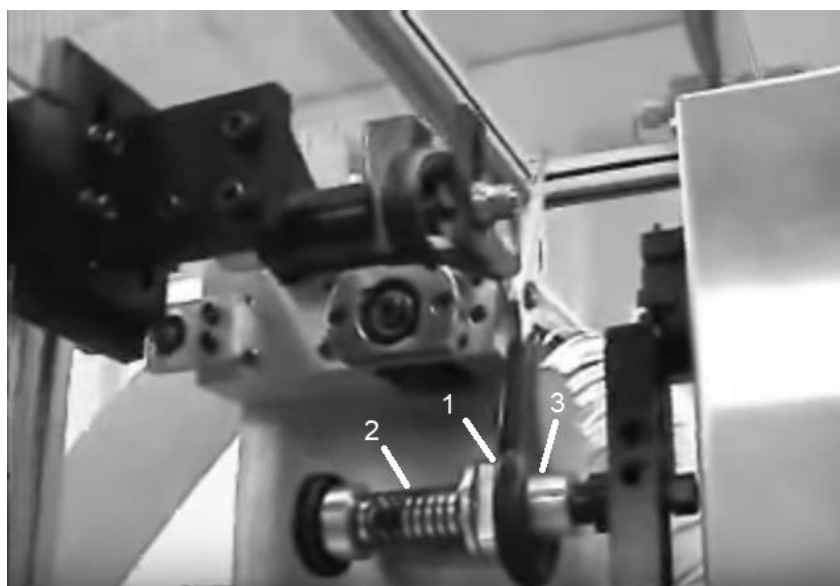
Possono essere usati differenti materiali per il test ma la configurazione standard prevede una particolare carta di controllate proprietà abrasive, come quella specificata nella ISO 8442.5 per i coltelli. Il mezzo abrasivo è trasportato da un sistema a rulli a tensione controllata sincronizzato col movimento delle forbici. La forza viene registrata in tempo

reale, in alternativa può essere analizzata l'energia totale. Tutti i parametri caratteristici di controllo possono essere gestiti dall'operatore. I risultati del test vengono salvati e possono essere paragonati con quelli precedenti.



*Figura 7 Fissaggio delle forbici sulla macchina CATRA*

I limiti principali della macchina riguardano il sistema di fissaggio e la procedura di taglio. Durante l'operazione di montaggio, le forbici devono prima essere montate con il fulcro allineato col centro di rotazione della biella. Questa procedura è effettuata utilizzando la slitta collegata al di sopra dell'anello dell'impugnatura più alto (1 Figura 7). La lunghezza della biella è regolata manualmente, in modo da permettere al perno di entrare nell'anello dell'impugnatura che è stato spostato, grazie alla manopola numero 2 di Figura 7.



*Figura 8 Meccanismo di trasmissione della forza*

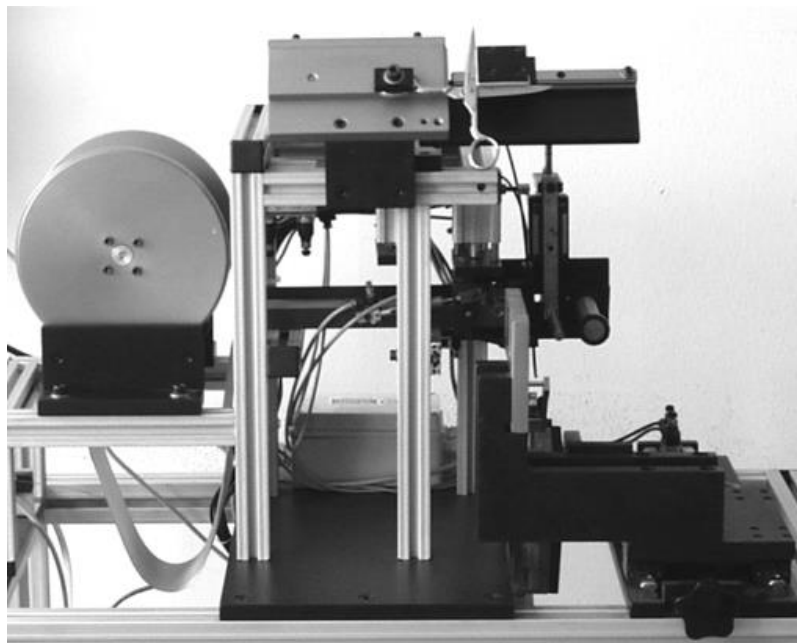
Quando inizia il test, il movimento è trasmesso alle forbici tramite attrito e accoppiamento geometrico: l'attrito è presente tra la piastra che spinge sul lato posteriore dell'anello dell'impugnatura e l'anello stesso (superficie indicata con 1 in Figura 8) e la forza di contatto è data da una molla (2 in Figura 8), mentre il contatto geometrico è presente tra l'anello dell'impugnatura e il cilindro che lo attraversa (3 in Figura 8)

L'attrito nei punti di contatto assorbe parte dell'energia che porterebbe a una sovrastima della forza applicata. In particolare questo può causare errori significativi paragonando forbici con impugnature fatte di materiali differenti. In più, l'operazione manuale di montaggio è critica: un cattivo allineamento tra il fulcro delle forbici e centro di rotazione della biella o una non perfetta corrispondenza tra la lunghezza della biella e la distanza tra il centro dell'anello dell'impugnatura e il fulcro, porterebbe a un aumento di attrito e quindi a un aumento dell'effetto appena descritto.

---

### 1.3.2 MACCHINA PREMAX ESISTENTE

La base per lo sviluppo di una nuova macchina è costituita dalla macchina per i test progettata dalla Premax e realizzata da 'Officina Meccanica e Automazione Giorgio Bevilacqua' illustrata in Figura 9. Questa macchina è costituita da attuatori elettrici e pneumatici controllati da un'unità PLC. Le forbici vengono aperte e chiuse da un attuatore elettrico lineare, che consente di misurare forza e spostamento di uno dei due taglienti. Lo spostamento misurato è quello di uno degli anelli dell'impugnatura a cui l'attuatore è connesso tramite un vincolo di scorrimento, realizzato tramite un cuscinetto a sfera. L'altro anello è fissato al telaio della macchina (Figura 10).

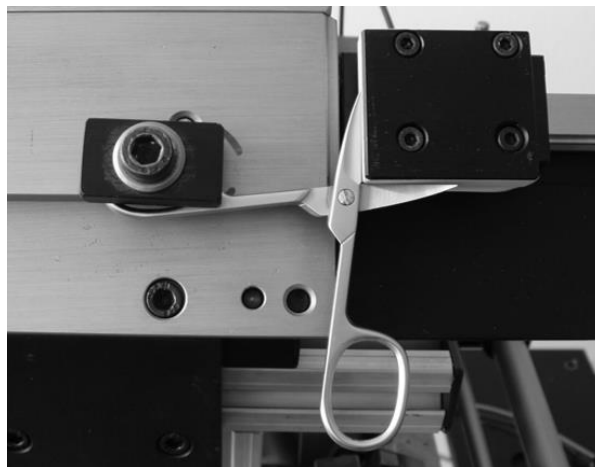


*Figura 9 Macchina di prova PREMAX*



*Figura 10 Fissaggio delle forbici e attuatore per la movimentazione*

La posizione iniziale delle forbici è individuata tramite un jig meccanico (elemento che ha la duplice funzione di supporto e azionamento di uno strumento) in modo che anche forbici con geometrie differenti possano essere posizionate in modo analogo (Figura 11).



*Figura 11 Jig meccanico per il posizionamento iniziale*

In aggiunta alla normale apertura e chiusura delle forbici, è possibile allontanare le forbici dal materiale tagliato lungo la linea del tagliente, per verificare che il materiale sia stato effettivamente tagliato. È verosimile richiedere la misura della forza e dello spostamento durante tale operazione.

L'ultimo gruppo funzionale richiesto è quello destinato alla movimentazione del materiale e la rimozione delle parti tagliate; in un eventuale quadro normativo è verosimile prevedere un sistema che consenta l'alimentazione del materiale in due modalità differenti (fogli di carta e tessuto).

La macchina esistente può effettuare le seguenti operazioni:

- Chiusura lenta: le forbici vengono chiuse lentamente dall'attuatore a velocità costante (una rapida accelerazione è applicata quando la lama mobile è ancora lontana dal materiale da tagliare, poi il movimento viene mantenuto a velocità costante fino alla chiusura delle lame). Questo movimento viene effettuato sia a vuoto che in presenza del materiale da tagliare in modo da misurare la forza richiesta per la chiusura delle forbici.
- Chiusura rapida: sempre effettuata senza materiale di taglio. Viene utilizzata per controllare l'usura a vuoto e l'allentamento della vite.
- Chiusura di taglio: le forbici vengono chiuse sul materiale e poi sfilate, mantenendo le lame chiuse per controllare che il taglio sia stato effettuato correttamente.

Queste operazioni sono state selezionate in modo da automatizzare le operazioni tipiche che i tecnici fanno per controllare la qualità dei taglienti. I difetti che gli operatori cercano solitamente e che sono stati riconosciuti come i più problematici nell'uso di forbici sono:

- Chiusura difficile delle forbici: la vite è stata stretta con troppa forza o c'è troppa interferenza tra le lame. Questo provoca un incremento della forza richiesta per chiudere le lame rendendo lo strumento difficile da utilizzare.
- Chiusura morbida delle lame: se la vite non è serrata con forza sufficiente la qualità del taglio diminuisce oppure solo la parte delle lame vicine alla vite è in grado di effettuare il taglio.
- Lame che si bloccano o movimento irregolare: ci sono repentini cambiamenti nelle forze prodotte a causa di irregolarità o graffi nelle lame. Questo fenomeno è stato verificato anche per i coltelli.

Per ciascuna di queste caratteristiche qualitative sono stati identificati parametri misurabili che possono essere quantificati sperimentalmente. Per evitare il problema di forza di taglio troppo elevata è stato messo un limite sul massimo valore della forza di chiusura. Al contrario, per il problema di chiusura morbida comporta un limite minimo per la forza di chiusura. Infine per il problema di bloccaggio e cedimento è stato posto un controllo sul massimo e sul minimo valore della derivata della forza. Tutti questi parametri sono controllati post-lavorazione analizzando dei diagrammi simili a quelli riportati in Figura 13.

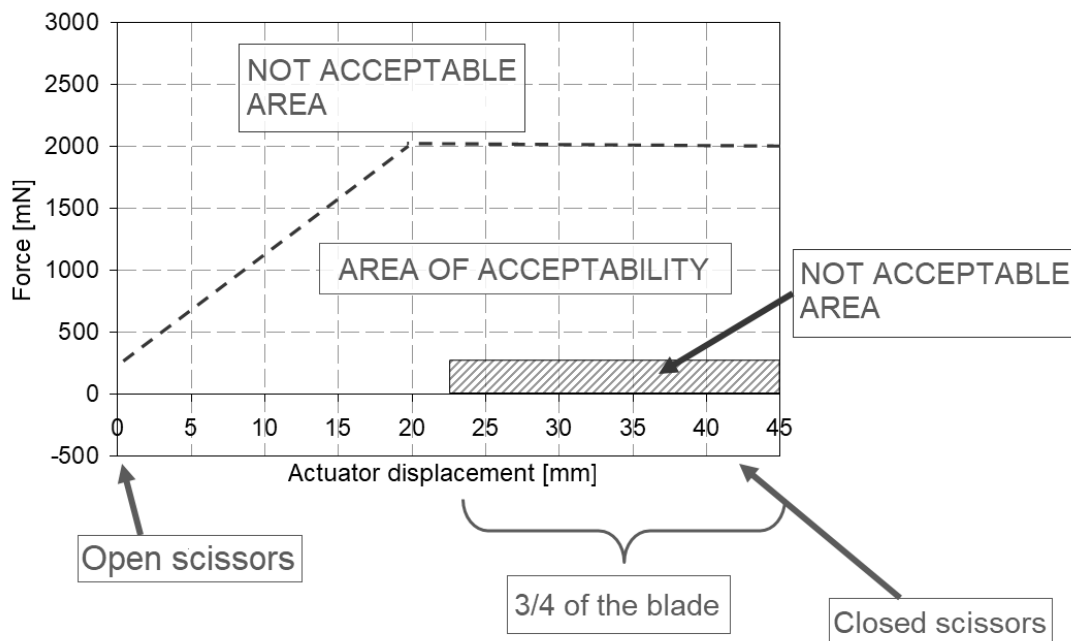


Figura 12 Esempi di limiti di accettabilità nel diagramma forza spostamento

I limiti sulla forza e sulla sua derivata devono essere definiti per ogni categoria di prodotto: quelli riportati in figura sono limiti che sono stati utilizzati con successo nei test di forbici da manicure.

#### 1.3.2.1 PROCEDURA DEL TEST

1. Il motore viene spento in modo che la barra che lo collegherà alle forbici sia libera di muoversi e che il jig meccanico sia messo in "stato di posizionamento" in modo che le forbici possano essere posizionate. Dopo questo passaggio, la posizione iniziale della vite viene segnata sulle forbici con una apposita penna, in modo da poter individuare eventuali allentamenti.
2. Le forbici vengono messe in posizione tramite il bloccaggio di un anello dell'impugnatura sulla struttura della macchina utilizzando una vite. Durante il posizionamento, la lama fissa deve essere allineata con il jig senza però toccarlo (altrimenti il bordo della lama potrebbe venire danneggiato e il risultato del test risulterebbe alterato). A questo punto il jig meccanico può essere spostato dallo "stato di posizionamento" per essere messo nella posizione di test.
3. Settaggio dell'attuatore: la barra deve essere allineata con il centro dei due anelli dell'impugnatura con le forbici in posizione aperta e la barra che è stata mossa deve toccare il cuscinetto a sfera nel suo punto medio. La posizione dell'attuatore viene regolata in funzione della lunghezza delle lame. Queste due ultime operazioni devono essere ripetute iterativamente finché non è stato raggiunto un posizionamento soddisfacente.
4. Le forbici vengono chiuse manualmente in modo da registrare la posizione di chiusura. Se il movimento è soddisfacente, la barra può essere connessa all'anello dell'impugnatura con un elastico.
5. Il valore della posizione chiusa deve essere inserito manualmente nel programma di controllo: prima in quello per la chiusura lenta e poi in quello per la chiusura rapida (in quest'ultimo caso la distanza tra gli anelli dell'impugnatura deve essere aumentata per evitare colpi indesiderati).



6. Viene effettuato un movimento di apertura e poi tre movimenti di chiusura lenta: i risultati di questi test di chiusura devono essere copiati e salvati manualmente. Per verificare l'efficienza delle forbici, viene effettuata un'operazione di taglio.
7. Ciclo automatico per il taglio ripetuto (il numero di operazioni varia a seconda della classe delle forbici, per esempio nel caso di forbici da manicure questo era fissato a 800). La frequenza del processo dovrebbe essere minore o uguale a 1 Hz per evitare il surriscaldamento della vite.
8. Ciclo di tre chiusure lente, salvando manualmente i risultati e viene effettuato un taglio del materiale per verificarne l'efficienza.
9. Controllo volto ad individuare eventuali rotazioni della vite (controllo visivo o con l'aiuto di lenti d'ingrandimento).

Altri test sono stati configurati, prevedendo un numero maggiore di cicli (più di 20000) o l'uso di materiale abrasivo (carta abrasiva P600) invece del materiale standard.

### 1.3.2.2 ESEMPI DI RISULTATI

Le figure di questo capitolo mostrano esempi di alcuni risultati di test effettuati con la procedura precedentemente illustrata su forbici da manicure. Le prime due immagini (Figura 13 e 14) presentano due casi in cui le forbici non hanno superato il test. Per le forbici A, ci sono problemi di chiusura difficile e bloccaggio e cedimento, mentre le forbici B presentano un problema di chiusura morbida.

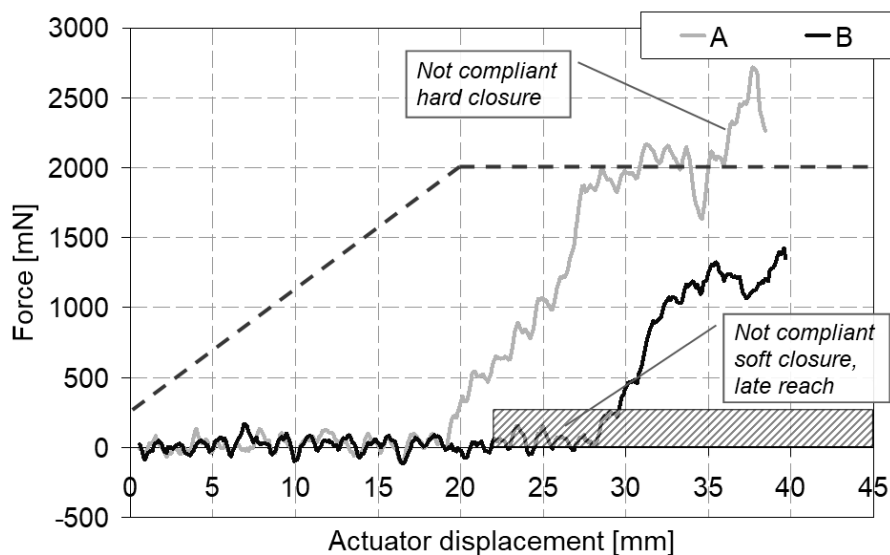


Figura 13 esempio di risultati di due test non conformi, forza vs spostamento dell'attuatore

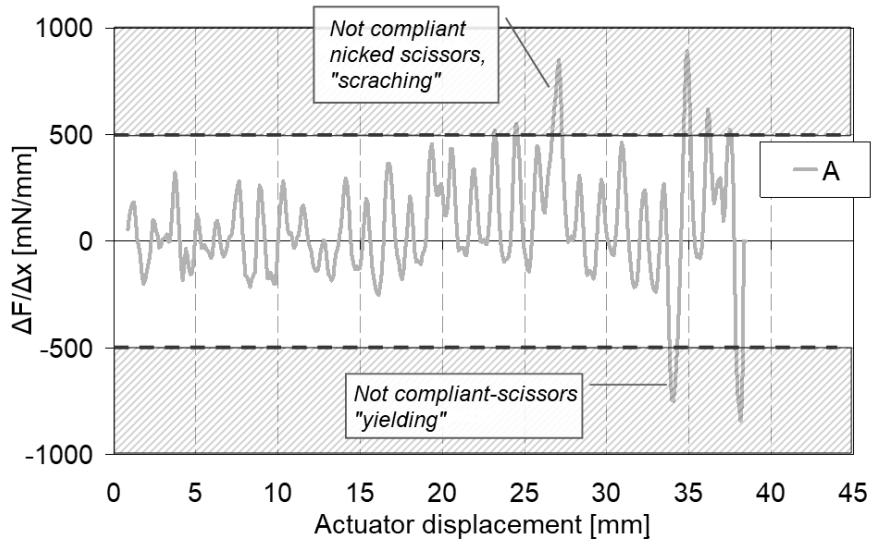


Figura 14 Test non conforme, derivata della forza vs spostamento dell'attuatore

A titolo di esempio si riportano gli stessi grafici nel caso di forbici che hanno superato i test.

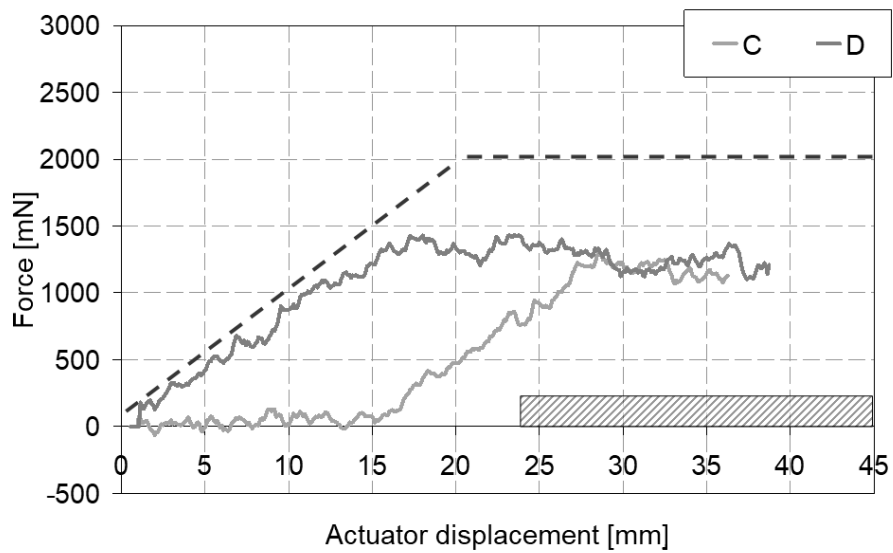


Figura 15 Risultati di de test conformi, forza vs spostamento dell'attuatore

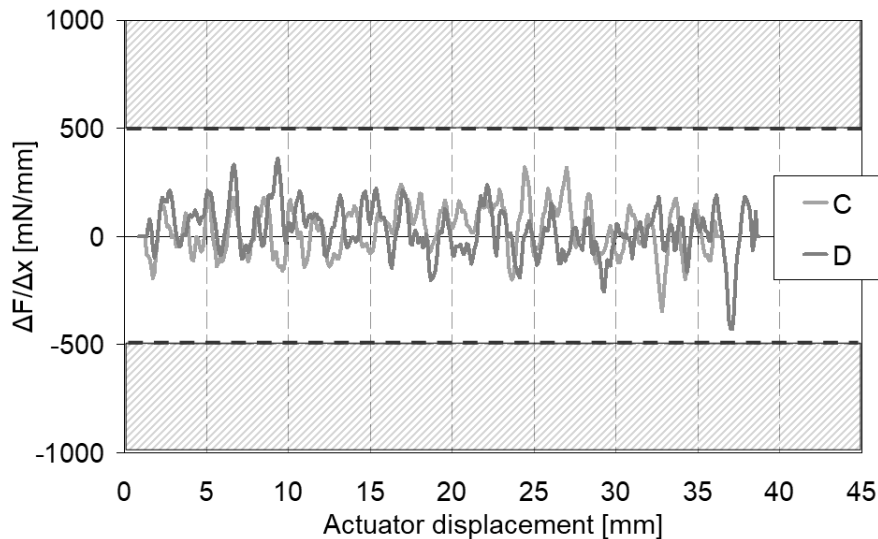
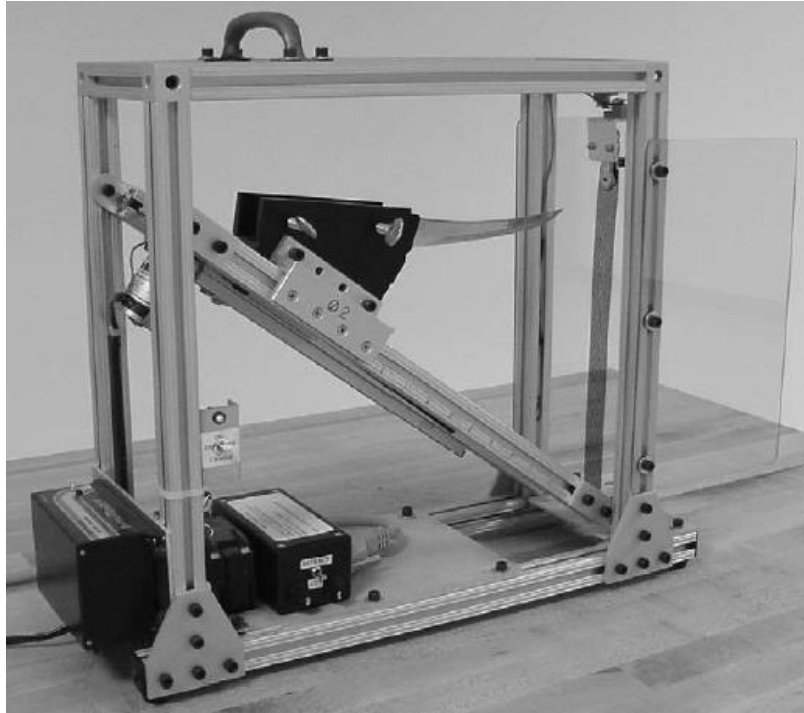


Figura 16 Risultati di due test conformi, derivata della forza vs spostamento dell'attuatore

Per quantificare l'effetto di usura del test sulle forbici deve essere effettuata una comparazione tra due serie di grafici ottenuti dalle chiusure lente prima e dopo 800 cicli di chiusure rapide: il test si considera passato se le forbici passano i controlli sulla forza e sulla derivata della forza.

### 1.3.3 MACCHINA DA TEST PER COLTELLI

Esistono molti macchinari utilizzati per valutare l'affiltezza dei coltelli. Ancora una volta ci sono esempi più semplici, come quello descritto da McGorry e altri fino a esempi più complessi, sviluppati basandosi sullo standard ISO 8442-5. La macchina in (Figura 17) permette di quantificare la forza richiesta per effettuare un taglio riproducibile con ogni parte della lama. Effettuando il test a velocità diverse è possibile analizzare l'usura del tagliente per programmare le operazioni di affilatura.



*Figura 17 Macchina per la misurazione di affilatezza dei coltelli*

Sul mercato sono presenti anche macchine che sono in grado di effettuare test secondo l'approccio della ISO 8442-5. CATRA ha sviluppato una macchina capace di effettuare test che rispondono ai requisiti della norma, ma con la possibilità di variare alcuni parametri per scopi di ricerca o interni. In particolare, la macchina consente di misurare la forza applicata sulla lama durante le operazioni di taglio lungo tre direzioni. Questo permette di sviluppare bordi di taglio che minimizzano le forze di taglio totale.

Un altro macchinario studiato per testare coltelli e conforme alla ISO 8442-5 è quello sviluppato da Haida International Equipment CO., LTD

## 1.4 DISCUSSIONE

La letteratura focalizzata sulla vita utile di coltelli può fornire spunti trasferibili nel caso delle forbici. Nel caso dei coltelli, generalmente i criteri funzionali per le macchine di prova vengono identificati in base alla problematica alla base della mancanza del filo tagliente, che secondo Balevi è di due tipologie diverse:

- Bordo con bava: si forma quando vengono effettuati processi di affilatura inadatti che non permettono l'eliminazione della bava che si va a creare al bordo di taglio, o quando superfici di taglio incomplete non sono lucidate tramite rettifica fine, processi di finitura o uso di sostanze abrasive dopo la fabbricazione.
- Bordo smussato: il bordo di taglio si usura e mostra più di una interfaccia sulla superficie di taglio, portando a un arrotondamento e alla mancanza di una distinta intersezione con la superficie di taglio.

Entrambi i problemi sono riscontrabili anche nel caso delle forbici: il primo è rilevante per trovare la procedura di affilatura che garantisca la forza di taglio minima, mentre il secondo è rilevante per un'eventuale valutazione dell'usura del tagliente.

Dal punto di vista dei risultati delle analisi, nel caso dei coltelli le curve caratteristiche di taglio dipendono dalle condizioni al contorno (materiale da tagliare, pretensionamento) e dalle caratteristiche della lama. È quindi buona prassi effettuare paragoni solo tra forbici simili o tra caratteristiche differenti di un singolo strumento e non creare classifiche assolute che confrontino forbici con caratteristiche o geometrie totalmente diverse. Le caratteristiche geometriche delle forbici comportano inerzie diverse e quindi anche la velocità di rotazione deve essere in qualche modo controllata.

Nel paragonare diverse forbici, è importante ricordare che la qualità del bordo di taglio prima dell'utilizzo ha un effetto significativo sulla durata del bordo di taglio stesso e sulla qualità del taglio del materiale. Questo suggerisce che non soltanto il paragone tra un solo paio di forbici di ogni tipo non è sufficiente a garantire un'indicazione definitiva sullo strumento (un maggior numero di test è consigliato per motivazioni statistiche), ma anche che un corretto e attento utilizzo degli oggetti prima del test è richiesto per evitare danni localizzati sui taglienti che possano influenzare i risultati dei test.

Le differenze sopra elencate sono supposizioni qualitative, vista la differenza significativa nel processo di taglio tra forbici e coltelli. Le forbici tagliano il materiale tramite un meccanismo di trazione-taglio, i coltelli normalmente applicano un carico di compressione-taglio. Però, se il materiale da tagliare è soggetto a pretensionamento, durante il taglio tramite coltello il processo di taglio è caratterizzato da carichi di tensione-taglio, e quindi i risultati sono maggiormente paragonabili a quelli ottenuti dal taglio con forbici.

Secondo Kalder et al., i parametri che caratterizzano il processo di taglio sono la geometria dello strumento, il materiale dello strumento, il materiale da tagliare e le condizioni al contorno per il taglio. Per quanto riguarda il peso dell'interazione, questo è maggiore per i primi tre fattori mentre le condizioni di taglio influenzano solo marginalmente il taglio stesso. Per quanto riguarda la geometria dello strumento, ogni effetto di ogni parametro può essere isolato e analizzato singolarmente.

Il parametro più importante per il taglio è la rotondità di bordo (Figura 19): è stato provato che questo parametro influenza la profondità di taglio di un coltello sotto le stesse condizioni di forza applicata. In particolare la profondità di taglio è direttamente proporzionale al reciproco del raggio di bordo. Questo può essere trasportato nel caso delle forbici: minore è il raggio di raccordo del bordo, minore è il momento richiesto per effettuare il taglio in modo da ottenere la stessa profondità di taglio. Questo reciproco comportamento è stato sperimentalmente provato nel caso di utilizzo di coltelli da Komanduri et al. e Shin et al.

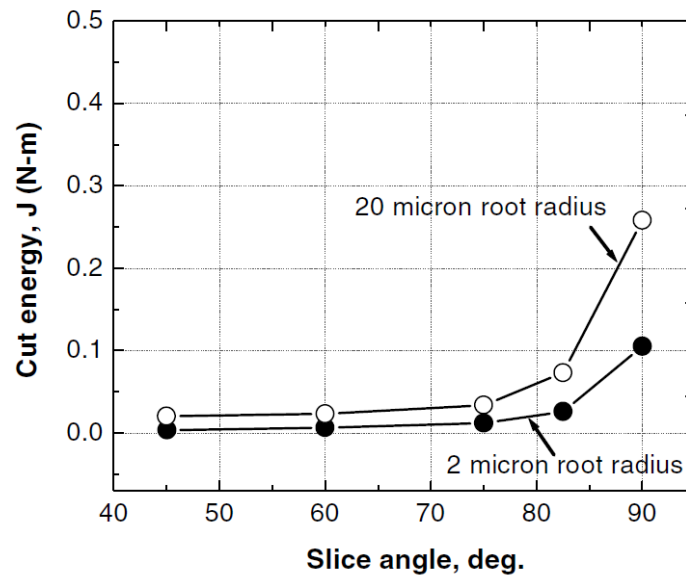


Figura 18 Effetto della rotondità di bordo (slice angle) sull'energia di taglio (cut energy).

Un secondo parametro interessante è l'angolo di bordo (o di cuneo) rappresentato in Figura 19: è già stato dimostrato nel caso di coltelli che un angolo di bordo acuto garantisce migliori capacità di taglio iniziali ma minor mantenimento di affilatezza nel tempo. Al contrario, un angolo ottuso permette un miglior mantenimento nel tempo di affilatezza, riportando però una minore capacità di taglio iniziale.

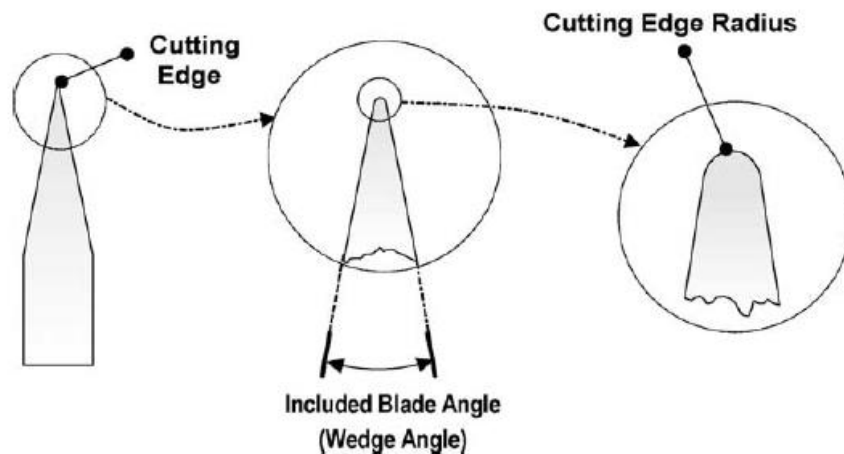
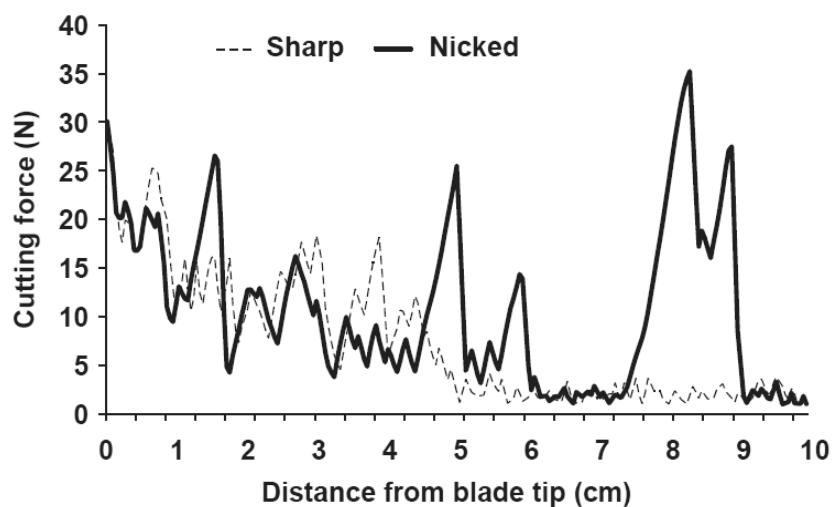


Figura 19 Raggio di bordo (cutting edge radius) e angolo di bordo (blade angle)

Un'altra considerazione interessante è stata effettuata da McGorry et al. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**: questa consiste nella possibilità di individuare la presenza di piccoli graffi sul bordo di taglio di coltelli tramite l'analisi dei test, osservando la storia temporale dell'oscillazione della forza e cercando ad ogni ciclo oscillazioni nella stessa area di taglio (Figura 20). Viene anche specificato che la dimensione dei graffi potrebbe non rientrare nel campo del visibile ma la loro influenza non è trascurabile se la loro presenza può essere individuata passando l'unghia sul bordo di lama.



*Figura 20 Effetto di graffi sulla storia temporale della forza*

Nel caso dei coltelli, il livello di forza tangenziale richiesta per ottenere la stessa profondità di taglio con un coltello aumenta con la rotondità della lama. In particolare l'aumento di questa forza è meno che lineare all'aumentare dell'usura della lama (in Figura 21 è riportata una rappresentazione grafica di questo effetto). Ci si aspetta lo stesso comportamento per le forbici tra momento applicato e usura della lama.

## BLADE CUTTING EDGE DEGRADATION

Consecutive tests with the same blade

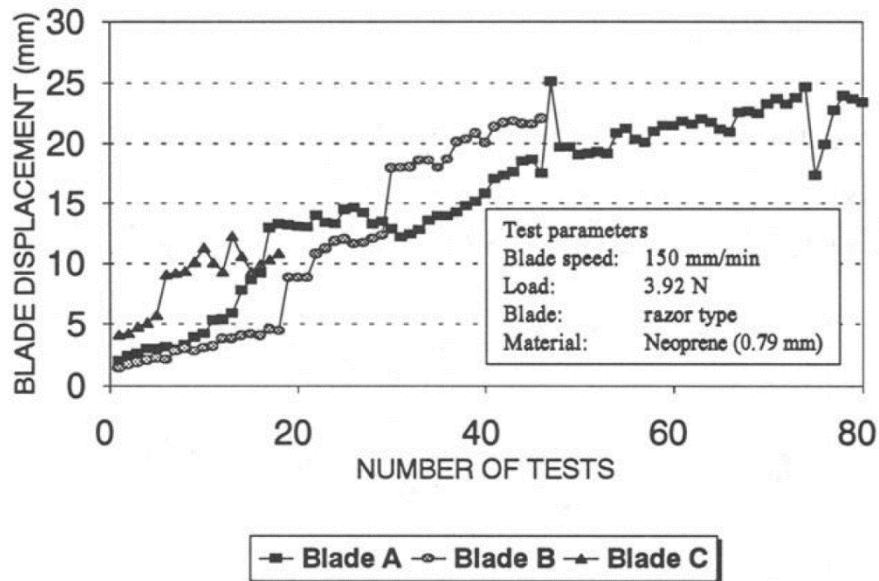


Figura 21 Processo di usura in relazione al diverso numero di passaggi

Riguardo la velocità di taglio, è stato affermato che la qualità del taglio non è funzione della velocità dello strumento con cui viene effettuato il taglio stesso. Per quanto riguarda questo parametro si ritiene opportuno effettuare test preliminari con il prototipo di macchina che verrà sviluppato per verificare questo trend, facendo test su movimenti di taglio con differenti velocità massime nelle stesse condizioni al contorno e con lo stesso tipo di forbici.

La forza di pretensionamento applicata al materiale e il materiale che deve essere tagliato influenzano profondamente i risultati di test effettuati con i coltelli. L'effetto di pretensionamento su un meccanismo di taglio tramite sforzi di tensione-taglio è stato analizzato da Shin e altri: da questi studi è emerso che aumentando il pretensionamento del materiale da tagliare, l'energia richiesta dal taglio diminuisce. Questo comportamento può essere chiaramente notato dal grafico di Figura 22: l'energia richiesta (calcolata come integrale della curva sforzo-deformazione, coincidente con l'area sottesa alla curva) diminuisce all'incremento del pretensionamento.



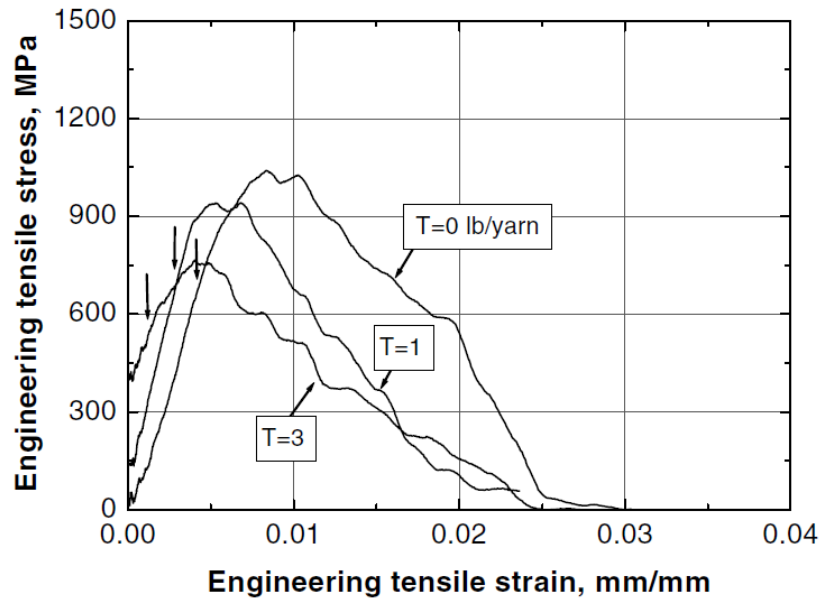


Figura 22 Effetto di pretensionamento sul taglio.

La scelta del tipo di materiale è l'ultimo parametro che deve essere trattato. Il materiale descritto nella ISO 8442-5 si è dimostrato efficace per accelerare il processo di usura delle lame ed è verosimile utilizzarlo sia nei test su coltelli che sulle forbici.

## 2 DESCRIZIONE PROGETTO DELLA NUOVA MACCHINA DI PROVA FORBICI

Come già detto nel capitolo precedente, obiettivo del progetto è la realizzazione di una macchina e procedura di prova forbici in grado di valutare le caratteristiche di affilatura e durata delle forbici, indipendentemente dalle dimensioni e forme delle stesse.

Il punto di partenza è la macchina descritta nel paragrafo MACCHINA PREMAX ESISTENTE. I gruppi funzionali di questa macchina vengono rivisitati al fine di ottenere:

- Le prestazioni richieste
- La flessibilità necessaria a testare tutte le categorie di forbici di interesse
- Avere alta affidabilità e ripetibilità dei test

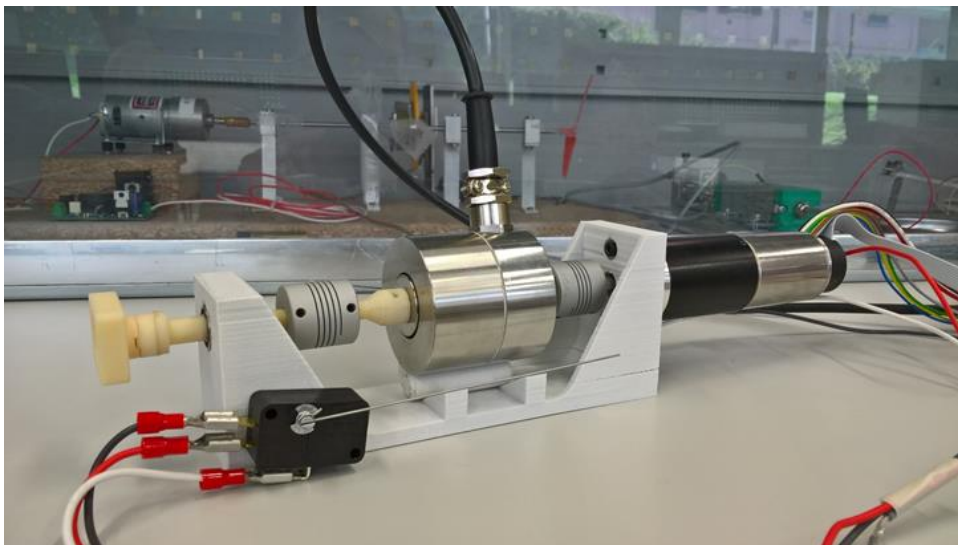
La nuova macchina è composta da 5 differenti gruppi funzionali:

1. Il gruppo di attuazione forbici: che trasmette il movimento che compie il taglio ed effettua le misure.
2. Il gruppo di alimentazione del materiale di taglio: che muove il materiale tagliato.
3. Il gruppo di posizionamento iniziale: attuato manualmente all'inizio dell'operazione.
4. Il gruppo di taglio con strappo: che verifica la bontà del taglio.
5. Il gruppo che riproduce la pressione agli occhielli esercitata dal palmo della mano.

Dopo la descrizione di ogni singolo gruppo, uno schema rappresentante la sincronizzazione dei movimenti viene riportato.

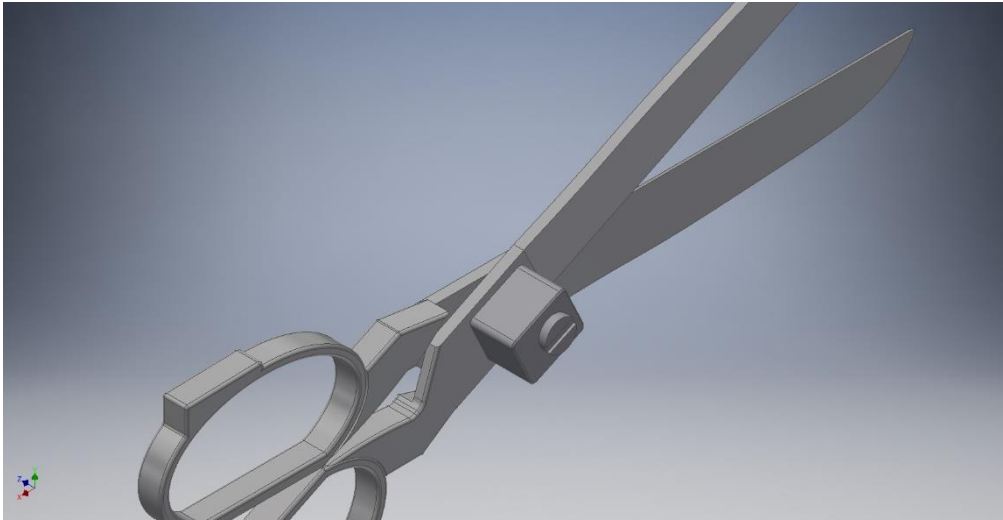
### 2.1 GRUPPO DI ATTUAZIONE FORBICI

Il gruppo di attuazione forbici è rappresentato in Figura 23.



*Figura 23 Gruppo di attuazione forbici assemblato.*

L'attacco viene realizzato mediante incollaggio di un attacco nell'area circostante al fulcro delle forbici (Figura 24).

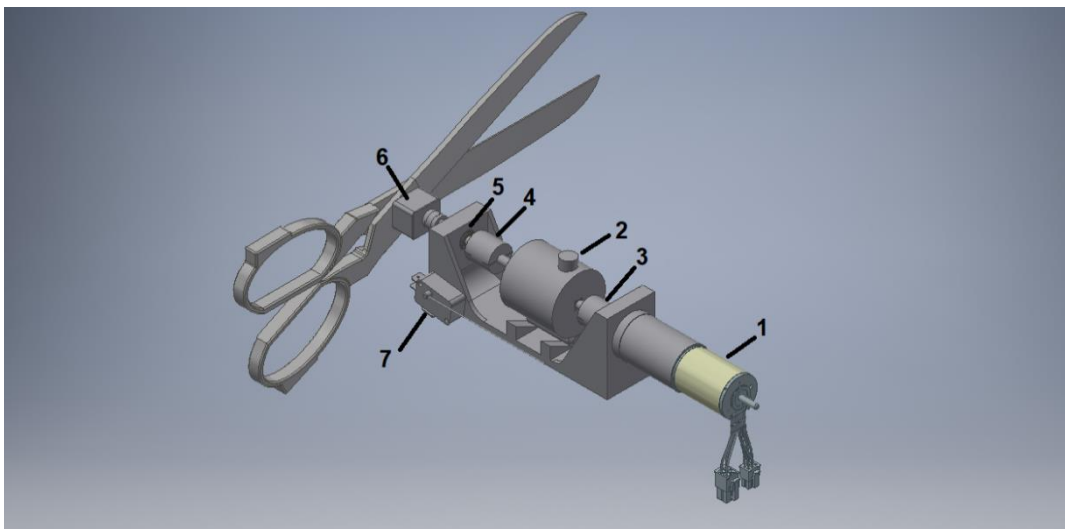


*Figura 24 Attacco alle forbici.*

Un motore elettrico va così a trasmettere il momento torcente necessario a compiere il taglio e non una forza all'occhiello.

Con questa soluzione vengono eliminati problemi di attrito nella trasmissione del moto e rapporti di trasmissione funzione della posizione delle forbici.

Il sistema di attuazione è composto da:

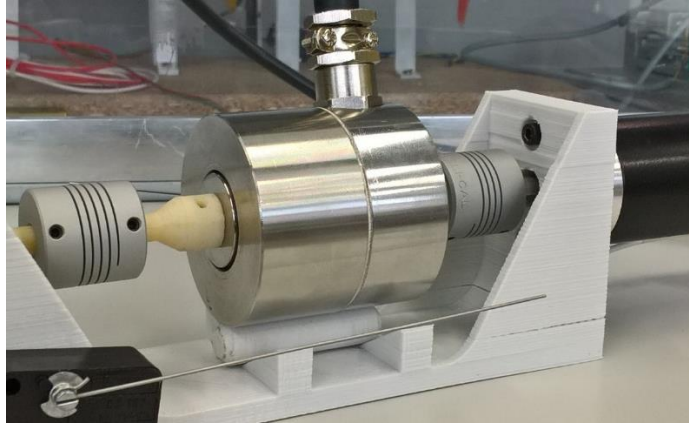


*Figura 25 Assieme forbici.*

- Un motore elettrico senza spazzole con riduttore ed encoder (1 in Figura 25)
- Un torsionmetro statico (2 in Figura 25)
- 2 giunti a spirale (3 e 4 in Figura 25)
- 2 cuscinetti a sfere (5 in Figura 25)

- Un giunto di Oldham (6 in Figura 25)
- 2 interruttori (7 in Figura 25)

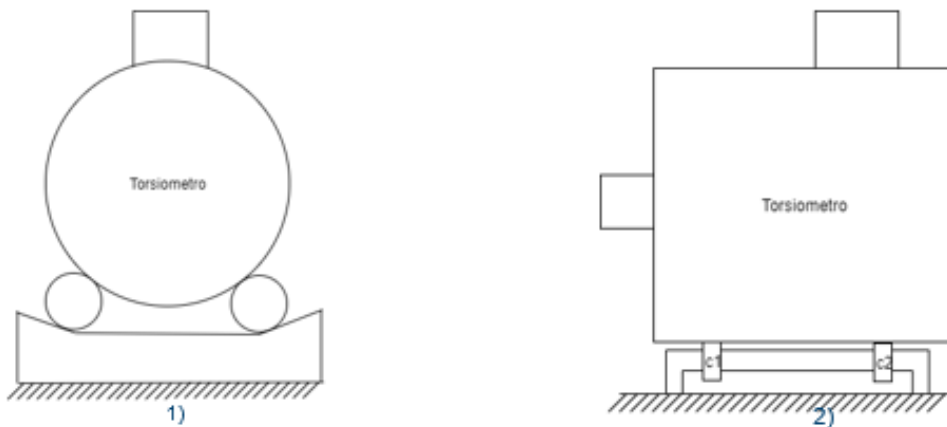
In particolare, il torsionmetro statico ruota con il movimento delle forbici. La base comprende un supporto cilindrico per sorreggerlo durante il movimento generando piccole forze di attrito.



*Figura 26 Supporto torsionmetro.*

3 possibili soluzioni possono essere implementate:

1. Il torsionmetro è appoggiato su due cilindri a loro volta appoggiati su dei sostegni. La scelta dei materiali sarà determinante nel minimizzare l'attrito
2. I due cilindri di sostegno sono sospesi su cuscinetti al fine di minimizzare l'attrito
3. Il torsionmetro è sospeso tra i due giunti a spirale.



*Figura 27 Soluzioni supporto torsionmetro.*

La scelta ricade sulla soluzione che prevede due cilindri supportati da cuscinetti.

Questo gruppo è in grado di misurare diverse grandezze necessarie alla misura (le prime due) e al controllo (le seconde due):

- Posizione delle forbici (coincidente con quella del motore, encoder)
- Coppia richiesta per l'attuazione (torsionmetro)
- Corrente assorbita dal motore
- Raggiungimento dei limiti del dominio di rotazione (interruttori)

## 2.2 GRUPPO ALIMENTAZIONE MATERIALE DI TAGLIO

La macchina deve essere in grado di testare le diverse tipologie di forbici sia su rotoli di carta abrasiva secondo norma EN ISO 8442-5 (2004), sia su rotoli di stoffa o materiali affini.

Due differenti soluzioni possono essere sviluppate per il progetto del gruppo alimentazione del materiale di taglio le quali differiscono per il tipo di controllo elettronico che deve essere implementato e per le parti meccaniche che vengono coinvolte. In ogni caso l'idea di base delle due proposte rimane la stessa: svolgimento del materiale e corretto tensionamento dello stesso prima dell'operazione di taglio.

- SOLUZIONE 1

La prima delle due soluzioni (Figura 28) è composta da:

1. rotolo di materiale (carta abrasiva, tessuto o affini) che deve essere svolto con relativo motore (DEVICE A). Il motore viene controllato fornendo una coppia resistente per poter applicare un corretto tensionamento allo stesso prima dell'operazione di taglio.
2. Il gruppo di attuazione forbici descritto nel paragrafo precedente (DEVICE C).
3. Il gruppo motore che permette lo svolgimento del rotolo di materiale (DEVICE D).



*Figura 28 Gruppo alimentazione materiale di taglio: soluzione1.*

- SOLUZIONE 2

La seconda soluzione (Figura 29) è composta da:

1. Il rotolo di materiale (carta abrasiva, tessuto o affini) che deve essere svolto. In questo caso, tuttavia, non è presente un motore controllato in coppia, ma un freno che si oppone allo svolgimento (DEVICE A).
2. il gruppo ballerino per garantire il corretto tensionamento del materiale (DEVICE B).
3. Il gruppo di attuazione forbici descritto nel paragrafo precedente (DEVICE C).
4. Il gruppo motore che permette lo svolgimento del rotolo di materiale (DEVICE D).

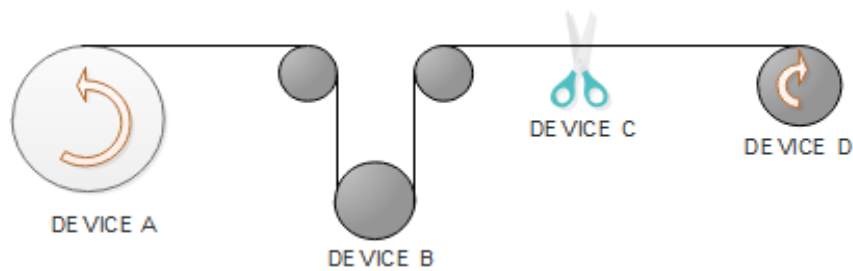


Figure 29 Gruppo alimentazione materiale di taglio: soluzione2.

Come precedentemente specificato la “soluzione 1” necessita di un controllo sulla coppia resistente esercitata dal motore che svolge il rotolo, tuttavia non aggiunge parti meccaniche al sistema come il ballerino o il gruppo frenante, che sono invece necessari nella “soluzione2”

### 2.3 GRUPPO POSIZIONAMENTO INIZIALE

Il posizionamento iniziale delle forbici deve essere uniforme rispetto al foglio indipendentemente dalla geometria e dimensioni delle forbici: la lama fissa deve essere parallela al foglio e il più vicino possibile ad esso e la lama deve essere impegnata completamente sul foglio.

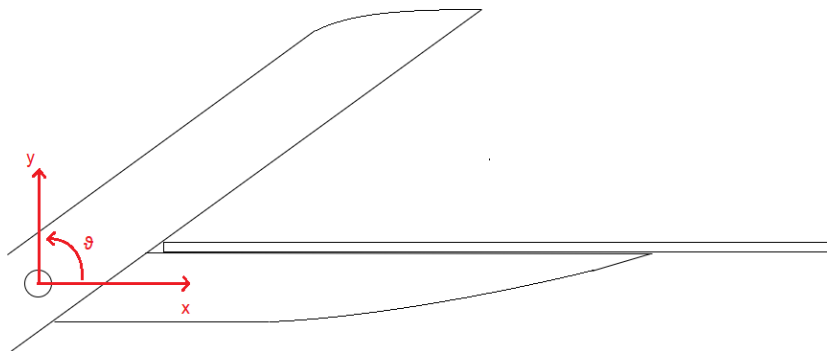


Figura 30 Posizionamento delle lame rispetto al foglio.

Per ottenere un tale posizionamento (Figura 30) bisogna permettere alle forbici di muoversi lungo 2 direzioni nel piano e di ruotare per allineare la lama ( $x$ ,  $y$  e  $\theta$ ).

In seguito il motore deve essere centrato sul perno delle forbici e deve essere avvicinato ad esso.

Per fare ciò il motore deve essere mosso lungo 3 direzioni ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ).

Per studiare un sistema di posizionamento che consideri le dimensioni delle forbici di ogni geometria, un campione di 25 forbici diverse è stato considerato; da esse una serie di dimensioni rilevanti è stata misurata ed usata per la progettazione del sistema di posizionamento.

Dimensioni di interesse:

- A: lunghezza lama, non genera problemi (lunghezza del materiale di taglio maggiore del massimo)
- B: inizio lama (distanza orizzontale dal materiale)
- C: altezza del foglio dalla lama (distanza verticale dal materiale)
- D, E: centraggio incastro sull'occhiello
- F: spessore zona giunto di Oldham (area circostante alla testa della vite)



*Figura 31 Dimensioni di interesse per il posizionamento iniziale.*

---

### 2.3.1 POSIZIONAMENTO INIZIALE – POSIZIONAMENTO FORBICI

Le grandezze rilevanti nel posizionamento delle forbici sono riportate in Tabella 5.

Tabella 5 Dimensioni per il posizionamento delle forbici.

| Dimensione | $\Delta$ [mm] |
|------------|---------------|
| B          | 19            |
| C          | 16            |
| D          | 62            |
| E          | 62            |

Per compensare B, C, D ed E sono possibili tre soluzioni:

- adoperata una slitta bidirezionale
- usare delle contropiastre con asole e viti di serraggio
- usare una slitta monodirezionale e una contropiastra

La scelta ricade su questa terza soluzione che prevede una slitta lungo la direzione y ed una contropiastra con asola e viti di serraggio in direzione x (Figura 32).

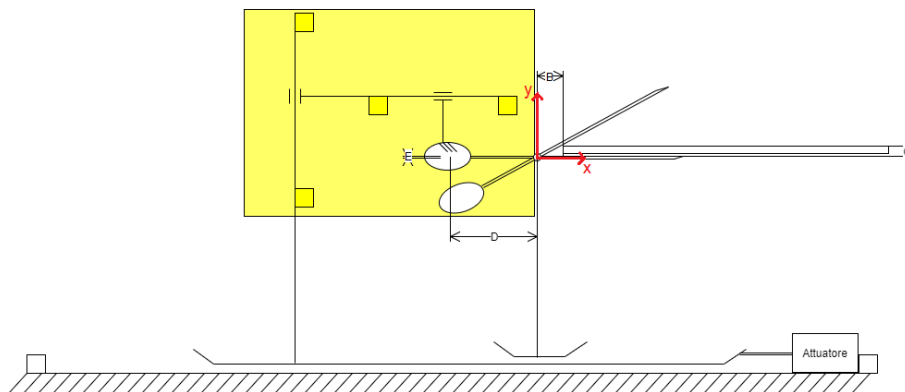


Figura 282 Posizionamento forbici.

### 2.3.2 POSIZIONAMENTO INIZIALE – POSIZIONAMENTO MOTORE

Le grandezze rilevanti nel posizionamento del motore sono riportate in Tabella 6.

Tabella 6 Posizionamento motore.

| Dimensione | $\Delta$ [mm] |
|------------|---------------|
| C          | 16            |
| F          | 8.7           |

Per posizionare il motore sono possibili due soluzioni:



- Tre slitte (una bidirezionale e una monodirezionale)
- Una slitta bidirezionale e una contropiastra con asola e viti di serraggio agente in direzione y

La scelta ricade sulla seconda soluzione (Figura 33).

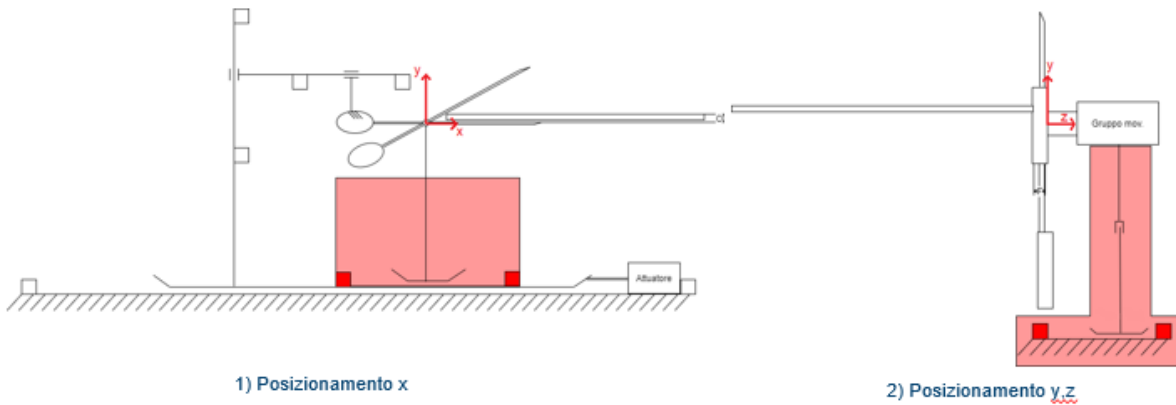


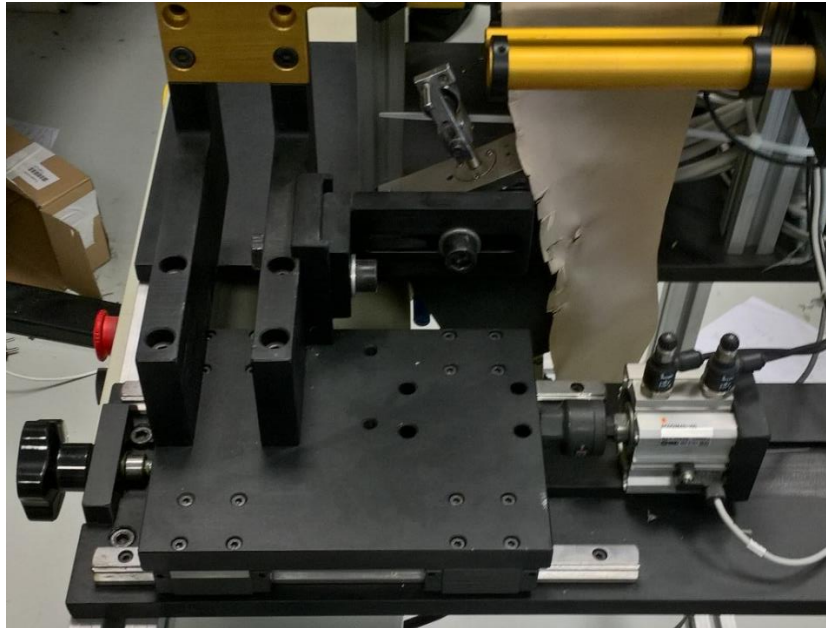
Figura 33 Posizionamento motore.

Le soluzioni di posizionamento qui riportate prevedono la possibilità di test anche per forbici sinistre e per un posizionamento ideale per ogni tipologia di forbici.

Se una precisione minore è richiesta o un insieme meno ampio di forbici è d'interesse, un minor numero di gradi di libertà può essere considerato.

## 2.4 GRUPPO TAGLIO CON STRAPPO

La soluzione adottata per il taglio con strappo prevede due slitte parallele (una per il posizionamento del motore e una per lo strappo).

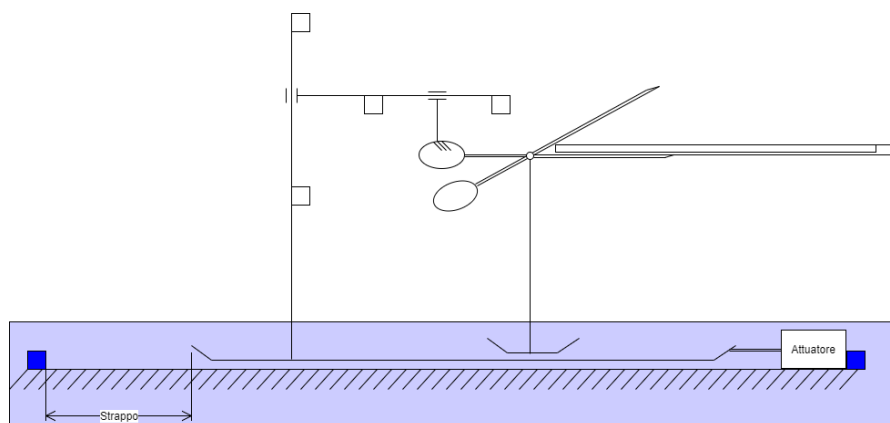


*Figura 34 Soluzione gruppo taglio con strappo.*

Per la selezione dell'attuazione due diversi tipi di attuatori sono possibili:

- un attuatore lineare
- un motore elettrico con meccanismo:
  - manovellismo ordinario centrato
  - cinghia connessa alla slitta

La soluzione scelta (Figura 35) è un motore elettrico con cinghia connessa alla slitta.



*Figura 295 Schema soluzione gruppo taglio con strappo.*

## 2.5 PRESSIONE LATERALE AGLI OCCHIELLI

Per riprodurre la pressione esercitata lateralmente con il palmo durante l'utilizzo delle forbici, un ulteriore meccanismo è aggiunto (Figura 36).

Una molla con una corda di rimando applica la forza all'occhiello mosso.

La puleggia usata per reindirizzare la corda è solidale al gruppo di movimentazione delle forbici.

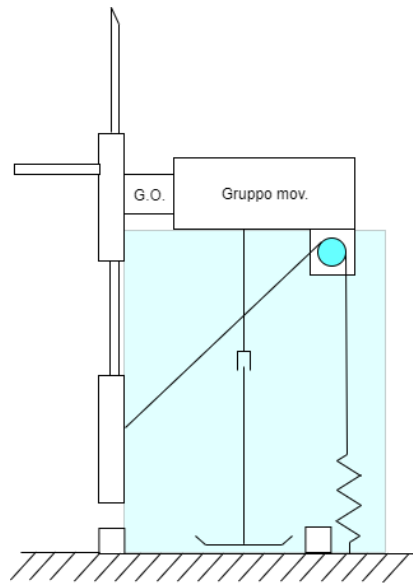


Figura 36 Gruppo pressione laterale agli occhielli.

## 2.6 SINCRONIZZAZIONE DEI MOVIMENTI

L'azionamento dei gruppi funzionali deve essere sincronizzato. Nella Figura 37 è riportata la sequenza con cui devono essere effettuate le operazioni precedentemente descritte.

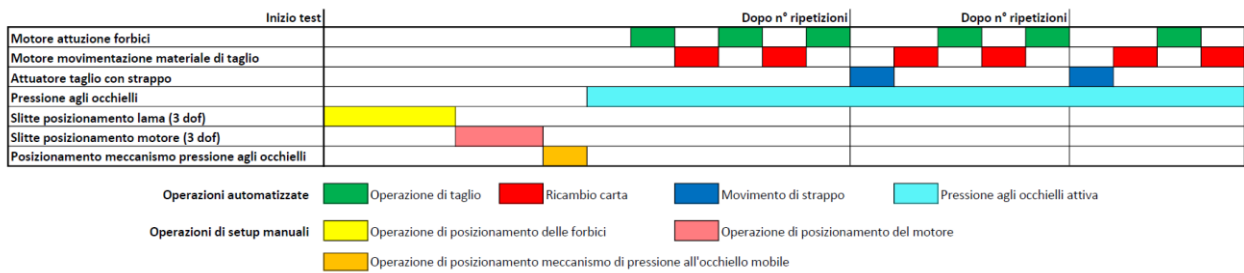


Figura 307 Schema di sincronizzazione dei movimenti.