



POLITECNICO
MILANO 1863



MACCHINA PROVA FORBICI

Relazione fine attività

Marco Tarabini

Progettazione

- Sistema di taglio
- Alimentazione nastro

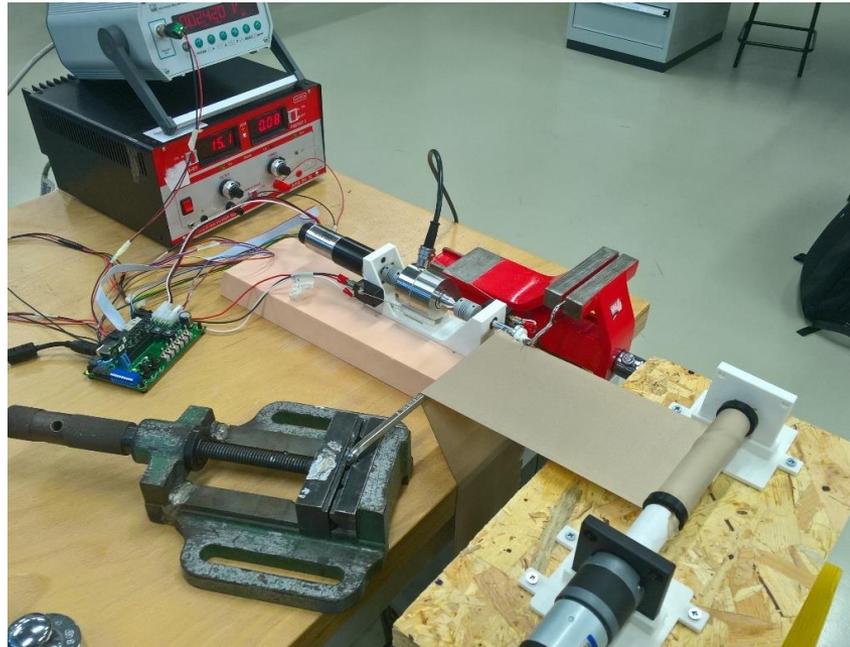
Gruppo di taglio

Gruppo di alimentazione

Introduzione

La prima fase del progetto si è composta nello **sviluppo del prototipo** della macchina di prova forbici e nella sua **validazione sperimentale** tramite una campagna di misurazioni.

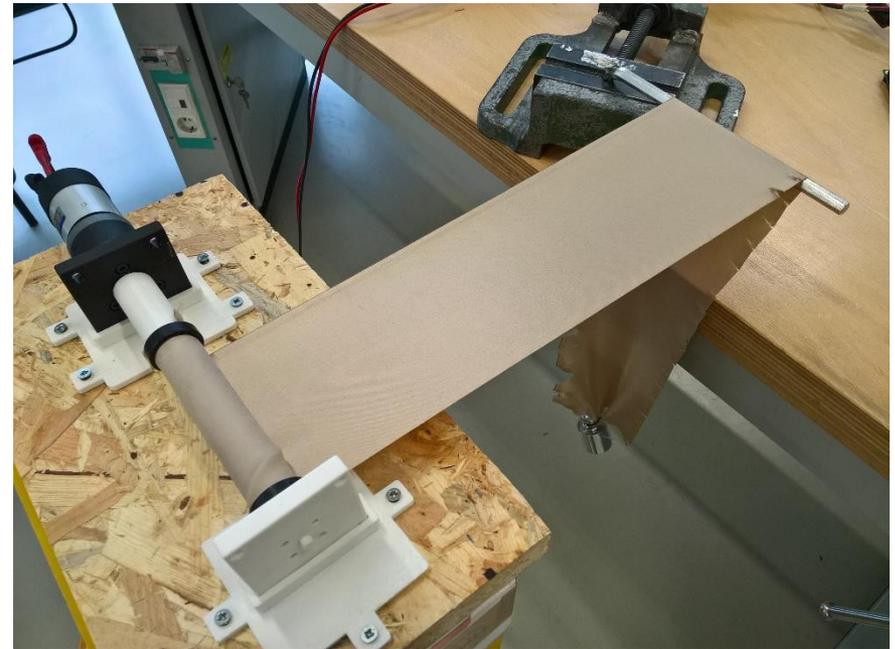
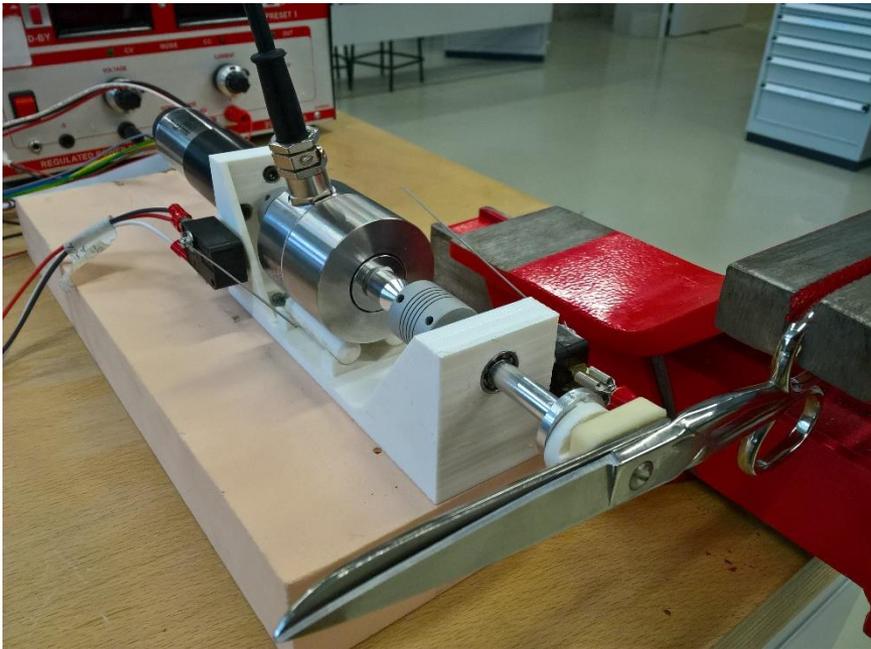
La sperimentazione finora ha comportato più di **8000** tagli analizzati su **10** modelli di forbici diverse.



Prototipo macchina

Il prototipo della macchina è composto da **2 gruppi funzionali**:

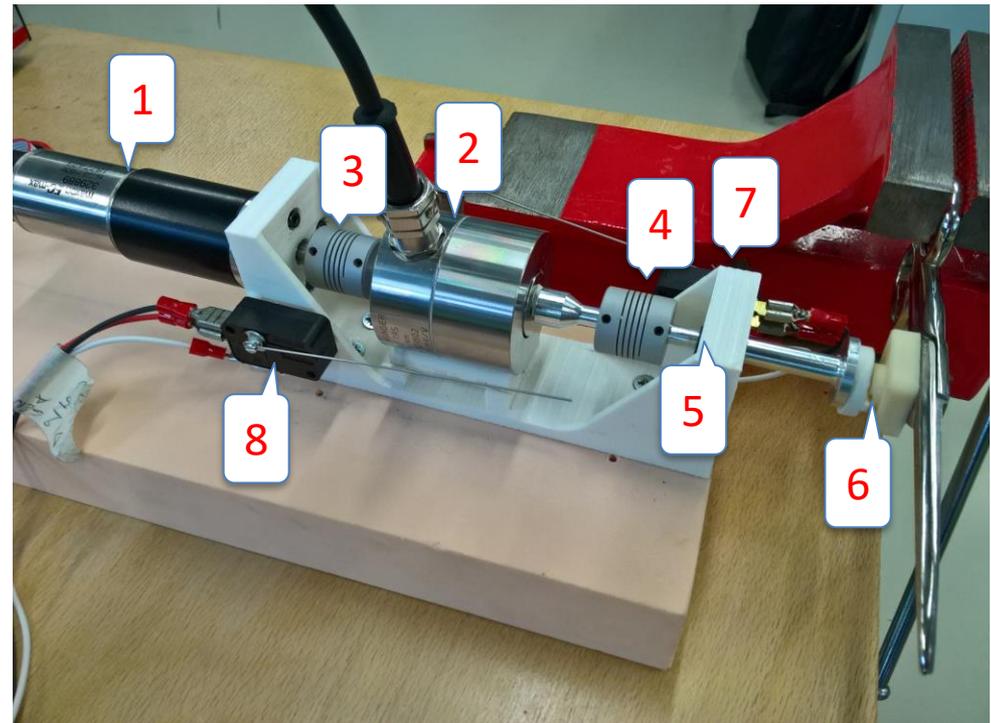
- Gruppo **Sistema di taglio**
- Gruppo **Alimentazione nastro**



Prototipo macchina – Sistema di taglio

Il sistema di attuazione è composto da:

- Un **motore elettrico** senza spazzole con riduttore ed encoder (1)
- Un **torsiometro** statico (2)
- 2 **giunti a spirale** (3 e 4)
- 2 **cuscinetti a sfere** (5)
- Un **giunto di Oldham con incollaggio** (6)
- 2 **interruttori** (7 e 8)



Prototipo macchina – Sistema di taglio

Elementi caratterizzanti:

1. **Assenza di rapporti di trasmissione**, grazie alla presa diretta dal motore al perno delle forbici
2. **Compensazione piccoli disallineamenti e forze di disturbo**, grazie ai giunti a spirale e di Oldham
3. **Assenza di attriti**, in virtù della rigidità dell'incollaggio (ad eccezione del giunto Oldham, effetti di secondo ordine in presenza di centraggio accurato)

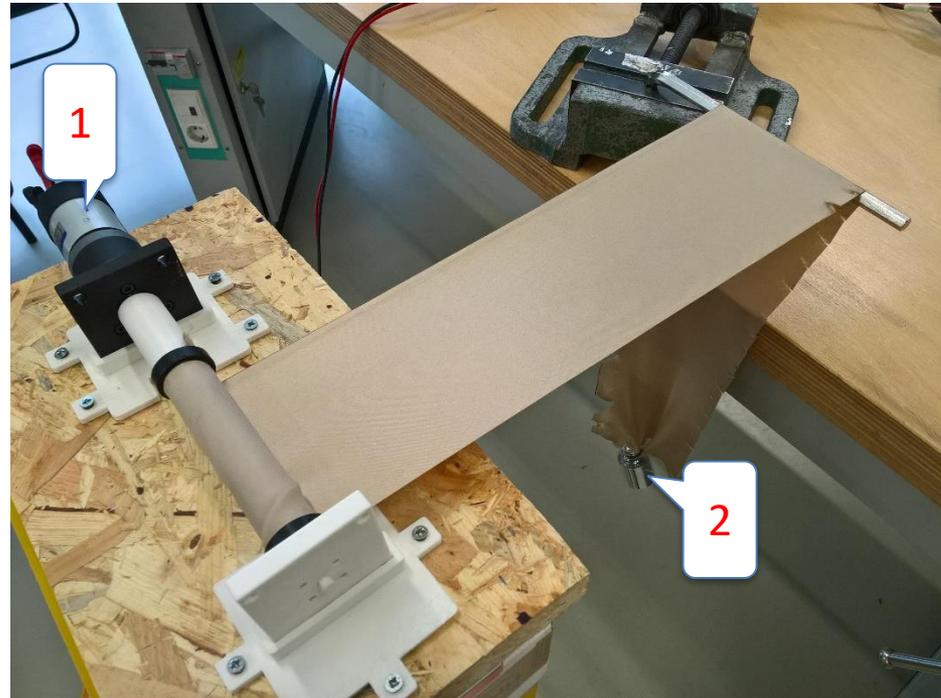
Grandezze misurate:

1. **Apertura delle forbici** (coincidente con quella del motore, encoder)
2. **Coppia richiesta** per l'attuazione (torsionmetro)
3. Corrente assorbita dal motore
4. Raggiungimento dei limiti del dominio di rotazione (interruttori)
5. Misure ausiliarie per l'avanzamento del rocchetto

Prototipo macchina – Alimentazione nastro

Il sistema di movimentazione è composto da:

- Un **motore elettrico** con riduttore (1)
- Un **peso** per garantire controllabilità del pre-tensionamento (2)





Gruppo di taglio

- Selezione parametri caratterizzanti
- Ripetibilità
- Riproducibilità
 - Effetto velocità
 - Effetto tensione
 - Effetto di intacco
- Prove a lungo termine

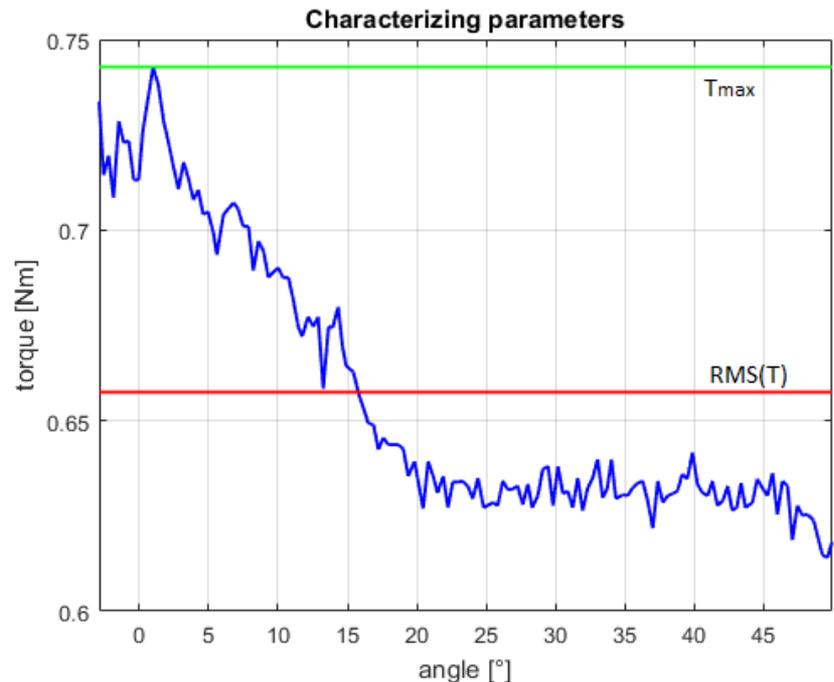
Parametri caratterizzanti

Per caratterizzare la coppia di taglio tre parametri possono essere scelti:

- L'intera storia temporale
- RMS, valore di sintesi della potenza di taglio

$$\text{RMS}(T) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

- Coppia massima raggiunta

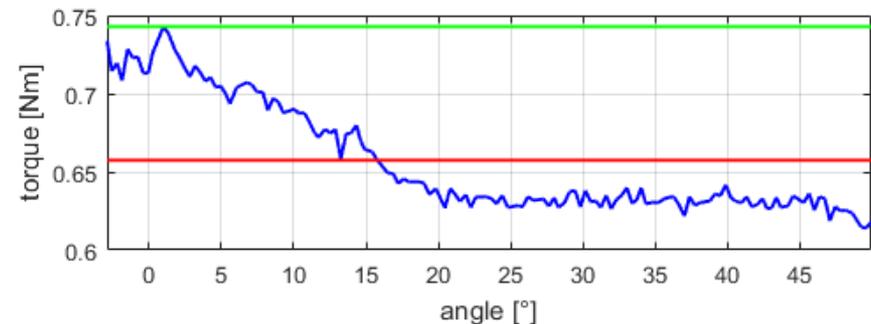
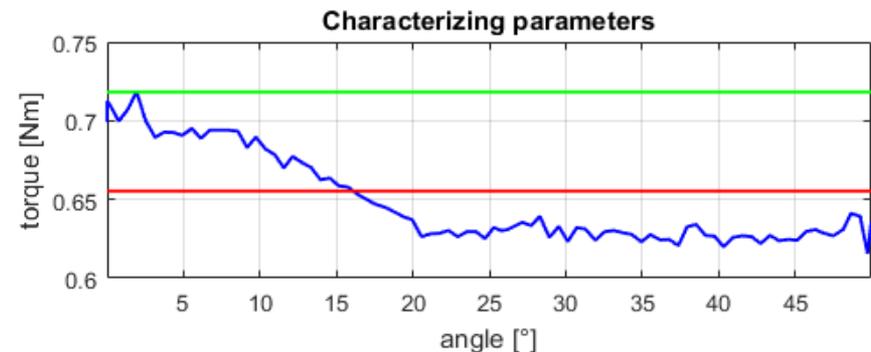


Scelta parametro di riferimento

L'intera storia temporale richiederebbe considerazioni qualitative non automatizzabili, quindi viene scartata.

La coppia massima risente eccessivamente di variazioni puntuali.

L'RMS permette invece di considerare l'intera storia temporale in un solo parametro, perciò viene scelto come misura di riferimento



Obiettivo: valutare ripetibilità delle misure

Ipotizzando che per un basso numero di tagli la coppia di taglio sia costante, si vuole valutare la **ripetibilità di misure consecutive**. La dispersione ottenuta con avanzamento con motore viene confrontato con quello manuale:

- Stesse leggi di moto
- 50 tagli per ciascuna modalità di test
- Popolazioni descritte da μ e σ
- Pre-carico $1,96+[0;0,06]$ N

Modalità test 1

- Forbici parzialmente usurate
- 25 acquisizioni con avanzamento a motore, poi 25 con avanzamento manuale

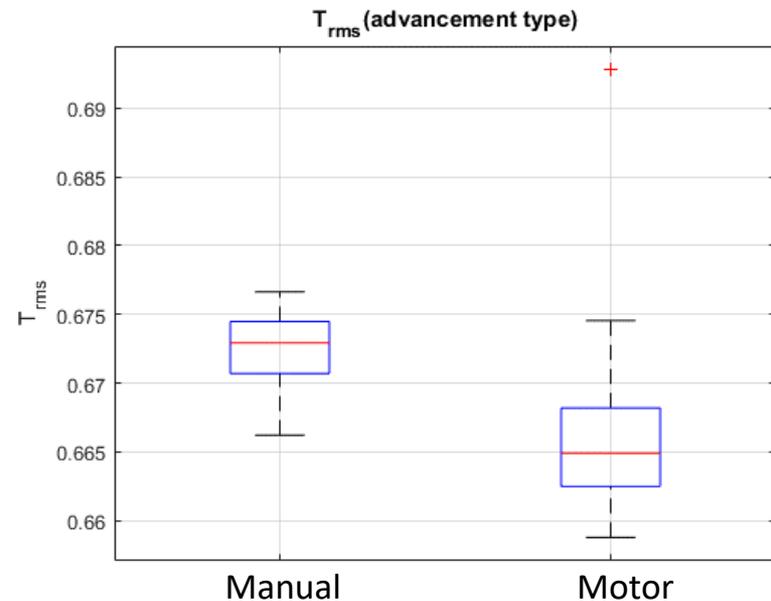
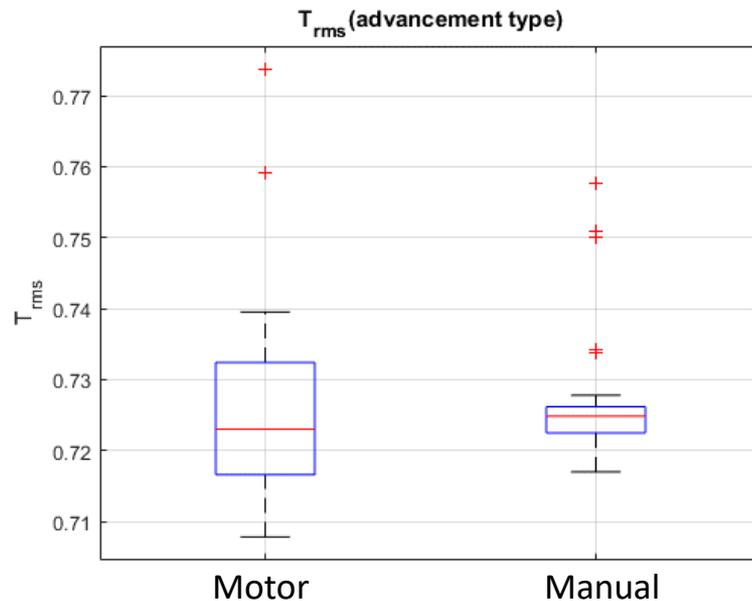
Modalità test 2

- Forbici nuove
- 25 acquisizione con avanzamento manuale poi 25 con avanzamento a motore

Risultati: ripetibilità

La ripetibilità del taglio è funzione delle singole forbici (e quindi del carico applicato) e andrebbe perciò quantificata in ogni test.

Per forbici di piccole e medie dimensioni l'errore di ripetibilità può essere quantificato nell'ordine dei 0,12 - 0,15 Nm.



Parameter	Symbol	Value
Std motor advancement	σ_m	0.138 Nm
Std hand advancement	σ_h	0.141 Nm

Parameter	Symbol	Value
Std hand advancement	σ_h	0.150 Nm
Std motor advancement	σ_m	0.149 Nm

Obiettivo: valutare ripetibilità di tagli con riposizionamento

Sempre ipotizzando che per un basso numero di tagli non vi siano variazioni sensibili nelle proprietà della lama, si vuole valutare la **ripetibilità** del taglio quando viene effettuata una operazione di **riposizionamento** del peso e del telo:

- Stesse leggi di moto
- 50 tagli per ciascun test
- Popolazioni descritte da μ e σ
- Pre-carico $1,96+[0;0,06]$ N

Modalità test 1:

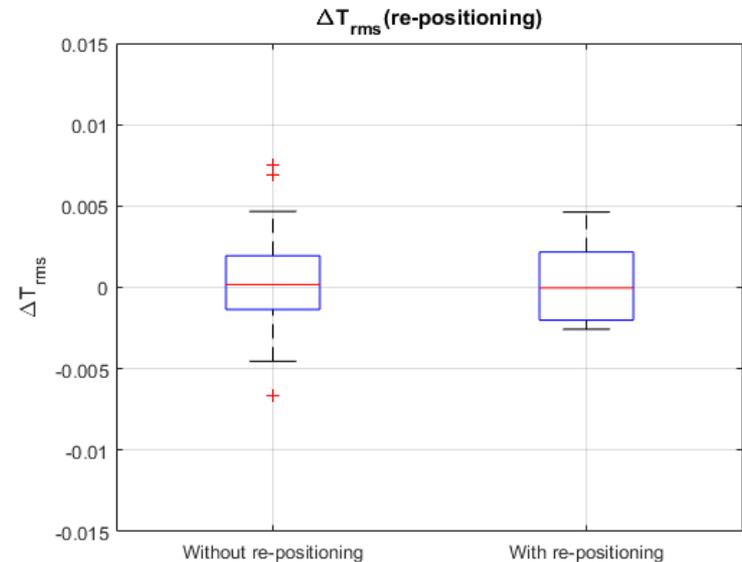
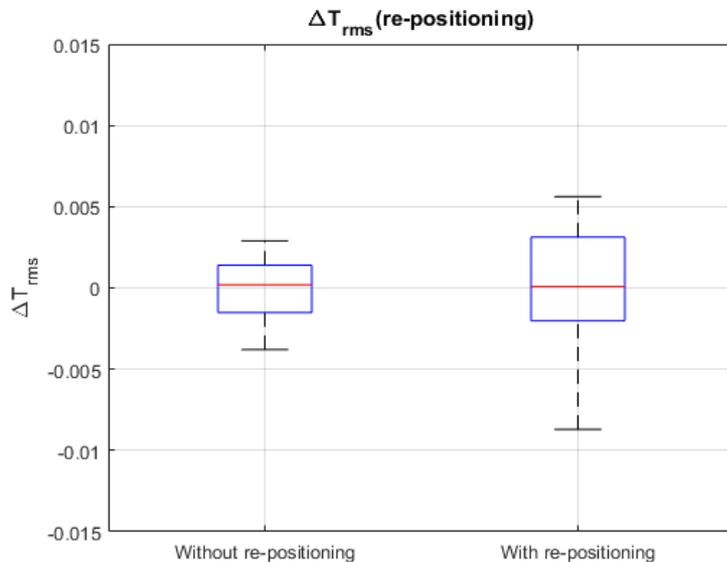
- Forbici parzialmente usurate
- 25 acquisizioni di tagli consecutivi, poi 25 acquisizioni di tagli con riposizionamento

Modalità test 2:

- Forbici nuove
- 25 acquisizioni di tagli con riposizionamento, poi 25 acquisizioni di tagli consecutivi

Risultati: ripetibilità con riposizionamento

Analizzando le variazioni sulla coppia massima da un taglio al successivo, si riscontra che, come atteso, andando a riposizionare la **dispersione** dei valori **aumenta**, ma il **valor medio non cambia** significativamente



Parameter	Symbol	1 st test	2 nd test
Mean value without re-positioning	$\mu_{no,rep}$	$-6.11 * 10^{-5} Nm$	$2.66 * 10^{-4} Nm$
Mean value with re-positioning	μ_{rep}	$-7.50 * 10^{-5} Nm$	$7.10 * 10^{-4} Nm$
Standard deviation without re-positioning	$\sigma_{no,rep}$	$0.0018 Nm$	$0.0022 Nm$
Standard deviation with re-positioning	σ_{rep}	$0.0036 Nm$	$0.0037 Nm$

Obiettivo: valutare effetto della velocità

La variazione dell'RMS viene analizzata in funzione della **velocità massima di taglio**.

- Ordine delle velocità casuale
- Stesse leggi di moto (a meno della velocità)
- 4 tagli per ciascuna velocità
- Popolazioni descritte da μ e σ
- Pre-carico $1,96+[0;0,06]$ N

Modalità test 1:

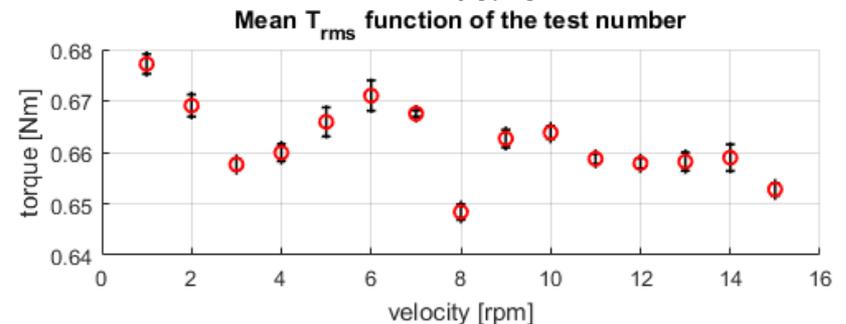
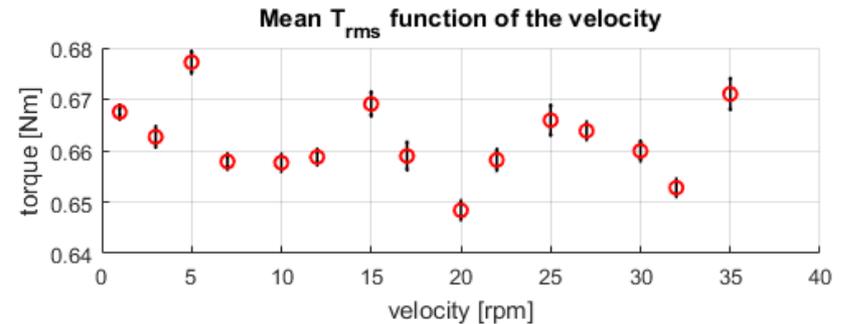
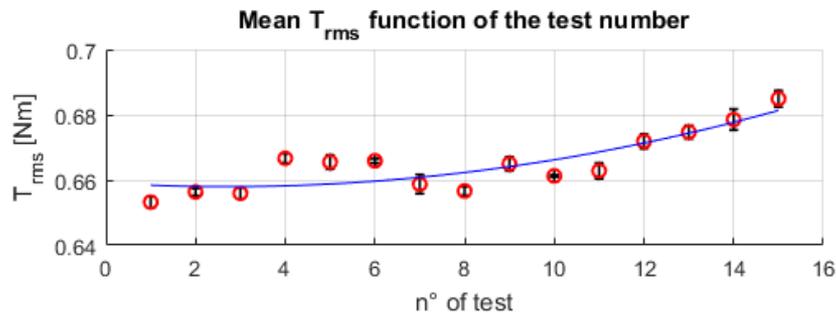
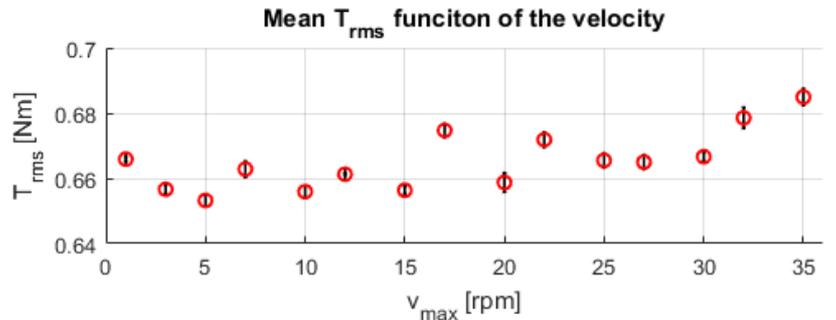
- Forbici nuove
- 1 acquisizione contenente tutte le velocità

Modalità test 2:

- Forbici parzialmente usurate
- n acquisizioni (una per velocità), ciascuna preceduta da un riposizionamento

Risultati: velocità

Non solo l'RMS risulta **indipendente** dalla velocità (in accordo con risultati di test su coltelli (I)), ma la dipendenza dal numero di tagli è visibile per forbici nuove



- (I) Turcot D. Daigle R. Lara, J. and J. Boutin. A new test method to evaluate the cut resistance of glove materials. *Performance of Protective Clothing*, V(1):23–31, 1996.

Obiettivo: valutare effetto del pre-tensionamento

L'influenza sull'RMS del **pre-tensionamento** del materiale di taglio viene valutata.

- Ordine dei pre-tensionamenti casuali
- Stesse leggi di moto
- Popolazioni descritte da μ e σ
- 1 acquisizione contenente tutti i pre-tensionamenti

Modalità test 1 - 4:

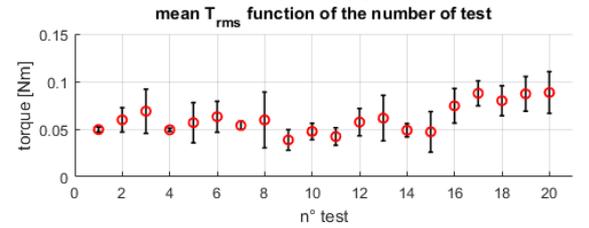
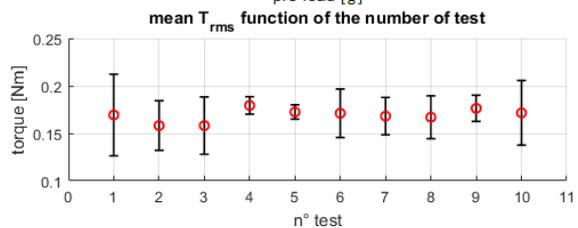
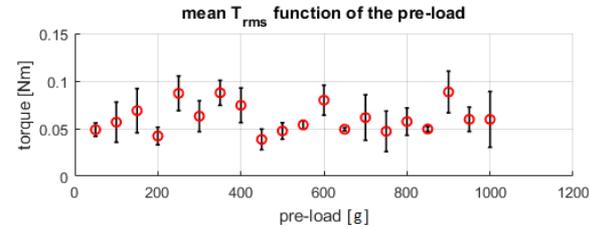
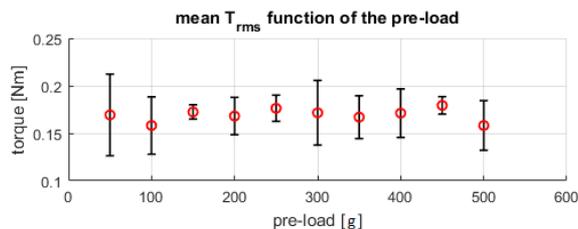
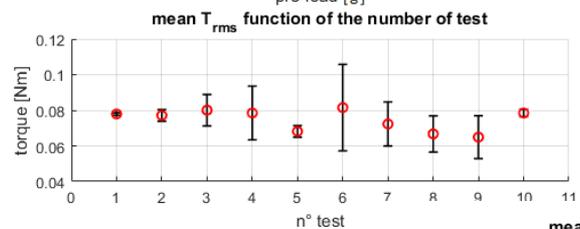
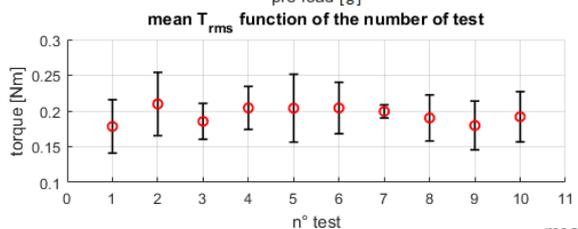
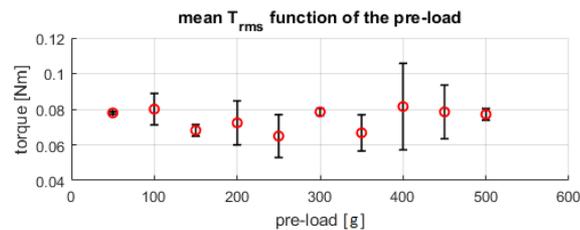
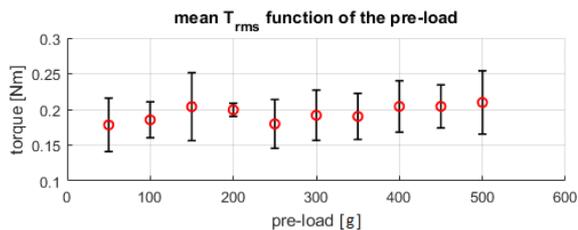
- Forbici nuove
- 10 tagli per ciascuna velocità

Modalità test 2 - 3:

- Forbici parzialmente usurate
- 5 tagli per ciascuna velocità

Risultati: pre-tensionamento

Non è stata ravvisata dipendenza della **potenza** di taglio in funzione del pre-tensionamento del telo nemmeno per alti valori di precarico



Obiettivo: valutare effetto di intacco

L'influenza di un **intacco sulla lama** sulla storia temporale viene analizzata

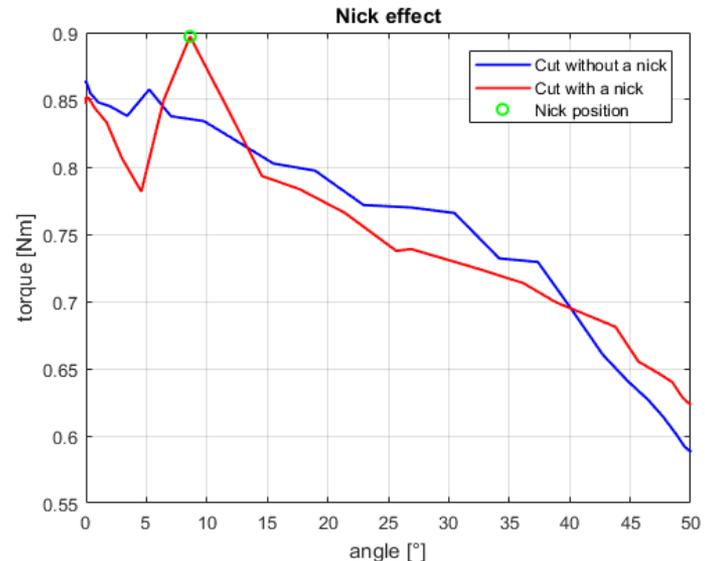
Modalità test:

- Forbici nuove
- 1 acquisizione contenente una serie di tagli prima e dopo l'aggiunta di un intacco
- Legge di moto tre tratti ($\vartheta=50^\circ$, $v=60$ rpm, $a=164$ rpm/s, $d=-164$ rpm/s)
- Pre-carico $1,96+[0;0,06]$ N

Risultati: intacco

Se la lama viene **intaccata** anche solo con dimensioni del difetto a malapena visibile, un **picco nella coppia di taglio** viene generato da un taglio al successivo, situato in corrispondenza dell'angolo di chiusura a cui è posizionato.

Questo risultato è in accordo con risultati su test su coltelli (II)



Raymond W. McGorry, Peter C. Dowd, and Patrick G. Dempsey. A
(II) technique for field measurement of knife sharpness. *Applied Ergonomics*,
36(5):635–640, 2005.

Obiettivo: valutare effetto dell'usura

Si vuole valutare l'influenza dell'**usura** sul valore di RMS di taglio

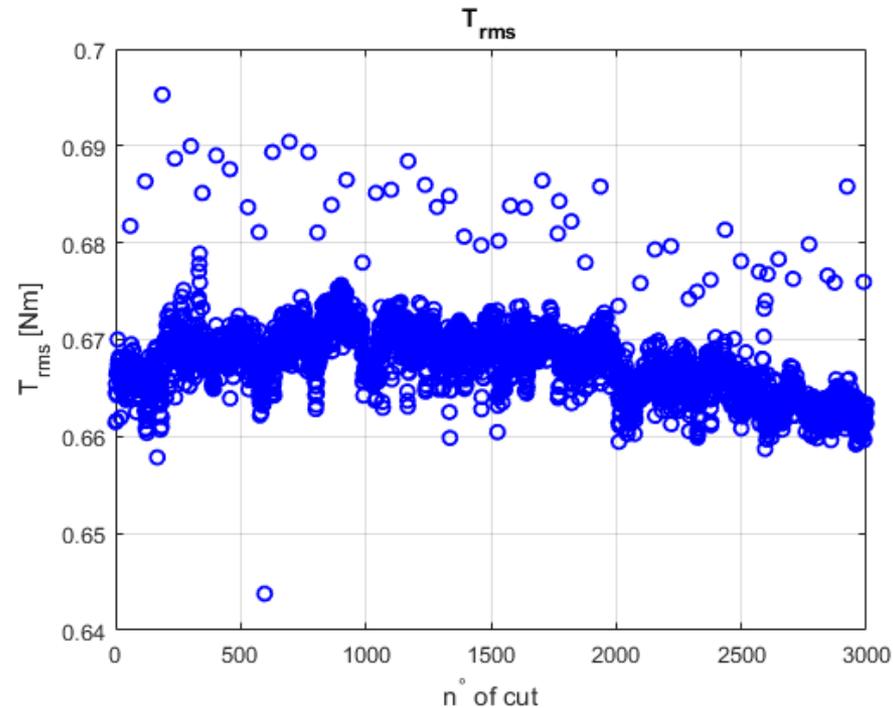
Modalità test:

- Forbici nuove
- 1 acquisizione unica di 3000 cicli di taglio
- Legge di moto tre tratti ($\vartheta=40^\circ$, $v=60$ rpm, $a=164$ rpm/s, $d=-164$ rpm/s)
- Pre-carico $1,96+[0;0,06]$ N

Risultati: usura

Dalla rappresentazione grafica dell'RMS di ciascun taglio, si può osservare una costanza nel valore (ricordando che per variazioni al di sotto degli 0,15 Nm le variazioni non sono significative).

Dunque le forbici testate **non hanno perdite di prestazioni** dopo 3000 tagli





Gruppo di alimentazione

La seconda parte del progetto **prevede l'analisi dei gruppi funzionali** che caratterizzeranno la versione definitiva della macchina. La macchina sarà in grado di testare diverse tipologie di forbici su rotoli di stoffa (e materiali affini) o su altri tipi di materiale che possano essere ricondotti alla forma di rotoli.

Gruppo alimentazione materiale di taglio

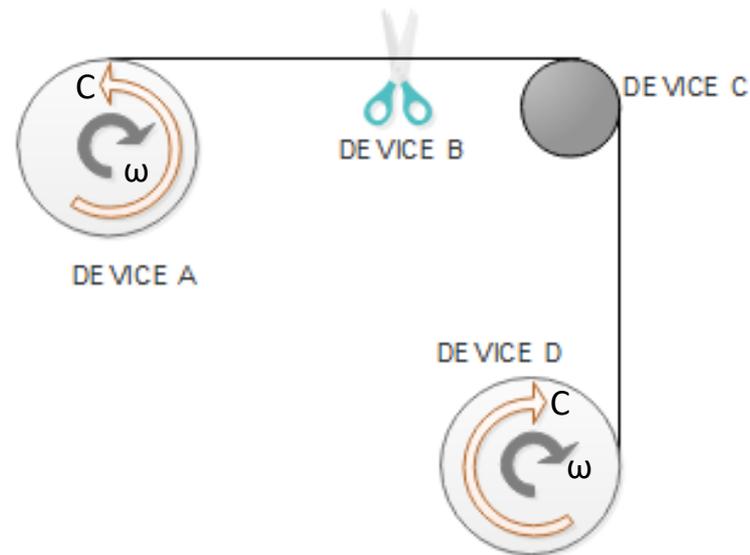
SOLUZIONE ADOTTATA

DEVICE A: è il gruppo svolgitore della macchina; è composto dal rotolo di materiale che deve essere svolto e dal relativo gruppo motore.

DEVICE B: è il gruppo di attuazione forbici precedentemente descritto.

DEVICE C: è una semplice sistema di rimando.

DEVICE D: è il gruppo avvolgitore della macchina; è composto dal rotolo di materiale che deve essere avvolto e dal relativo gruppo motore.



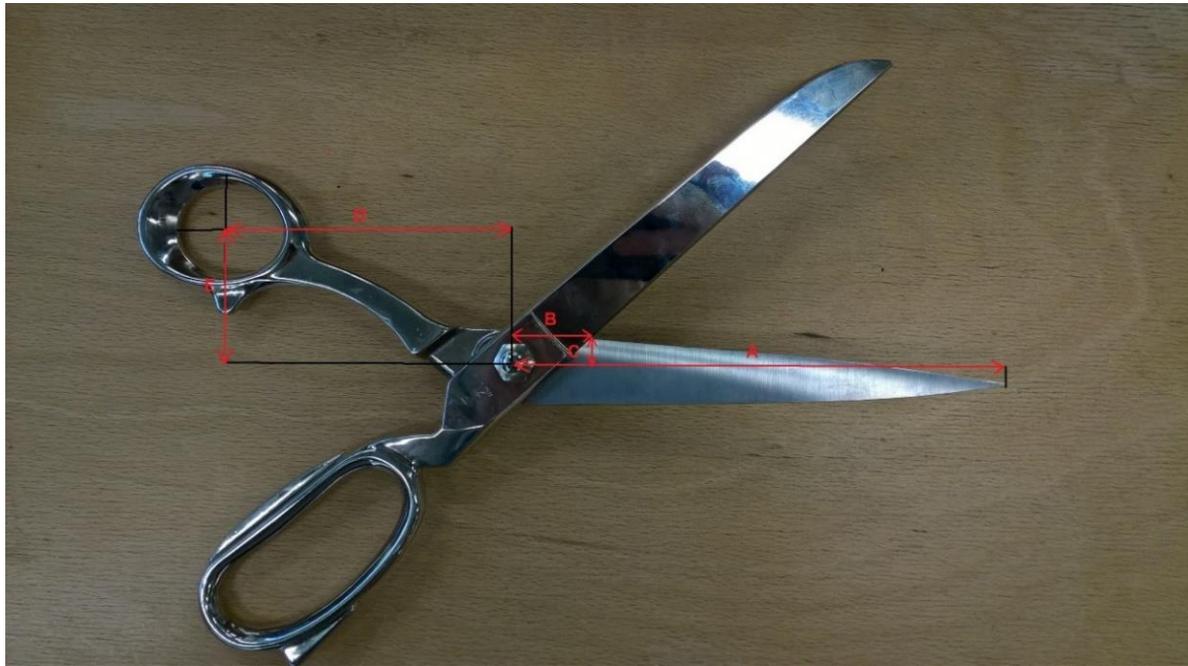
Gruppo alimentazione materiale di taglio - motori per la movimentazione

Il gruppo motori è composto da:

- 1 motore (DEVICE D) che viene controllato in posizione per permettere che il taglio venga eseguito con un avanzamento costante.
- 1 freno (DEVICE A) controllato in coppia; fornisce una coppia resistente allo svolgimento del materiale per consentirne un tensionamento prestabilito.

Posizionamento iniziale

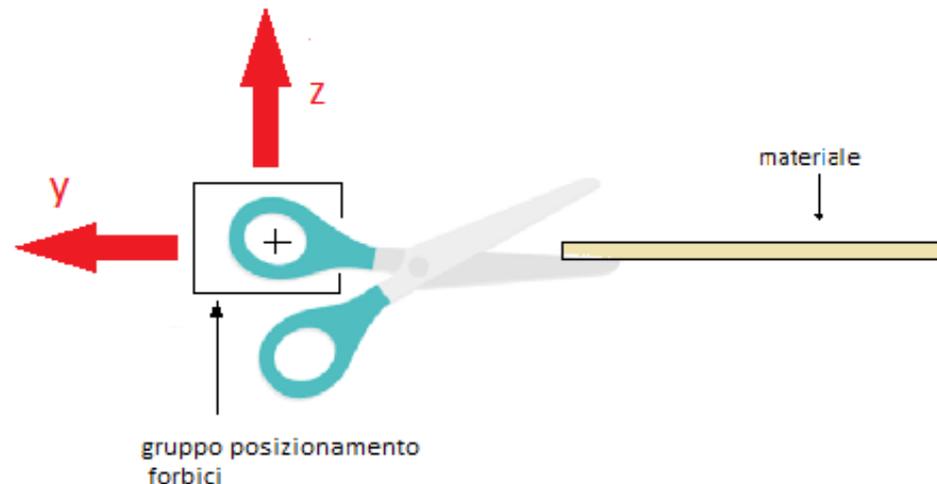
Dal momento che le diverse tipologie di forbici da testare differiscono tra loro per le dimensioni caratteristiche riportate in figura è necessario prevedere un sistema che ne permetta il corretto posizionamento rispetto al materiale indipendentemente dalla tipologia.



Posizionamento iniziale – posizionamento forbici

La lama fissa delle forbici deve essere parallela e vicina alla striscia di materiale, la lama mobile deve impegnarsi completamente su di esso. Per permettere ciò, il gruppo posizionamento forbici può essere alloggiato su:

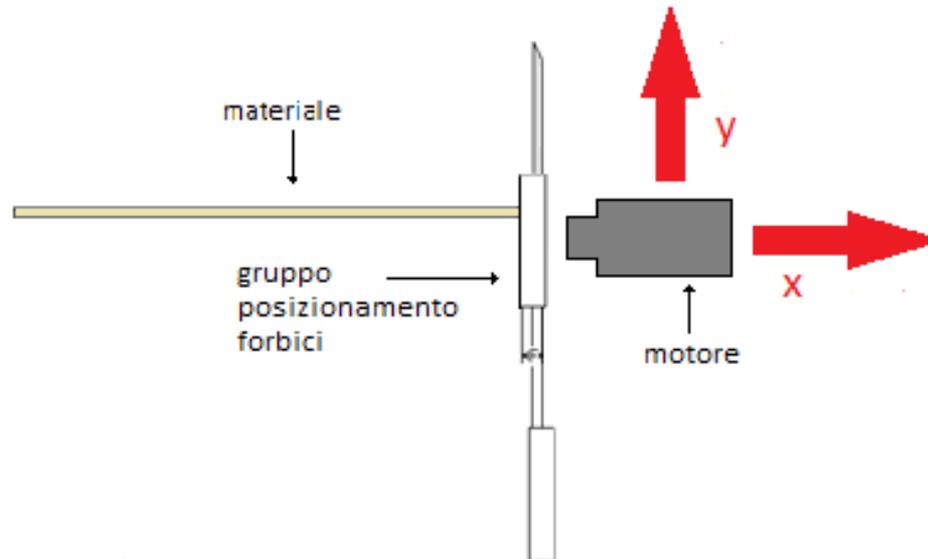
- 1) Due contropiastre con **asole e viti di serraggio** (y,z)
- 2) una **slitta bidirezionale** (y,z)



Posizionamento iniziale – posizionamento motore

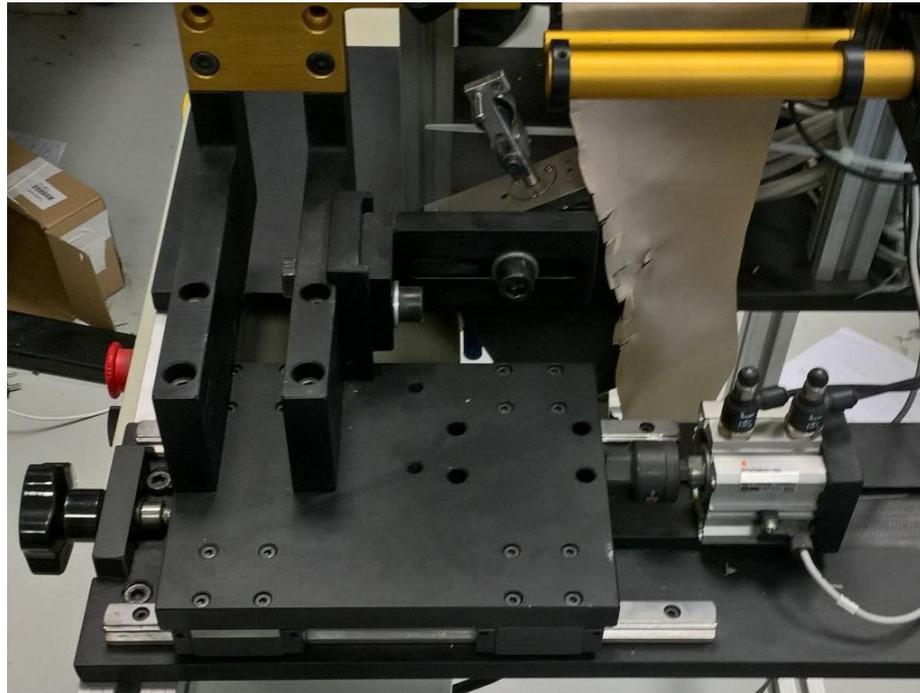
Posizionate le forbici il motore che ne permette la rotazione deve essere centrato ed in contatto con il perno delle stesse. Ciò può essere realizzato muovendo il gruppo motore tramite:

- 1) Una **slitta bidirezionale** (x,y)
- 2) Una **slitta monodirezionale** (x) e una **contropiastra con asola e viti di serraggio** (y)



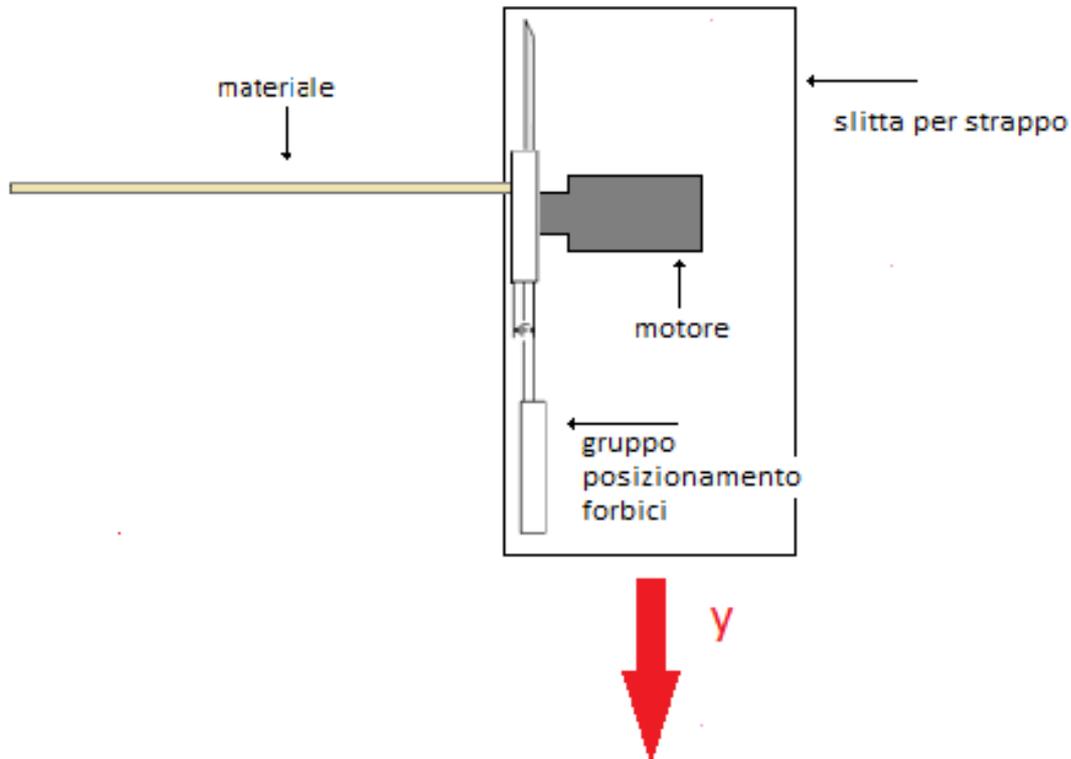
Gruppi addizionali: gruppo taglio con strappo

La soluzione adottata per il taglio con strappo prevede l'alloggiamento del motore e del gruppo posizionamento forbici (precedentemente descritti) su una **slitta monodirezionale**



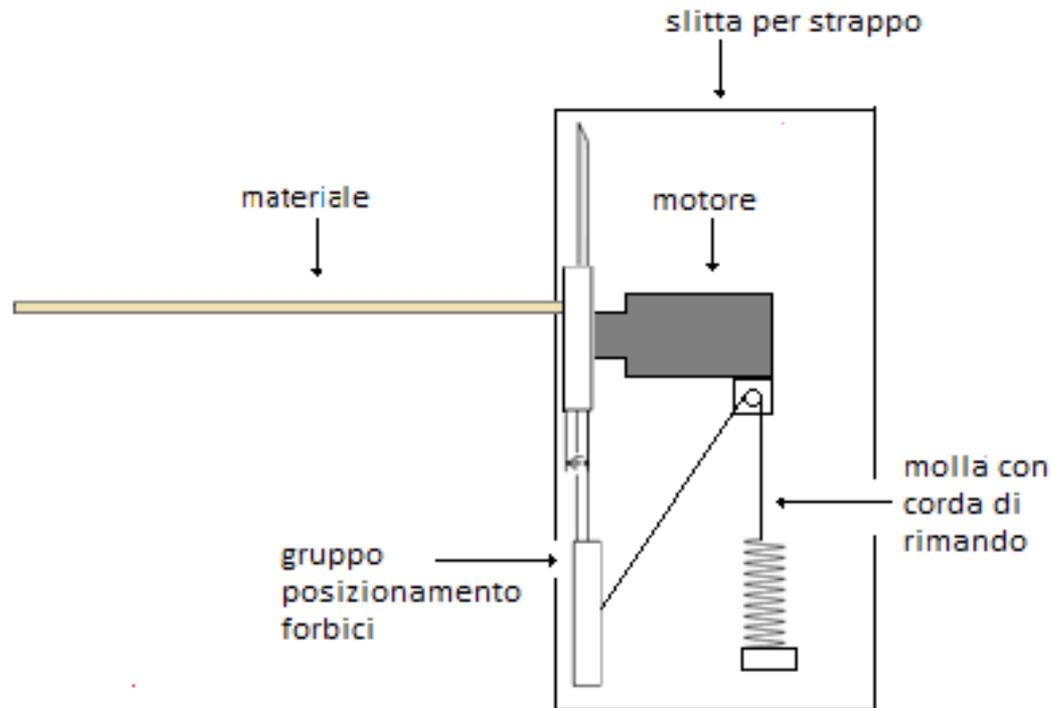
Gruppi addizionali: gruppo taglio con strappo

Per la movimentazione della slitta (y) si prevede l'attuazione tramite un **motore elettrico** con **cinghia** connessa alla slitta



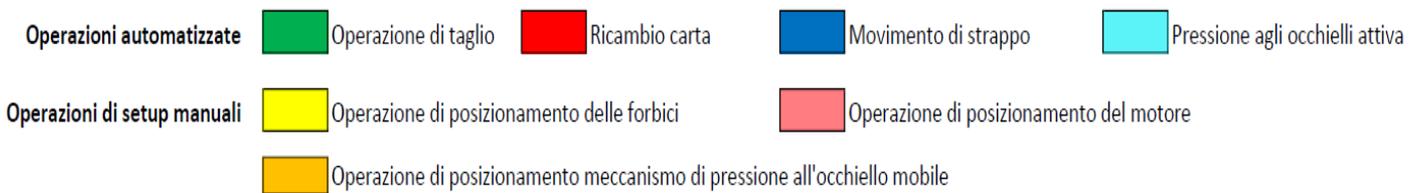
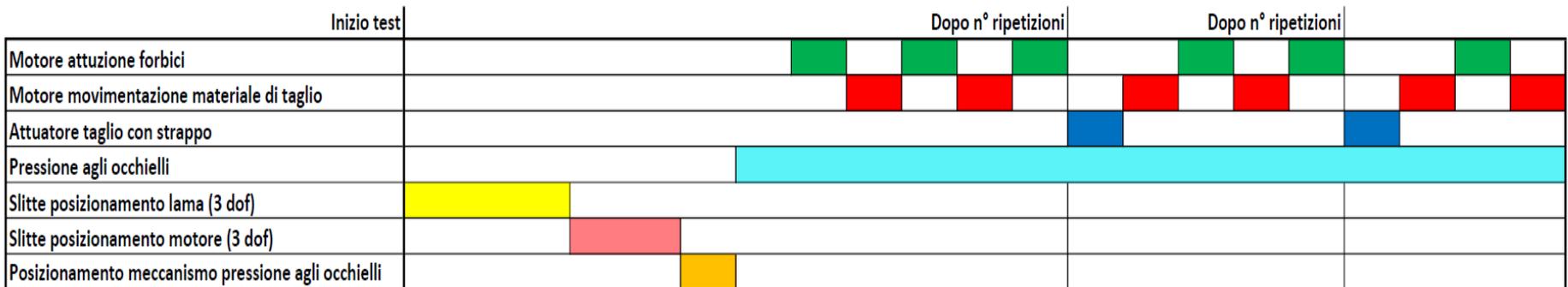
Gruppi addizionali: pressione laterale agli occhielli

È possibile riprodurre la pressione esercitata dal palmo della mano durante l'utilizzo delle forbici con un ulteriore meccanismo dedicato composto da una **molla** con una **corda di rimando**



Sincronizzazione dei movimenti

Nello schema seguente è riportata la sequenza con cui devono essere effettuate le operazioni precedentemente descritte



Stima dei costi

In tabella sono riportati i costi stimati per l'acquisto del materiale precedentemente descritto

COMPONENTE	QUANTITA'	COSTO [€/pezzo]	COSTO [€]
motore avvolgitore	1 disponibile		
motore svolgitore	1	100	100
encoder	2	25	50
sensore ultrasuoni	1	160	160
slitta monodirezionale (motore forbici)	2	25	50
slitta monodirezionale (posiz. forbici)	2	25	50
motore gruppo strappo	1	100	100
slitta monodirezionale	1	25	25
scheda acquisizione e controllo	1	600	600
TOTALE			1135