

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
«Comportamento tribologico di fluidi
magnetoreologici in processi di
stampaggio di lamiere metalliche»

Tutor universitario: Prof. Andrea Ghiotti

Laureando: *Severin Giacomo - 1222327*

Padova, 24/11/2022

- 1 – Introduzione
- 2 – Problema e approccio
- 3 – Materiali
- 4 – Macchine di prova
- 5 – Campagna sperimentale
- 6 – Risultati
 - 6.1 – Prove monotone
 - 6.2 – prove cicliche
- 7 – Conclusioni

Stampaggio Lamiera:

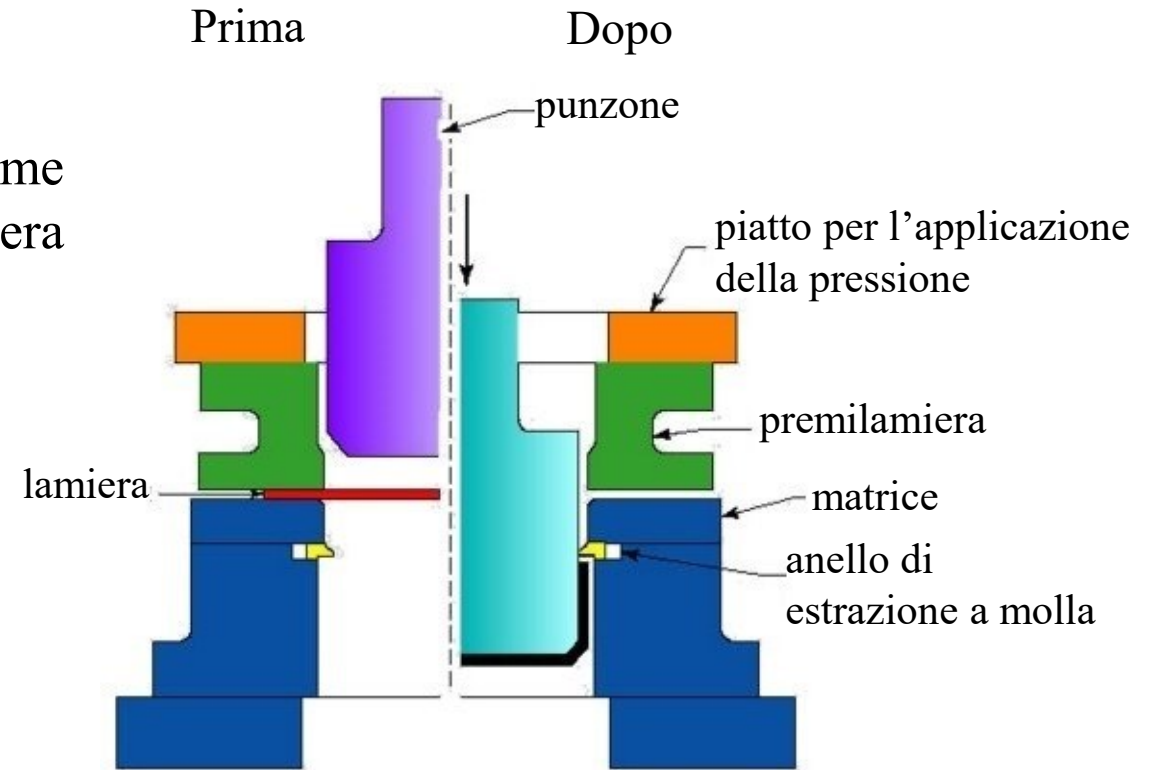
Processo che permette di ottenere componenti di forme semplici o complesse a partire da un foglio di lamiera attraverso deformazione plastica.

Si divide in:

- Stampaggi progressivo
- Stampaggio a trasferta



Esempio di componente realizzato con stampaggio progressivo

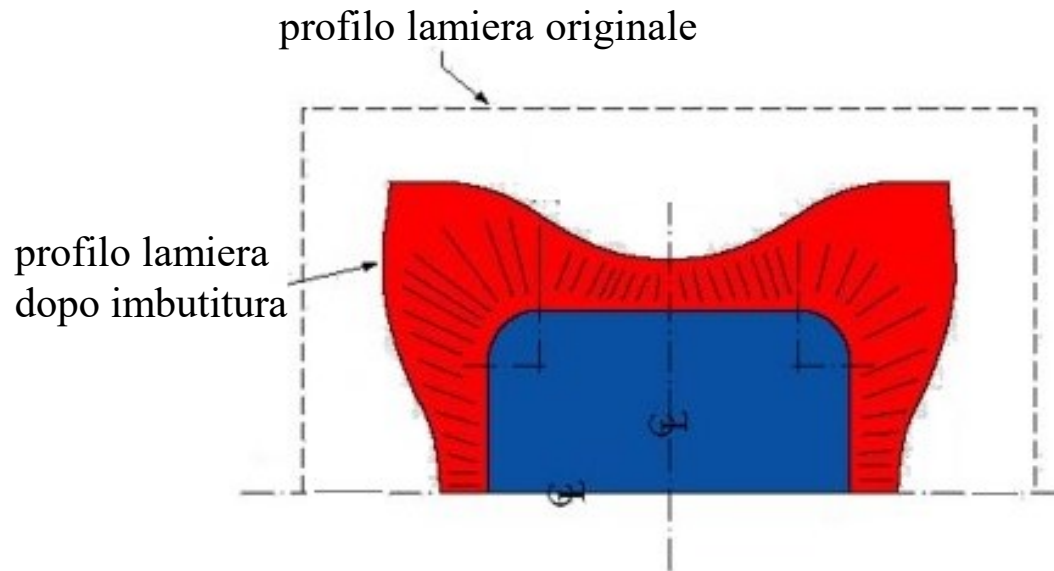


Operazioni che fanno parte del processo di stampaggio:

- | | |
|---------------|---------------|
| • Tranciatura | • Flangiatura |
| • Punzonatura | • Coniatura |
| • Piegatura | • Imbutitura |

Problema industriale:

Diverso flusso del materiale a seconda della lunghezza del lato del punzone.



Obiettivo:

- Verificare se l'utilizzo di un fluido magnetoreologico in presenza di un campo magnetico può portare alla variazione del coefficiente di attrito in modo da regolare il flusso del materiale nei punti desiderati;
- Verificare l'usura del premilamiera.

Approccio:

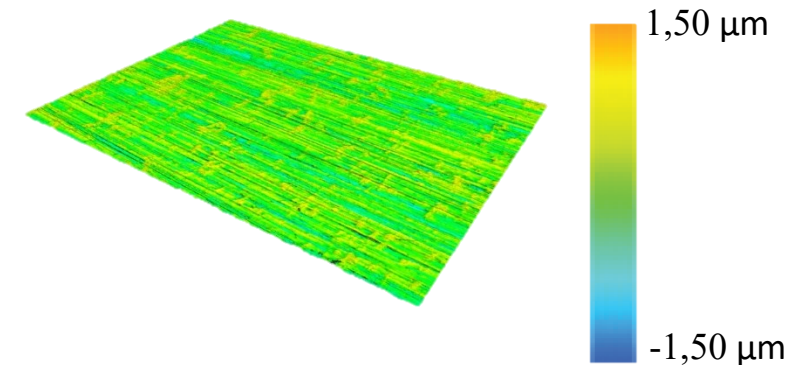
Non potendo realizzare in loco le condizioni del problema, si è optato per la realizzazione di prove di attrito e usura utilizzando strip drawing machine.

- **Punzone:** Acciaio EN X210Cr12 temprato

C	Si	Mn	P	S	Cr
1,9 - 2,2	0,1 - 0,6	0,2 - 0,6	max 0,03	max 0,03	11 - 13

Composizione chimica % acciaio X210Cr12

Fonte: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=980



Profilometria punzoni a 0 cicli: Ra = 0,105 µm

- **Lamiera:** Acciaio DC05

C	Mn	P	S
max 0,06	max 0,35	max 0,025	max 0,025

Composizione chimica % acciaio DC05

Fonte: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=202



Foto lamiera e punzone utilizzati durante campagna sperimentale

- **Fluido magnetoreologico:** ARUS AMT-SMARTEC+

Aspetto	Liquido grigio scuro
Densità [g/cm ³]	2,95 – 3,05
Viscosità a 40°C [Pa·s]	0,188 ± 0,027
Tempo risposta	< millisecondo
Punto infiammabilità [°C]	>180
Range temperatura [°C]	-40 → +150
Contenuto solido % in peso	82
Max. tensione snervamento [KPa]	61 ± 5

Proprietà fluido magnetoreologico

Fonte: <https://arusmrtech.com/product/amt-smartec/>

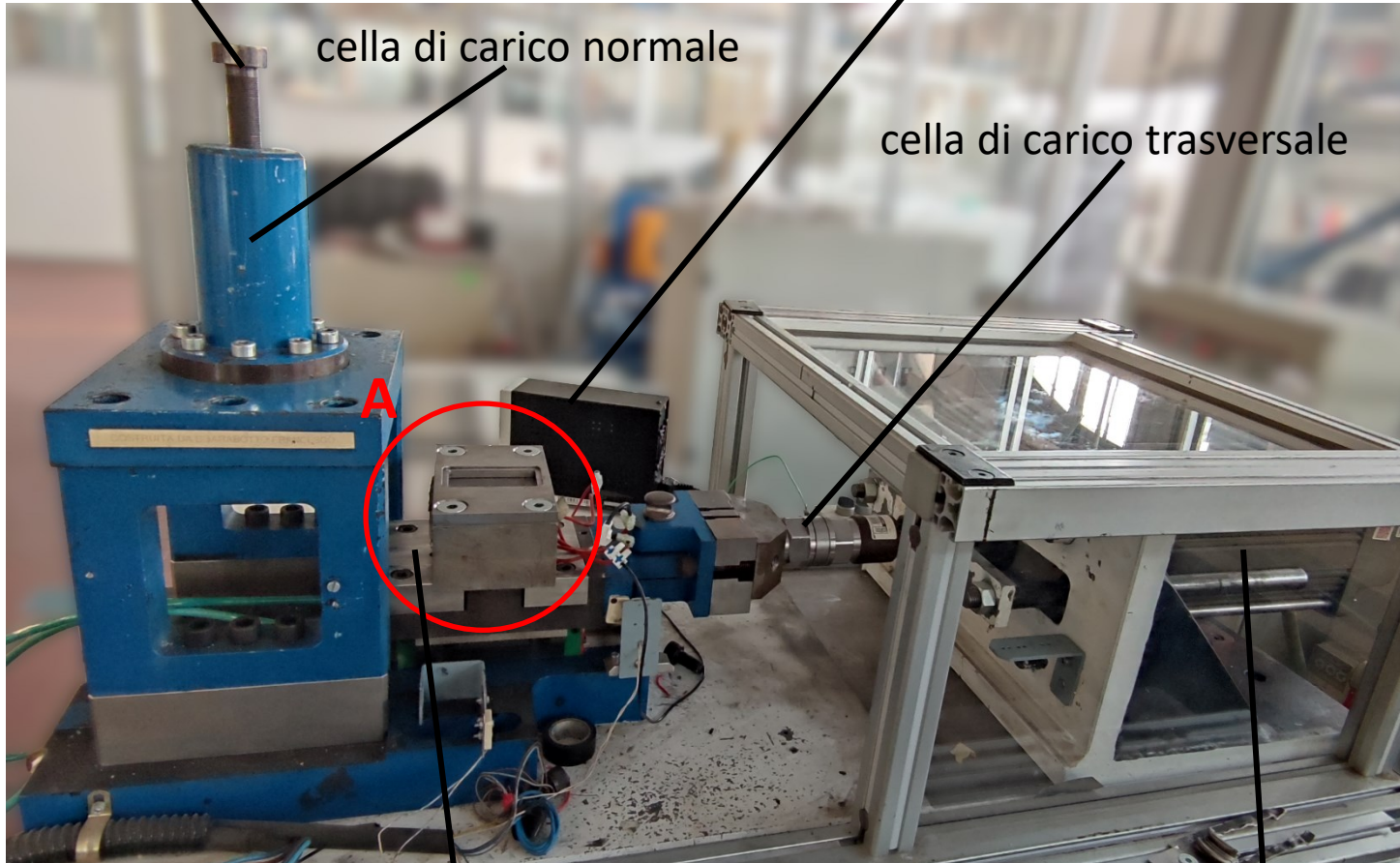
Strip drawing machine:

vite carico normale

generatore alimentazione core

cella di carico normale

cella di carico trasversale

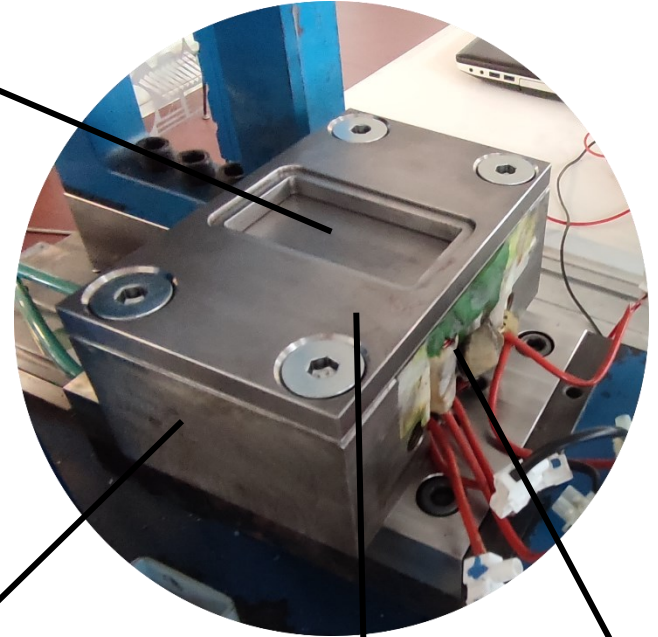


carrello porta stampo

motore movimento trasversale

Particolare A:

lamiera



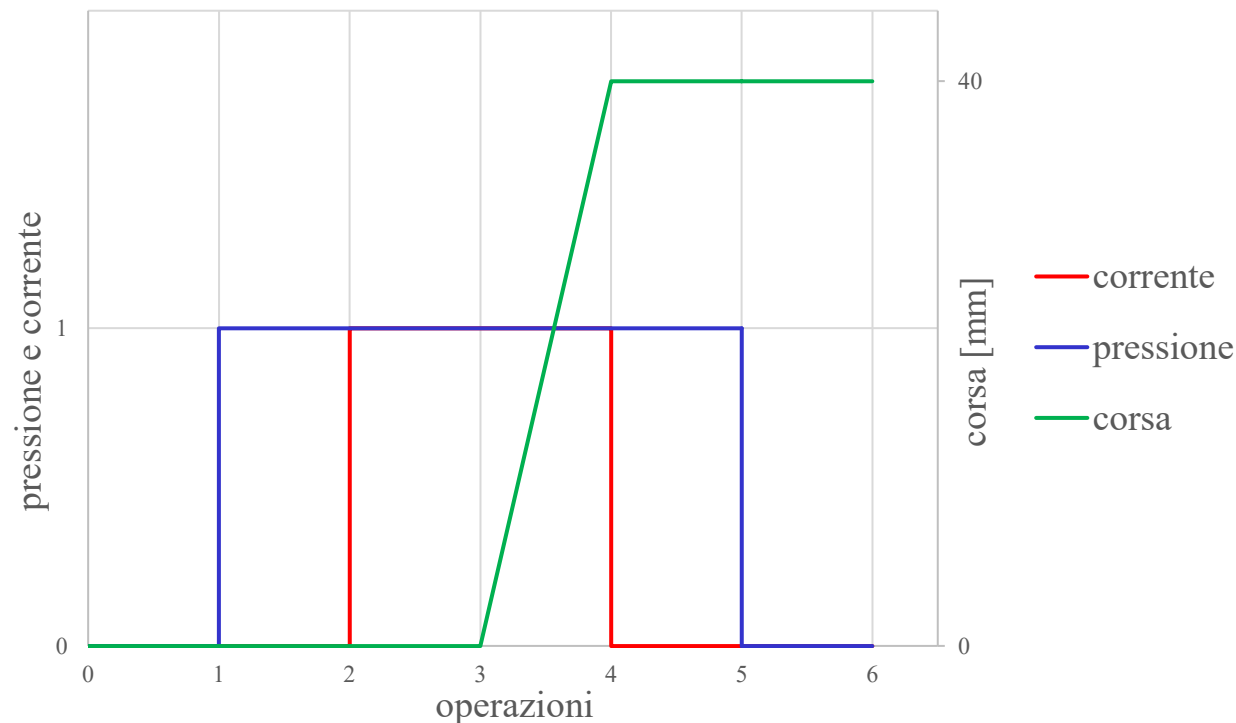
stampo inferiore

3 core elettrici

stampo superiore con
vaschetta per fluido
magnetoreologico

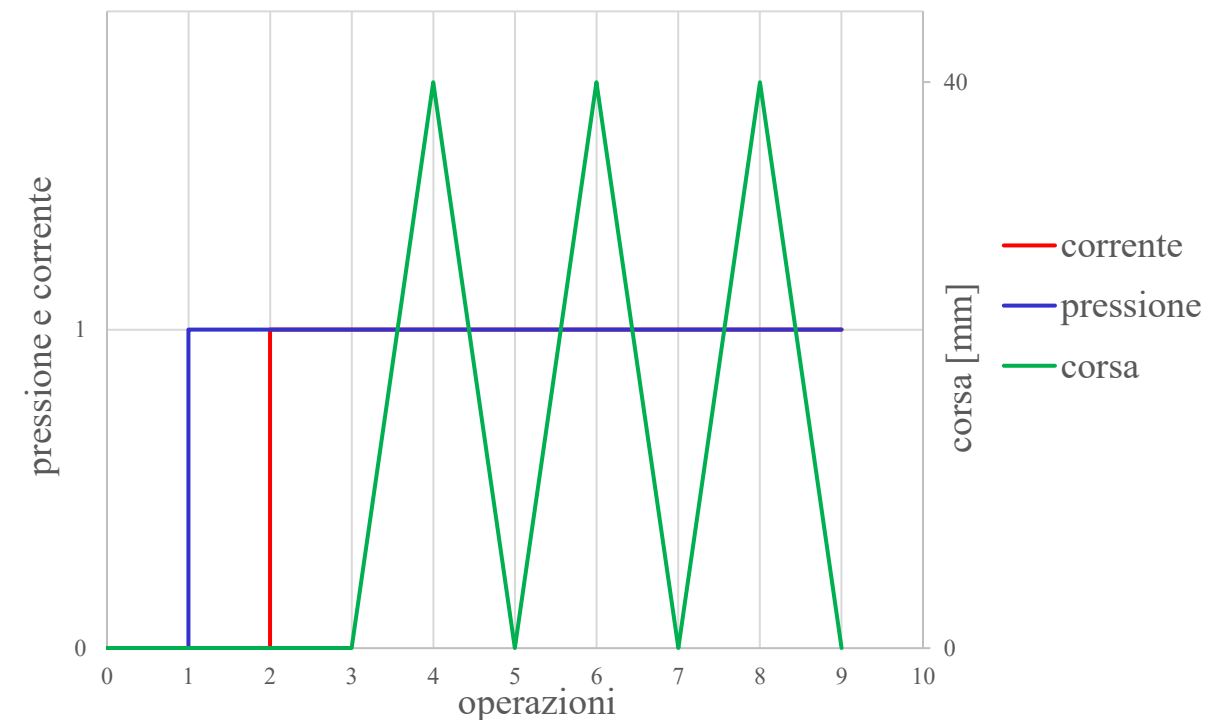
Prove monotone:

Velocità [mm/s]	5 ; 20
Intensità corrente [A]	0 ; 2,5 ; 5
Pressione normale [MPa]	1 ; 5
Corsa [mm]	40

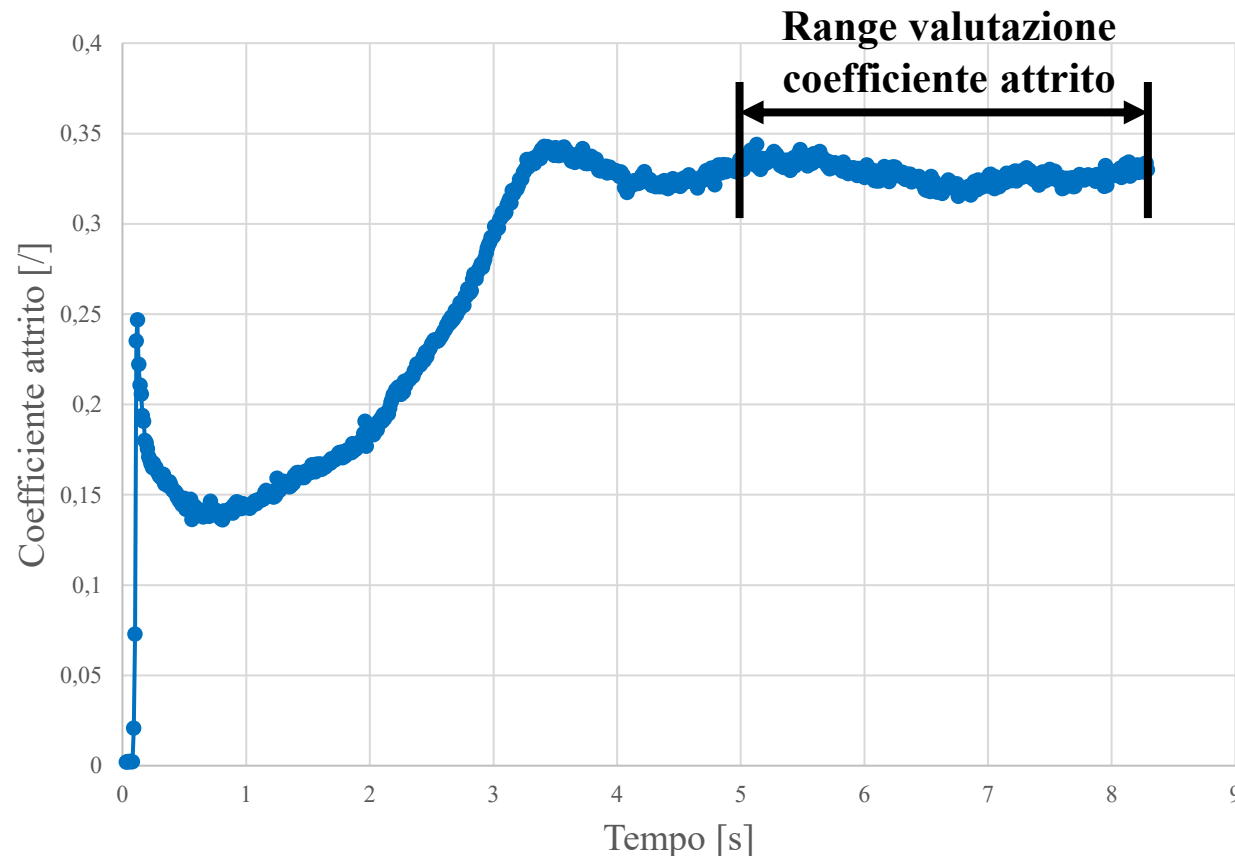


Prove cicliche:

Velocità[mm/s]	15
Intensità corrente [A]	0 ; 5
Pressione normale [MPa]	5
Corsa [mm]	25



Rappresentazioni grafiche dell'ordine di esecuzione delle varie operazioni nelle 2 tipologie di prove
(0 → pressione e corrente non applicati; 1 → pressione e corrente applicati)



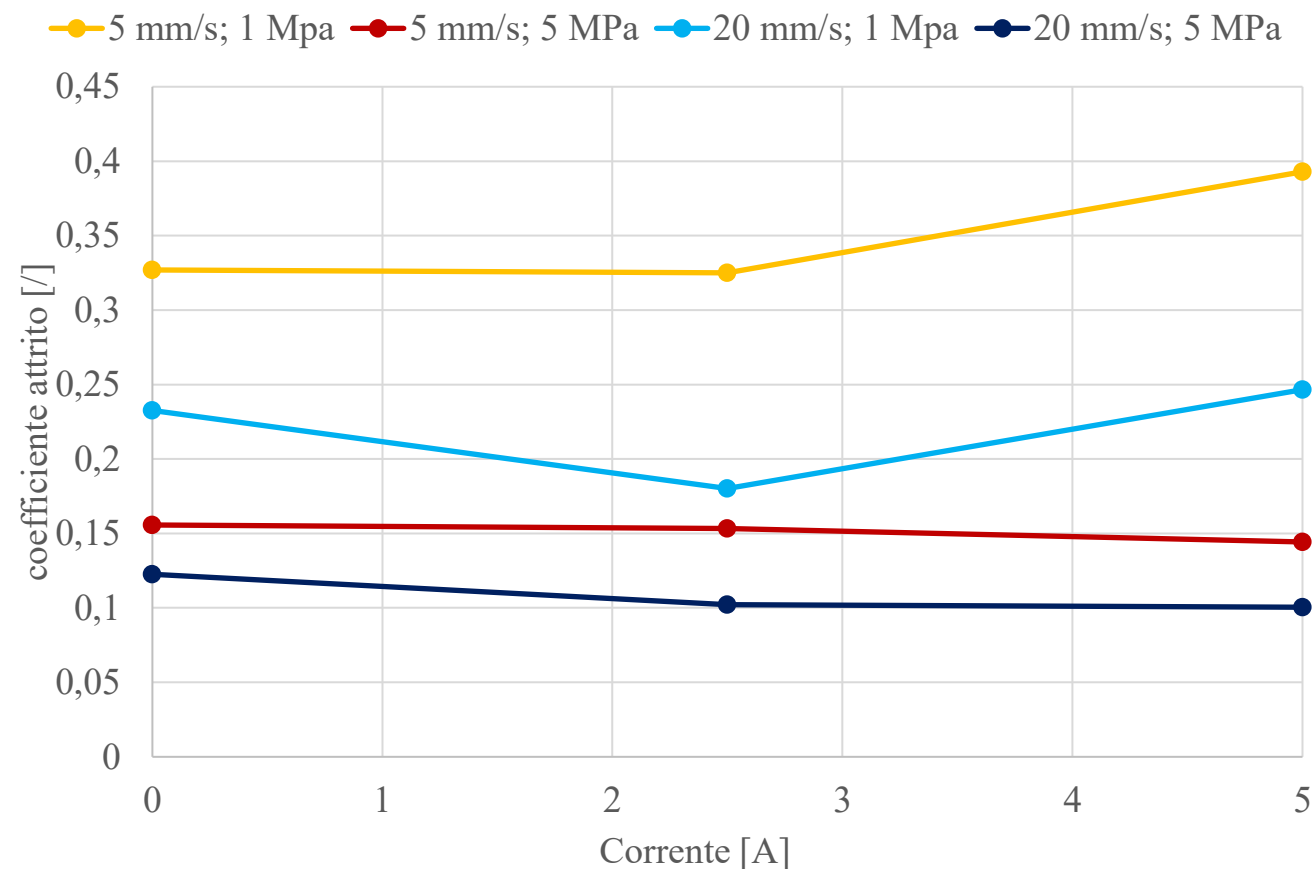
Andamento tipico del coefficiente di attrito in una prova monotona con velocità di 5 mm/s e corrente di 2,5 A.

Note la forza normale F_n e la forza tangenziale F_t dalle celle di carico è possibile calcolare il coefficiente di attrito con:

$$\mu = \frac{F_t}{F_n}$$

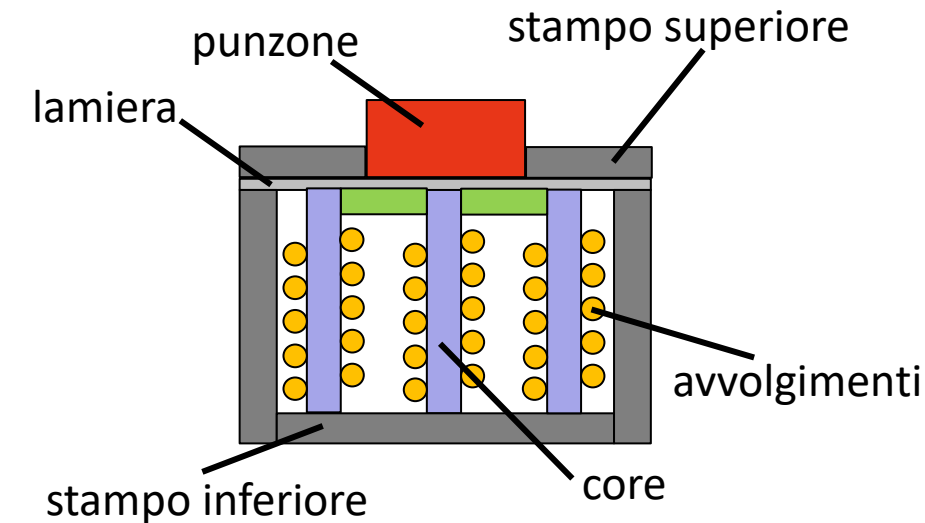
Il valore medio del coefficiente di attrito non è stato valutato nel tratto iniziale della curva in quanto presenta un andamento crescente ma è stato valutato in quello finale, in cui esso ha un andamento quasi costante.

Numero prova	Velocità [mm/s]	Corrente [A]	Pressione [Mpa]	Corsa [mm]	coefficiente attrito [/]
1	5	0	1	40	0,3269
2	5	2,5	1	40	0,3251
3	5	5	1	40	0,3928
4	20	0	1	40	0,2326
5	20	2,5	1	40	0,1801
6	20	5	1	40	0,2465
7	5	0	5	40	0,1557
8	5	2,5	5	40	0,1533
9	5	5	5	40	0,1442
10	20	0	5	40	0,1226
11	20	2,5	5	40	0,1021
12	20	5	5	40	0,1004



Confronto tra i valori medi dei coefficienti di attrito ottenuti nelle diverse prove monotone effettuate

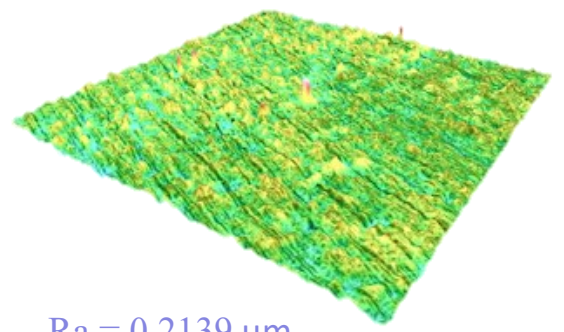
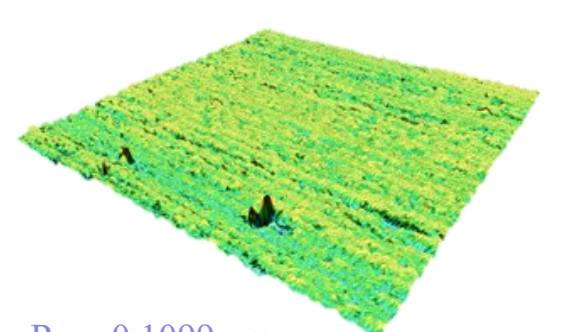
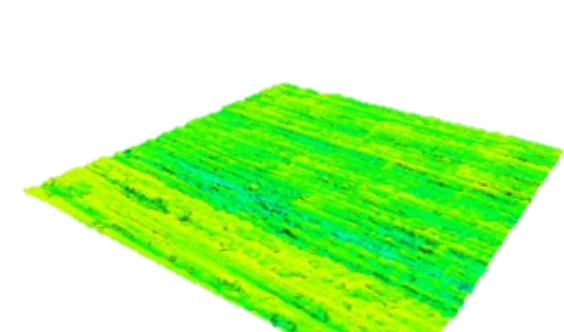
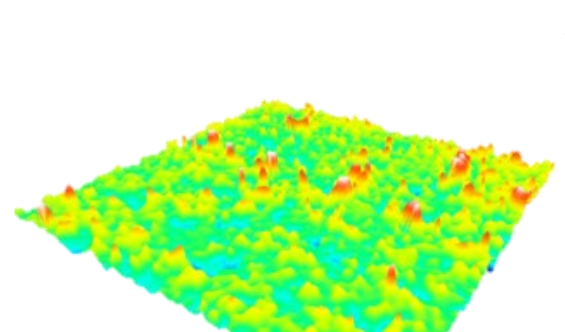
n° cicli	0 A	5 A
~ 2000		
~ 8000		
~ 18000		



Rappresentazione della zona di lavoro del punzone

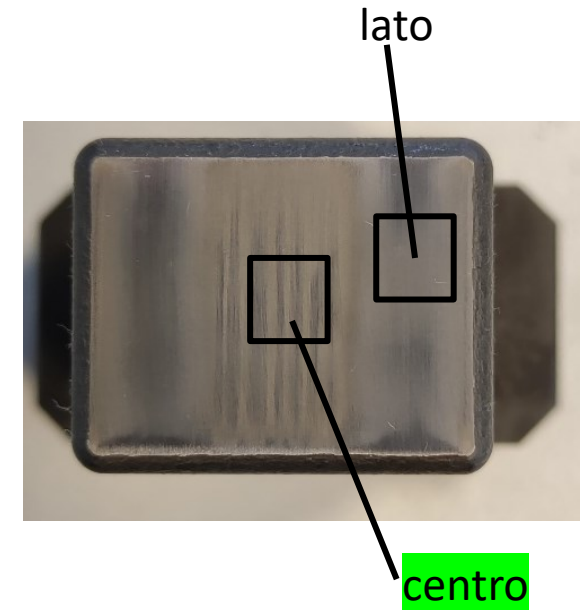
Una maggiore usura della parte centrale del punzone rispetto a quella laterale può essere giustificata dalla presenza in quel punto di una zona più dura della lamiera, dovuta al core sottostante, rispetto alle zone adiacenti dove è presente la resina.

Confronto tra le superfici dei punzoni con corrente di 0 e 5 A in funzione del numero di cicli

n° cicli	0 A	5 A
~ 4000	 <p>3,00 μm</p> <p>Ra = 0,2139 μm</p> <p>-3,00 μm</p>	 <p>1,50 μm</p> <p>Ra = 0,1099 μm</p> <p>-1,50 μm</p>
~ 18000	 <p>3,00 μm</p> <p>Ra = 0,1799 μm</p> <p>-3,00 μm</p>	 <p>3,00 μm</p> <p>Ra = 0,1282 μm</p> <p>-3,00 μm</p>

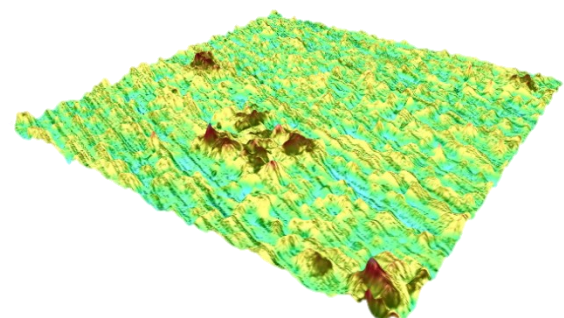
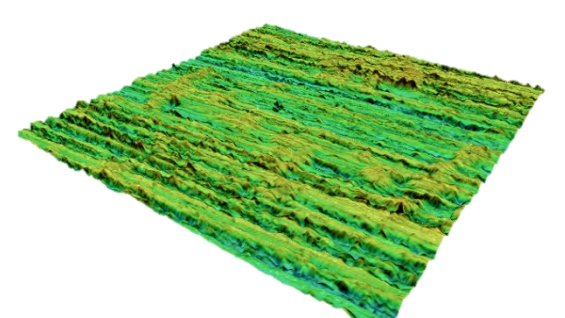
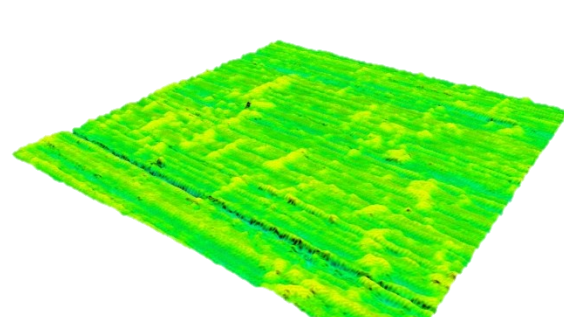
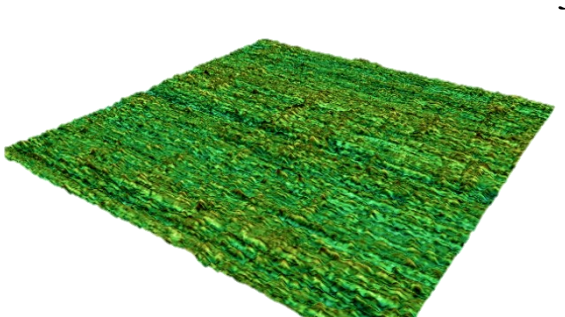
Per quanto detto prima con le profilometrie sono state analizzate 2 zone:

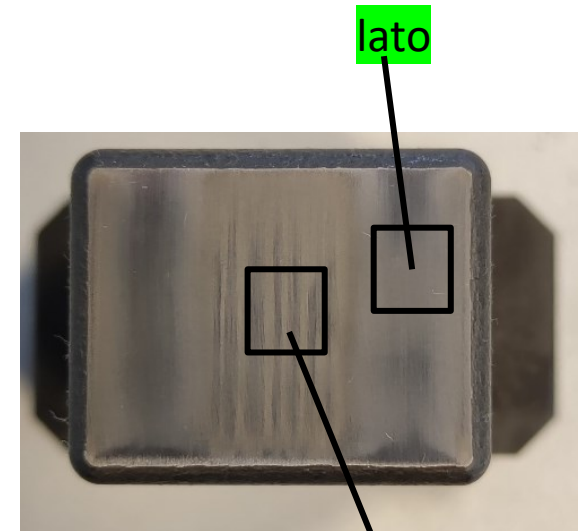
1. centro;
2. lato.



Punti in cui sono state eseguite le profilometrie

Confronto tra le profilometrie nel CENTRO dei punzoni a 0 e 5 A in funzione del numero di cicli

n° cicli	0 A	5 A
~ 4000	 <p>3,00 μm</p> <p>Ra = 0,3085 μm</p> <p>-3,00 μm</p>	 <p>1,50 μm</p> <p>Ra = 0,1339 μm</p> <p>-1,50 μm</p>
~ 18000	 <p>3,00 μm</p> <p>Ra = 0,161 μm</p> <p>-3,00 μm</p>	 <p>3,00 μm</p> <p>Ra = 0,1583 μm</p> <p>-3,00 μm</p>



Punti in cui sono state eseguite le profilometrie

Confronto tra le profilometrie nel LATO dei punzoni a 0 e 5 A in funzione del numero di cicli

Prove monotone:

- Eseguite 20 prove, ottenute dalla combinazione dei parametri precedentemente riportati;
- I coefficienti di attrito medio variano in modo significativo aumentando la velocità e la pressione, in particolare il suo valore passa da 0,3269 con 5 mm/s e 1 MPa a 0,1004 con 20 mm/s e 5 MPa.

Prove cicliche:

- Eseguiti 18000 cicli su entrambi i punzoni andando ad utilizzare 18 lamiere, sostituite dopo 2000 cicli;
- La zona centrale usurata del punzone in presenza di corrente è più ampia di quella del punzone a cui non viene applicata, questo può essere dovuto alla presenza del campo magnetico che può aver causato una diversa distribuzione del fluido.
- Dalle profilometrie si possono notare i solchi paralleli alla direzione di lavorazione e la presenza di picchi elevati dovuta all'adesione di particelle metalliche.

Grazie per l'attenzione