Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"

Stav s.r.l. Saldobrasature Trattamenti Termici Sottovuoto

Tempra laser di 40CrMnMo7 pre-nitrurato in plasma Influenza delle condizioni di trattamento

E. Colombini, G. Poli, R. Sola, P. Veronesi,

Dipartimento di Ingegneria dei Materiali "Enzo Ferrari", Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

G. Parigi, N. Raffaelli.

Stav s.r.l, Barberino del Mugello

24° CONVEGNO NAZIONALE TRATTAMENTI TERMICI

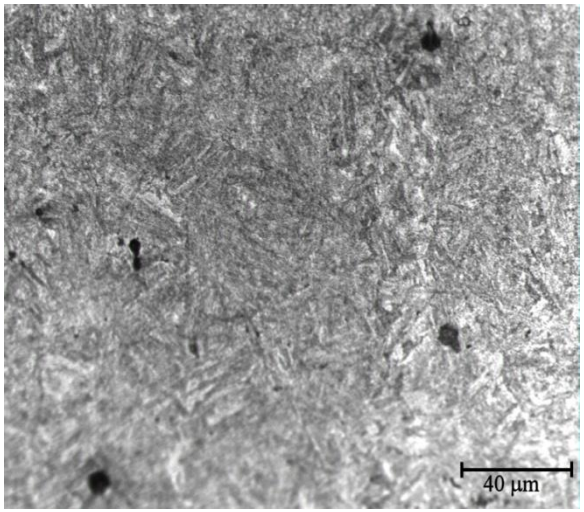
Scopo

Studio dell'effetto della tempra laser su proprietà meccaniche dell' acciaio 40CrMnMo7 pre-nitrurato al plasma utilizzando il DoE

Vantaggi attesi:

- Incremento profondità di tempra
- Basso coefficiente di attrito
- Buona durezza superficiale

Materiale



Composizione Chimica [%]						
	C	Si	Mo	Mn	Cr	Fe
1.2311 (40CrMnMo7)	0.41	0.30	0.18	1.35	1.94	resto

	Temperatura [°C]		
	20	200	400
Proprietà Fisiche			
Densità [kg·m^{-3}]	7800	7750	7700
Coefficiente espansione termica [per °C da 0 °C]	-	12.7 x 10^{-6}	13.6 x 10^{-6}
Conduttività termica [W/m·°C]	29.0	29.5	31.0
Calore Specifico [J/kg·°C]	460	-	-
Modulo di Elasticità			
[N/mm^2]	205 000	200 000	185 000

DoE: Variabili

Fattori che influenzano l'attendibilità delle prove sperimentali (approccio monovariato)

- la scelta di una risposta che sia significativa del problema;
- gli errori di misura;
- gli errori "intrinseci" nella ripetibilità delle condizioni di prova;
- la scelta delle variabili da investigare (il numero, le interazioni, la complessità nel gestirle).

Variabili Indipendenti

- T: 1150°C - 1350°C;
- distanza focale: 150 mm – 250 mm;
- velocità di passata del fascio laser: 3 mm/s - 7 mm/s.

Variabili Dipendenti

- HV_1
- profondità di indurimento
- lunghezza e larghezza zona lenticolare caratteristica del trattamento di tempra laser
- Scratch
- Wear Rate

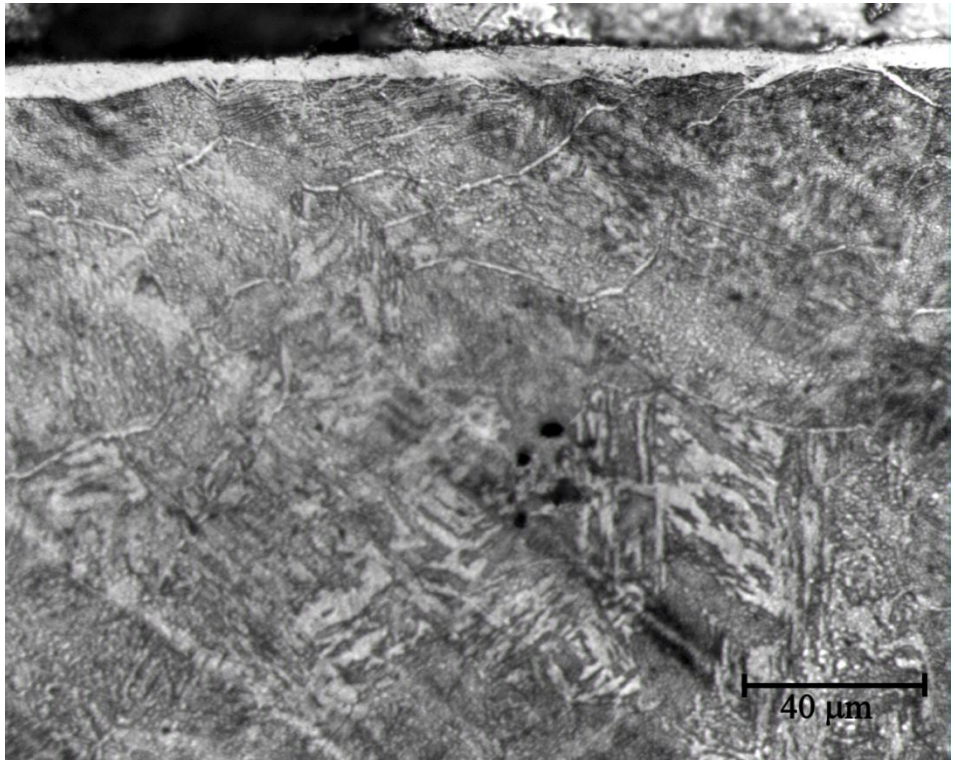
Sistema a superficie di risposta 20 esperimenti: 15 differenti e 5 ripetizioni

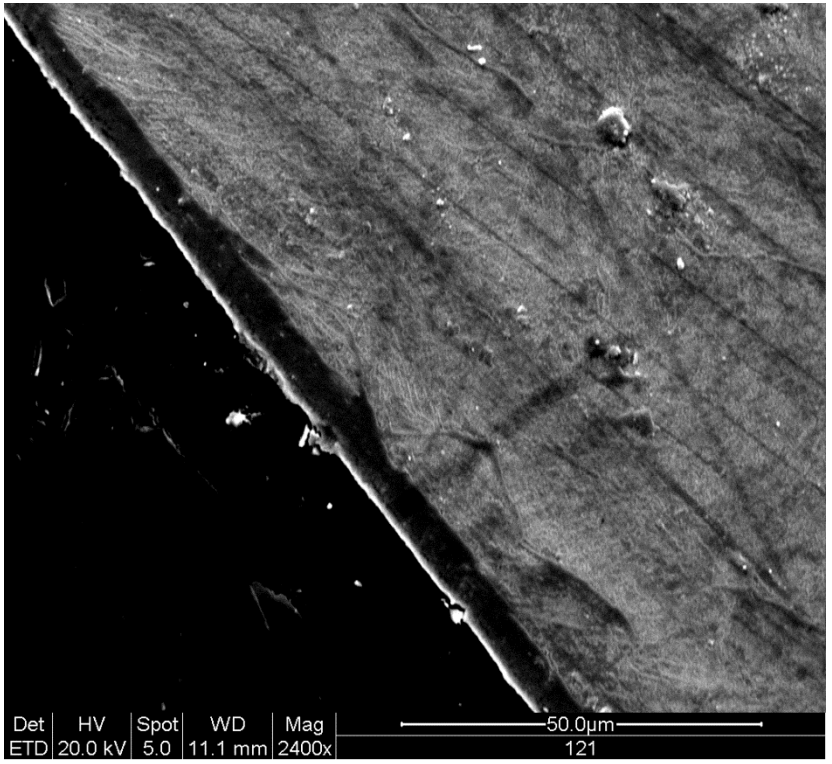
DoE: Piano Esperimenti

Campione	Spot Laser [mm]	d focale [mm]	T [°C]	v[mm/s]
1	4x4	150	1150	3
2	7x7	250	1150	3
3	4x4	150	1350	3
4	7x7	250	1350	3
5	4x4	150	1150	7
6	7x7	250	1150	7
7	4x4	150	1350	7
8	7x7	250	1350	7
9	4x4	150	1250	5
10	7x7	250	1250	5
11	5x5	200	1150	5
12	5x5	200	1350	5
13	5x5	200	1250	3
14	5x5	200	1250	7
15	5x5	200	1250	5
16	5x5	200	1250	5
17	5x5	200	1250	5
18	5x5	200	1250	5
19	5x5	200	1250	5
20	5x5	200	1250	5

Risultati: Materiale Nitrurato

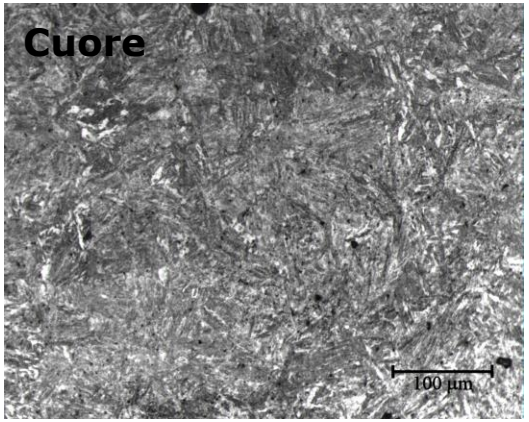
Strato Nitrurato

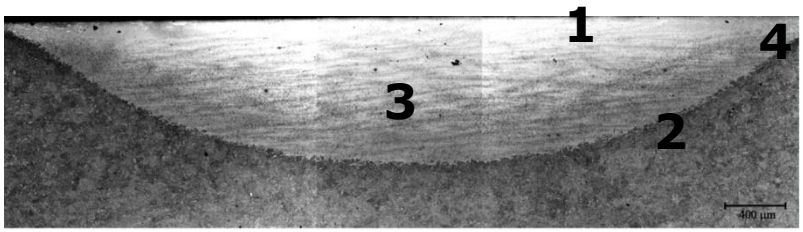


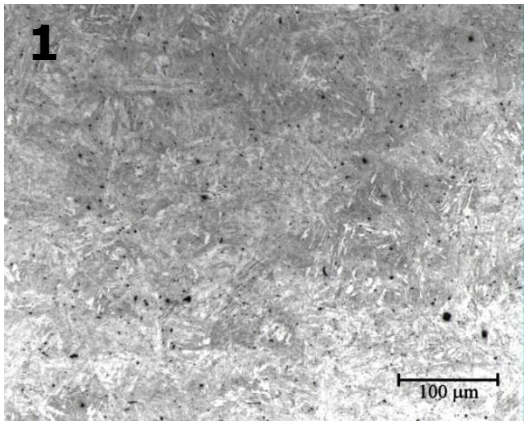


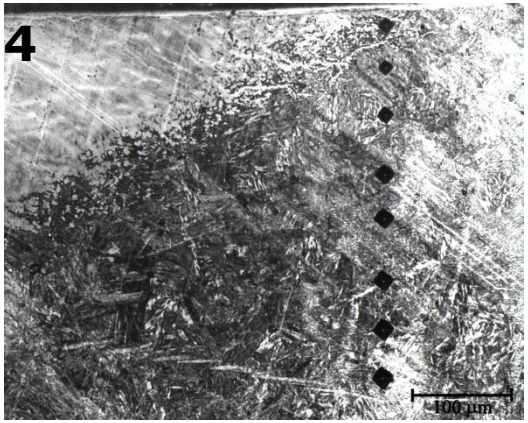
Parametri: 490 °C per 10 h con atmosfera N_2=20% - H_2=80%.

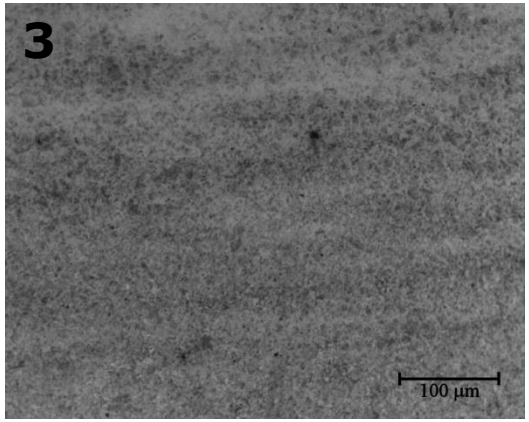
Risultati: MO Temprato Laser

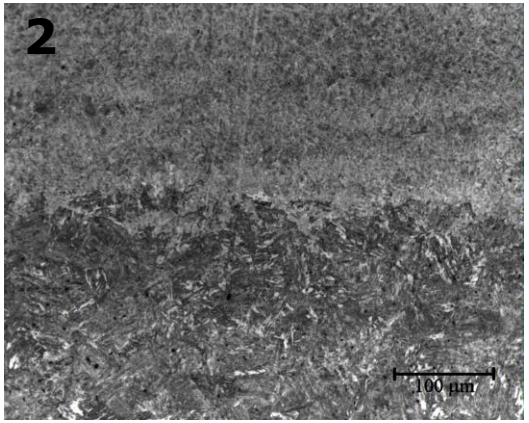






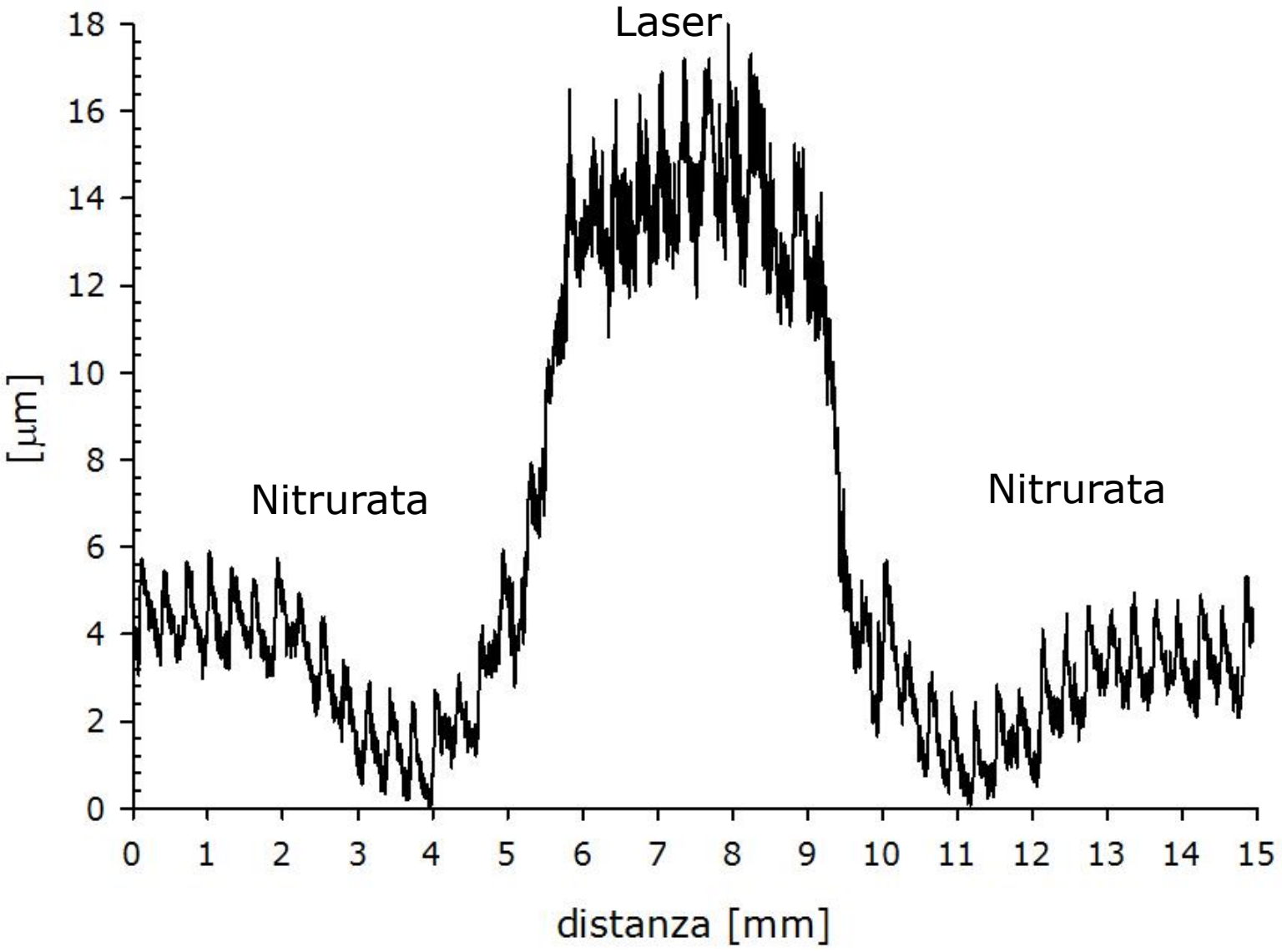




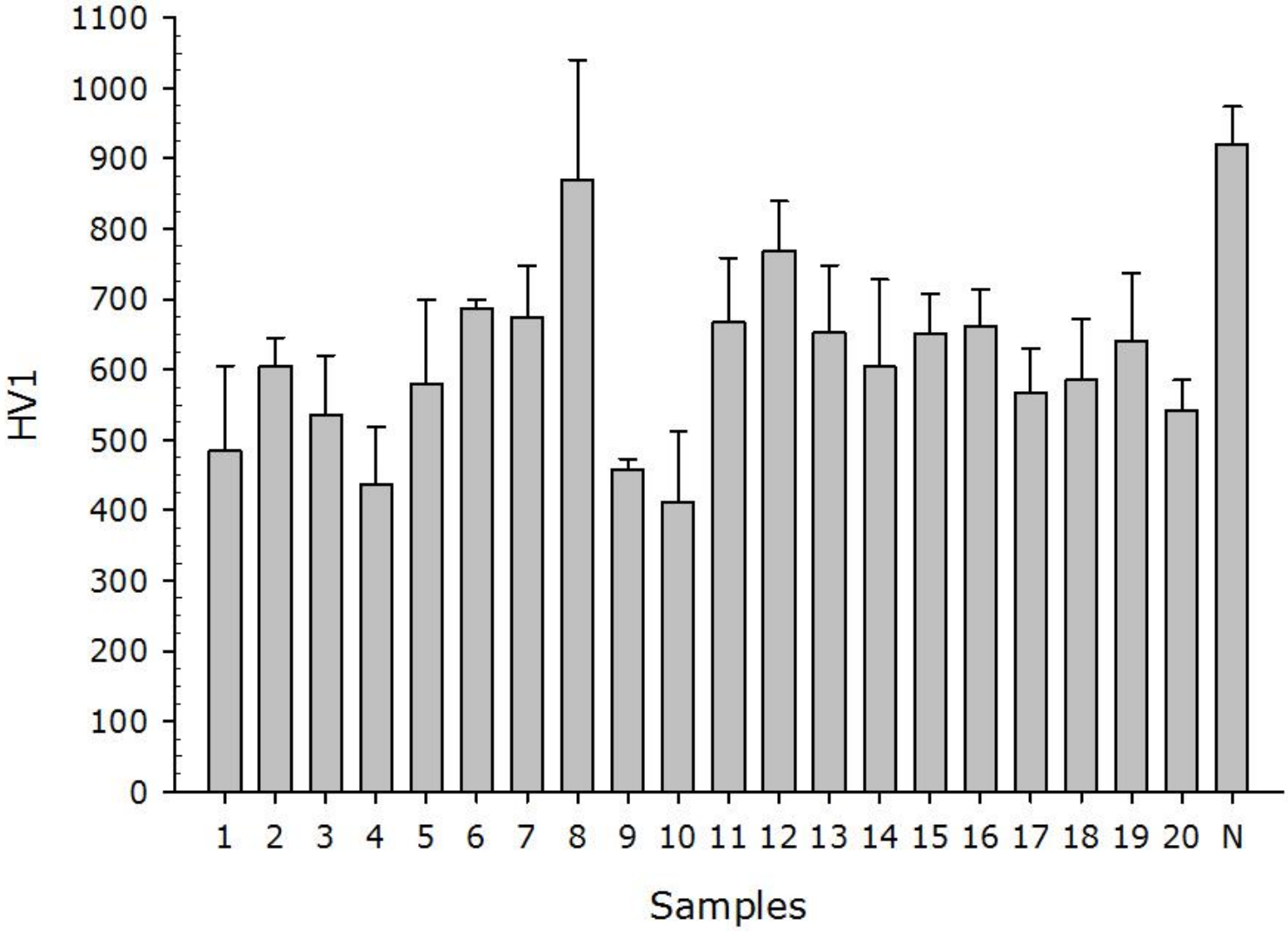


Jea-Ho Lee *et al*., Trans Nonferrous Met Soc. China, 19 (2009) 917-920
Ho Jun Shin, Journal of material processing Technology 201 (2008) 342-347
B. Mahmoudi *et al*., Material Design 31 (2010) 2553-2560
Surface Coating and Technology, 45 (1991) 399-402

Risultati: Profilo



Risultati: Durezza Superficiale



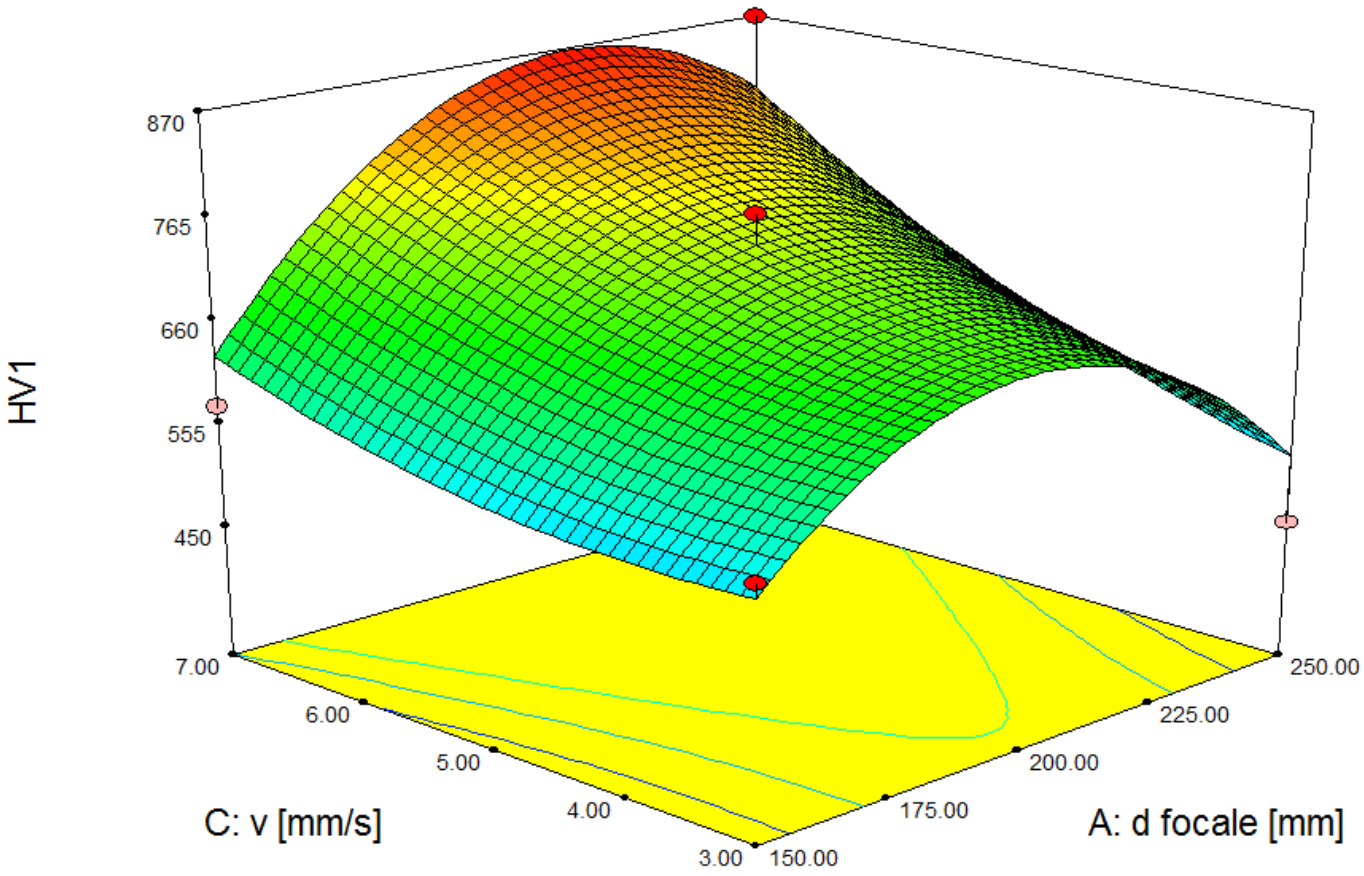
Durezza superficiale media nitrurato 960 ± 54 HV1

Risultati: DOE Durezza Superficiale

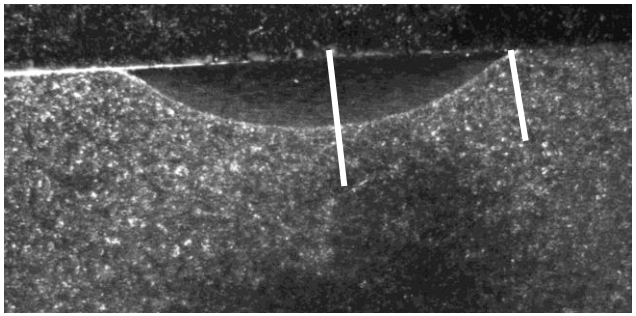
HV1
869.1
444.4

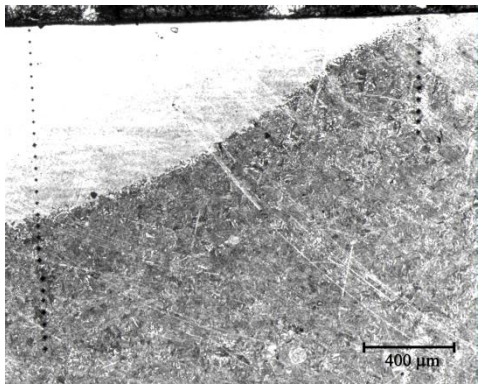
X1 = A: d focale [mm]
X2 = C: v [mm/s]

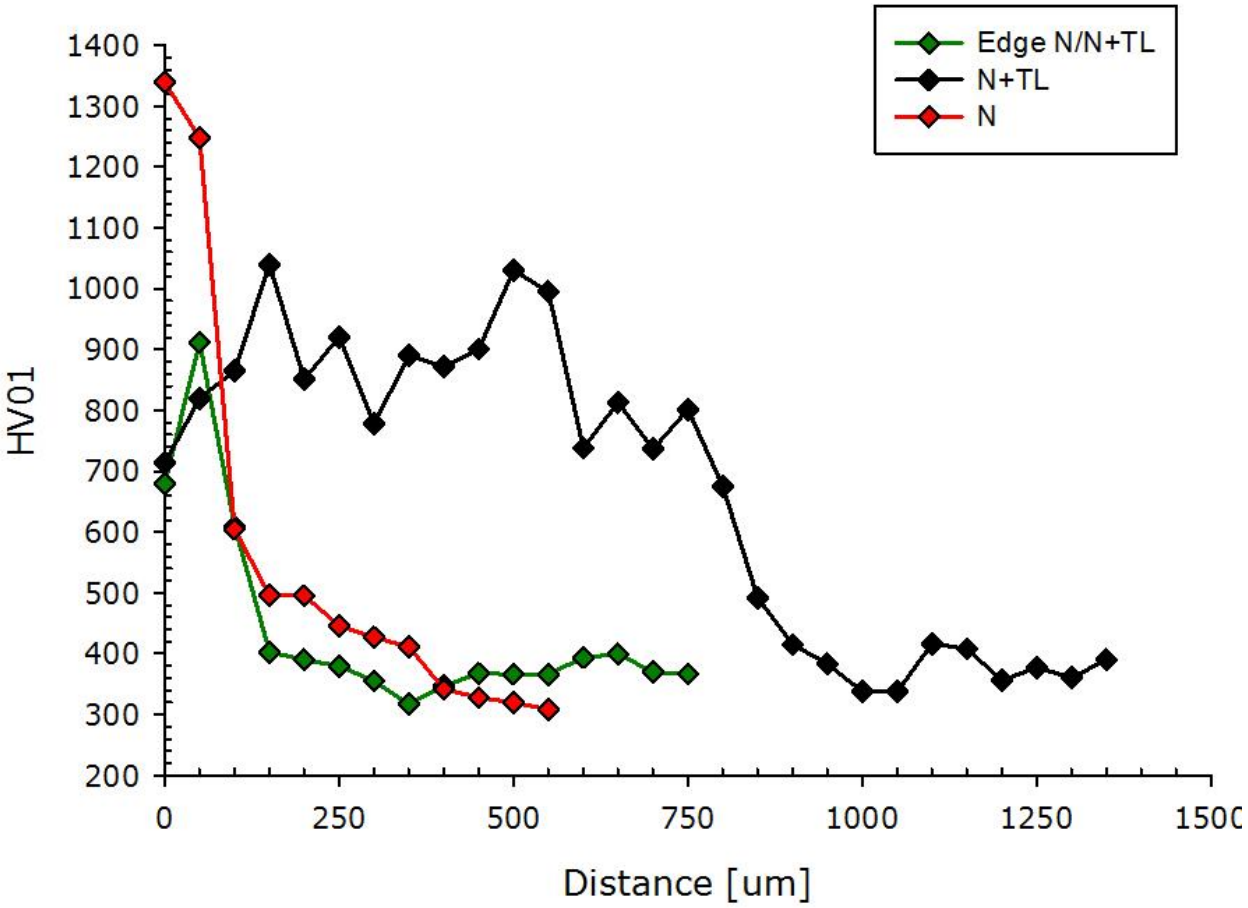
Actual Factor
B: T [°C] = 1350.00



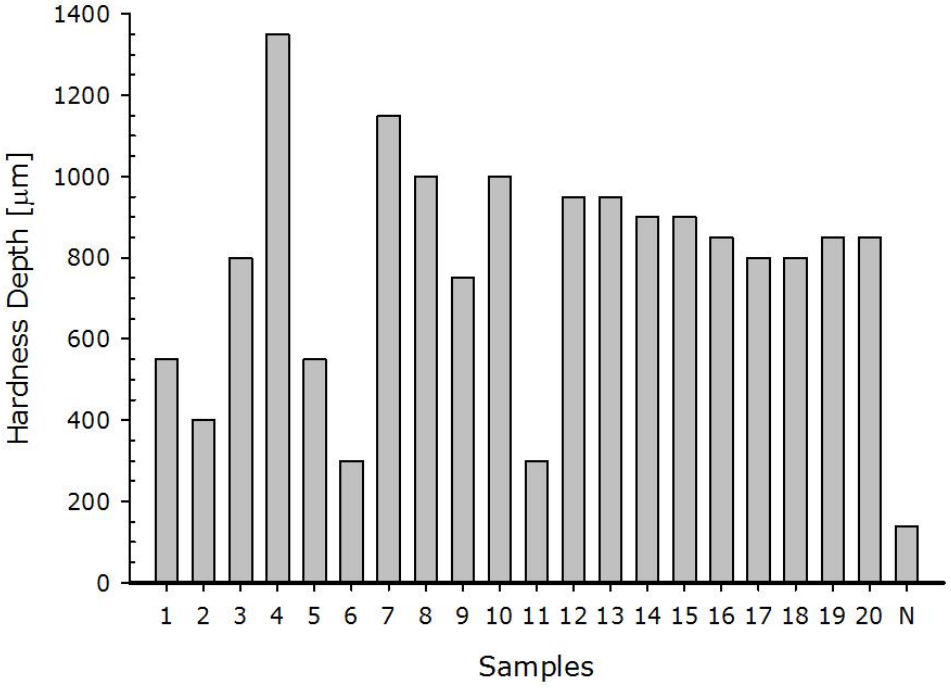
Risultati: Profondità Indurimento



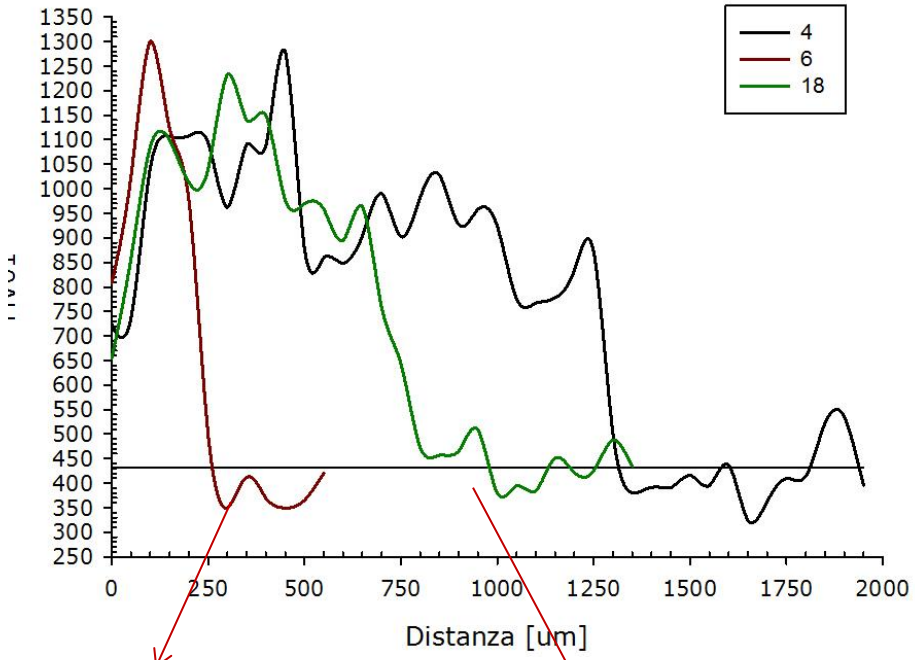




Risultati: Profondità di Tempra



4: d focale: 250 mm
T: 1350 °C
v: 3 mm/s

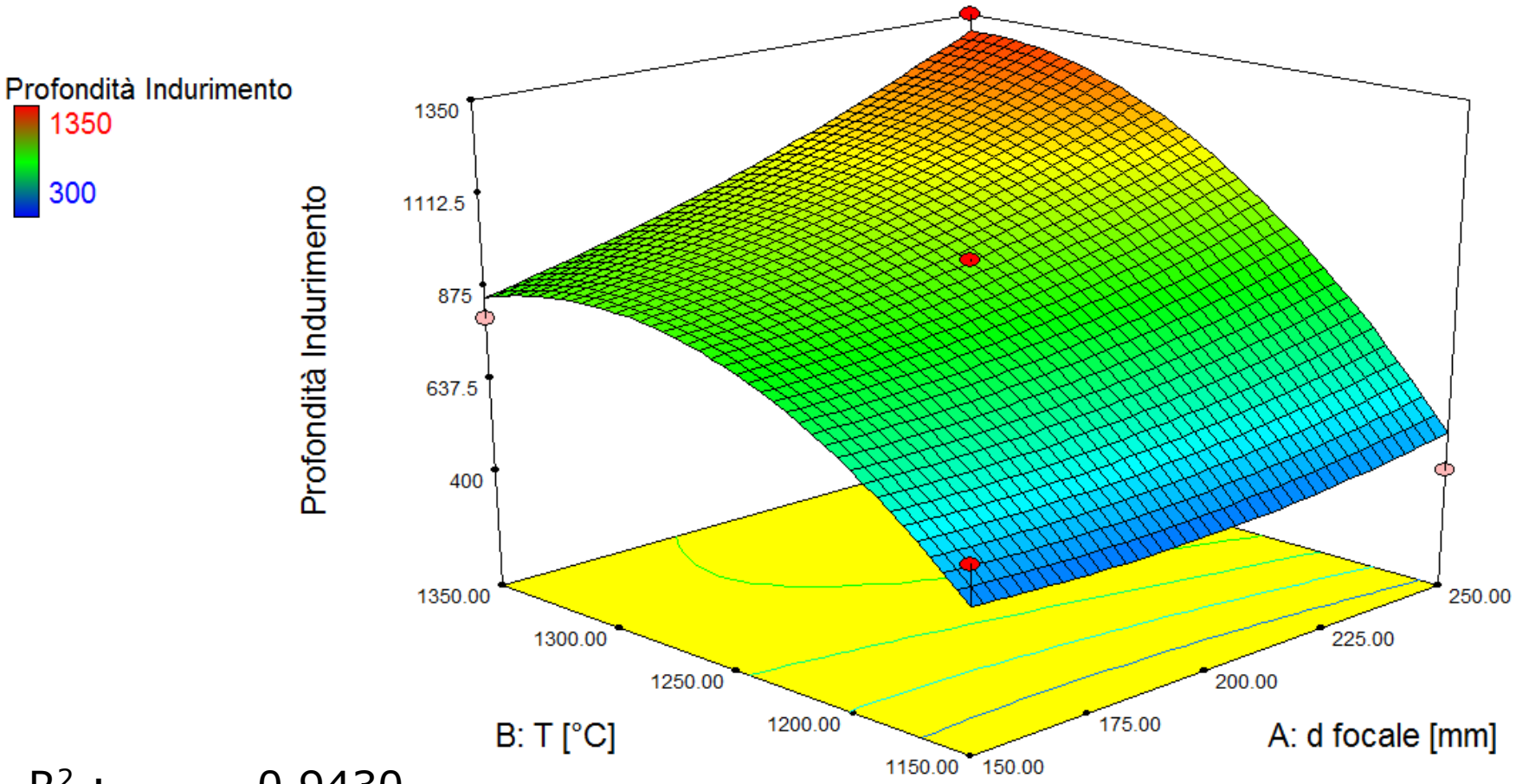


d focale: 250 mm
T: 1150 °C
v: 7 mm/s

d focale: 200 mm
T: 1250 °C
v: 5 mm/s

Risultati: DoE

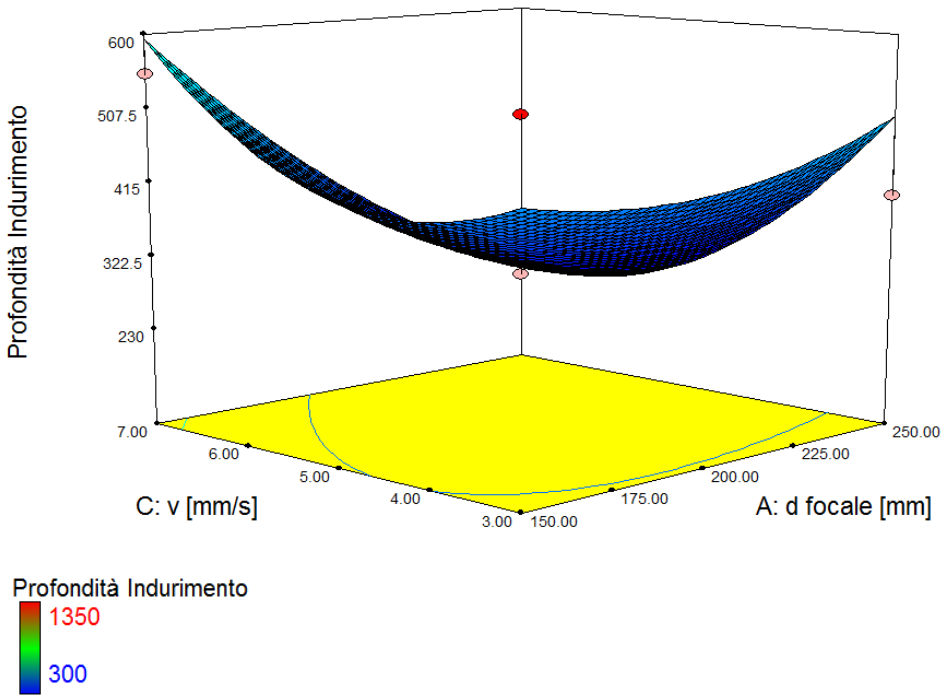
DoE: Velocità di passata 3 mm/s



R^2 : 0.9430

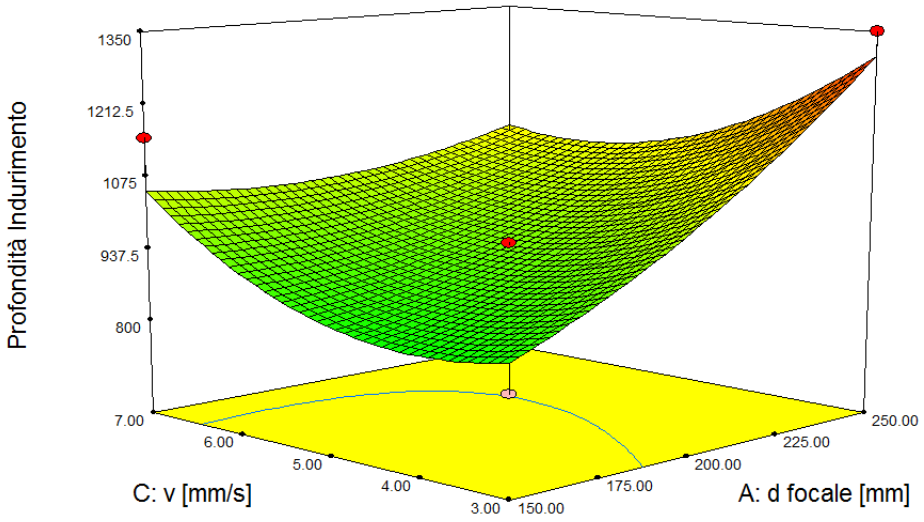
F-value: 18.39

Risultati: DoE Temperatura

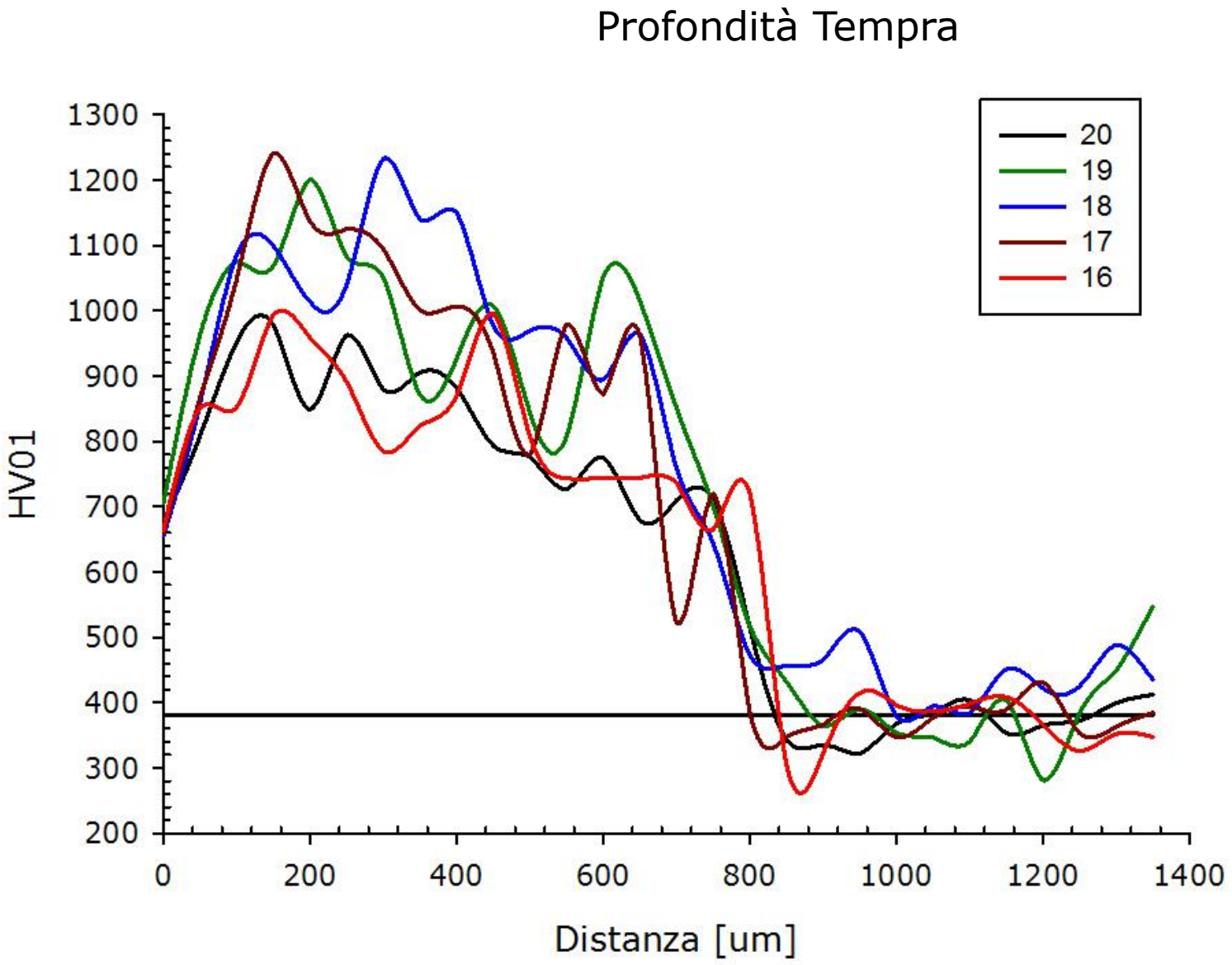


1150 °C

1350 °C



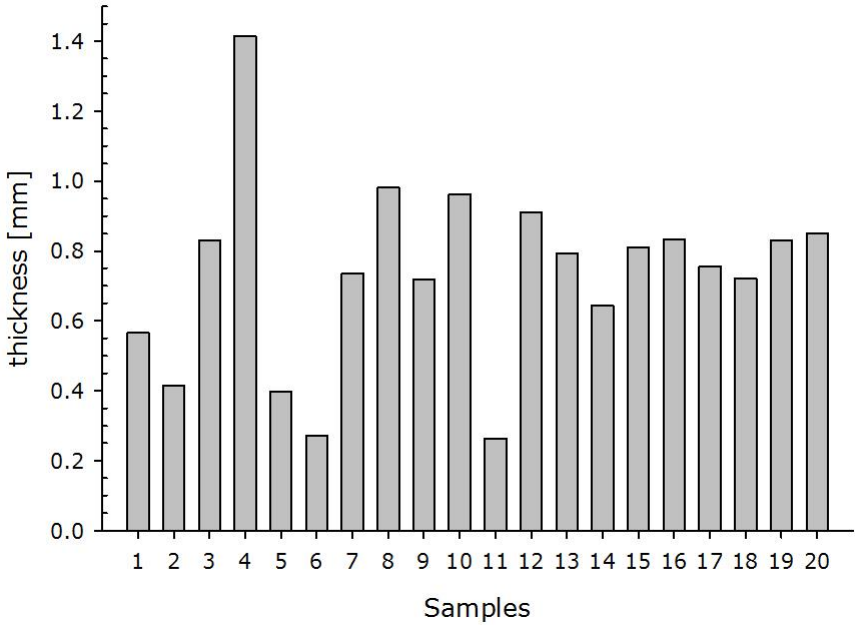
Risultati: Ripetibilità Processo

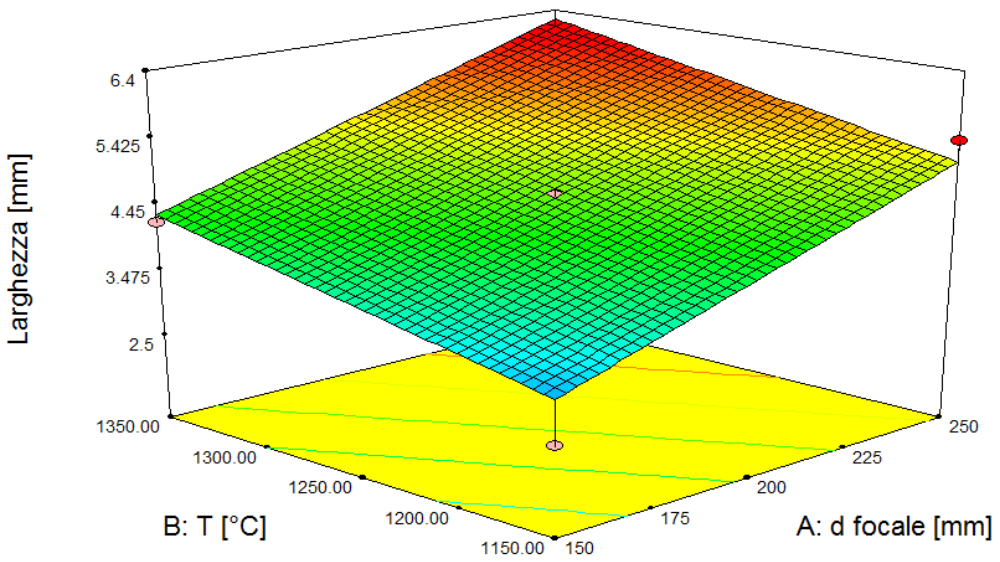


D focale: 200 mm
T: 1250 °C
v: 5 mm/s

Risultati: Misure Ottiche

DoE Geometria traccia: Larghezza





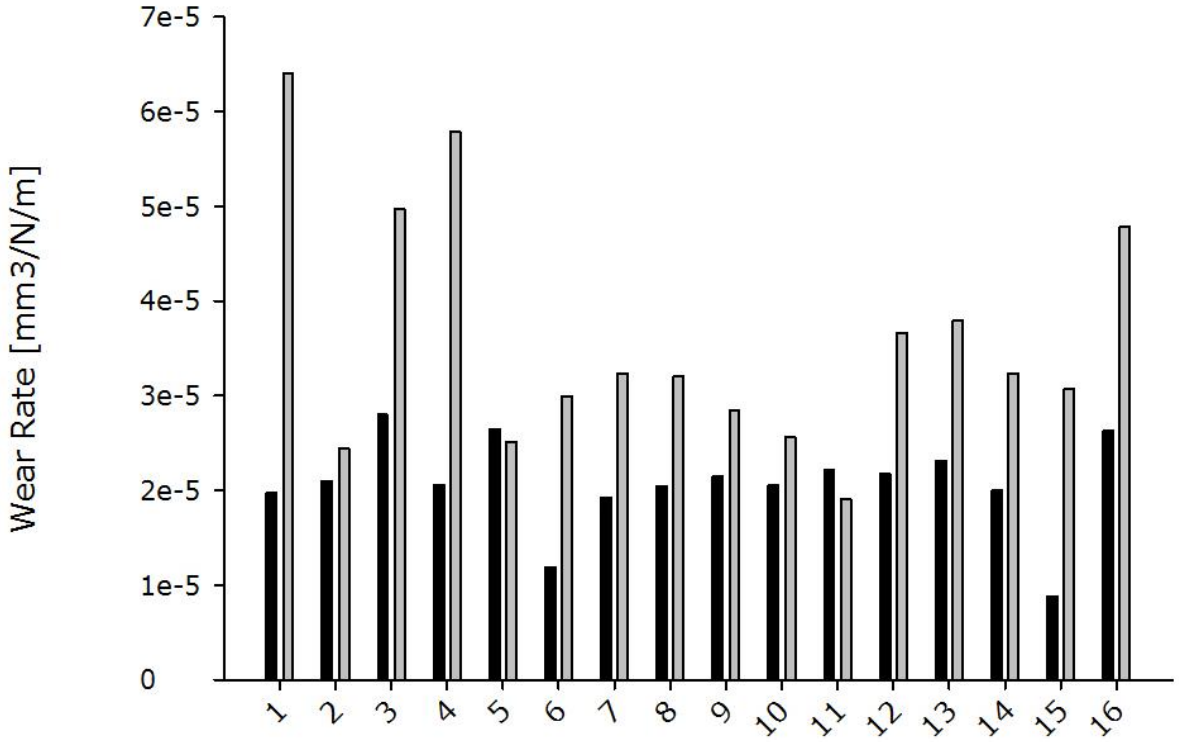
v= 3 mm/s

R^2: 0.9645
F-value: 30.18

Tribologia: Pin on Disk

Condizioni di prova:

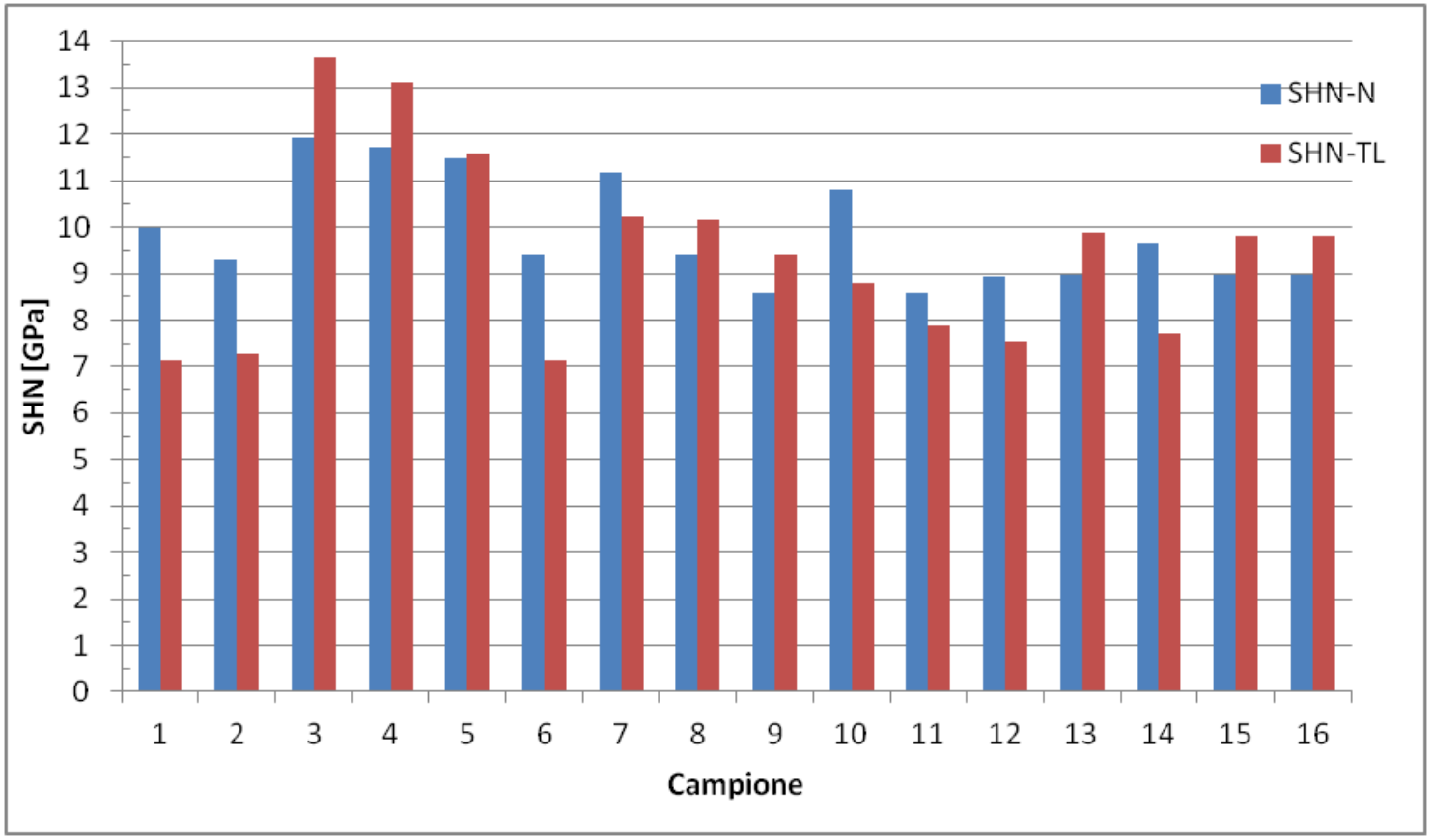
- Al_2O_3 3mm di diametro
- carico normale 10 N
- velocità di strisciamento 12.57 cm/s
- 20000 giri come condizione di terminazione



Tribologia: Scratch Test

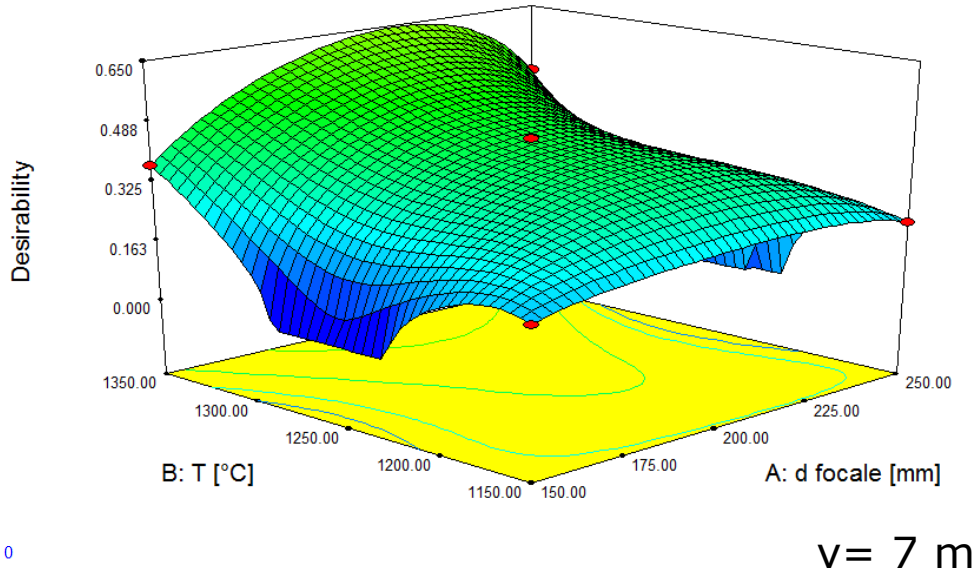
Condizioni di prova:

- Carico 10 N costante
- Velocità 5 mm/min
- Lunghezza 10-12 mm



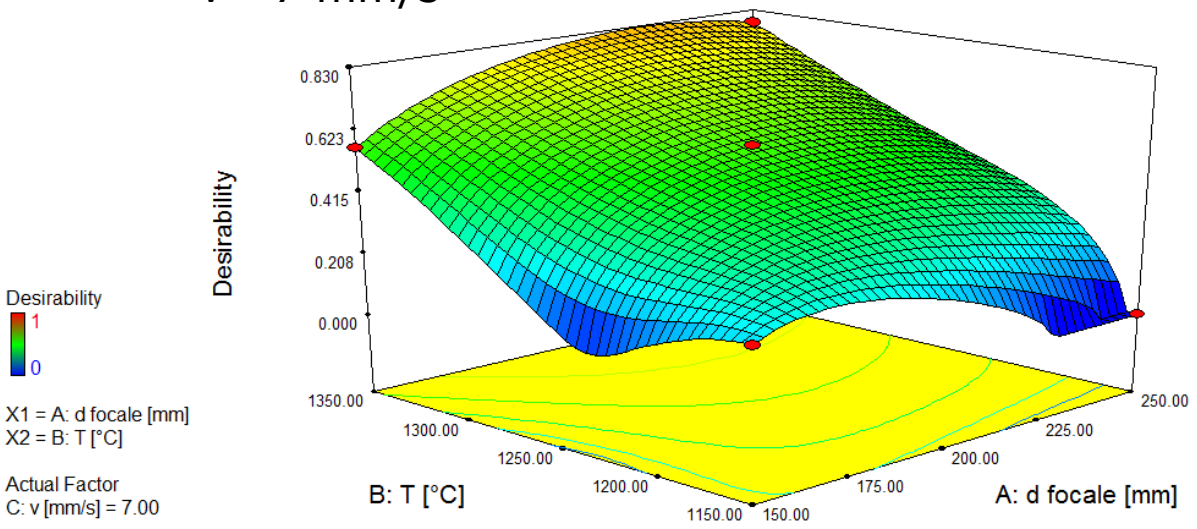
Risultati: Ottimizzazione

v= 3 mm/s



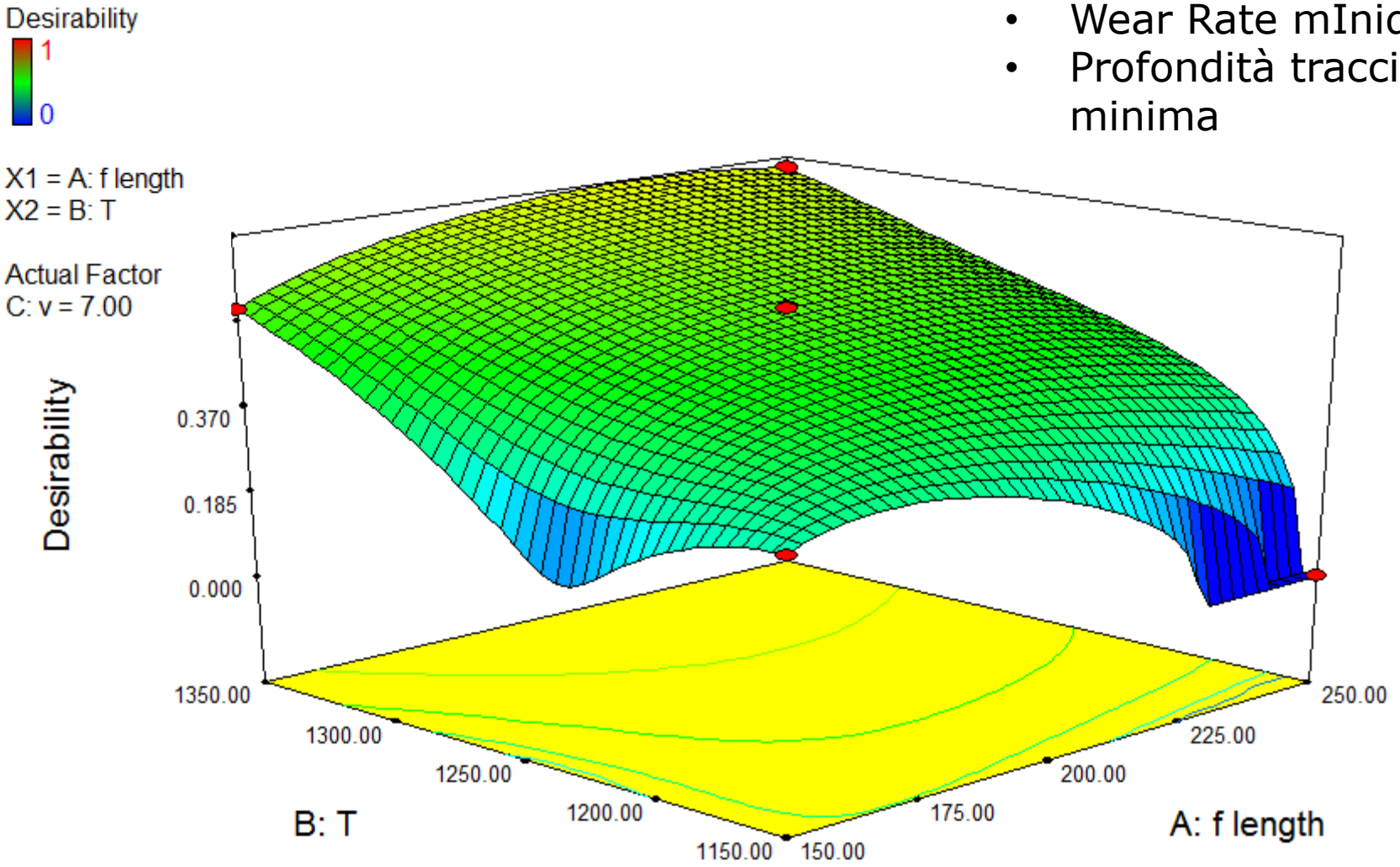
- Durezza Massima
- Profondità di Indurimento Massima

v= 7 mm/s



Tribologia: Ottimizzazione

- Indurimento massimo
- Wear Rate mInidma
- Profondità traccia minima



Risultati: Parametri Campioni Ottimizzati

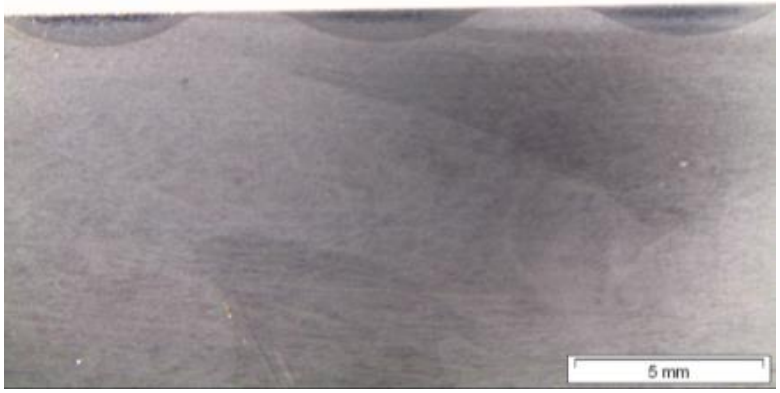
- Ottima profondità di penetrazione
- Buona durezza

- Massima temperatura 1350 °C
- Velocità di passata massima 7 mm/s
- Distanza focale intermedia 220 mm
- Spot: 5x5 mm

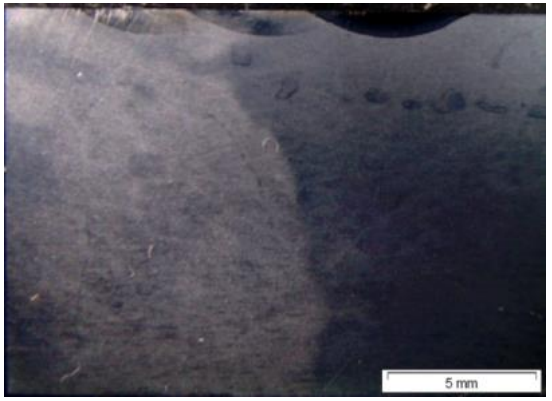
Realizzazione campioni temprati laser con parametri ottimizzati

- 2 campioni nitrurati e temprati laser (A,B)
- 1 campione solamente temprato laser (TL)
- 2 campioni nitrurati e temprati laser con diverso interasse tra una traccia laser e la successiva

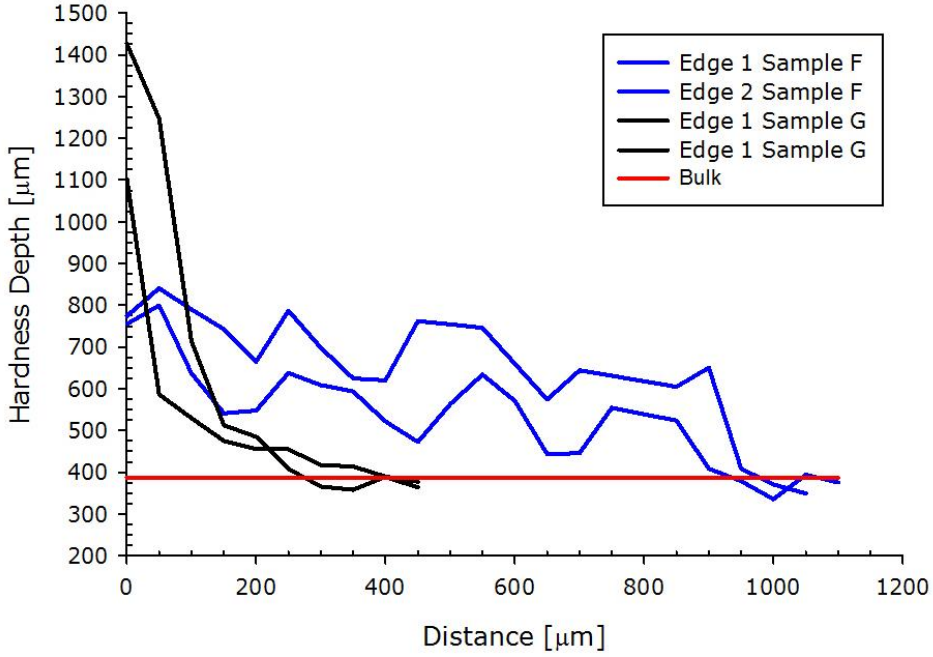
Risultati: Distanza Interasse



3 tracce interasse 7 mm (lontane non interferiscono)

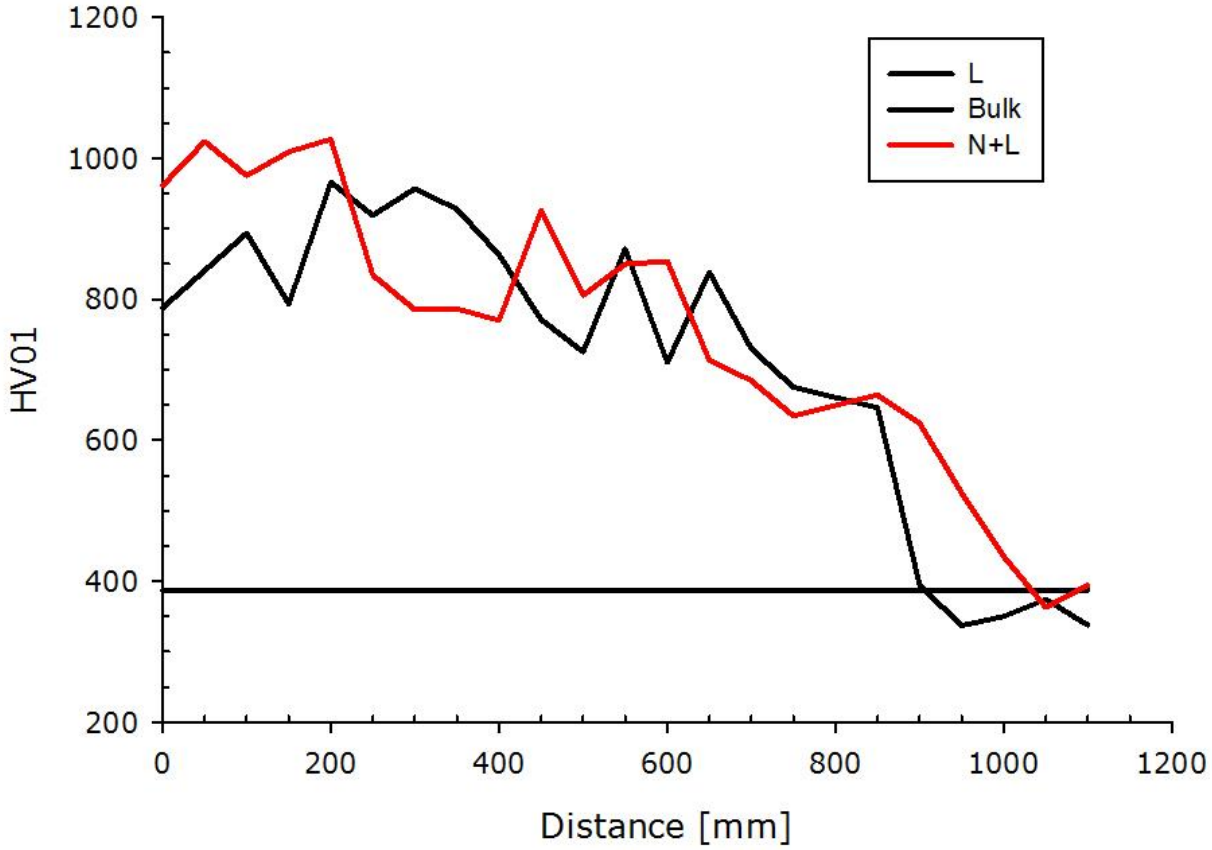


3 tracce interasse 4 mm (sovrapposte)



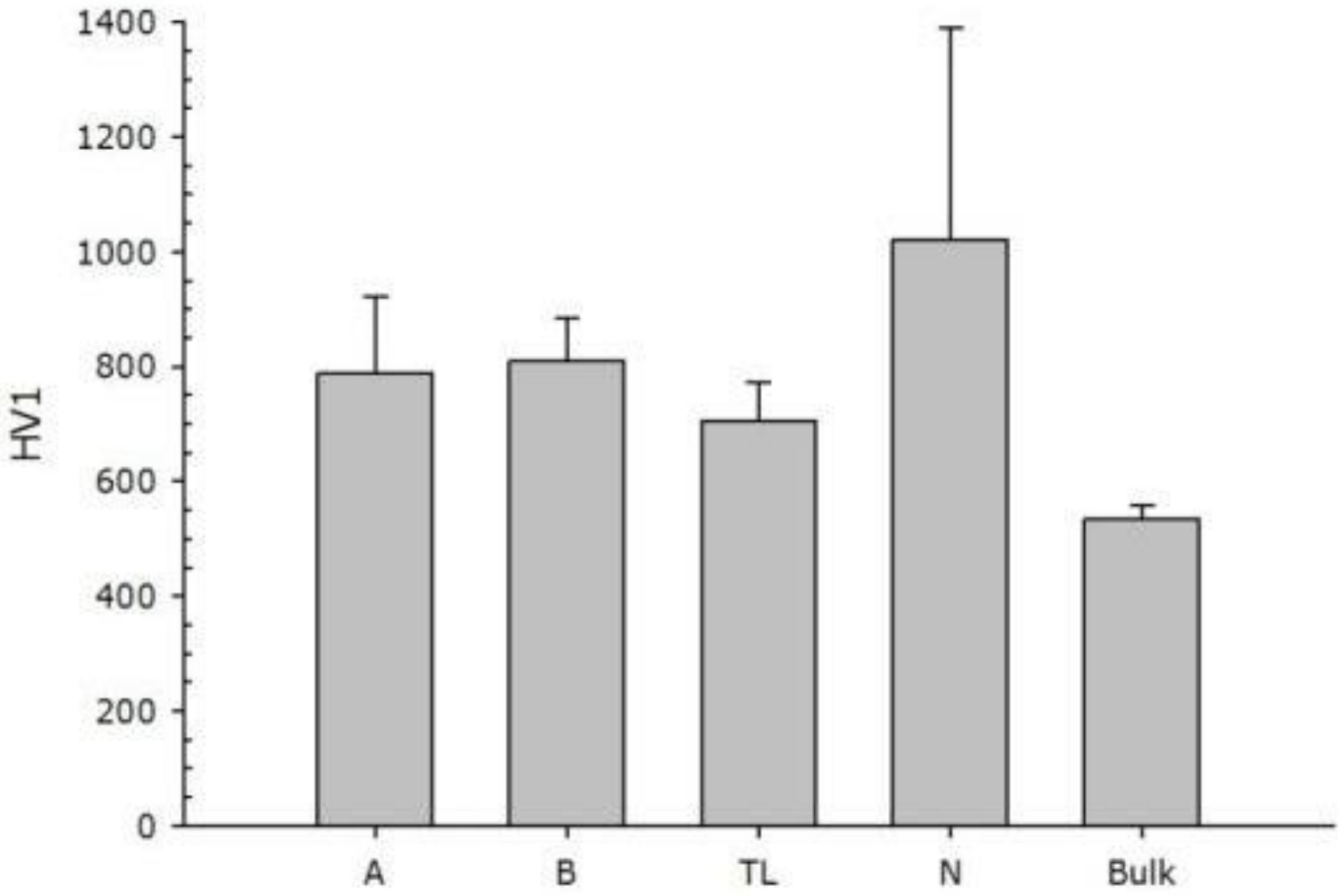
Risultati: Profondità di Tempra

Profondità di Tempra

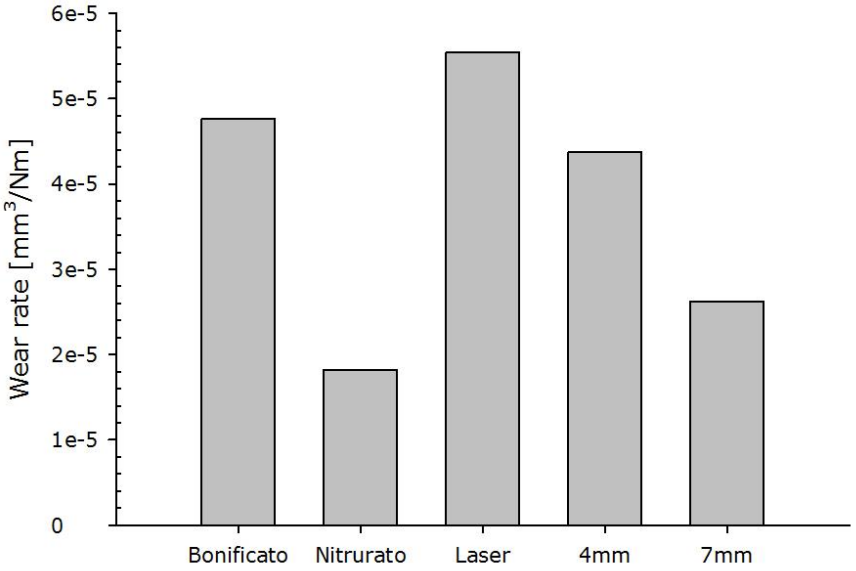


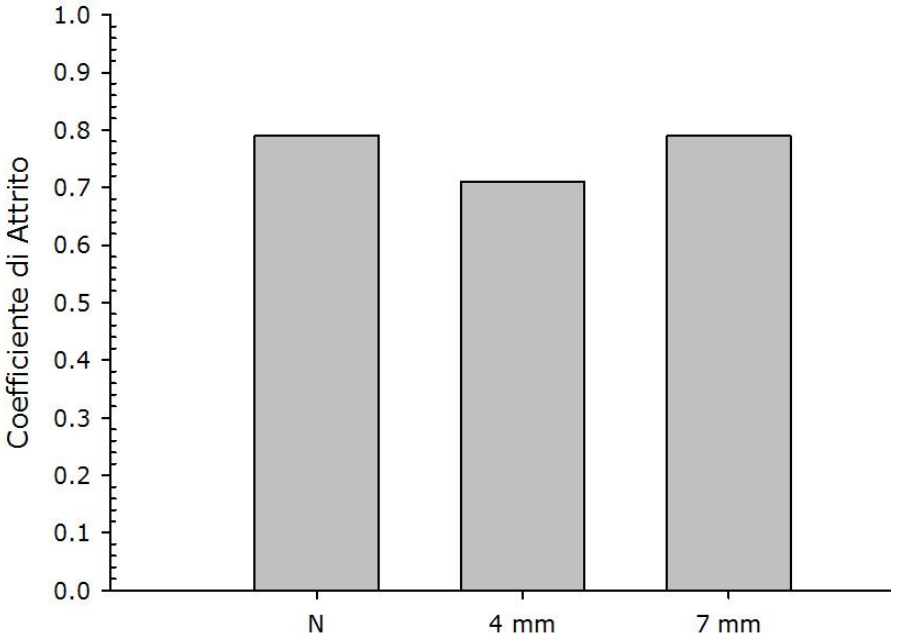
Profondità di indurimento per un campione solamente temprato laser (L) e rispetto a nitrurato e temprato laser successivamente (N+L). Sia la durezza in superficie sia la profondità di penetrazione sono superiore nel caso del N+L

Risultati: HV1



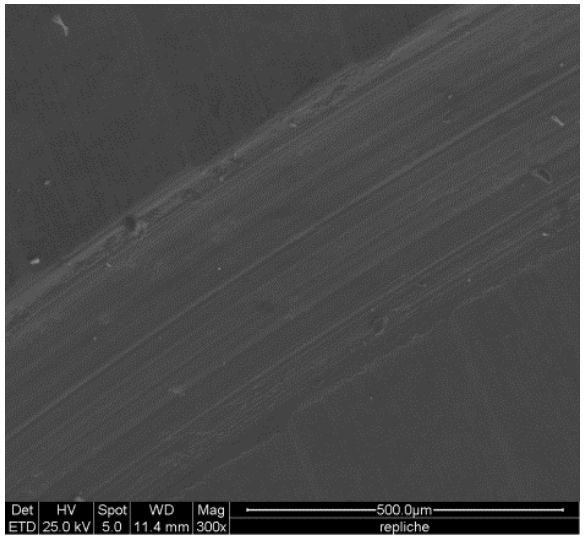
Risultati: Usura e Coefficiente di Attrito

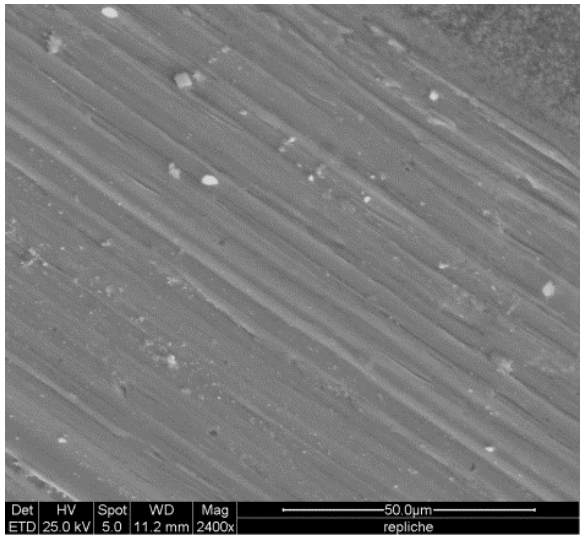


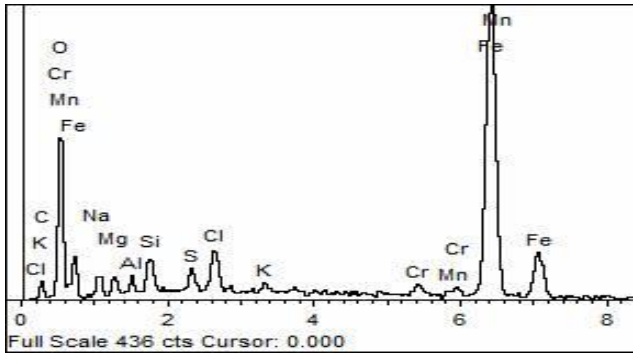


Risultati: Tracce di Usura

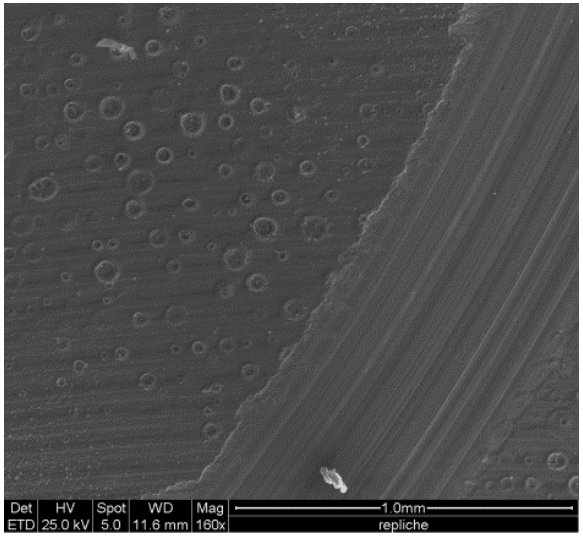
Campione N

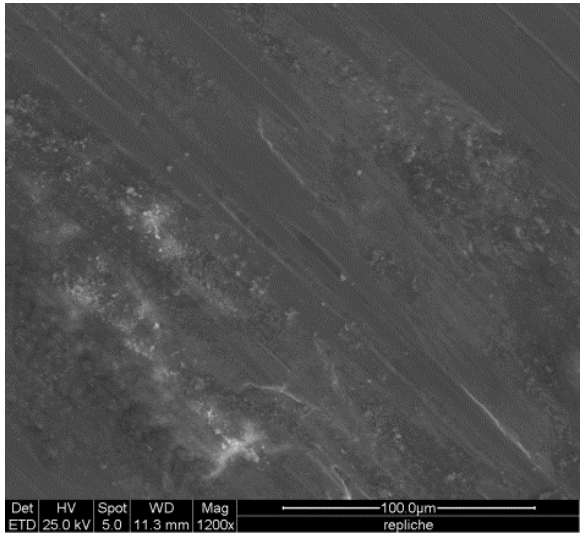


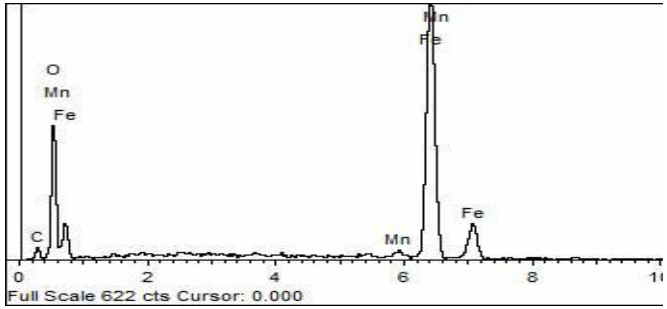




Campione L

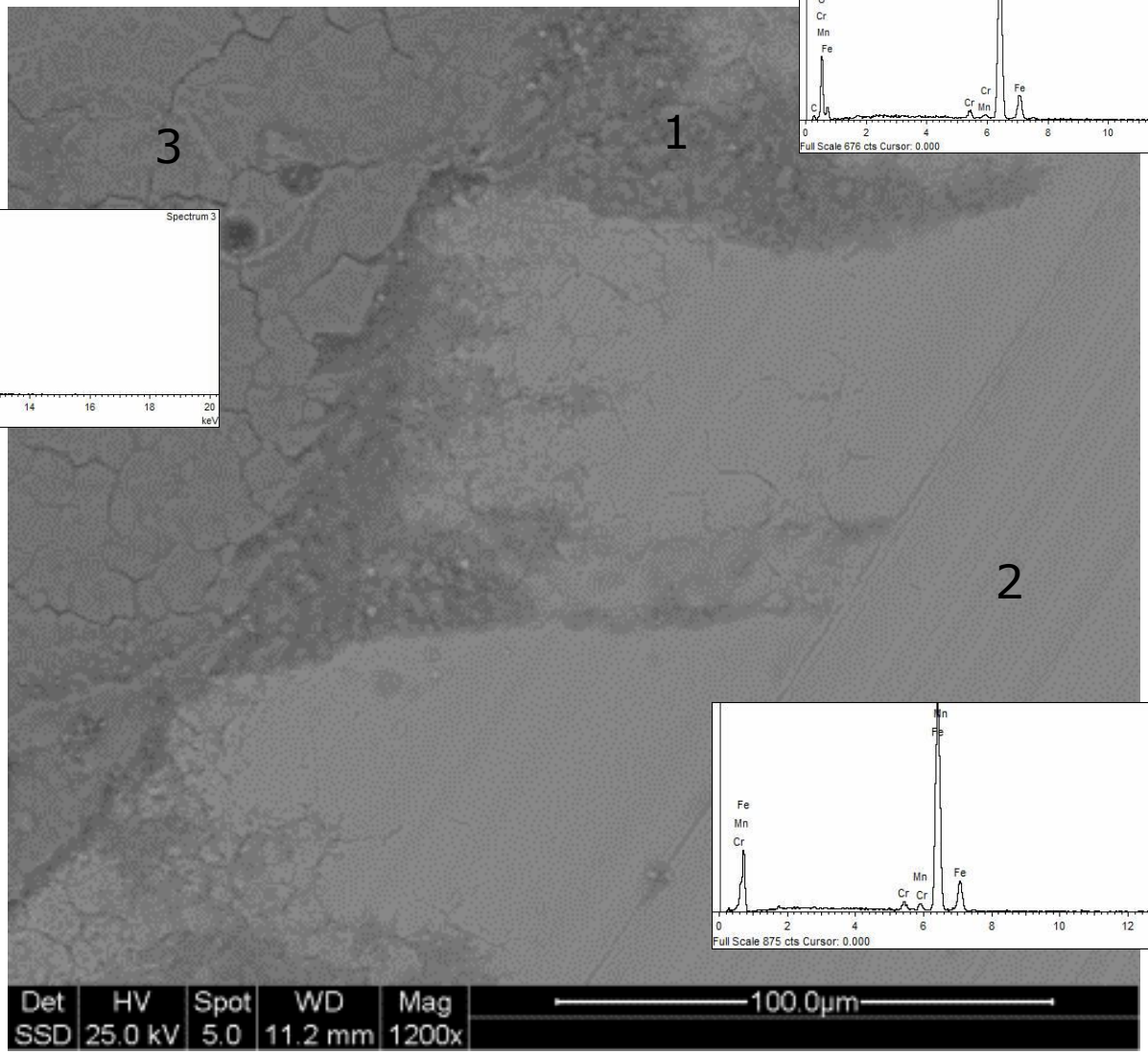


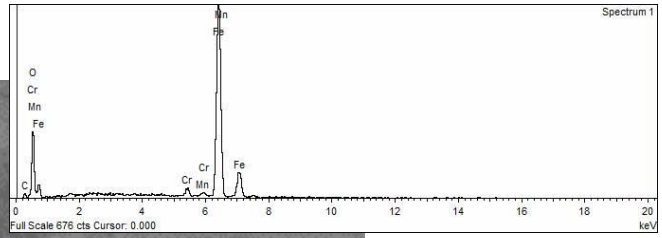


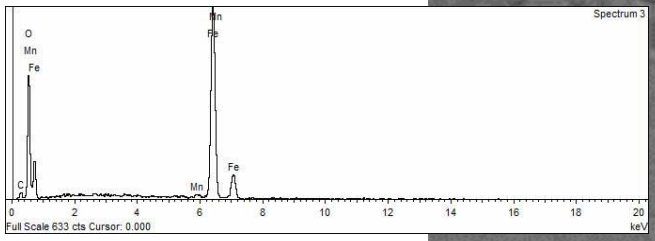


Risultati: Tracce di Usura

Traccia Laser

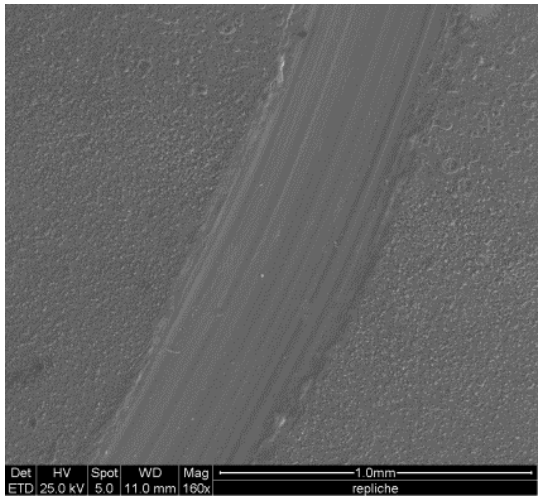


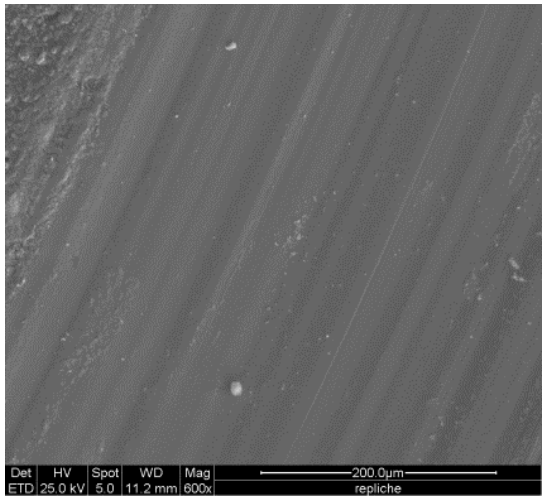


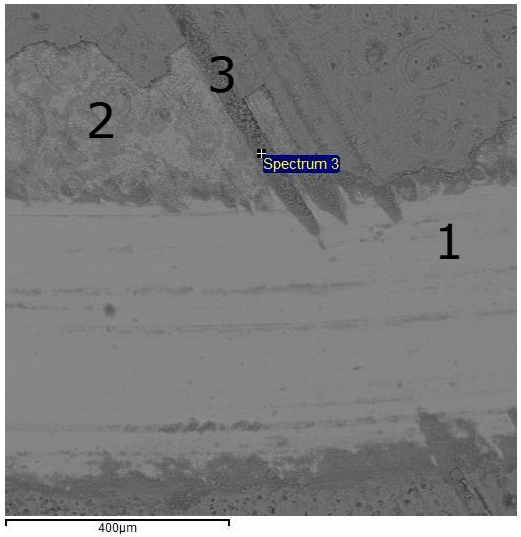


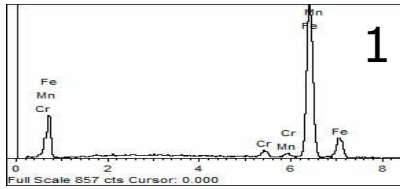
Risultati: Tracce di Usura

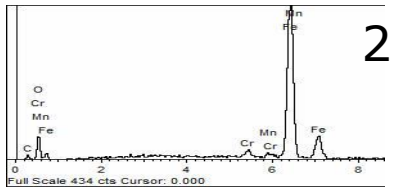
Campione N+TL

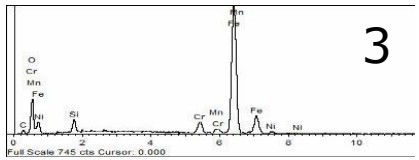












Conclusioni

La tempra laser applicata sull'acciaio 40CrMnMo7 pre-nitrurato determina:

- Profondità di tempra del temprato e nitrurato supera di 5 volte (20%) la penetrazione del solo nitrurato
- SHN superiore nel caso di molti campioni trattati laser dopo nitrurazione.
- Coefficiente di attrito inferiore nel caso di campioni Nitrurati e succeessivamente temrpati laser
- Buona durezza superficiale, superiore al solo temprato laser

Grazie per la cortese attenzione