

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

***«Effetto delle condizioni di getto dell'azoto liquido in
tornitura criogenica sulla finitura superficiale»***

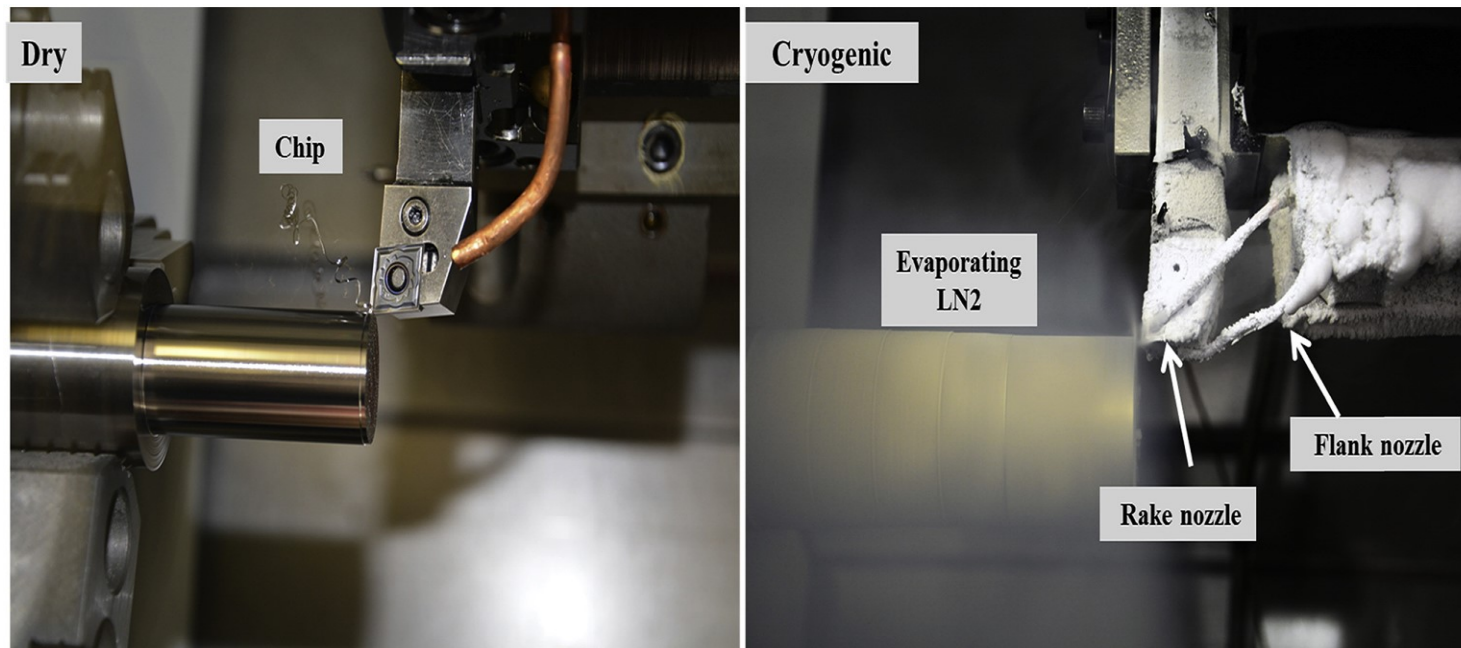
Tutor universitario:

Prof. Bruschi Stefania

Laureando: *Leggieri Rocco*

Padova, 20/09/2022

L'obiettivo di questo lavoro è la progettazione e realizzazione di un nuovo set-up per l'approvvigionamento di azoto liquido in tornitura criogenica, partendo da quello originario con ugelli di rame saldo brasati, vedi Figura1.



<u>PRO</u>	<u>CONTRO</u>
Semplicità di montaggio/smontaggio	Rottura prematura a freddo(criogenico)
Discreta piegabilità (a caldo)	Limitata regolazione del getto (inclinazione e direzione)
	Impossibilità di un sistema «plug and play»

Fig. 1. Set-up originario di tornitura in taglio a secco (sinistra) e in condizioni criogeniche (destra).

Uno studio del 2020 condotto da Navneet Khanna e altri[1] ha comparato l'impatto di diversi fluidi da taglio(a secco, LN₂ , LCO₂) sui parametri di processo nella lavorazione di leghe di magnesio ,con matrice metallica composita, in ambito criogenico. I risultati sono descritti per ogni parametro di processo come segue:

• FORZA DI TAGLIO :

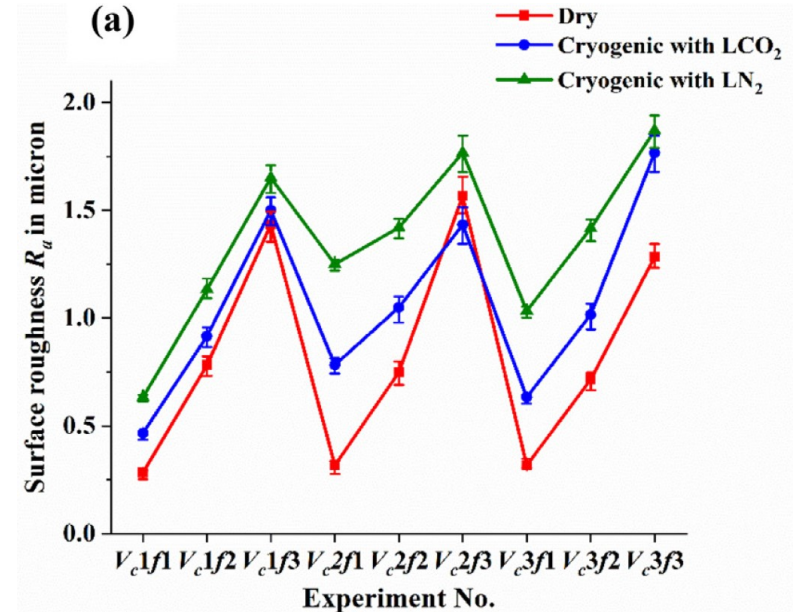
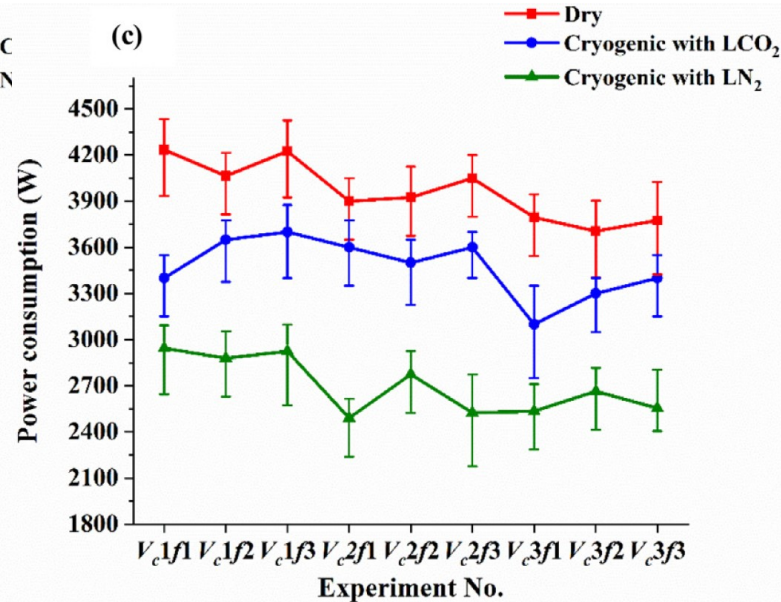
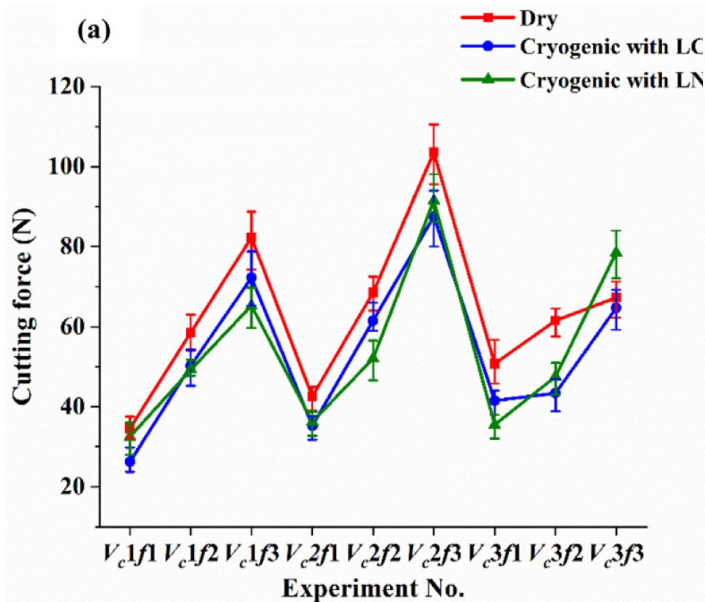
Con LN₂ e LCO₂ , rispetto alla condizione a secco, la forza di taglio si riduce del 17,40% e del 2,93%

• CONSUMO ENERGIA ELETTRICA

Con LN₂ e LCO₂ abbiamo un decremento del 48,55% e 36,61% di consumo di energia.

• RUGOSITA' SUPERFICIALE

Con LN₂ e LCO₂, la rugosità superficiale riscontrata è diminuita del 33,93% e 36,20% rispetto a secco.



- **FORZA DI TAGLIO :**

All'aumentare della profondità di passata non si vede una netta differenza della forza di taglio nelle 3 diverse condizioni di lubrorefrigerazione

- **CONSUMO ENERGETICO:**

Il minor consumo energetico per i liquidi criogenici è da addebitare alla loro capacità di smaltire calore e assorbire le sollecitazioni prima dell'avvento della deformazione plastica, oltre alla riduzione di attrito e quindi consumo elettrico.

- **RUGOSITA' SUPERFICIALE:**

All'aumentare della velocità di avanzamento dell'utensile, anche la rugosità aumenta molto di più in condizioni criogeniche che a secco.

Bibliografia[1] :

Navneet K., Narendra M.S. , Prassan S., Hussien H., Mozammel M., *Cryogenic turning of in-house cast magnesium base MMCs: A comprehensive investigation* (2020) . In «Jmr&t . Journal of Materials Research and Technology».

Un ulteriore studio condotto Pereira e Delijaicov [2] si pose l'obiettivo di valutare l'influenza dei parametri di taglio sull'integrità superficiale di « Inconel 718» in tornitura criogenica utilizzando LN_2 a velocità di taglio elevate. Ogni risultato è stato ottenuto fissando la velocità di taglio, velocità di avanzamento e profondità di passata:

• **FORZA DI TAGLIO :**

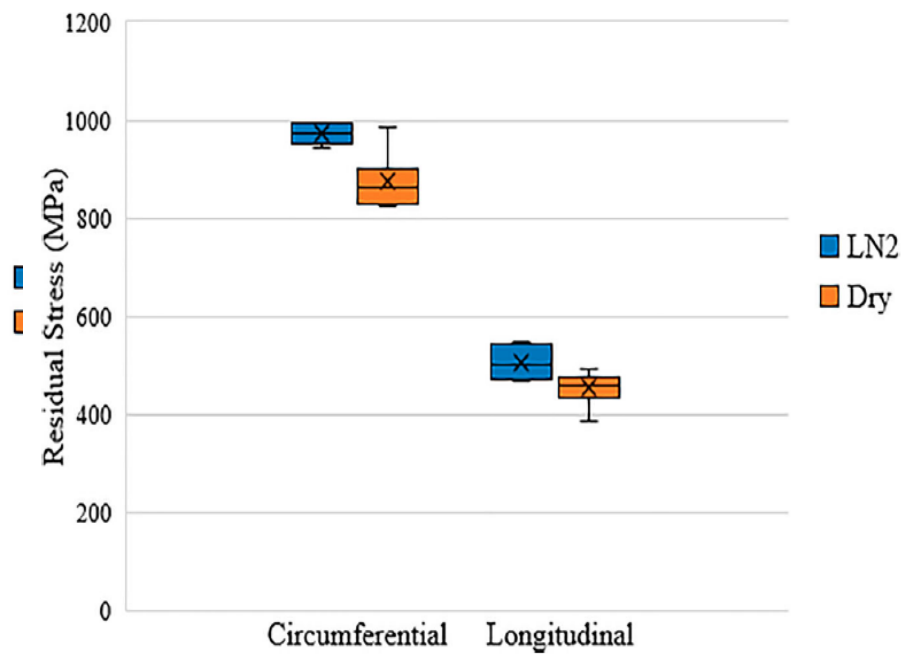
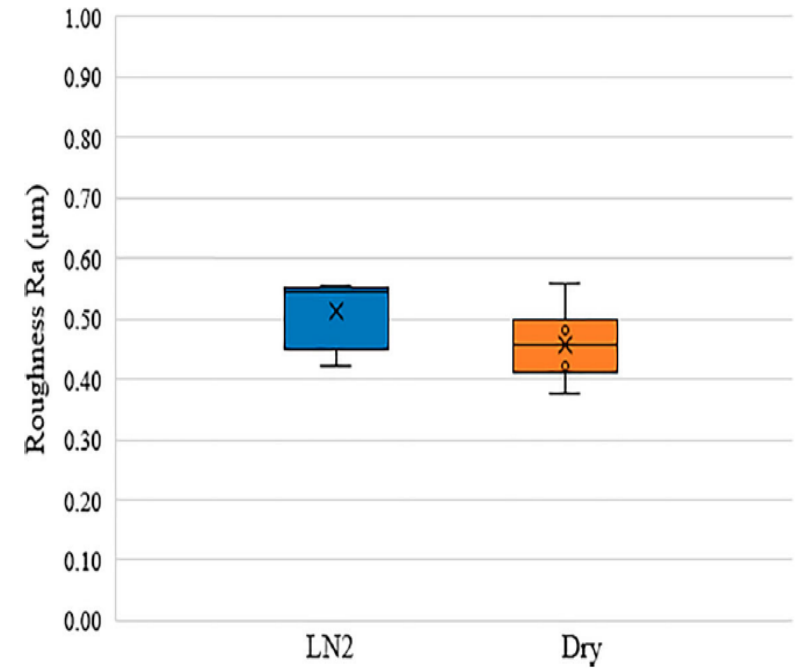
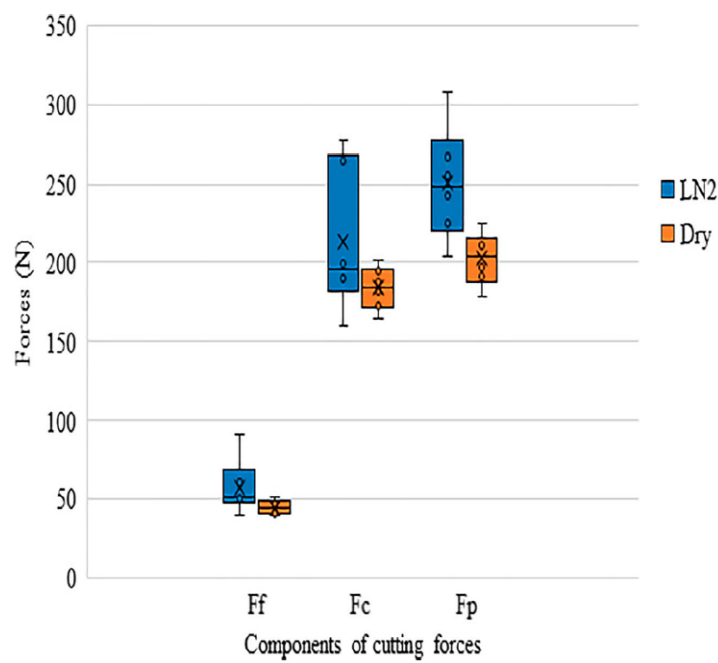
Fissata la velocità di taglio e la velocità di avanzamento,, in condizioni criogeniche le forze di taglio sono maggiori rispetto al secco.

• **RUGOSITA' SUPERFICIALE**

Maggiori valori di rugosità si hanno con l'uso di LN_2 ad alte velocità di taglio

• **TENSIONI RESIDUE**

In condizioni criogeniche abbiamo maggiori picchi di tensioni residue



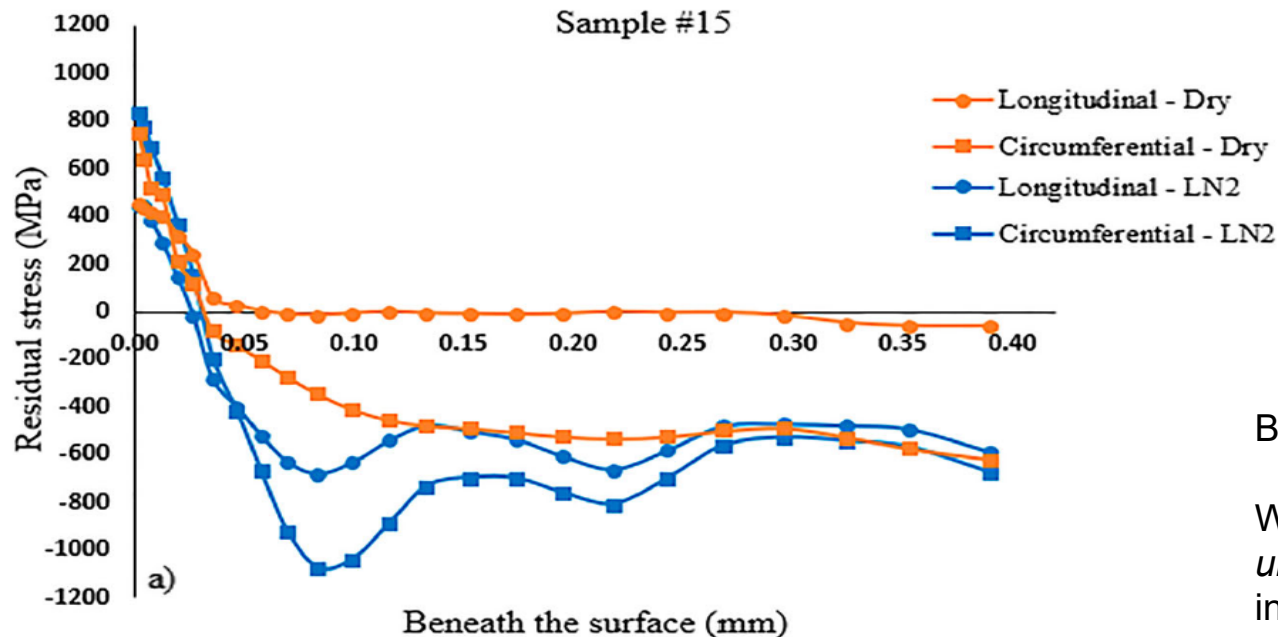
• FORZA DI TAGLIO:

La differenza tra la condizione criogenica e quella a secco, in termini di forze, è figlia della diminuzione della temperatura nella zona di taglio: il raffreddamento del campione fa sì che la tensione di taglio aumenti con conseguente aumento della deformazione plastica

• RUGOSITA' SUPERFICIALE:

A secco il materiale del campione in lavorazione subisce un leggero ammorbidimento, causato dall'aumento di temperatura a secco, che riduce le forze e quindi le vibrazioni. In criogenico le forze sono maggiori e quindi le vibrazioni.

• TENSIONI RESIDUE:



Bibliografia[2] :

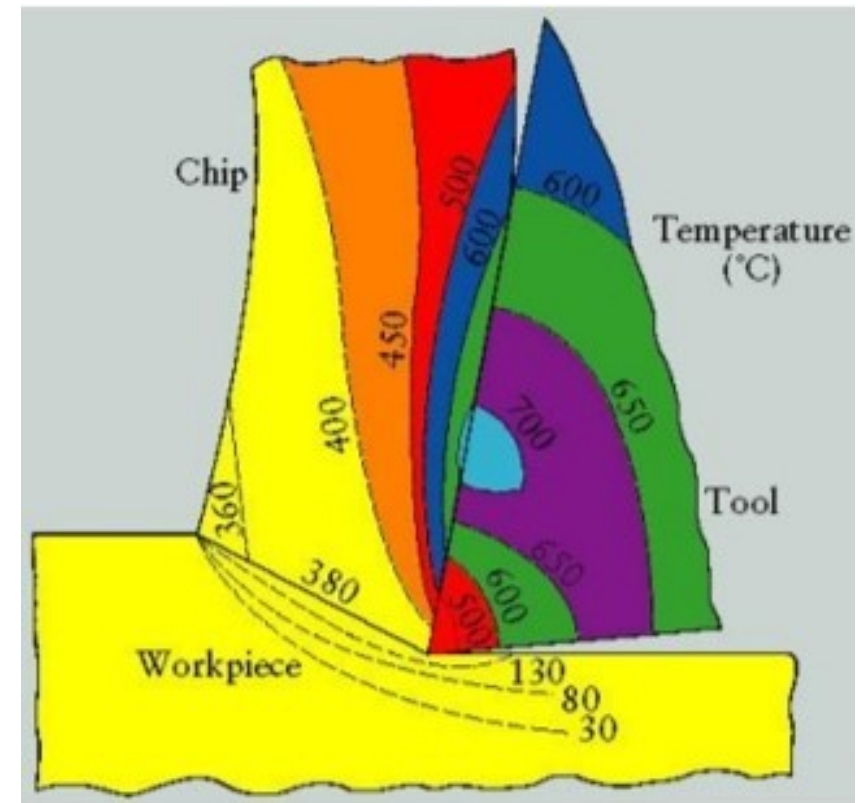
William Heleno P., Sergio D., *Surface integrity of INCONEL 718 turned under cryogenic conditions at high cutting speeds* (2019) . In «The international Journal of Advanced Manufacturing Technology».

- Gli ugelli a cono pieno sono dispositivi che, tramite l'energia di pressione, nebulizza una vena liquida trasformandola in «droplet» cioè minuscole gocce di liquido. Il loro funzionamento è legato da diversi parametri:
 - Portata e pressione del liquido.
 - Angolo apertura getto.
 - Uniformità getto sulla superficie desiderata.
 - Distribuzione dimensionale dei droplets.



Catalogo ugelli a cono pieno PNR ITALIA

- Viste le alte temperature della zona di taglio (figura sotto), un'ottima refrigerazione è fondamentale: ecco la scelta del cono pieno



Distribuzione temperature truciolo-utensile

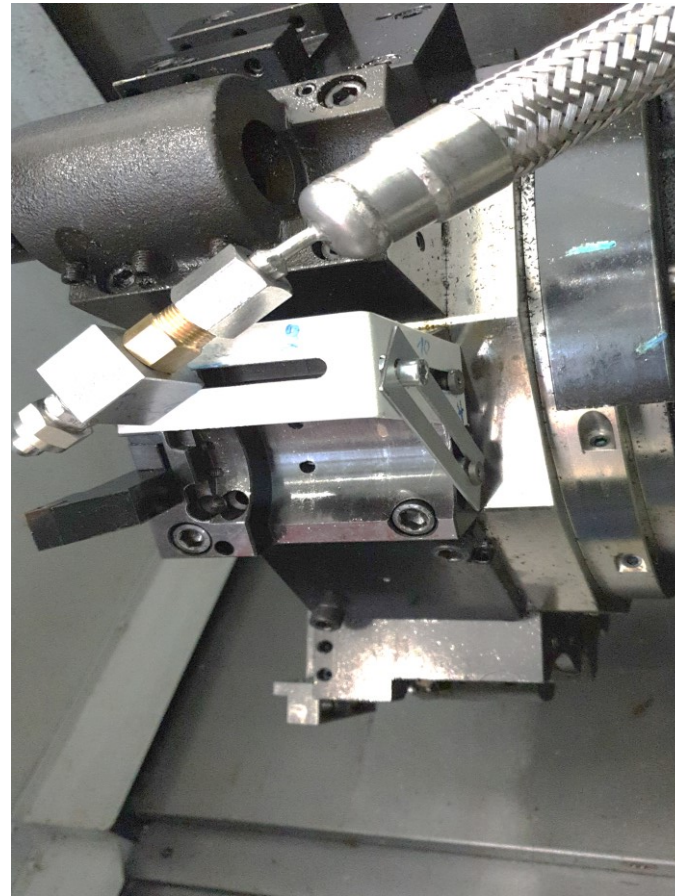
- **CONO PIENO STANDARD:**

- Cavità interna «X-VANE» (ugello vorticatore).
- Garanzia di turbolenza della vena liquida.
- Acquisizione velocità rotazionale.
- Nebulizzazione migliorata.
- Getto di liquido uniforme sulla superficie.



Fig.2. Confronto ugello tradizionale (sinistra) con ugello vorticatore (destra) .

Di seguito sono riportate alcune immagini del set-up migliorato per il convogliamento di LN₂.



PRO	CONTRO
Estrema varietà di regolazioni del getto di LN ₂	Difficoltà di fissaggio al blocco macchina
Certezza di un sistema «Plug and Play»	Aumento degli ingombri

Fig.3. Set-up criogenico migliorato: ugelli della serie BR/BU con riduzione in ottone