

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

# ***Dimensionamento di matrici precomprese per Forgiatura a caldo***

Tutor universitario: Prof. Ghiotti Andrea

Laureanda: Galiazzo Sara

Padova, 20/09/2023

## Caratteristiche principali della Forgiatura a caldo:

- realizzazione di oggetti grandi e complessi
- temperature elevate
- pressioni modeste
- problemi di usura
- stampi monocomponente



Esempio di semilavorato da Forgiatura a caldo



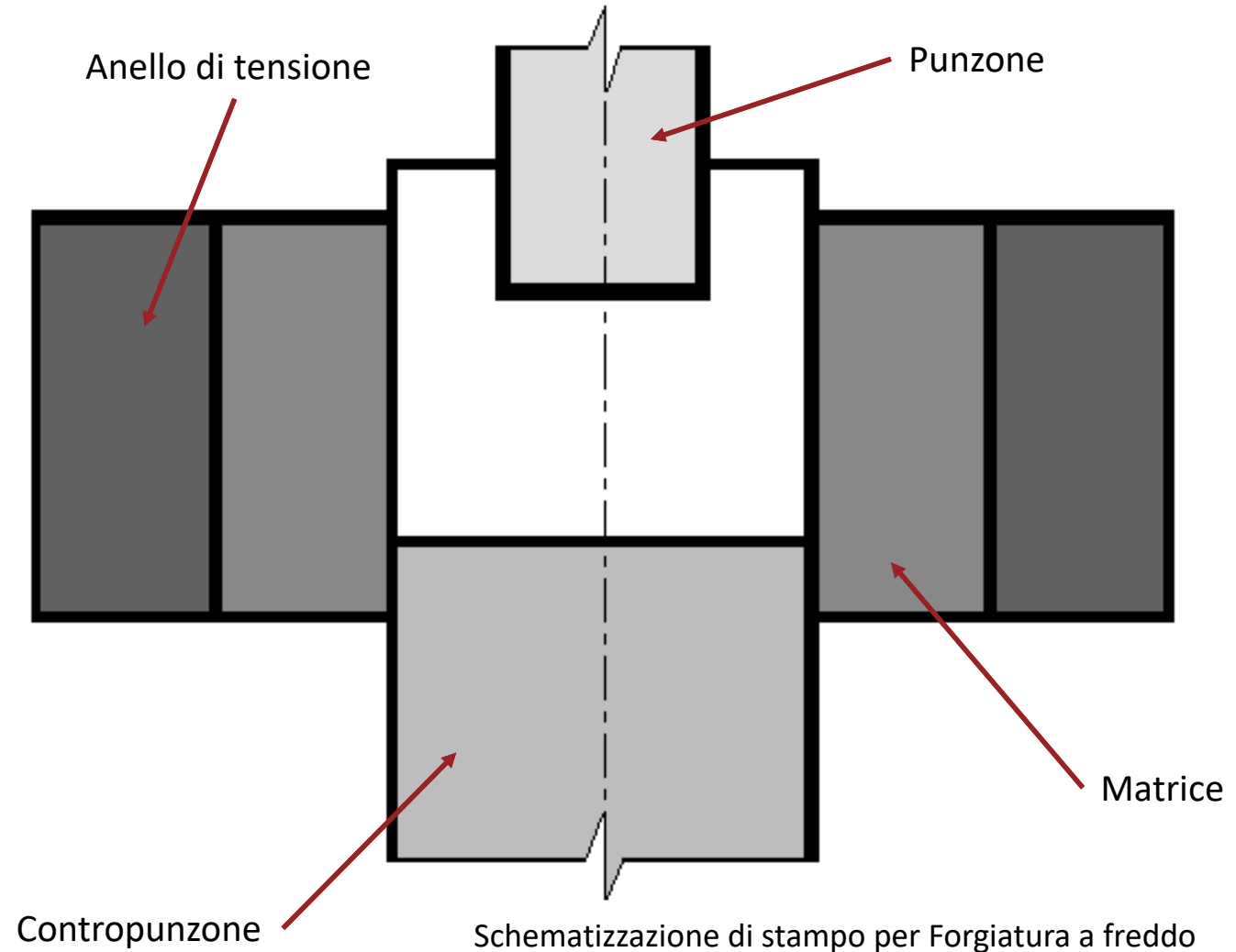
Esempio di processo per Forgiatura a caldo

## Elementi principali di uno stampo per Forgiatura a freddo:

- punzone
- matrice
- contropunzone
- anelli di tensione



Studio di fattibilità in  
Forgiatura a caldo

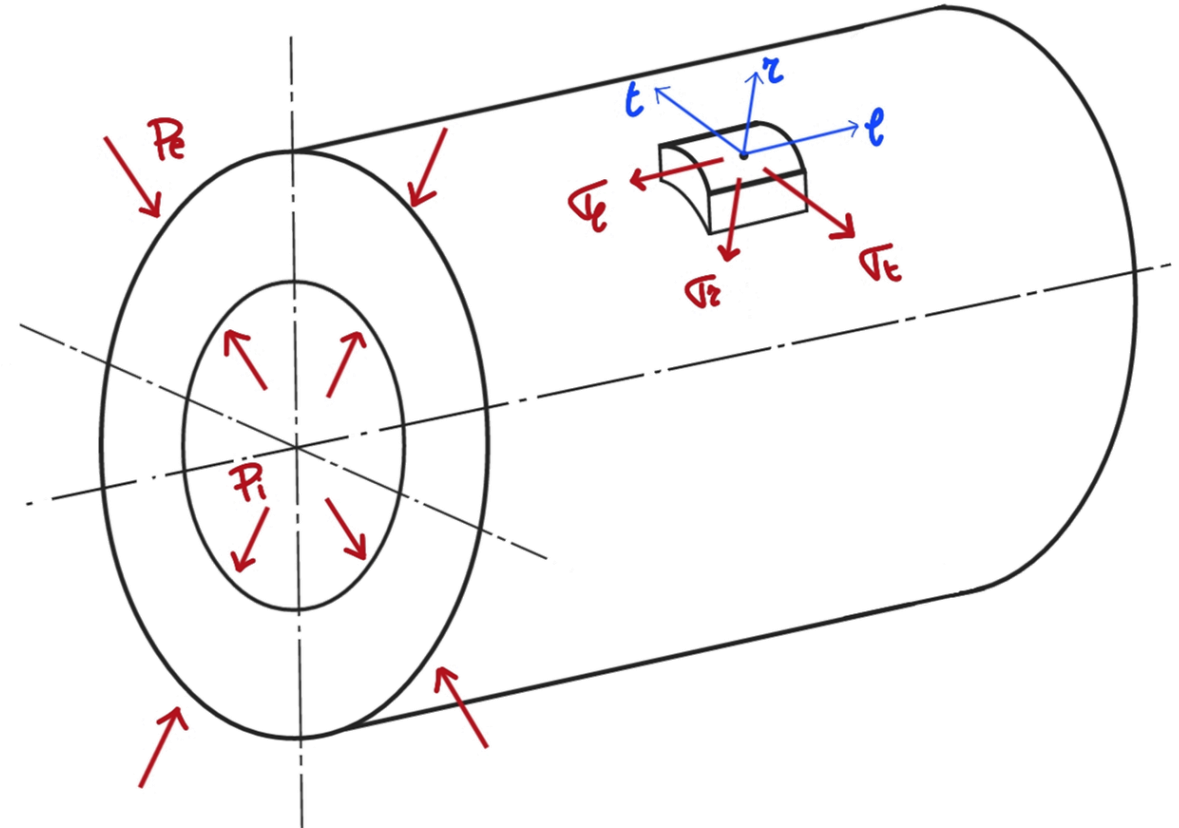


## Obiettivi dello studio:

- studiare e dimensionare gli anelli
- realizzare un modello
- analizzare il profilo delle pressioni
- valutare i materiali

## Tensioni analizzate:

- $\sigma_l$  tensione longitudinale (assiale)
- $\sigma_t$  tensione circonferenziale
- $\sigma_r$  tensione radiale



Tensioni principali – Teoria dei Gusci Spessi

Realizzazione di modello analitico su Excel.

## Teoria dei Gusci Spessi

- assialsimmetria di carichi e geometria
- geometria e carichi uniformi lungo  $l$
- $\sigma_l$  uniforme sul volume

Assunzioni  
principali

Distribuzione uniforme della  
pressione di calaggio

Materiale in regime elastico

Comportamento lineare

$\sigma_l = 0$

Cilindro privo di fondi

Sezione costante dei dischi

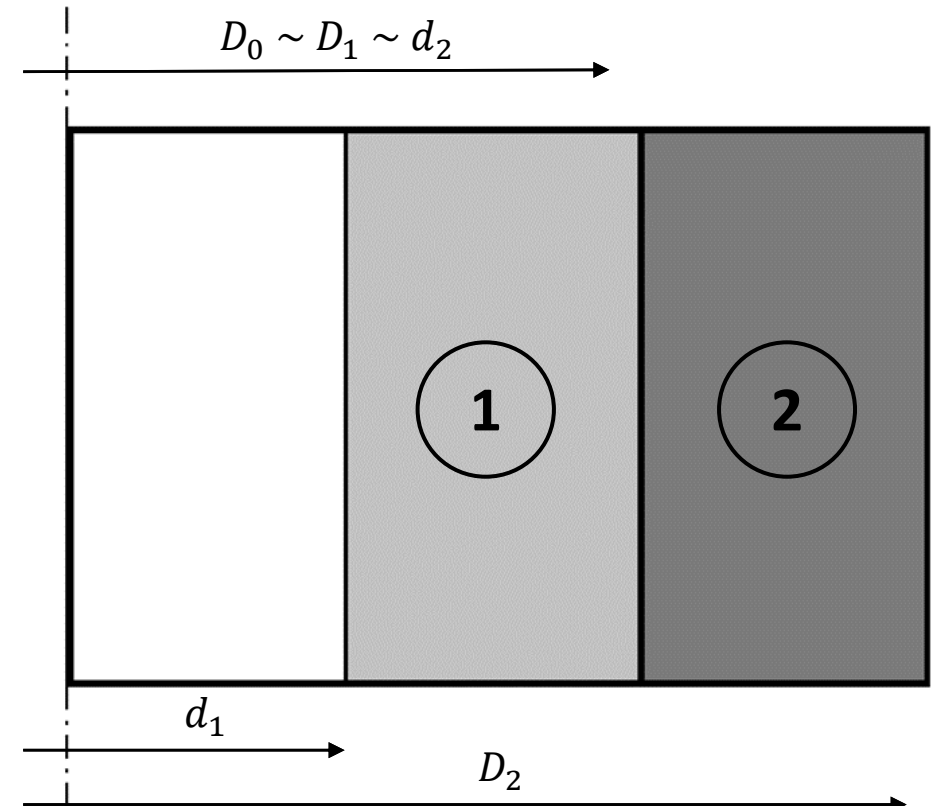
## Input del modello:

- dimensioni
- materiali
  - modulo elastico  $E$
  - coefficiente di Poisson  $\nu$
  - tensione scostamento proporzionalità  $0,2\% R_{p0.2}$
  - coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha$
- pressione interna  $p_i$
- interferenza  $\Delta$



## Contributi considerati:

- pressione interna  $p_i$ 
  - pressione intermedia  $p_x$
- pressione di calaggio  $p_0$



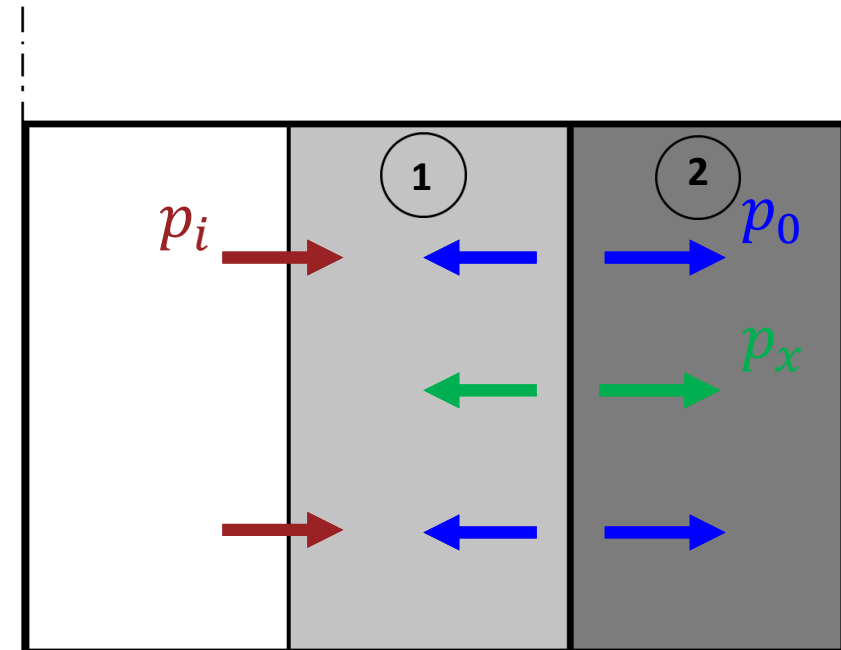
Schema di matrice e anello

Per il calcolo delle tensioni  $\sigma_t$  e  $\sigma_r$ , con ipotesi di  $\sigma_l = 0$ , si sono considerati i casi elementari:

- $p_i > 0$  con  $p_e = 0$
- $p_e > 0$  con  $p_i = 0$

In particolare, le pressioni interna ed esterna complessivamente agenti su:

- anello interno 1
  - $p_{i\ tot} = p_i$
  - $p_{e\ tot} = p_x + p_0$
- anello esterno 2
  - $p_{i\ tot} = p_x + p_0$
  - $p_{e\ tot} = 0$



Schema delle pressioni agenti

Ricerca di materiali per anello interno e anello esterno tali che  $\alpha_1 \gg \alpha_2$ .

Vantaggi:

- semplificazione fase montaggio degli anelli  $\longrightarrow \Delta_{montaggio}$
- interferenza aggiuntiva per espansione termica  $\longrightarrow \Delta_{\delta T}$
- collegamento non permanente

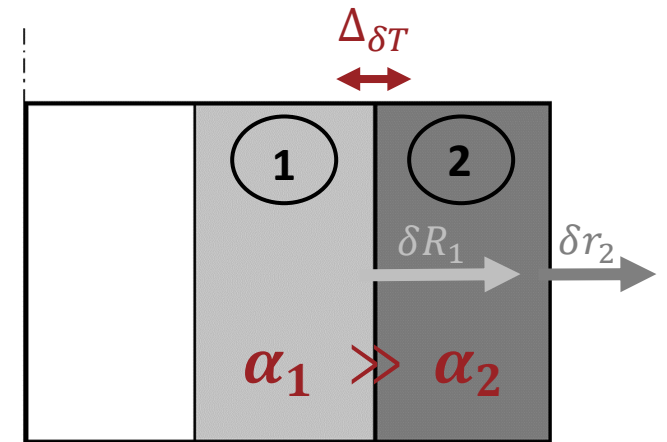
Anello interno  $\rightarrow$  Leghe di Rame Berillio:  $\alpha_1 \sim 17 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

Anello esterno  $\rightarrow$  Acciai:  $\alpha_2 \sim 12,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

$\left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Anello interno} \\ \text{Anello esterno} \end{matrix}} \right\} \Delta_{\delta T} = \delta R_1 - \delta r_2 = \left( \alpha_1 \frac{D_1}{2} - \alpha_2 \frac{d_2}{2} \right) \delta T$

$\downarrow$

$$\Delta_{totale} = \Delta_{montaggio} + \Delta_{\delta T}$$



Effetto espansione termica, @ 300°C





Effetto dell'interferenza, con  $p_i = 0$

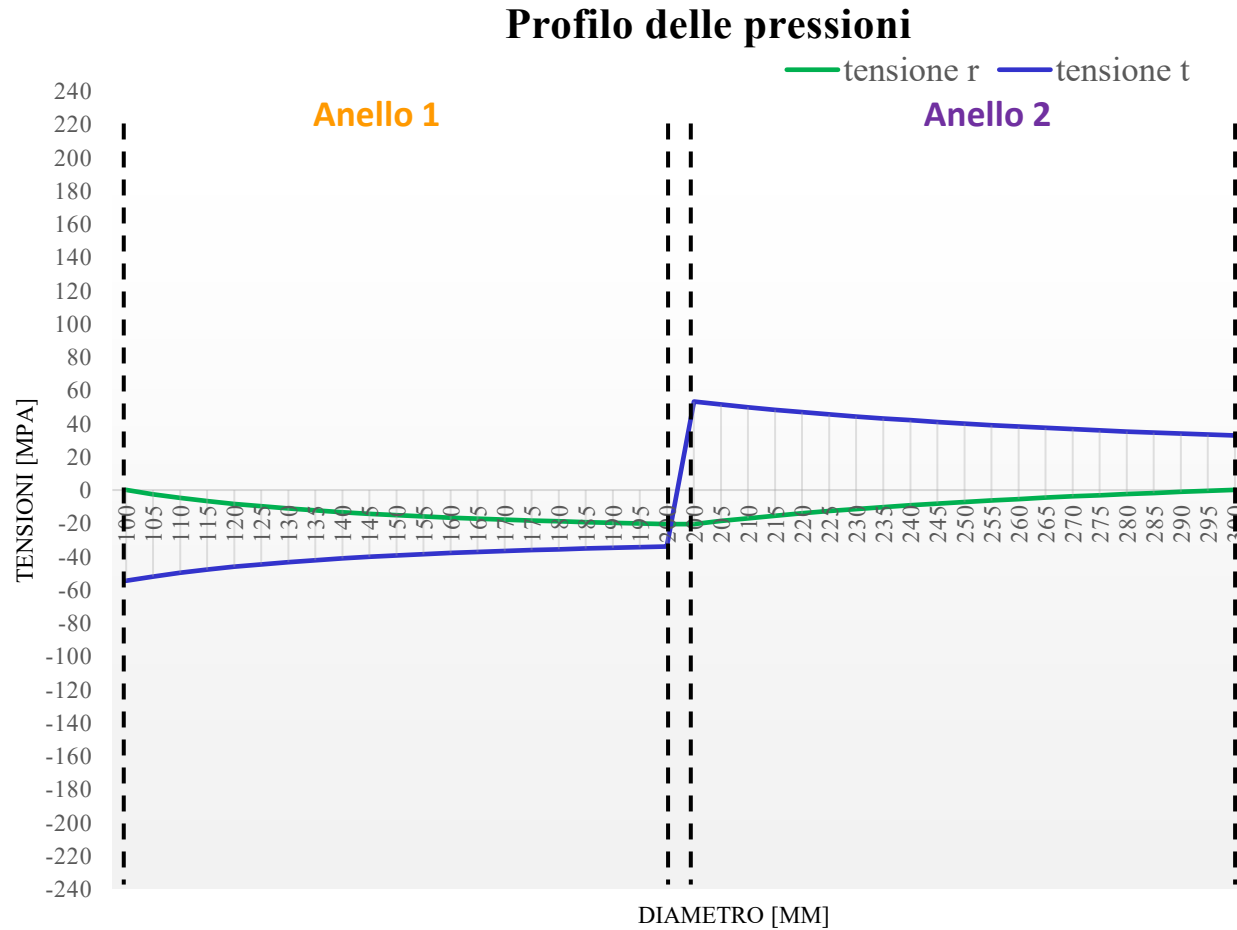


Grafico per  $\Delta_{montaggio} = 0,25\%D_0$ ,  
 $p_i = 0$

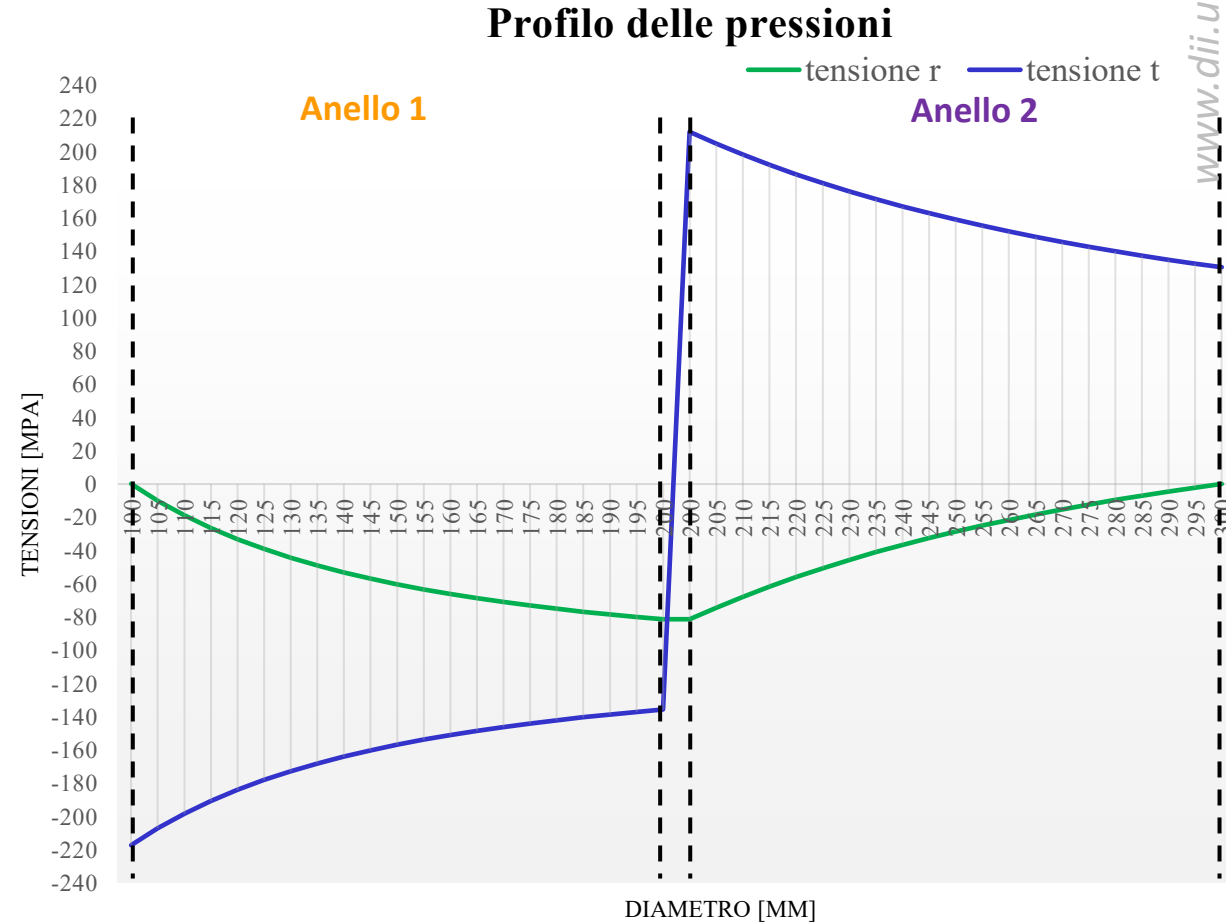


Grafico per  $\Delta_{totale} \sim 0,2mm$ ,  
 $p_i = 0, T \sim 300^{\circ}C$

# Effetto della pressione interna e dell'interferenza

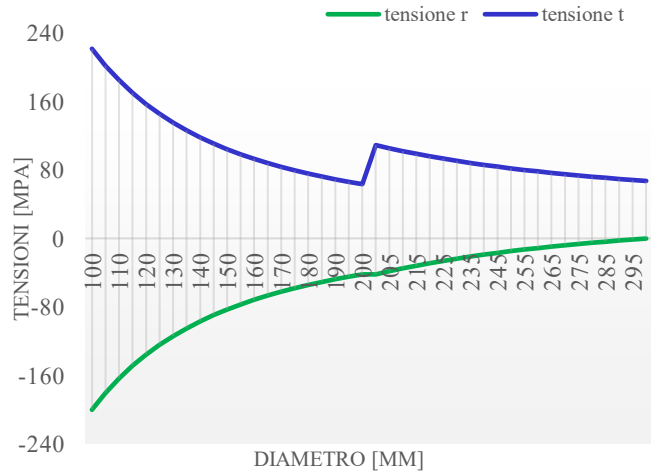


Grafico per  $p_i = 200\text{MPa}$ ,  $\Delta_{totale} = 0$

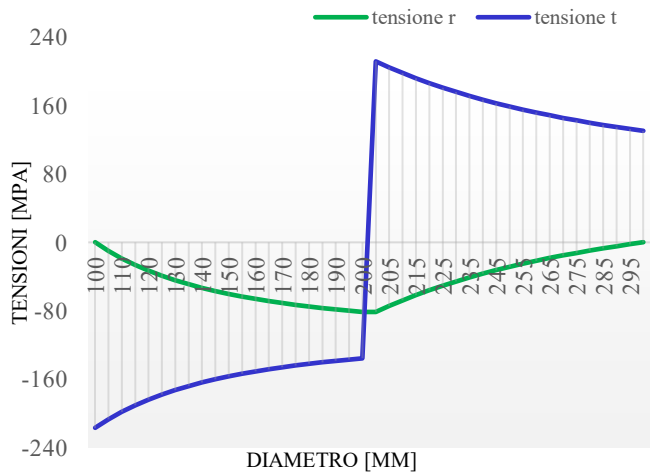


Grafico per  $\Delta_{totale} \sim 0,2\text{mm}$ ,  $p_i = 0$ ,  $T \sim 300^\circ\text{C}$

## Profilo delle pressioni

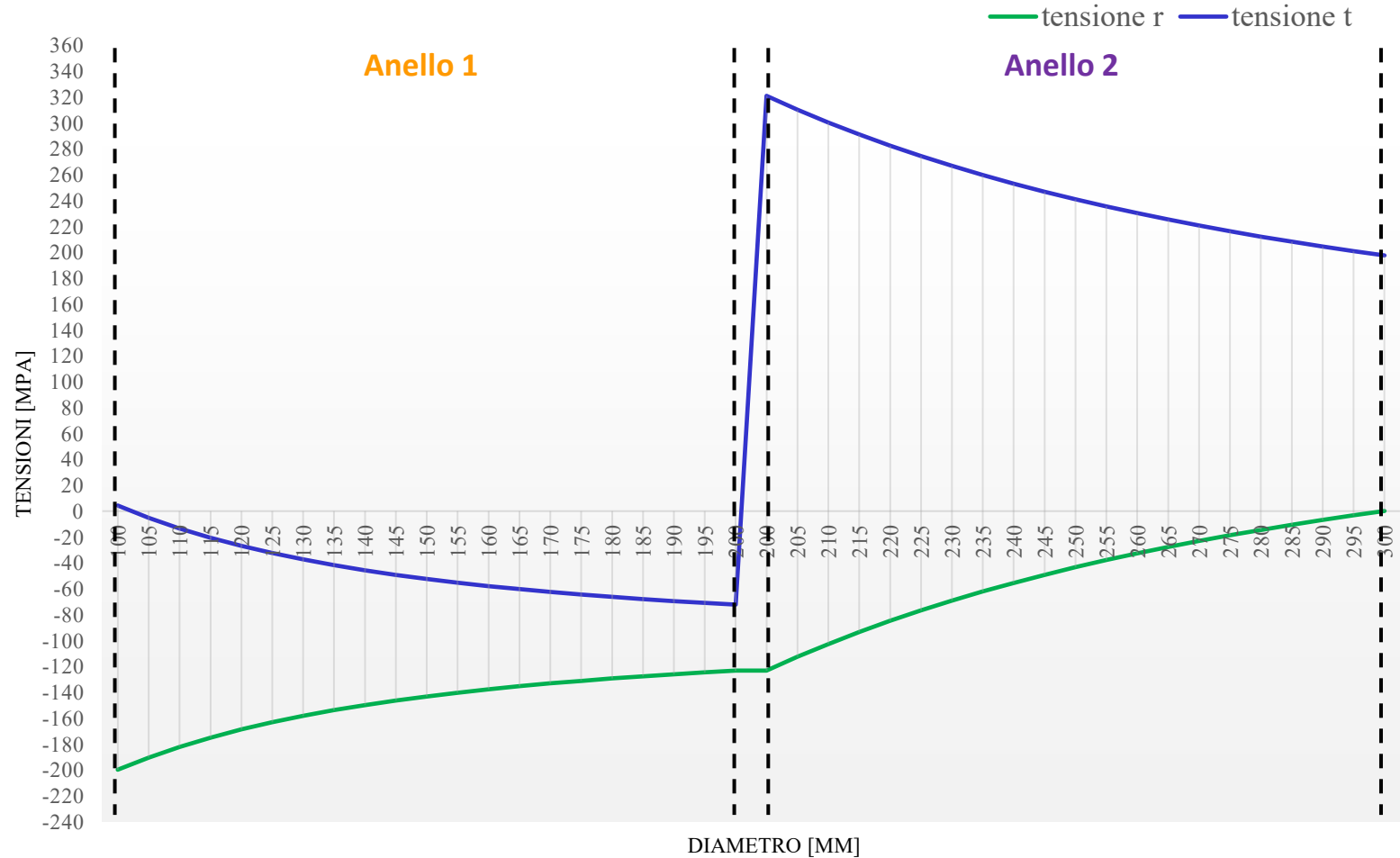


Grafico per  $p_i = 200\text{MPa}$ ,  $\Delta_{totale} \sim 0,2\text{mm}$ ,  $T \sim 300^\circ\text{C}$

## Obiettivi dello studio:

- studiare e dimensionare gli anelli
- realizzare un modello
- analizzare il profilo delle pressioni
  
- valutare i materiali



Semplice modello

Descrizione corretta del profilo delle pressioni

→ Interferenza ~ decimi di mm

## Possibili sviluppi

- Migliorare il modello
- Analizzare altri materiali
- Valutare l'aspetto economico

***Grazie per l'attenzione!***