

Introduzione all'idroformatura

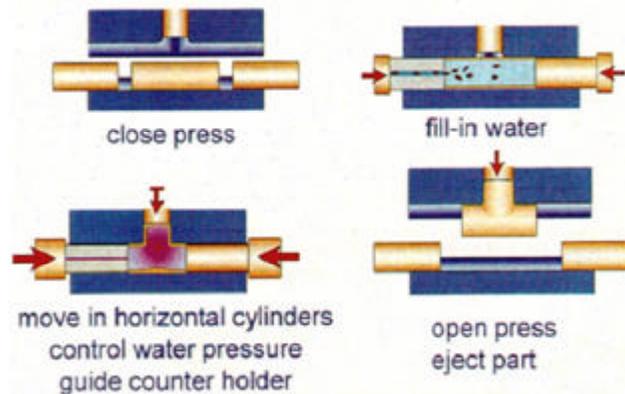
- Idroformatura di tubi (THF)
 - Schemi di funzionamento, sequenze e parametri di processo
 - Classificazione dei prodotti dell'idroformatura di tubi ed esempi
- Idroformatura di lamiere (SHF)
 - Schemi di funzionamento, sequenze e parametri di processo

1/70

Idroformatura di tubi (THF)

2/70

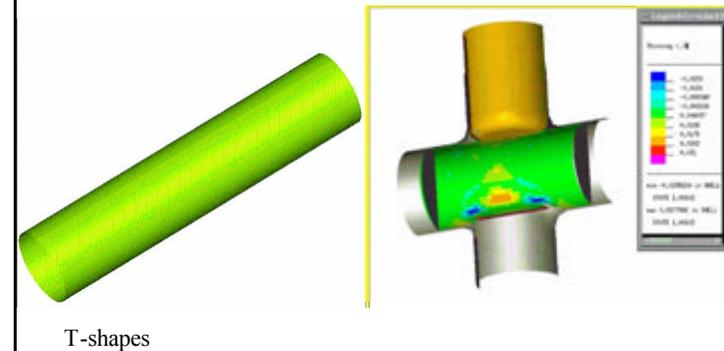
Schema del processo THF



3/70

Idroformatura di tubi

Esempi di processo THF

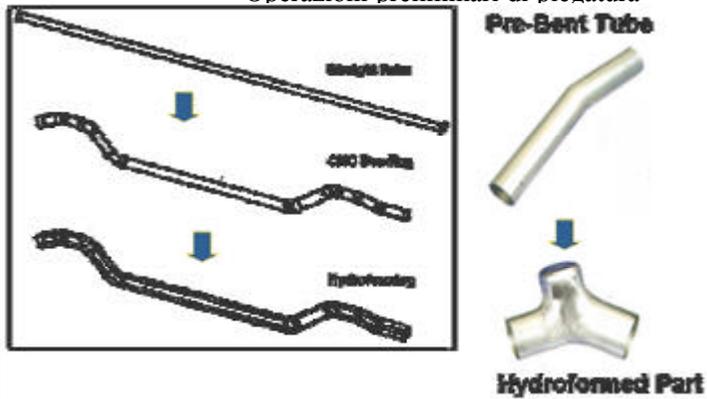


4/70

Idroformatura di tubi

Sequenza del processo THF

Operazioni preliminari di piegatura

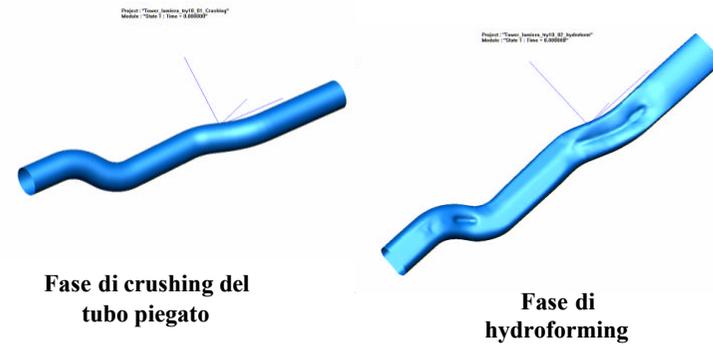


Idroformatura di tubi

5/70

Sequenza del processo THF

Operazioni preliminari di pre-forming (crushing)

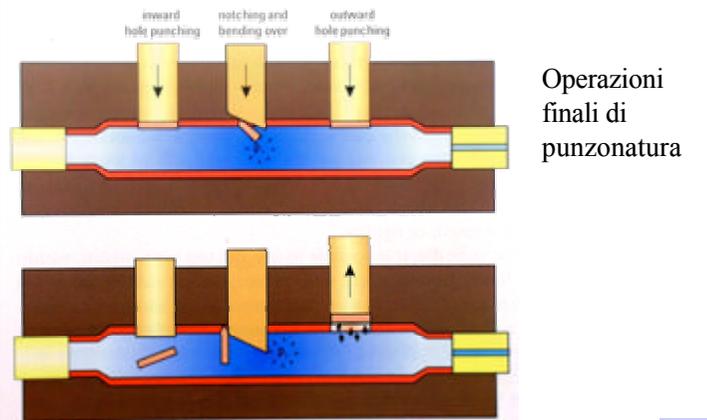


Idroformatura di tubi

6/70

Sequenza del processo THF

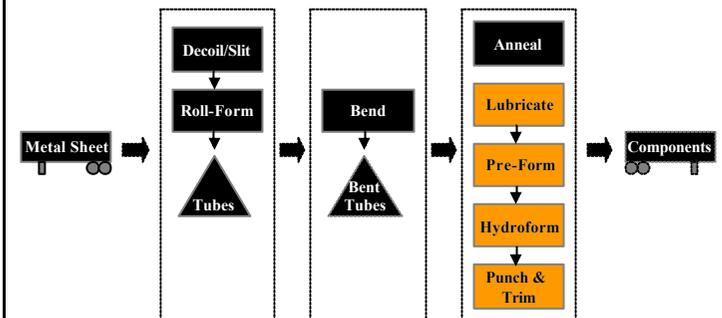
Operazioni finali di punzonatura



Idroformatura di tubi

7/70

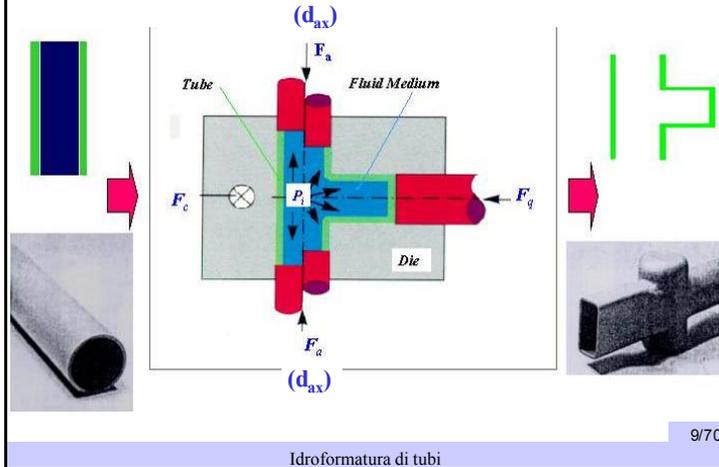
Sequenza del processo THF



Idroformatura di tubi

8/70

Parametri del processo THF



Possibili difetti nel THF



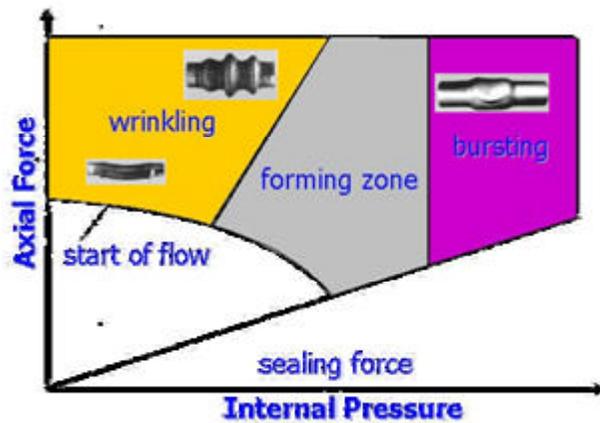
Buckling Wrinkling Bursting

Dovuti spesso a errata scelta dei parametri di processo

Idroformatura di tubi

10/70

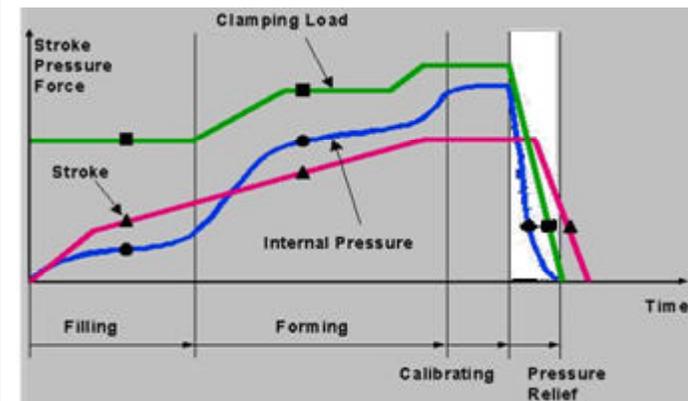
Limiti di controllo nel THF



11/70

Idroformatura di tubi

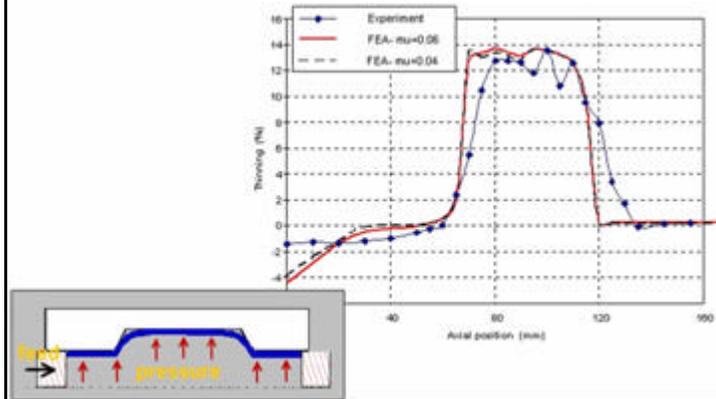
Parametri di processo nel THF



12/70

Idroformatura di tubi

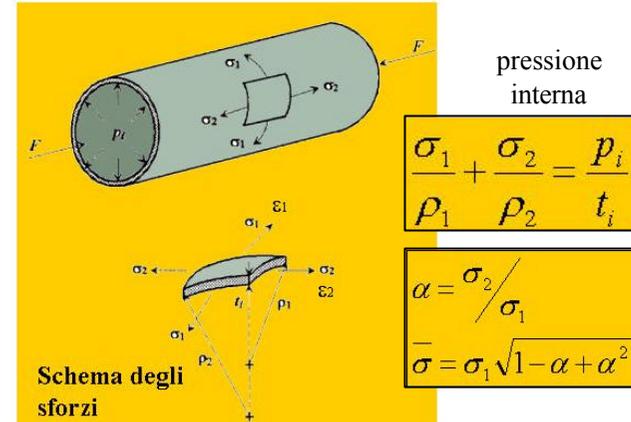
Distribuzione dello spessore



Idroformatura di tubi

13/70

Sforzi e deformazioni nel tubo



Introduzione all' idroformatura

14/70

Calcolo della pressione interna di bulging

$$\frac{\sigma_1}{\rho_1} + \frac{\sigma_2}{\rho_2} = \frac{p_i}{t_i}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

$$\bar{\sigma} = \sigma_1 \sqrt{1 - \alpha + \alpha^2}$$

$$\bar{\sigma} = R_{p0.2}$$

$$\rho_2 = \infty$$

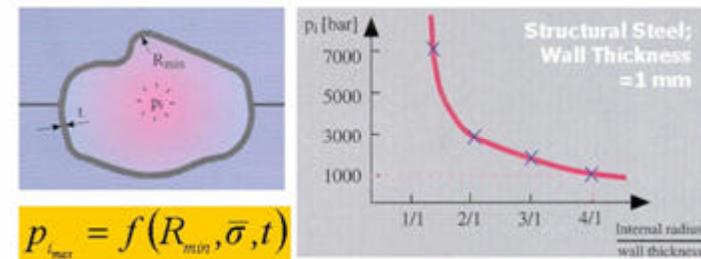
$$\rho_1 = (d_0 - t_0)/2$$

$$P_i = \frac{\bar{\sigma} t_0}{\rho_1 \sqrt{1 - \alpha + \alpha^2}}$$

Introduzione all' idroformatura

15/70

Pressione e raggi interni di raccordo



$$p_{i_{max}} = f(R_{min}, \bar{\sigma}, t)$$

R_{min} : smallest internal radius

$$\rho_2 = \infty$$

$$\bar{\sigma} =$$

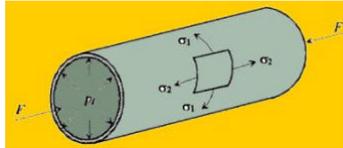
$$\frac{\sigma_1}{\rho_1} + \frac{\sigma_2}{\rho_2} = \frac{p_i}{t_i}$$

Introduzione all' idroformatura

Stima dello spessore

$$t = (t_o) \exp \left[- \ln \left(\frac{d}{d_o} \right) \frac{\sigma_\theta + \sigma_\varphi}{2\sigma_\theta - \sigma_\varphi} \right]$$

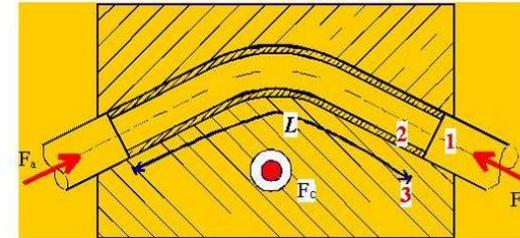
d = radius of the tube
 t = thickness
 p_i = internal pressure
 σ_θ = hoop stress S_1
 σ_φ = longitudinal stress S_2



17/70

Introduzione all' idroformatura

Forza di chiusura dello stampo

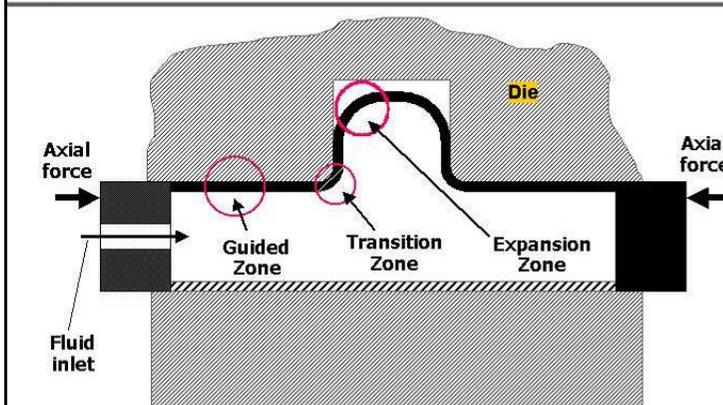


$$F_c = P_i \cdot A_p \quad A_p \gg L \cdot D$$

18/70

Idroformatura di tubi

Condizioni di attrito



19/70

Introduzione all' idroformatura

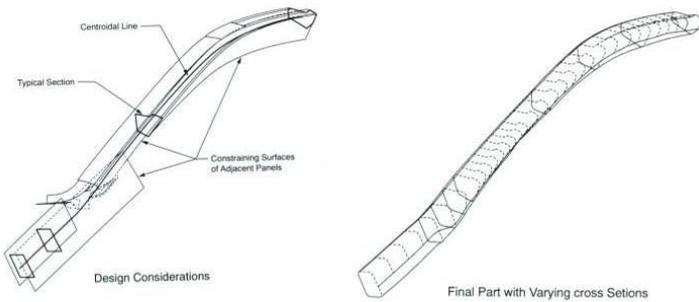
Criteri di progettazione

- Bending severity
- Amount of change in tube's perimeter
- Amount of change in tube's cross-sectional area
- Depth of protrusions from tube wall
- Hole piercing

20/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di progettazione



Design of the Final Part with Varying Cross-section

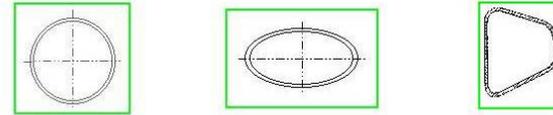
21/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di classificazione

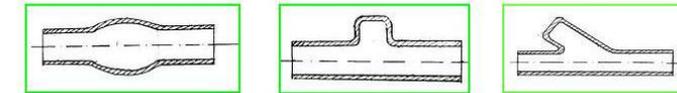
1. Based on cross section of final part.

Round b. Elliptical c. Polygonal



2. Based on feature geometry.

a. Axisymmetric bulge b. Tee-shape c. Y-shape



22/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di classificazione

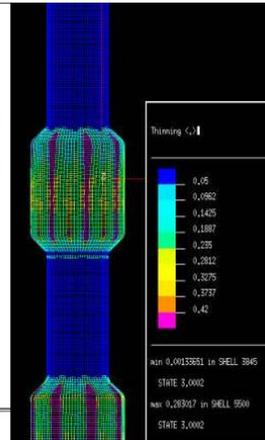
2. Number and position of bulges and protrusions



protrusions

bulges

$$d_{ax} / L_i$$



M. Strano - Tecnologie Speciali

Criteria di classificazione

1D

2D

3D



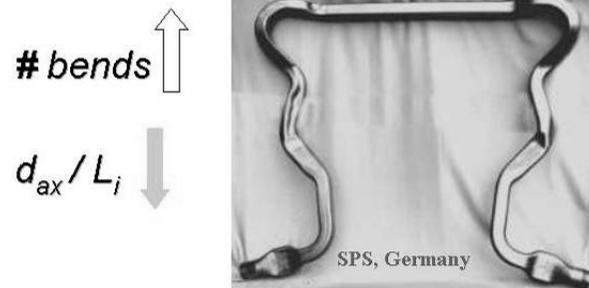
3. Forma della spline del tubo

24/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di classificazione

Number, position and geometry of bends



25/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di classificazione

Based on material used.

- Low Carbon Steel.
- Aluminum.
- Stainless Steel.
- High Strength Steel.

26/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di classificazione

Based on thickness of cross section

- Thin walled parts. (D/t ratio greater than 15)
- Thick walled parts. (D/t ratio less than 15)

Based on L/D ratio

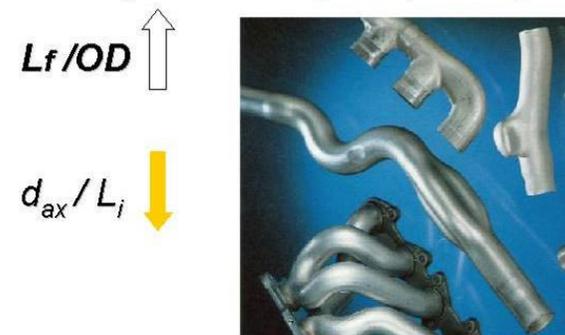
- Low L/D ratio. (L/D ratio less than 20, e.g., exhaust manifold components)
- High L/D ratio. (L/D ratio greater than 20, e.g., chassis of automobile)

27/70

Introduzione all' idroformatura

Criteria di classificazione

Length of tube spline (L_i or L_f)



28/70

Introduzione all' idroformatura

Criteri di classificazione

		GROUP A	GROUP B	GROUP C	GROUP D
GEOMETRICAL FEATURES	general description	long parts with no bulges or protrusions and with sharp bends	parts with no bulges, protrusion nor sharp bends	bulged parts	parts with protrusions
	# of sharp bends	>2	≤2	0	0
	# of protrusions	0	0	0	<=2
	# of bulges	0	0	>0	<=1
	spline length (L_f/OD)	usually > 20	usually > 15	≈ 10	<5
PROCESS DESIGN VARIABLES	CRUSHING	yes	optional*	no	no
	amount of axial feed d_{ax}/L_i	no feed	small feed	average feed	large feed
		0	≈ 0.05	≈ 0.2	≈ 0.4

*usually yes, not only for short steel parts

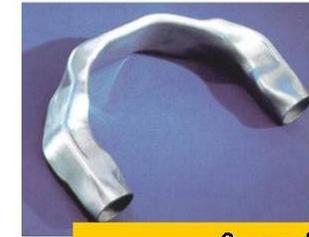
29/70

Introduzione all' idroformatura

Criteri di progettazione



d_{ax} = avanzamento assiale
 L_i = lunghezza iniziale



Classificazione in base al rapporto d_{ax} / L_i

Group B
Small feeding
 $d_{ax} / L_i \approx 0.01 \div 0.1$

30/70

Idroformatura di tubi

Criteri di progettazione



Group C
Average feeding
 $d_{ax} / L_i \approx 0.1 \div 0.2$



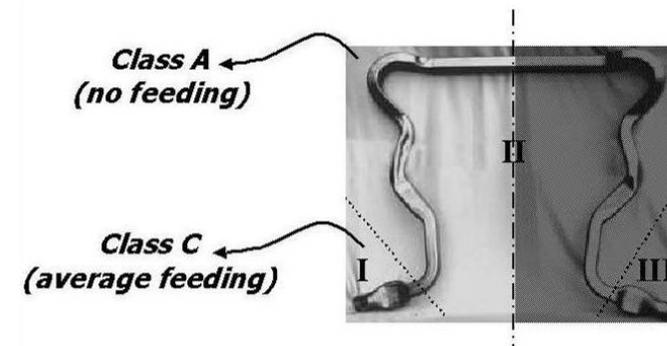
Group D
Large feeding
 $d_{ax} / L_i \approx 0.4$ or more

Classificazione in base al rapporto d_{ax} / L_i

31/70

Idroformatura di tubi

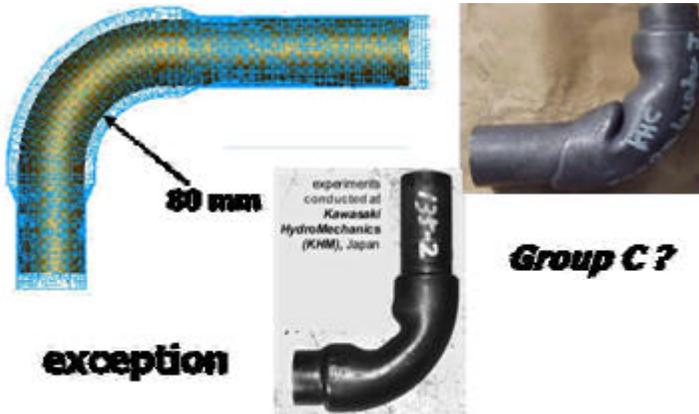
Criteri di classificazione



32/70

Idroformatura di tubi

Criteria di classificazione



33/70

Idroformatura di tubi

Esempi di prodotti THF

- **Piping:**
 - materiali: usually stainless steel, but also aluminum for airplanes
 - esempi: exhaust pipes, engine tubes, catalytic converters, pressure tubes, tail pipes, connectors and manifolds
- **Structural parts:**
 - materiali: low to medium carbon steels and aluminum for structural and cost related reasons
 - esempi:
 - chassis and body front and rear engine cradles, ladder frames, hitch bars, side roof rails and roof bows, instrument panel bases, radiator frames, suspension components, windshield fasteners, body side rails
 - steering and suspension control arms, trailing links, steering columns
 - safety parts roll-over bars, seat frames and shock absorber housings, bumper beams
- **Engine and drive cases:**
 - materiali: cast hardening steel
 - esempi: Hollow crankshafts, drive shafts and gear shafts

34/70

Idroformatura di tubi

Esempi di prodotti THF

AISI304 Stainless Steel

$\phi = 57.15 \text{ mm}$
 $t_0 = 0.6 \text{ mm}$



35/70

Idroformatura di tubi