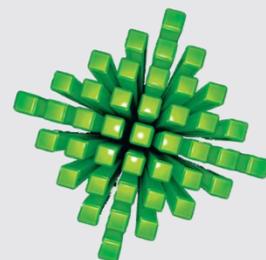


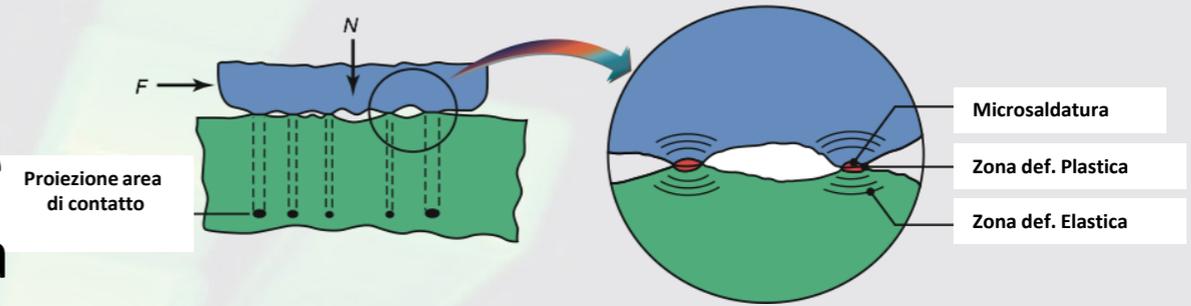
Stampaggio massivo



Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.
Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7

Stampaggio massivo = Bulk forming

- L'attrito è molto importante
- **Modello adesivo attrito** il contatto avviene solo in alcune aree la cui proiezione è detta



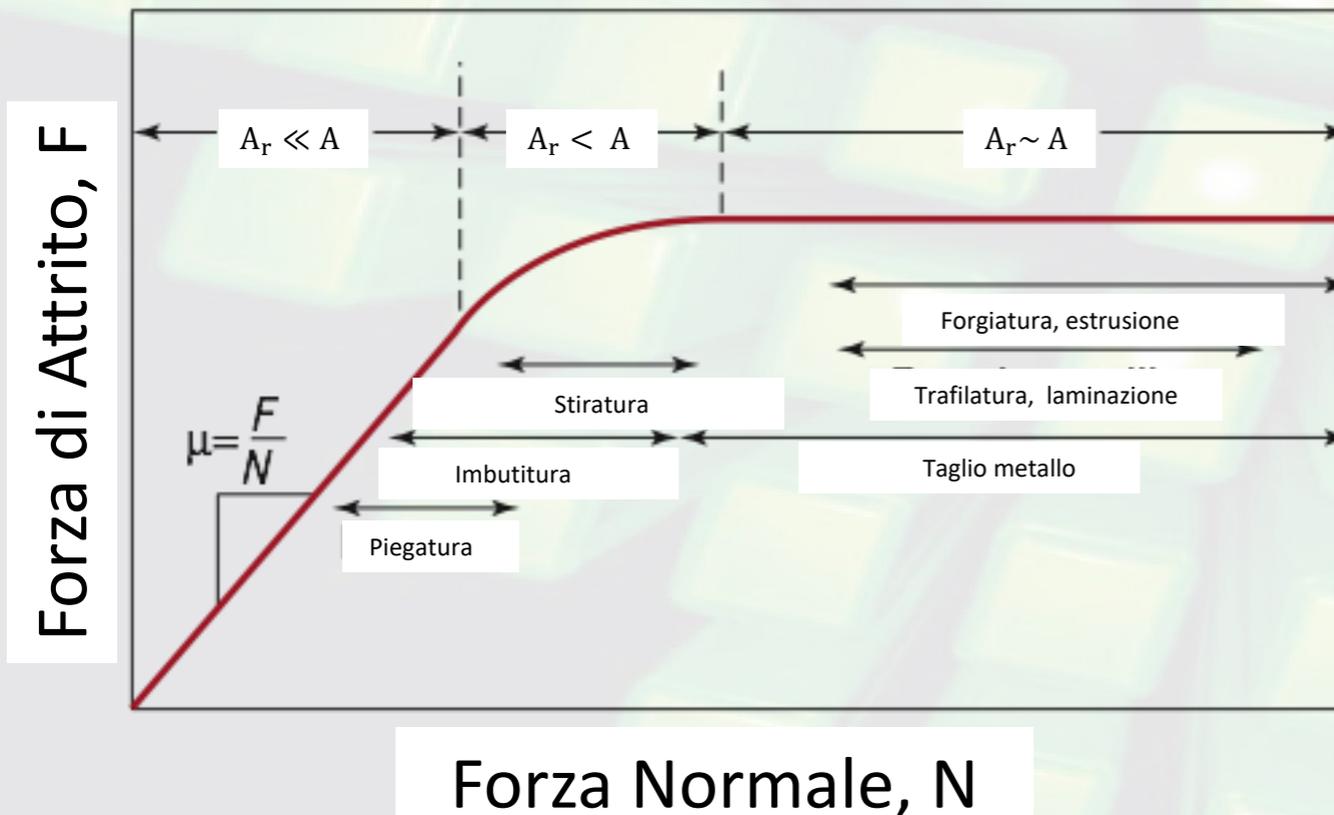
A_r

- Il coefficiente di attrito $\mu = \frac{F}{N} = \frac{\tau A_r}{\sigma A_r} = \frac{\tau}{\sigma}$

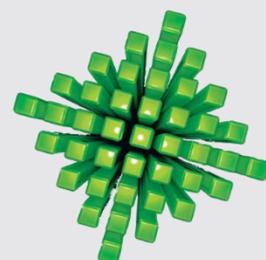


Modello di Coulomb

- All'aumentare della Forza Normale aumenta l'area reale di contatto (A_r) che tende ad avvicinarsi all'area apparente (A)
- Siccome τ al massimo può essere pari alla tensione tangenziale di snervamento del materiale k
- Quindi la Forza di Attrito F al massimo sarà pari a $k A$
- Però la Forza Normale N può crescere ancora quindi μ decresce

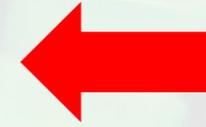


Processo	Coefficiente di attrito (μ)	
	Freddo	Caldo
Laminazione	0.05-0.1	0.2-0.7
Forgiatura	0.05-0.1	0.1-0.2
Trafilatura	0.03-0.1	—
Formatura lamiera	0.05-0.1	0.1-0.2
Asportazione truciolo	0.5-2	—



Stampaggio massivo

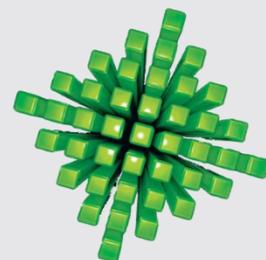
- Il fattore di attrito $m = \frac{\tau_{interfaccia}}{k}$



Modello di Tresca

dove $k =$

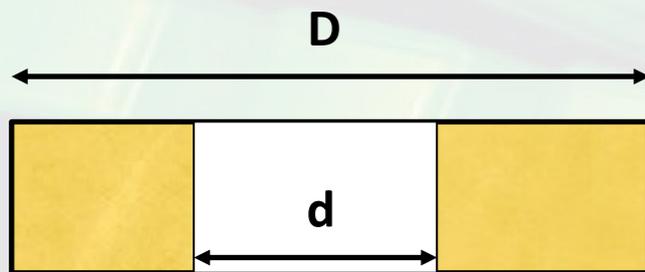
- $Y/2$ per criterio di Tresca
- $Y/\sqrt{3}$ per criterio di von Mises
- $m=0$ attrito nullo
- $m=1$ condizione di adesione (*sticking*)



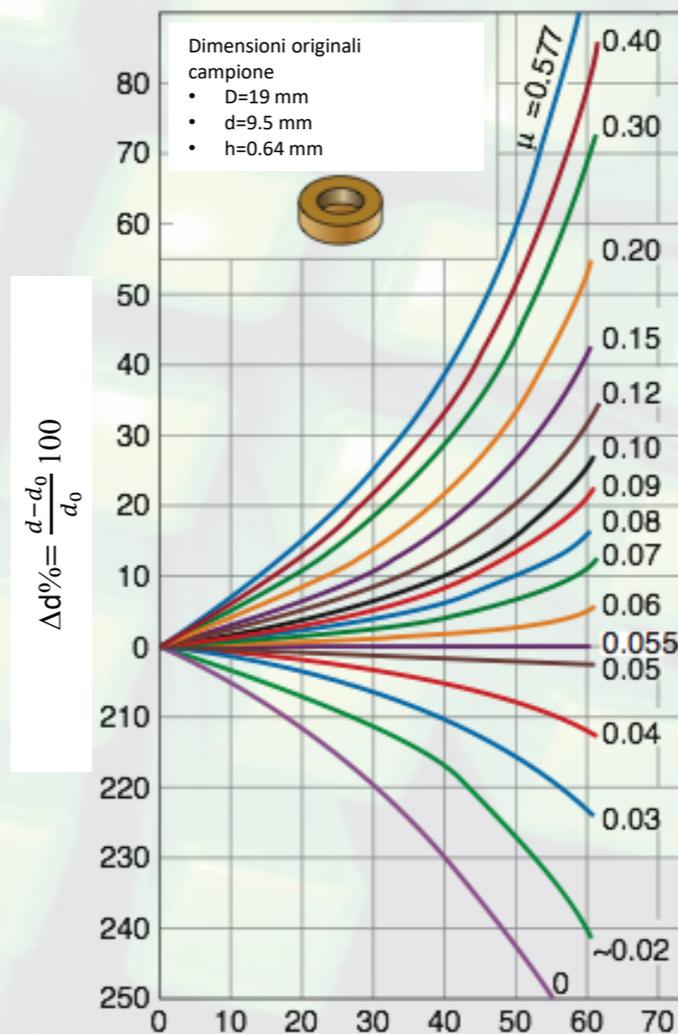
Misura attrito con la Prova a Compressione dell'Anello= Ring Compression Test

$$\Delta d\% = \frac{d-d_0}{d_0} 100$$

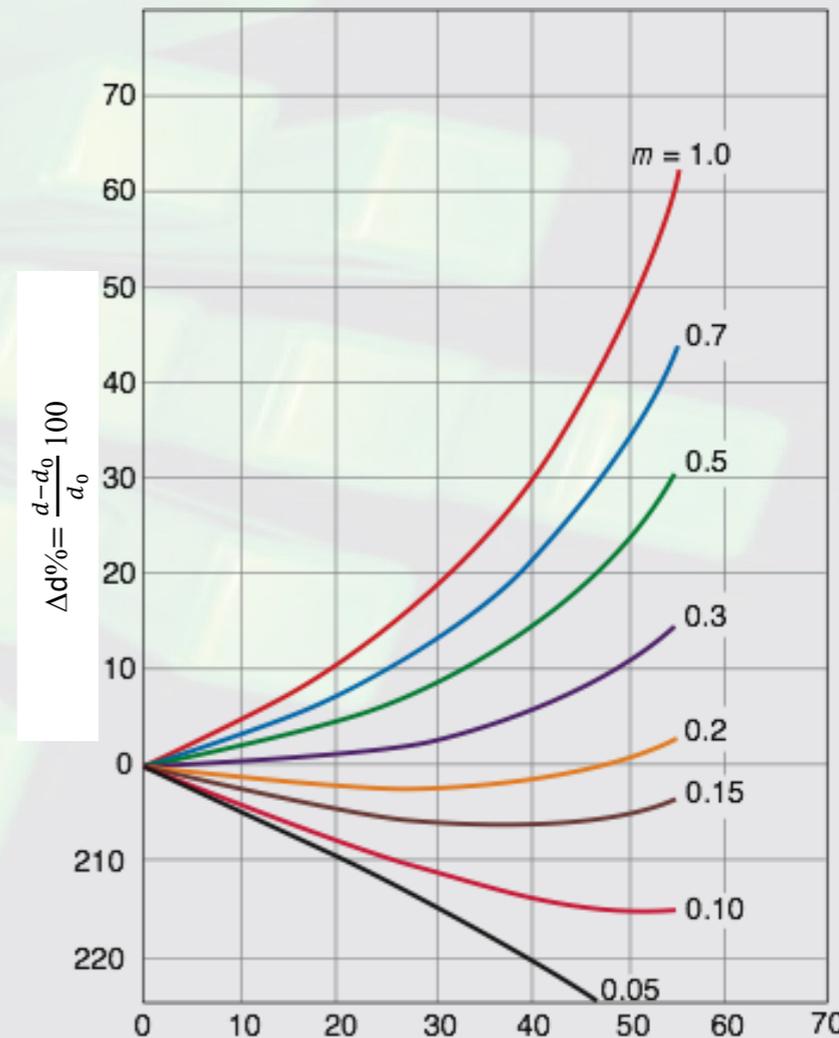
$$\Delta h\% = \frac{h-h_0}{h_0} 100$$



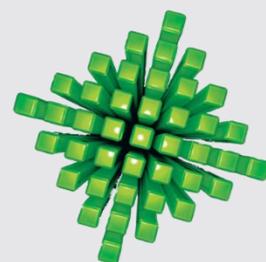
$D : d : h = 6 : 3 : 2$



$$\Delta h\% = \frac{h-h_0}{h_0} 100$$



$$\Delta h\% = \frac{h-h_0}{h_0} 100$$



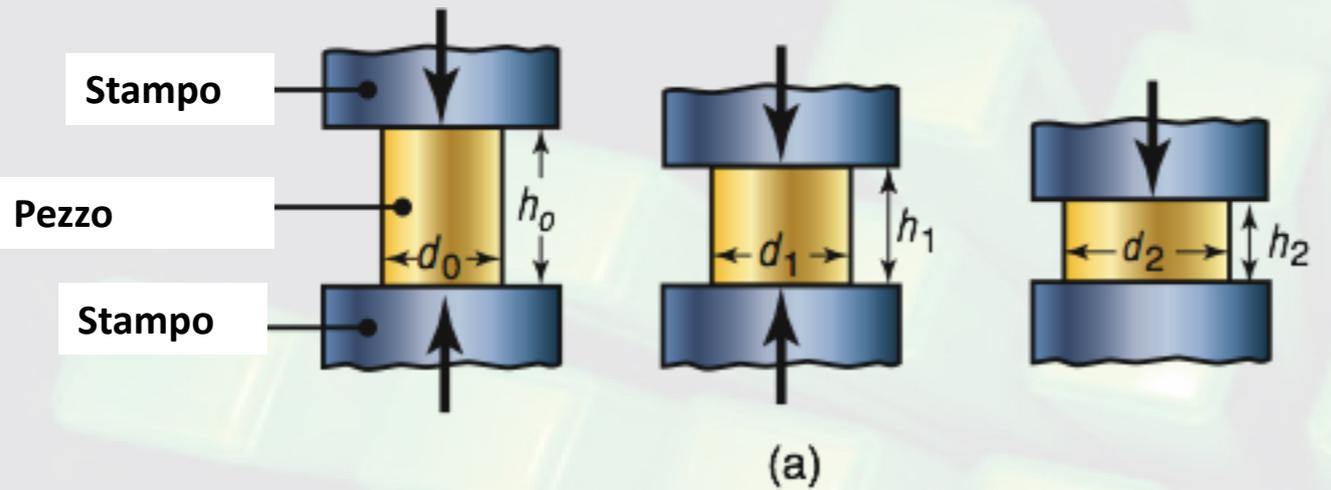
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

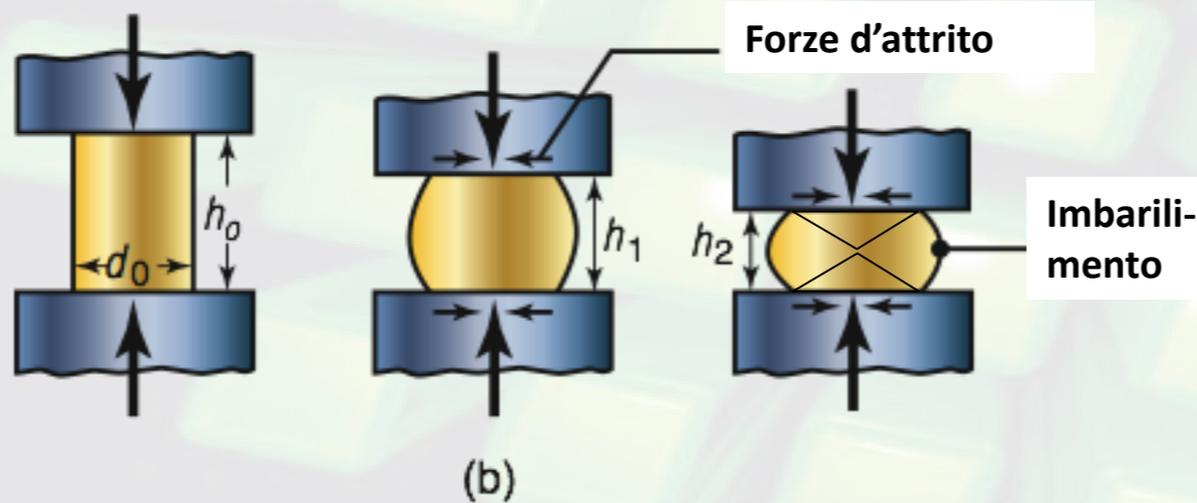
Ricalcatura



a. **Ricalcatura ideale** (*senza attrito*)
da cilindro a cilindro

$$\frac{A_0}{A_1} = \frac{d_0^2}{d_1^2} = \frac{h_1}{h_0}$$

Deformazione omogenea



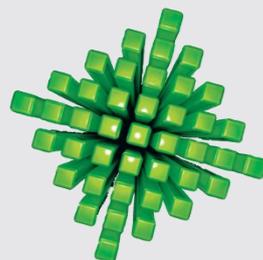
b. **Ricalcatura reale** (*con attrito*)
Da cilindro a barilotto

Deformazione non omogenea

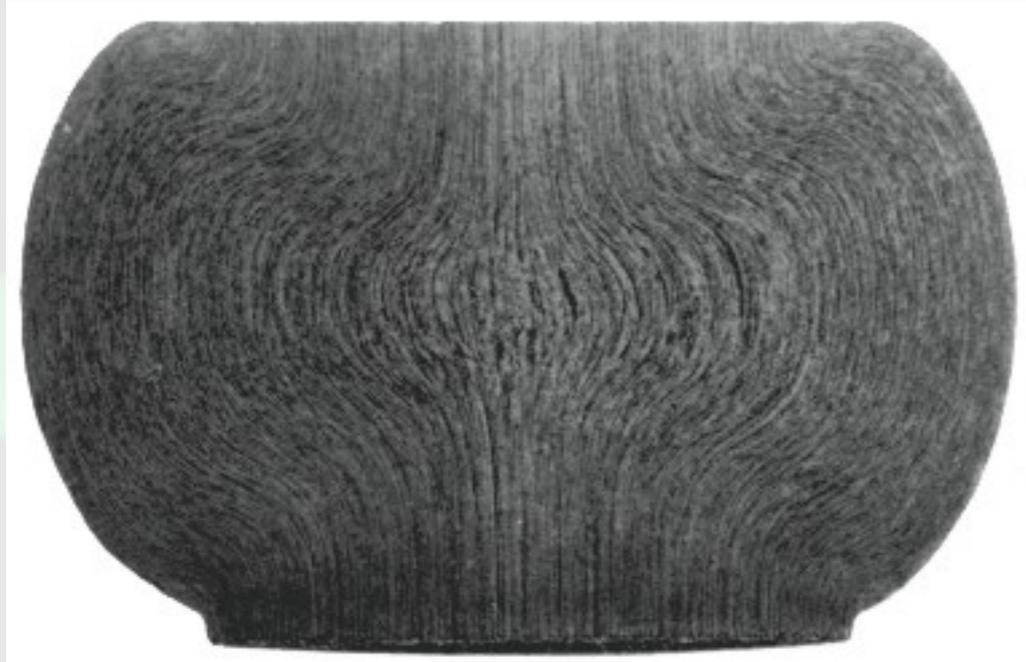
con **zone morte** (*dead zone di forma triangolare*)
dove il materiale non fluisce a causa *dell'attrito* e
del rapido raffreddamento delle estremità (nella
formatura a caldo)

Per ridurre l' imbarilimento (barreling)

- Adottare lubrificanti efficaci
- Adottare stampi riscaldati o barriera termica all'interfaccia
(nella formatura a caldo)



Flusso dei grani



Linee di flusso nella ricalcatura un campione cilindrico di acciaio a temperatura elevata tra due stampi piatti freddi.

La differenza tra zona alta e bassa è dovuta al fatto che il campione inizialmente appoggia solo sullo stampo inferiore e quindi solo in questa zona si raffredda.

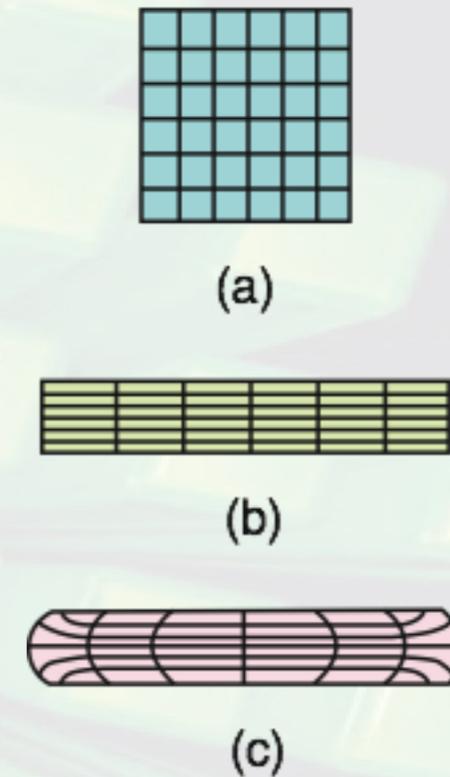


Illustrazione schematica della deformazione della griglia nella ricalcatura:

- a) griglia iniziale non deformata;
- b) griglia deformata in assenza di attrito;
- c) griglia deformata in presenza di attrito con sviluppo delle zone morte.

