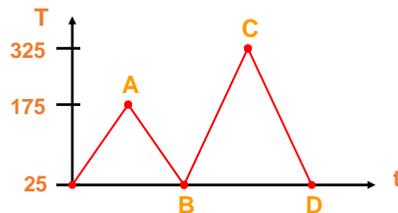


Esercizio n.: 1

3-17



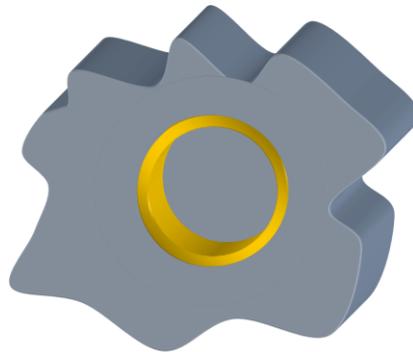
Una barra in alluminio ($\sigma_S = 180 \text{ MPa}$, $E = 70 \text{ GPa}$, $\alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), bloccata alle estremità, subisce il seguente ciclo termico:



Si valuti lo stato di tensione e la deformazione plastica permanente agli istanti A, B, C e D, assumendo valido il modello elasto-plastico perfetto.

1

Esercizio n.: 2



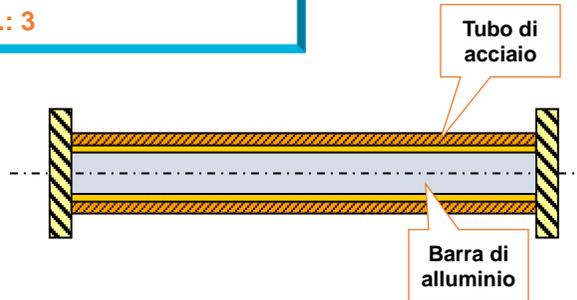
Una boccola, realizzata in lega di rame ($\sigma_S = 60 \text{ MPa}$, $E = 115 \text{ GPa}$, $\alpha_{Cu} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), del diametro esterno di 50 mm e dello spessore di 2 mm , è inserita senza gioco né interferenza in una cavità cilindrica ricavata in un supporto in acciaio ($\alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$).

- Si calcoli quale incremento di temperatura dell'assieme boccola più supporto porta la boccola ad incipiente plasticizzazione.
- Assumendo valido per la lega di rame il modello costitutivo elasto-plastico perfetto, si valuti il diametro interno finale della boccola qualora l'assieme boccola più supporto venga portato a $300 \text{ }^\circ\text{C}$ e, successivamente, raffreddato fino a temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C}$).

Si consideri costante lo stato di tensione lungo lo spessore dell'anello, e trascurabile la deformazione elastica del supporto.

2

Esercizio n.: 3



Un sistema meccanico è costituito da una barra di alluminio è inserita all'interno di un tubo in acciaio.

La barra ed il tubo sono fissati tra loro alle estremità in modo che gli allungamenti dei due elementi siano costantemente identici.

Le aree delle sezioni trasversali della barra e del tubo sono tra loro uguali.

Nell'ipotesi che a temperatura ambiente le tensioni assiali nella barra e nel tubo siano nulle, si calcoli la variazione di temperatura ΔT da imporre al sistema in modo che si crei uno stato di tensione di trazione di 20 MPa nel tubo in acciaio quando il sistema è riportato a temperatura ambiente.

Dati:

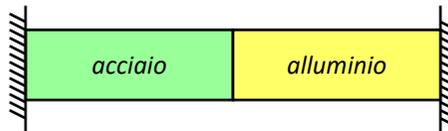
$$\sigma_{S_{Al}} = 120 \text{ MPa}, E_{Al} = 70 \text{ GPa}, \alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\sigma_{S_{Fe}} = 400 \text{ MPa}, E_{Fe} = 200 \text{ GPa}, \alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

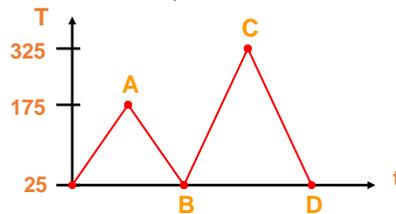
Comportamento dei materiali: elasto-plastico perfetto

3

Esercizio n.: 4



Due barre, di sezione costante e delle medesime dimensioni, realizzate una in acciaio ed una in alluminio, sono collocate una accanto all'altra tra due pareti rigide in maniera che le loro facce tocchino le superfici adiacenti senza forzamento.



Si analizzi l'andamento delle tensioni e delle deformazioni nelle due barre in funzione della temperatura qualora l'intero sistema subisca il ciclo termico sopra indicato.

Dati:

$$\sigma_{S_{Al}} = 240 \text{ MPa}, E_{Al} = 70 \text{ GPa}, \alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\sigma_{S_{Fe}} = 400 \text{ MPa}, E_{Fe} = 200 \text{ GPa}, \alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Comportamento dei materiali: elasto-plastico perfetto

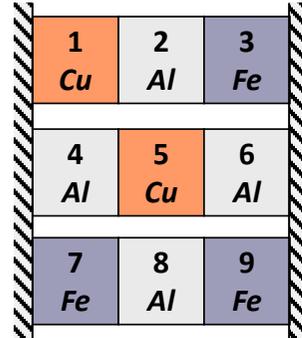
4

Esercizio n.: 5

Nove blocchi metallici, di uguali dimensioni e realizzati con i tre materiali indicati in basso, sono disposti uno accanto all'altro tra due pareti rigide secondo lo schema mostrato a lato.

A temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) i blocchi si toccano senza che ci sia forzamento tra essi.

Immaginando di riscaldare il sistema fino alla temperatura di $175\text{ }^{\circ}\text{C}$, si determini quale dei nove blocchi subisce la deformazione plastica maggiore in valore assoluto.



Dati:

Alluminio: $\sigma_{S\text{Al}} = 120\text{ MPa}$, $E_{\text{Al}} = 70\text{ GPa}$, $\alpha_{\text{Al}} = 24 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

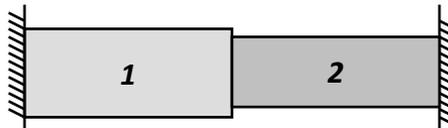
Rame: $\sigma_{S\text{Cu}} = 90\text{ MPa}$, $E_{\text{Cu}} = 115\text{ GPa}$, $\alpha_{\text{Cu}} = 18 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Acciaio: $\sigma_{S\text{Fe}} = 380\text{ MPa}$, $E_{\text{Fe}} = 200\text{ GPa}$, $\alpha_{\text{Fe}} = 12 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Comportamento dei materiali: elasto-plastico perfetto

5

Esercizio n.: 6



Una barra di alluminio è composta da due blocchi saldati tra loro di uguale lunghezza e di sezioni rispettivamente A_1 ed A_2 . Essa è bloccata alle estremità tra due pareti rigide.

A temperatura ambiente il sistema è completamente scarico. Assumendo valido per l'alluminio il modello costitutivo elasto-plastico perfetto, si valuti:

- l'incremento di temperatura ΔT necessario a portare il sistema ad incipiente plasticizzazione;
- lo stato di tensione finale nei due blocchi nell'ipotesi che il sistema venga riscaldato fino a $1.5 \cdot \Delta T$ e successivamente riportato a temperatura ambiente.

Si trascurino gli effetti di bordo nella sezione di interfaccia tra i due blocchi.

Dati:

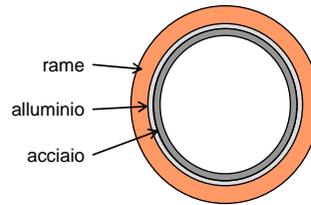
$A_1 = 600\text{ mm}^2$

$A_2 = 500\text{ mm}^2$

$\sigma_{S\text{Al}} = 170\text{ MPa}$, $E_{\text{Al}} = 70\text{ GPa}$, $\alpha_{\text{Al}} = 24 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

6

Esercizio n.: 7



A temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$), tre anelli metallici sono inseriti uno dentro l'altro senza che ci sia tra essi né gioco né forzamento.

Immaginando di riscaldare il sistema fino alla temperatura di $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ e di riportarlo poi a temperatura ambiente, si determini lo stato tensionale (circonferenziale) finale di ciascun anello.

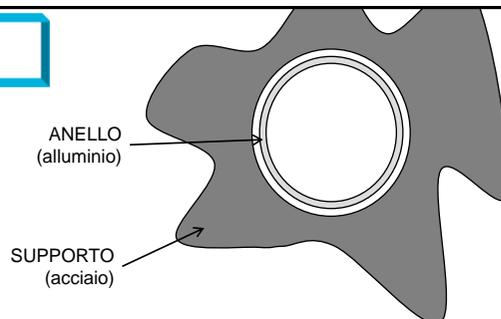
I tre anelli hanno la stessa larghezza, ma sono realizzati di spessore e materiale differente, come indicato nella tabella che segue. Si considerino trascurabili le tensioni assiali e radiali.

Il comportamento dei materiali può essere assunto come elasto-plastico perfetto.

ANELLO	Spessore	Materiale	Tensione di snervamento σ_S	Modulo elastico E	Coef. di espansione termica α
esterno	3 mm	rame	90 MPa	115 GPa	$18 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
centrale	0.5 mm	alluminio	110 MPa	70 GPa	$24 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
interno	1 mm	acciaio	320 MPa	200 GPa	$12 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

7

Esercizio n.: 8



A temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$), un anello di alluminio con diametro esterno di 60 mm è inserito all'interno di un foro di 60.1 mm realizzato in supporto in acciaio.

Immaginando di riscaldare il sistema fino alla temperatura di $475\text{ }^{\circ}\text{C}$ e di raffreddarlo poi fino a temperatura ambiente, si determini:

- la temperatura a cui avviene il contatto tra anello e parete interna del foro;
- la temperatura di incipiente plasticizzazione dell'anello;
- il diametro esterno finale dell'anello.

Si considerino trascurabili le tensioni assiali e radiali nell'anello e le deformazioni elastiche del supporto.

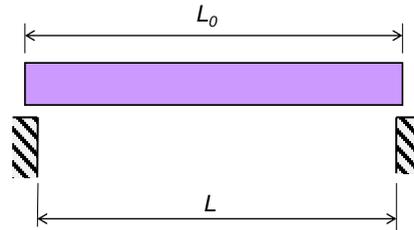
Il comportamento dell'alluminio può essere assunto elasto-plastico perfetto.

Alluminio: $\sigma_S = 120\text{ MPa}$, $E = 70\text{ GPa}$, $\alpha = 24 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Acciaio: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

8

Esercizio n.: 9



Una barra in alluminio della lunghezza iniziale $L_0 = 200.5 \text{ mm}$ deve essere inserita tra due pareti rigide poste alla distanza $L = 200 \text{ mm}$.

Si calcoli:

- di quando si deve raffreddare la barra per permetterne l'inserimento tra i vincoli,
- lo stato di tensione della barra quando il sistema viene riportato alla temperatura iniziale (con la barra inserita tra i vincoli)

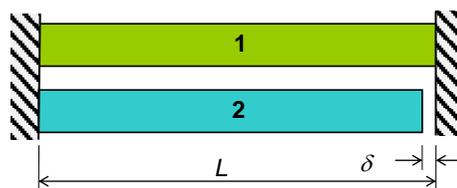
Nell'ipotesi che il sistema subisca un riscaldamento di $50 \text{ }^\circ\text{C}$, si valuti la perdita di forzamento che si riscontra quando viene ripristinata la temperatura iniziale.

Il comportamento del materiale è schematizzabile come elasto-plastico perfetto.

Altri dati: $\sigma_S = 220 \text{ MPa}$, $E = 70 \text{ GPa}$, $\alpha = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

9

Esercizio n.: 10



Due barre metalliche sono collocate tra due pareti rigide come mostrato in figura.

A temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) la barra 1 tocca le pareti rigide senza che vi sia né gioco né forzamento; al contrario, la barra 2 presenta il gioco longitudinale δ rispetto alla distanza tra i vincoli L .

Immaginando di riscaldare il sistema fino alla temperatura di $275 \text{ }^\circ\text{C}$ e di raffreddarlo poi fino a temperatura ambiente, si determinino le lunghezze finali delle due barre e le loro rispettive deformazioni plastiche finali.

Altri dati:

$L = 200 \text{ mm}$

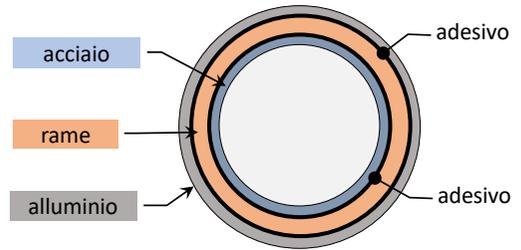
$\delta = 0.3 \text{ mm}$

$\sigma_S = 120 \text{ MPa}$, $E = 70 \text{ GPa}$, $\alpha = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Il comportamento dei materiali può essere approssimabile ad elasto-plastico perfetto.

10

Esercizio n.: 11



Per poter realizzare un incollaggio a caldo, tre anelli metallici a spessore sottile, del diametro medio di 140 mm e delle caratteristiche riportate nella tabella sottostante, sono inseriti uno dentro l'altro ed hanno, alla temperatura massima del ciclo di cura dell'incollaggio ($125\text{ }^\circ\text{C}$), un gioco radiale di 0.1 mm totalmente riempito dall'adesivo.

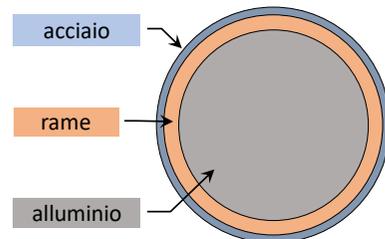
Nello stato finale, ad incollaggio effettuato, quando il sistema è riportato a temperatura ambiente ($25\text{ }^\circ\text{C}$), si valuti:

- lo stato di tensione dei tre anelli;
- la pressione radiale che sollecita i due film adesivi interposti tra gli anelli.

	Spessore	Materiale	Modulo elastico E	Coef. di espansione termica α
Anello interno	1.5 mm	acciaio	200 GPa	$12 \cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Anello intermedio	3.0 mm	rame	115 GPa	$18 \cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Anello esterno	1.5 mm	alluminio	70 GPa	$24 \cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

11

Esercizio n.: 12



Due anelli a spessore sottile sono calettati attorno ad un cilindro di alluminio a formare il sistema mostrato in figura. Inizialmente, a temperatura ambiente ($25\text{ }^\circ\text{C}$), tra essi non c'è né gioco né forzamento.

Si valuti:

- a che temperatura l'anello di rame arriva alla condizione di incipiente plasticizzazione;
- a che temperatura va portato il sistema perché si crei una pressione di calettamento di 2.5 MPa tra gli anelli una volta riportato il sistema a temperatura ambiente.

Si trascuri lo stato tensionale del cilindro in alluminio. Si consideri valido per il rame il modello costitutivo elasto-plastico perfetto.

	Spessore	Diametro	Tensione di snervamento	Modulo elastico	Coef. di espansione termica
Anello acciaio	1.5 mm	---	---	200 GPa	$12 \cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Anello rame	2.4 mm	---	80 MPa	115 GPa	$18 \cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Cilindro alluminio	---	95 mm	---	---	$24 \cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

12

Soluzioni:

Esercizio 1:

- A) $\sigma = -180 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{pl} = -0.00103 \text{ m/m}$
B) $\sigma = +72 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{pl} = -0.00103 \text{ m/m}$
C) $\sigma = -180 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{pl} = -0.00463 \text{ m/m}$
D) $\sigma = +180 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{pl} = -0.00257 \text{ m/m}$

Esercizio 2:

ΔT di incipiente plasticizzazione = $+86.95 \text{ }^\circ\text{C}$
Diametro finale interno = 45.94 mm

Esercizio 3:

$\Delta T = -225 \text{ }^\circ\text{C}$

Esercizio 4:

- A) $\sigma = -240 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{pl,AL} = -0.00077 \text{ m/m}$
B) $\sigma = 0 \text{ MPa}$ temperatura di separazione tratto AB: $46.43 \text{ }^\circ\text{C}$
C) $\sigma = -240 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{pl,AL} = -0.00617 \text{ m/m}$
D) $\sigma = 0 \text{ MPa}$ temperatura di separazione tratto CD: $196.43 \text{ }^\circ\text{C}$

Esercizio 5:

Blocco di rame n. 5, $\varepsilon_{pl} = -0.00655 \text{ m/m}$

Esercizio 6:

ΔT di incipiente plasticizzazione del blocco 2 = $+92.76 \text{ }^\circ\text{C}$
Stato di tensione finale: $\sigma_1 = +70.8 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = +85 \text{ MPa}$

13

Esercizio 7:

def. plastica dell'anello di alluminio a $500 \text{ }^\circ\text{C}$: $\varepsilon_{pl,AL} = -0.00112 \text{ m/m}$
tensioni finali: $\sigma_{Cu} = 0 \text{ MPa}$
 $\sigma_{Al} = +66.67 \text{ MPa}$
 $\sigma_{Fe} = -33.34 \text{ MPa}$

Esercizio 8:

ΔT di contatto = $+139.1 \text{ }^\circ\text{C}$
 ΔT di incipiente plasticizzazione = $+282.4 \text{ }^\circ\text{C}$
Diametro esterno finale anello = 59.88 mm

Esercizio 9:

ΔT di inserimento = $-103.9 \text{ }^\circ\text{C}$
tensione di forzamento a temperatura ambiente: $\sigma = -174.56 \text{ MPa}$
def. plastica a $50 \text{ }^\circ\text{C}$: $\varepsilon_{pl} = -0.000551 \text{ m/m}$
perdita di forzamento finale: $\Delta\sigma = -38.56 \text{ MPa}$

Esercizio 10:

lunghezza finale di entrambe le barre = 199.14 mm
def. plastica finale barra 1: $\varepsilon_{pl1} = -0.00428 \text{ m/m}$
def. plastica finale barra 2: $\varepsilon_{pl2} = -0.00278 \text{ m/m}$

Esercizio 11:

$\sigma_{Fe} = -88.8 \text{ MPa}$, $\sigma_{Cu} = +17.94 \text{ MPa}$, $\sigma_{Al} = +52.92 \text{ MPa}$
Pressione $_{Fe-Cu} = +1.9 \text{ MPa}$, Pressione $_{Cu-Al} = +1.13 \text{ MPa}$

Esercizio 12:

ΔT di incipiente plasticizzazione = $+115.9 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\Delta T_{max} = +253.6 \text{ }^\circ\text{C}$

14