

Tentamen i Materialteknik för M2, 2012-08-12

Kursnr: MTT085

Tillåtna hjälpmedel: Typgodkänd räknare, Formelblad m.m. sitter sist i tentan

Anvisningar: **Tesen skall lämnas in tillsammans med lösningarna.** Sista sidan får tas med. Mindre justeringar av uppgifternas poängvärde kan ske vid rättningen.

SVAR SKALL ALLTID ÅTFÖLJAS AV MOTIVERING.

Frågor: Prof. Christer Persson, telefon 772 1251 Professor Antal Boldizar 772 1314 Univ. lektor Mats Norell, telefon 772 1260

Resultatet: Anslås måndagen den 11/9

Granskning: Onsdagen den 11/9 kl. 12:00-12:30 i MA
Tisdagen den 18/9 kl. 12:00-12:30 i MA

Tentamen omfattar XX sidor samt XX bilagesidor.

Uppgift	Poäng
1 Förloppet vid produktutveckling	5
2 Materialval	6
3 Mekaniska egenskaper	5
4 Kristallografi	4
5 Fasdiagram	5
6 Stål	5
7 Korrosion	5
8 Allmänt om polymera material	5
9 Termiska egenskaper och viskoelasticitet	5
10 Dimensionering av plastprodukter	5
Summa	50

Betygsgränser

3 \geq 40%

4 \geq 60%

5 \geq 80%

Lycka till

1. Förloppet vid produktutveckling (5 p)

Vid produktutveckling utgående från ett befintligt koncept drivs i allmänhet arbetet i tre faser, där de tre faserna tillsammans består av 10 steg. Under den första fasen (Definitionsfasen) granskas befintligt koncept, befintlig kravspecifikation och önskade förbättringar, varefter en ny kravspecifikation sammanställs. Benämna och beskriv kortfattat vad som görs i återstående två faser!

Svar

Fas 2 Materialval (2,5 p)

- Grovsällning av material som kan uppfylla kravspecifikationen, valbara alternativ klarläggs.
- Konstruktiv utformning, främst utarbetande av lämpliga geometrier med beaktande av materialalternativen
- Utarbetande av tillverknings teknik med beaktande av materialalternativ och respektive geometrier
- Slutligt val av materialalternativ, bland annat baserat på detaljerade uppskattningar av kostnader för material och tillverkning

Fas 3 Produktionsanpassning (2,5 p)

- Produktionsberedning
- Framtagning av produktionsverktyg
- Tillverkning av provserier och
- Slutjustering av produktionsutrustning och fastställande av processparametrar

2. Materialval (6p)

Du skall välja material till en åra för tävlingsrodd. Åran skall användas för tävlingsrodd på elitnivå, så priset har mindre betydelse.



a) Skriv upp designkraven på produkten: funktion, begränsningar, målfunktion, och fria variabler. (function, constraints, objective, free variables)

b) Välj ett materialindex för produkten (motivera) och välj ett material med hjälp av egenskapsdiagrammen.

c) Vad mer än det du kom fram till i b) behöver du tänka på för att kunna göra ett bra materialval?

Tabell över egenskapsindex och egenskapsdiagram finns bifogade längst bak.

Svar

a)

Funktion: Överföra kraft från roddare/vatten till båt => balk i böjning

Krav: Viss styvhet, sträckgräns och brottseghet, tåla vatten (med ev. ytbehandling), densitet

Målfunktion: så lätt som möjligt

Fria variabler: tvärsnitt, material

b)

Lätt balk i böjning => $E^{1/2}/\rho$

Bäst material blir kolfiberkomposit.

c) Möjliga tillverkningsmetoder, miljöhänsyn, pris

3. Mekaniska egenskaper (5p)

Vid användning av metallkomponenter så är utmattning en vanlig orsak till haverier.

a) Vad är utmattning? Beskriv fenomenet och när det uppkommer.

b) Man skiljer mellan högcykel och lågcykelutmattning. Vad är skillnaden?

Svar

a)

Utmattning uppkommer vid upprepade cykliska belastningar. Belastningen kan vara under sträckgränsen, men måste vara över utmattningsgränsen. En spricka initieras, vanligen vid någon defekt i materialet. Sprickan tillväxer i varje lastcykel på grund av plasticering vid sprickspetsen. När komponenten har mist sin lastbärande förmåga fås slutligen restbrott.

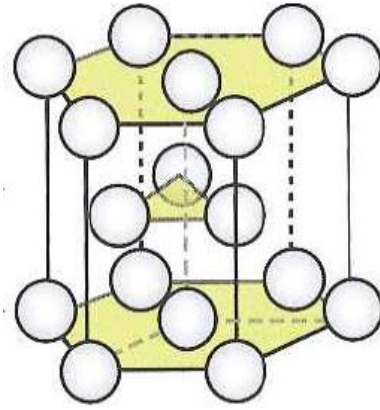
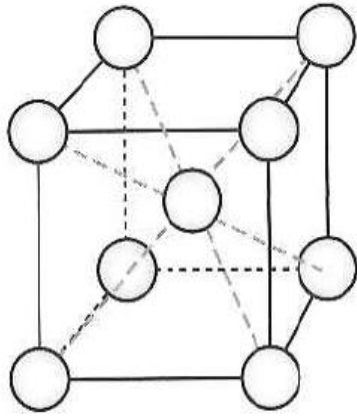
b)

Höcykelutmattning: utmattning under sträckgränsen, ingen global plasticering utan endast plasticering vid lokalt vid sprickspetsen, många cykler

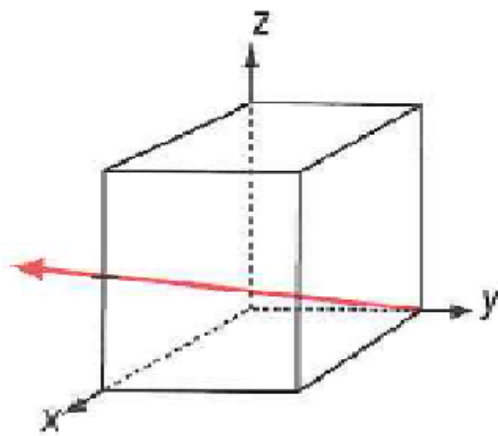
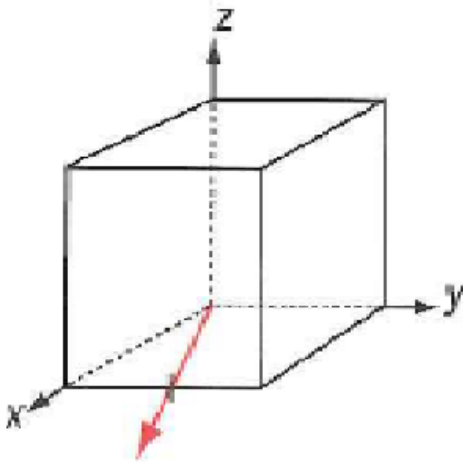
Lågcykelutmattning: utmattning över sträckgränsen, mer utbredd plasticering, få cykler

4. Kristallografi (4p)

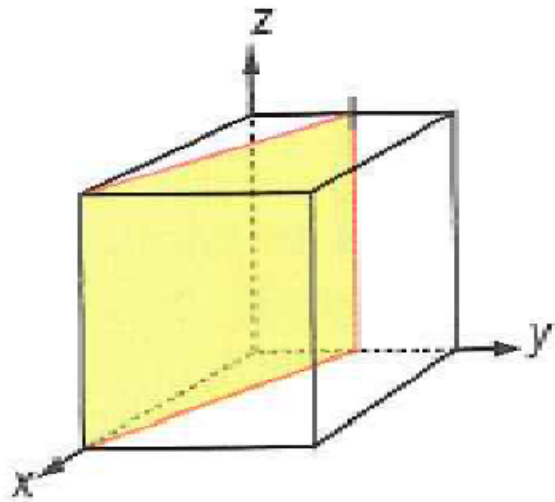
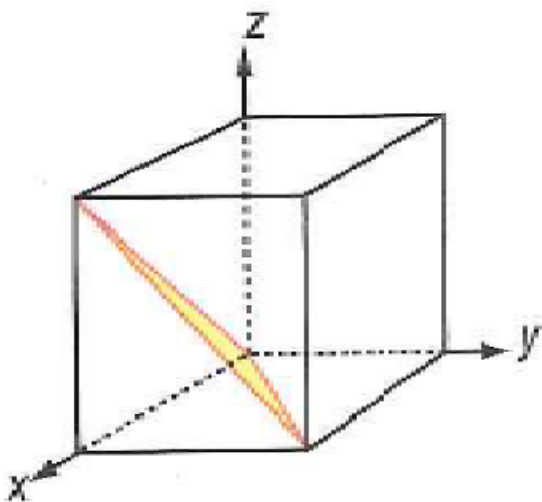
a) Nedan finns bilder på två vanliga enhetsceller för metaller. Ange vilka enhetscell det är.



b) I bilderna nedan är riktningar markerade i de två enhetscellerna. Ange index för riktningarna.



c) I bilderna nedan är plan markerade i de två enhetscellerna. Ange miller-index för planen.



Svar

a)
bcc och hcp

b)
[2 1 0] och [2 $\bar{2}$ 1]

c)
($\bar{1}$ 11) och (120)

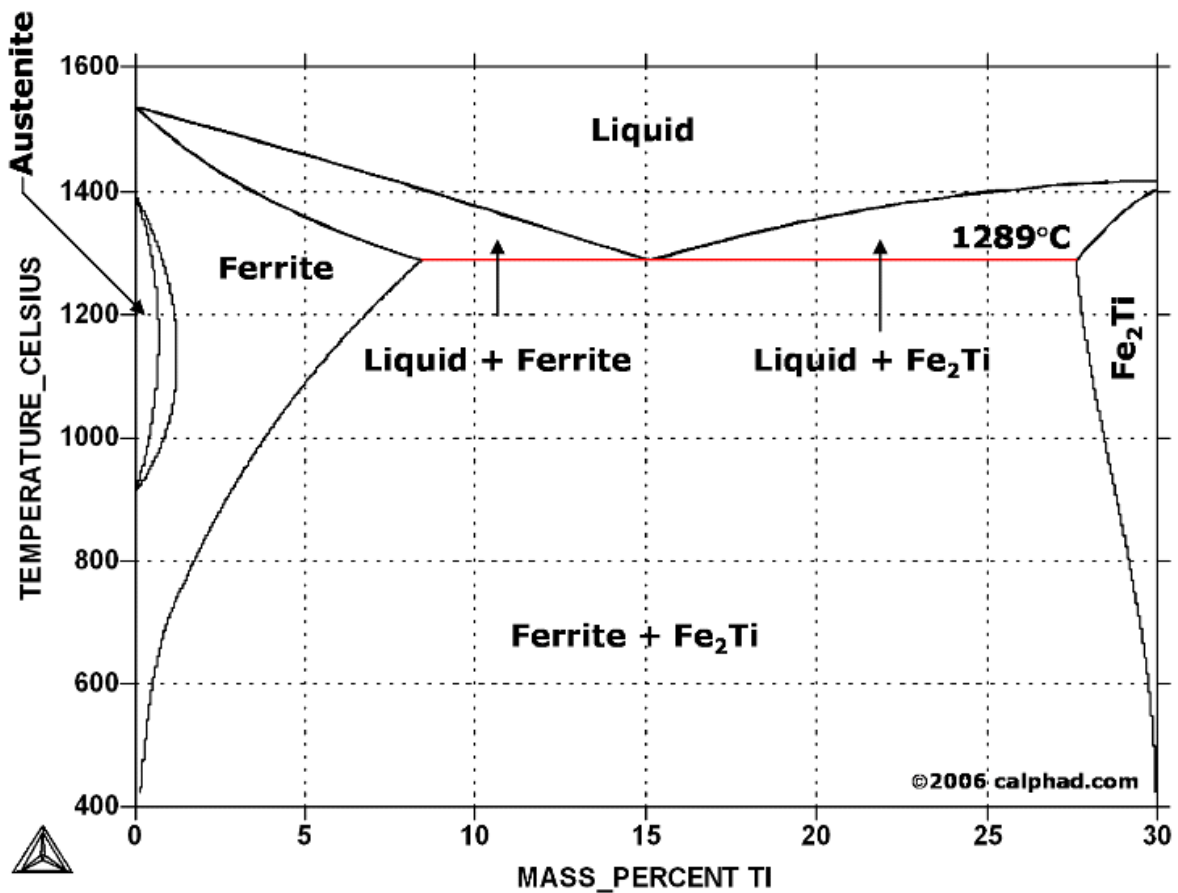
5. Fasdiagram (5p)

En legering med 80 % Fe och 20 % Ti får svalna från smälta.

a) Vilka stukturbeståndsdelar finns vid 1300°C? Ange koncentration Ti i strukturbsetåndsdelarna och viktsandel av strukturbsetåndsdelarna.

b) Vilka stukturbeståndsdelar finns vid 400°C? Ange koncentration Ti i strukturbsetåndsdelarna och viktsandel av strukturbsetåndsdelarna.

c) I fasdiagrammet finns en fas som betecknas Fe₂Ti. Vad kallas en sådan fas?



Svar

a) Vid 1300°C finns:
Smälta med 16% Ti och Fe₂Ti med 28% Ti

$$\text{Viktsandel smälta} = \frac{28-20}{28-16} = 0.67$$

- c) Vid 1289°C omvandlas smälta med 15% Ti till eutektikum med 15% Ti.
Eutektikum med 15% Ti och Fe₂Ti med 28% Ti

$$\text{Viktsandel eutektikum} = \frac{28-20}{28-15} = 0.61$$

När temperaturen sänks till 400°C kommer inte eutektikum påverkas nämnvärt. Viss del av Fe₂Ti kommer att omvandlas till utskiljningar av ferrit i Fe₂Ti.

- d) Intermetallisk fas eller intermediär fas.

6. Härdningsmekanismer i metaller (5p)

Många metaller är mjuka i rent tillstånd. Det finns en mängd olika metoder att göra metallerna hårdare, men alla metoderna bygger på att man utnyttjar fyra härdningsmekanismer. Nämn vilka de fyra härdningsmekanismerna är, samt för varje mekanism hur härdningsmekanismen fungerar och hur man rent praktiskt behandlar metallen för att åstadkomma härdningen.

Svar

- 1) Lösningshärdning: Inlösta atomer hindrar dislokationsrörelse. Atomer med lämplig storlek tillsätts smältan och bildar fast lösning vid avsvälning.
- 2) Deformationshärdning: Vid plastisk bearbetning, t.ex. valsning, smidning, pressning, bildas en stor mängd dislokationer som hindrar dislokationsrörelse.
- 3) Utskiljningshärdning: Utskiljningar hindrar dislokationsrörelse. Metaller som kan bilda utskiljningar värmebehandlas för att åstadkomma små utskiljningar. Upplösningsbehandling, snabbkylning, åldring.
- 4) Korngränshärdning: Korngränser hindrar dislokationsrörelse. Kan åstadkommas med hjälp av kallbearbetning och rekristallisation.

8. Allmänt om polymera material (5 p)

- a) Vad är skillnaden mellan plast och polymer, exempelvis skillnaden mellan polymeren polypropen och polypropenplast? (1 p)
- b) Förklara vad som menas med begreppen termoplast, gummi och hårdplast! Ledning: Förklara skillnader på molekylär nivå och hur molekylerna hänger ihop. (2 p)
- c) Benämna två bulkplaster (förutom polypropen) och två konstruktionsplaster! Ange för varje benämnd plast minst två där plasten vanligen används! (2 p)

Svar

- a) Plast = Polymer + tillsatser (1 p)
- b) **Termoplast** – En smältbar plast bestående av ändliga långa molekyler med en fördelning av molekylvikter (0,5). Molekylerna sitter ihop via kristaller eller svag attraktion mellan intilliggande molekyler(0,5 p)

Gummi – Polymer med gles tvärbinding, hela biten är en molekyl (0,5 p)

Härdplast – Tätt tvärbunden polymer + tillsats, hela biten är en molekyl (0,5 p)

- c) Se kursboken, exempelvis Polyeten;
förpackningar, fuktspärrar i byggnader, hushållsartiklar (0,5 p)

9. Termiska egenskaper hos polymera material (5 p)

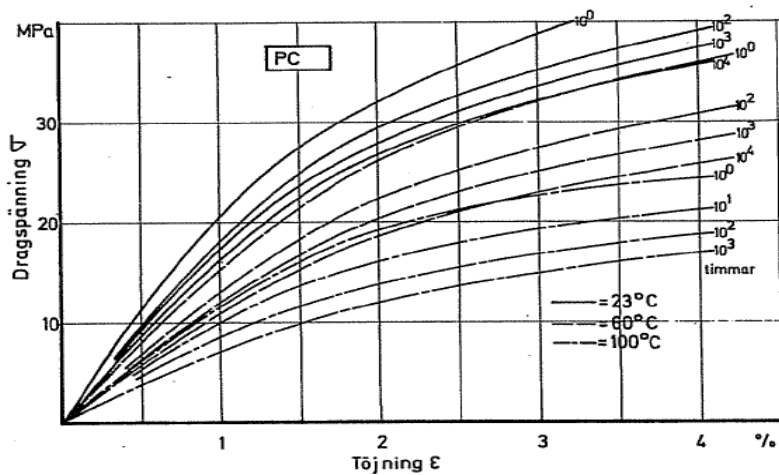
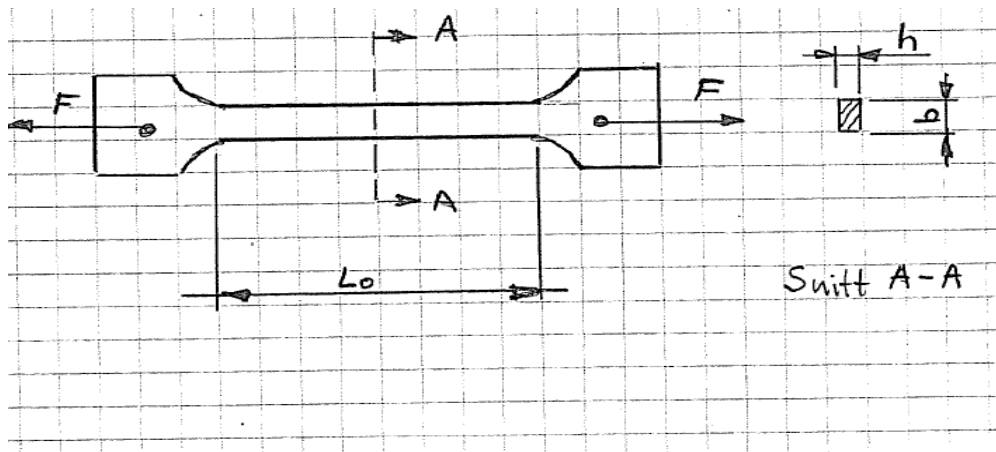
- a) Förklara vad som händer hos en polymer vid glasomvandlingstemperaturen (T_g) respektive vid smältpunkten (T_m)! (2 p)
- b) Rita i ett enkelt diagram upp hur styvheten beror av temperaturen hos en amorf respektive hos en delkristallin termoplast! (2 p)
- c) Inom vilket temperaturområde i förhållande till huvudtransitionen används vanligen gummin? Förklara också kortfattat varför! (1 p)

Svar

- a) Vid T_g omvandlas solid oordnad fas och oordnad vätska. Vid T_m omvandlas solid kristallin fas till oordnad vätska. (2 p)
- b) Amorf termoplast: Med ökande temperatur är styvheten först en huvudsakligen konstant eller svag sjunkande, nära T_g avtar styvheten i ökande grad för att inom T_g -området i princip upphöra då vätskor inte har en egentlig elasticitetsmodul. (1 p) Delkristallina termoplaster: Styvheten utvecklas på samma sätt som hos amorfa termoplaster fram till T_g . Över T_g är styvheten gradvis sjunkande, vanligen i accelererande grad, men materialet behåller solid form. Vid T_m övergår materialet till vätska. (1 p)
- c) Gummin används över T_g . Under T_g är materialet solitt och sprött, har följaktligen inte typiska gummiegenskaper som hög töjbarhet och låg styvhet. (1p)

10. Dimensionering av plastprodukter (5 p)

- a) Beräkna tjockleken h hos en provstav av polykarbonat (PC) enligt nedan figur om förlängningen av L_0 skall vara 1 % efter 1.000 timmar vid rumstemperatur och en dragbelastningen F i pilarnas riktning på 300 N. Provstavens bredd skall vara 10 mm! (3 p)
- b) Vad kan sägas om risken för spänningssprickbildning? (1 p)
- c) Föreslå och motivera en åtgärd för reducering av risken för spänningssprickbildning, förutsatt att förhållanden enligt a) gäller! (1 p)



Svar

- a) Ur isokrona σ - ϵ -diagram fås att spänningen är 17 MPa vid RT, 1 % töjning och 10^3 h (1 p).
Beräkningen av tjockleken utgår från sambandet $\sigma = F/(bh)$, därmed är $h = F/(\sigma b)$ (1 p) Insatta värden ger att $h = 300 / (17 \times 10) = 1,8$ mm (1 p)
- b) Spänningsprickbildning uppstår vid överskridande av kritisk töjning. Amorfa plaster (såsom PC) har i allmänhet en kritisk töjning kring 1 % (0,7 – 1 %), medan delkristallina termoplaster i allmänhet har en kritisk töjning kring 2,5 % (1-2,5%). Med PC finns alltså risk för spänningsprickbildning. (1 p)
- c) Ett uppenbart förslag är enligt svar b) är att byta till en delkristallin termoplast. (1 p)

Stiffness-limited design at minimum mass (cost, energy, environmental impact)

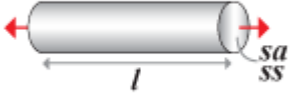
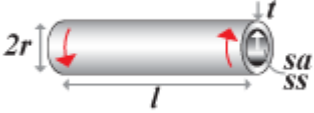
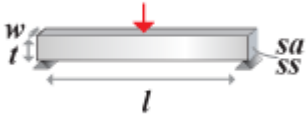
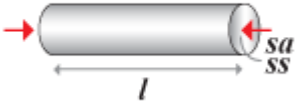
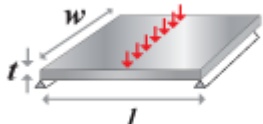
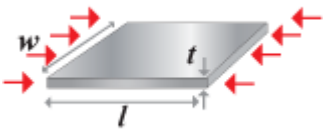
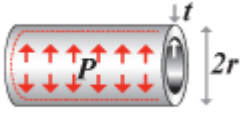
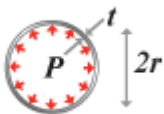
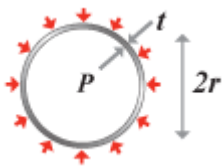
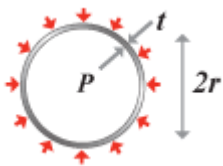
FUNCTION AND CONSTRAINTS ¹		MAXIMIZE ²	MINIMIZE ²	
TIE (tensile strut)		stiffness, length specified; section area free	E / ρ	ρ / E
SHAFT (loaded in torsion)		stiffness, length, shape specified, section area free	$G^{1/2} / \rho$	$\rho / G^{1/2}$
		stiffness, length, outer radius specified; wall thickness free	G / ρ	ρ / G
		stiffness, length, wall-thickness specified; outer radius free	$G^{1/3} / \rho$	$\rho / G^{1/3}$
BEAM (loaded in bending)		stiffness, length, shape specified; section area free	$E^{1/2} / \rho$	$\rho / E^{1/2}$
		stiffness, length, height specified; width free	E / ρ	ρ / E
		stiffness, length, width specified; height free	$E^{1/3} / \rho$	$\rho / E^{1/3}$
COLUMN (compression strut, failure by elastic buckling)		buckling load, length, shape specified; section area free	$E^{1/2} / \rho$	$\rho / E^{1/2}$
PANEL (flat plate, loaded in bending)		stiffness, length, width specified, thickness free	$E^{1/3} / \rho$	$\rho / E^{1/3}$

PLATE (flat plate, compressed in-plane, buckling failure)		collapse load, length and width specified, thickness free	$E^{1/3} / \rho$	$\rho / E^{1/3}$
CYLINDER WITH INTERNAL PRESSURE		elastic distortion, pressure and radius specified; wall thickness free	E / ρ	ρ / E
SPHERICAL SHELL WITH INTERNAL PRESSURE		elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	$E / (1-\nu) \rho$	$(1-\nu) \rho / E$
SPHERICAL SHELL WITH EXTERNAL PRESSURE		buckling stiffness, pressure and radius specified, wall thickness free	$E^{1/2} / \rho$	$\rho / E^{1/2}$
		buoyancy, pressure and radius specified, wall thickness free	E / ρ	ρ / E

- To minimize *cost*, use the above criteria for minimum mass, replacing density ρ by $C_m \rho$, where C_m is the material cost per kg.

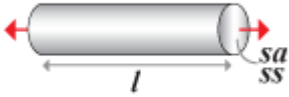
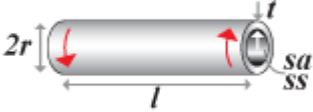
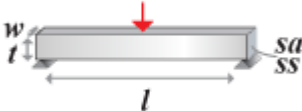
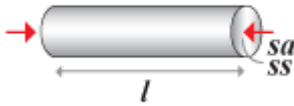
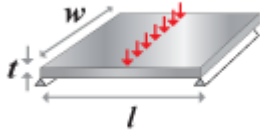
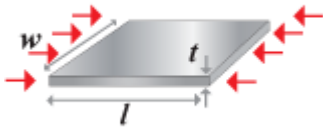
To minimize *embodied energy content* or *CO₂ burden*, use the above criteria for minimum mass, replacing density ρ by $H_m \rho$ or $CO_2 \rho$, where H_m is the embodied energy content per kg and CO_2 is the CO₂ burden per kg.

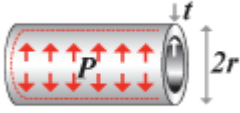
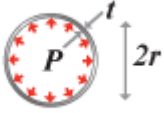
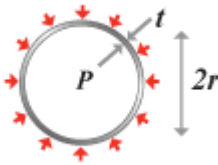
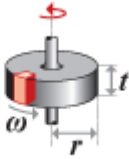
To minimize *environmental impact*, replace density ρ by $I_e \rho$ instead, where I_e is the eco-indicator value for the material.

To minimize *volume*, replace density ρ by 1 (one).

(References [\[1\]](#), [\[2\]](#) and [\[3\]](#).)
- E = Young's modulus for tension, the flexural modulus for bending or buckling;
 G = shear modulus;
 ρ = density.

Strength-limited design at minimum mass (cost, energy, environmental impact)

FUNCTION AND CONSTRAINTS ^{1, 3}		MAXIMIZE ²	MINIMIZE ²	
TIE (tensile strut)		stiffness, length specified; section area free	σ_y / ρ	ρ / σ_y
SHAFT (loaded in torsion)		load, length, shape specified; section area free	$\sigma_y^{2/3} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{2/3}$
		load, length, outer radius specified; wall thickness free	σ_y / ρ	σ_y / ρ
		load, length, wall-thickness specified; outer radius free	$\sigma_y^{1/2} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{1/2}$
BEAM (loaded in bending)		load, length, shape specified; section area free	$\sigma_y^{2/3} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{2/3}$
		load length, height specified; width free	σ_y / ρ	ρ / σ_y
		load, length, width specified; height free	$\sigma_y^{1/2} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{1/2}$
COLUMN (compression strut)		load, length, shape specified; section area free	σ_y / ρ	ρ / σ_y
PANEL (flat plate, loaded in bending)		stiffness, length, width specified, thickness free	$\sigma_y^{1/2} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{1/2}$
PLATE (flat plate, compressed in-plane, buckling failure)		collapse load, length and width specified, thickness free	$\sigma_y^{1/2} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{1/2}$

CYLINDER WITH INTERNAL PRESSURE		elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	σ_y / ρ	ρ / σ_y
SPHERICAL SHELL WITH INTERNAL PRESSURE		elastic distortion, pressure and radius specified, wall thickness free	σ_y / ρ	ρ / σ_y
SPHERICAL SHELL WITH EXTERNAL PRESSURE		strength, pressure and radius specified, wall thickness free	σ_c / ρ	ρ / σ_c
		buckling strength, pressure and radius specified, wall thickness free	$\sigma_y^{2/3} / \rho$	$\rho / \sigma_y^{2/3}$
FLYWHEELS, ROTATING DISKS		maximum energy storage per unit volume; given velocity	ρ	ρ
		maximum energy storage per unit mass; no failure	σ_y / ρ	ρ / σ_y

- To minimize *cost*, use the above criteria for minimum mass, replacing density ρ by $C_m \rho$, where C_m is the material cost per kg.

To minimize *embodied energy content* or *CO₂ burden*, use the above criteria for minimum mass, replacing density ρ by $H_m \rho$ or $CO_2 \rho$, where H_m is the embodied energy content per kg and CO_2 is the CO₂ burden per kg.

To minimize *environmental impact*, replace density ρ by $I_e \rho$ instead, where I_e is the eco-indicator value for the material.

To minimize *volume*, replace density ρ by 1 (one).

